

Hoogspanningslijnen en gezondheid: neurodegeneratieve ziekten

Aan: de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat,
de minister van Economische Zaken en Klimaat en
de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Nr. 2022/13, Den Haag, 29 juni 2022

Gezondheidsraad



inhoud

Samenvatting	4	04 Ziekte van Alzheimer	27
01 Inleiding	7	4.1 Over de ziekte van Alzheimer	28
1.1 Achtergrond	8	4.2 Blootstelling in de woonomgeving	28
1.2 Werkwijze	9	4.3 Beroepsmatige blootstelling	28
1.3 Leeswijzer	14	4.4 Experimenteel onderzoek	29
02 Elektriciteitslijnen en magnetische velden	15	4.5 Conclusie	29
2.1 Spanning, stroom en velden	16	05 Ziekte van Parkinson	31
2.2 Veldsterkte	17	5.1 Over de ziekte van Parkinson	32
2.3 Blootstelling bepalen	19	5.2 Blootstelling in de woonomgeving	32
03 Amyotrofische laterale sclerose (ALS)	22	5.3 Beroepsmatige blootstelling	33
3.1 Over ALS en andere motorneuronziekten	23	5.4 Experimenteel onderzoek	33
3.2 Blootstelling in de woonomgeving	23	5.5 Conclusie	34
3.3 Beroepsmatige blootstelling	24	06 Multiple sclerose (MS)	35
3.4 Experimenteel onderzoek	25	6.1 Over multiple sclerose (MS)	36
3.5 Conclusies	25	6.2 Blootstelling in de woonomgeving	36
		6.3 Beroepsmatige blootstelling	36
		6.4 Experimenteel onderzoek	36
		6.5 Conclusie	36



07 Advies	38
7.1 Conclusies per aandoening	39
7.2 Aanbevelingen	41
Literatuur	43



samenvatting

In Nederland geldt voorzorgbeleid voor hoogspanningslijnen. Dat beleid wil zoveel mogelijk voorkomen dat er nieuwe situaties ontstaan waarin kinderen langdurig worden blootgesteld aan door bovengrondse hoogspanningslijnen opgewekte magnetische velden die gemiddeld over het jaar sterker zijn dan 0,4 microtesla. Het voorzorgbeleid is mede gebaseerd op een eerder advies van de Gezondheidsraad. In 2000 concludeerde de raad dat er aanwijzingen zijn dat kinderen die in de buurt van deze lijnen wonen een hogere kans hebben om leukemie te krijgen dan andere kinderen. De oorzaak is onduidelijk; mogelijk spelen de door de hoogspanningslijnen opgewekte magnetische velden hierbij een rol.

Drie deeladviezen

De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu (het huidige Infrastructuur en Waterstaat) heeft de Gezondheidsraad gevraagd het advies uit

2000 te actualiseren en daarbij niet alleen naar leukemie bij kinderen te kijken, maar ook naar de ziekte van Alzheimer en kanker bij volwassenen. Het deel over kinderleukemie is in 2018 verschenen. Daarin gaf de Gezondheidsraad in overweging het voorzorgbeleid uit te breiden naar andere bronnen van langdurige blootstelling aan magnetische velden uit het elektriciteitsnetwerk, zoals ondergrondse elektriciteitskabels, transformatorstations en transformatorhuisjes. Het voorliggende deeladvies gaat over neurodegeneratieve ziekten bij volwassenen, te weten amyotrofische laterale sclerose (ALS), de ziekte van Alzheimer, de ziekte van Parkinson en multiple sclerose (MS). Kanker bij volwassenen komt in een ander deeladvies aan bod.

Werkwijze

De Commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad heeft de

wetenschappelijke gegevens geanalyseerd over een mogelijke relatie tussen de blootstelling aan magnetische velden zoals die worden opgewekt door elektriciteitslijnen en andere bronnen, zoals transformatoren, en het optreden van neurodegeneratieve ziekten. Ze heeft zich vooral gebaseerd op epidemiologische onderzoeken en daarbij zowel onderzoeken naar blootstelling in de woonomgeving in beschouwing genomen als onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling. Bij sommige beroepsgroepen is de gemiddelde blootstelling aan magnetische velden aanzienlijk hoger dan in de woonomgeving. Als magnetische velden de gezondheid kunnen schaden, zal dat eerder aan het licht komen bij beroepsmatig blootgestelden. Daarbij past wel de kanttekening dat de beroepsbevolking homogener van samenstelling is dan de algemene bevolking. Die laatste omvat ook potentieel gevoeliger groepen als kinderen, ouderen en chronisch zieken.



In de meeste epidemiologische onderzoeken is de blootstelling aan magnetische velden bij benadering bepaald. In onderzoeken naar blootstelling in de woonomgeving wordt vaak uitgegaan van een berekend of een gemeten magnetisch veld in de woning. Soms wordt de afstand tussen de woning en een hoogspanningslijn als blootstellingsmaat gebruikt. In onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling wordt de blootstelling meestal gereconstrueerd aan de hand van het beroepsverleden van werknemers.

Epidemiologisch onderzoek kan aan het licht brengen dat bij een bepaalde blootstelling een bepaalde ziekte vaker voorkomt dan verwacht. Zo'n associatie hoeft niet te betekenen dat blootstelling de ziekte veroorzaakt, maar kan wel een aanwijzing zijn voor een mogelijk oorzakelijk verband. Voor meer zekerheid hierover zijn aanvullende gegevens nodig uit (dier) experimenteel onderzoek of onderzoek naar werkingsmechanismen. Dergelijk onderzoek is,

voor zover voorhanden, ook meegewogen in dit advies.

Conclusies

Voor de ziekte van Parkinson acht de commissie een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan magnetische velden en het ontstaan van de ziekte onwaarschijnlijk. Onderzoek in de woonomgeving laat geen associatie zien tussen de nabijheid van hoogspanningslijnen en het risico op de ziekte van Parkinson. De omvang en de kwaliteit van dat onderzoek is weliswaar beperkt, maar ook in uitvoeriger onderzoek bij aanzienlijk hogere blootstellingen aan magnetische velden op de werkvloer worden geen associaties gezien.

Voor de andere aandoeningen is het beeld minder duidelijk. Voor ALS en de ziekte van Alzheimer geldt eveneens dat beperkt onderzoek in de woonomgeving geen associaties laat zien tussen de nabijheid van hoogspanningslijnen en het risico op de ziekte. Maar bij beroepsgroepen met aanzienlijk hogere

blootstellingen aan magnetische velden dan in de woonomgeving, zijn wel associaties gevonden met het risico op beide ziekten, zij het bij Alzheimer minder duidelijk dan bij ALS. Daarom acht de commissie de onderzoeksgegevens in de woonomgeving onvoldoende voor een uitspraak over een oorzakelijk verband tussen de nabijheid van hoogspanningslijnen en het risico op beide ziekten. De in de werkomgeving waargenomen associaties beschouwt ze als aanwijzingen voor een oorzakelijk verband. De weinige beschikbare gegevens uit experimentele onderzoeken leveren daarvoor echter geen verdere ondersteuning.

Voor MS geldt dat noch in onderzoek in de woonomgeving, noch in onderzoek op de werkvloer associaties zijn gevonden. Voor beide omgevingen geldt echter dat de omvang van het onderzoek te beperkt is om uitspraken te kunnen doen over een oorzakelijk verband met de blootstelling aan magnetische velden.



Advies

Een eenduidig antwoord op de vraag of blootstelling aan magnetische velden neurodegeneratieve ziekten kan veroorzaken is op basis van de huidige stand van de wetenschap volgens de commissie niet mogelijk. Maar uit onderzoek in de woonomgeving komen in ieder geval geen aanwijzingen naar voren dat ALS, de ziekte van Alzheimer, de ziekte van Parkinson en MS zich vaker voordoen bij mensen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen. Vanuit dit oogpunt vindt de commissie voorzorgsmaatregelen ter beperking van de blootstelling op dit moment niet nodig. Bovendien is het huidige beleid ten aanzien van bovengrondse hoogspanningslijnen al gebaseerd op voorzorg vanwege aanwijzingen voor een mogelijk oorzakelijk verband tussen het risico op leukemie bij kinderen en de nabijheid van hoogspanningslijnen. De commissie heeft eerder aanbevolen om te overwegen dat beleid uit te breiden naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan magnetische velden uit het

elektriciteitsnetwerk, zoals transformatorstations en transformatorhuisjes.

Bij de onderzochte beroepen, waar de blootstelling aan magnetische velden een stuk hoger is dan in de woonomgeving, ziet de commissie aanwijzingen voor een verhoogd risico op ALS en op de ziekte van Alzheimer. Ze adviseert daarom uit voorzorg om de beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden zo laag als redelijkerwijs mogelijk is te houden.

De commissie verwacht niet dat meer epidemiologisch onderzoek op korte termijn meer zekerheid zal opleveren over de invloed van blootstelling aan magnetische velden op het risico op neurodegeneratieve ziekten. Meer onderzoek naar mogelijke onderliggende biologische mechanismen acht ze op dit moment zinvoller.

Door de energietransitie neemt het gebruik van windturbines en zonnepanelen als primaire bron

van energie een hoge vlucht. Tegelijkertijd zijn de elektrische auto en de warmtepomp bezig met een opmars. Mede door deze veranderingen in de productie en het verbruik, zal er meer elektriciteit worden getransporteerd. De blootstelling aan magnetische velden in de buurt van onderdelen van het elektriciteitsnetwerk en op sommige werkplekken kan daardoor toenemen. Daarom beveelt de commissie aan om de blootstelling aan magnetische velden in de woon- en werkomgeving te monitoren.



01 inleiding



De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu (het huidige Infrastructuur en Waterstaat) heeft de Gezondheidsraad verzocht om actualisering van het advies uit 2000 over gezondheidseffecten van het wonen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen.¹ In dat advies constateerde de raad dat er een redelijk consistente associatie is tussen wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen en een verhoging van het voorkomen van leukemie bij kinderen. Dat zou dan betekenen dat één geval van kinderleukemie per twee jaar mogelijk samenhangt met de aanwezigheid van bovengrondse elektriciteitslijnen. De staatssecretaris stelde de Gezondheidsraad de volgende vragen:

1. Is er een verband tussen het wonen binnen een bepaalde afstand van bovengrondse elektriciteitslijnen en het optreden van gezondheidsrisico's zoals kinderleukemie, andere vormen van kanker bij kinderen en volwassenen en de ziekte van Alzheimer, en speelt de spanning op de lijnen daarbij een rol?
2. Is er een verband tussen de blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden en het optreden van gezondheidsrisico's?
3. Indien er een verhoogd risico is dat samenhangt met het langdurig verblijven in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen, zijn er dan aanwijzingen voor andere factoren dan het magnetisch veld die samenhangen met de aanwezigheid van bovengrondse elektriciteitslijnen die dat risico zouden kunnen verklaren?

De vaste Commissie Elektromagnetische velden heeft de beantwoording van de adviesaanvraag opgesplitst in drie delen:

- een deel over leukemie en andere vormen van kanker bij kinderen, uitgebracht op 18 april 2018²;
- een deel over neurodegeneratieve ziekten, het voorliggende advies, op 29 juni 2022 aangeboden aan de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW).
- een deel over kanker bij volwassenen, gelijktijdig met het voorliggende advies aangeboden aan dezelfde bewindspersonen.

De samenstelling van de commissie staat achter in dit advies. De adviesaanvraag en de aanbiedingsbrief staan op www.gezondheidsraad.nl.

1.1 Achtergrond

In 1979 vonden Amerikaanse onderzoekers dat er in de buurt van bovengrondse elektriciteitslijnen (de distributielijnen die in de Verenigde Staten veelal tussen de woningen door lopen) meer gevallen van kinderleukemie voorkwamen dan verderaf.³ Elektriciteitslijnen wekken zogenoemde extreem-laagfrequente (ELF) elektrische en magnetische velden op (zie hoofdstuk 2; korthedshalve wordt in dit advies hierna gesproken over 'magnetische velden' als ELF-magnetische velden bedoeld worden). De vraag rees of blootstelling aan die velden de oorzaak zou kunnen zijn van kinderleukemie. Dit leidde tot verder onderzoek, waarbij de aandacht niet alleen uitging naar kinderleukemie,



maar ook naar andere vormen van kanker bij kinderen en volwassenen en naar andere ziekten, waaronder neurodegeneratieve aandoeningen zoals amyotrofische laterale sclerose (ALS) en de ziekte van Alzheimer.

Het optreden van ALS werd al in het begin van de vorige eeuw in verband gebracht met het ondergaan van elektrische schokken. De laatste decennia is het onderzoek vooral gericht op een mogelijke associatie met blootstelling aan magnetische velden, maar in enkele recente onderzoeken is ook de blootstelling aan elektrische schokken onderzocht. Naast onderzoeken in de woonomgeving zijn vooral onderzoeken gedaan naar blootstelling aan magnetische velden op het werk, waar de blootstellingsniveaus veel hoger kunnen zijn dan in de woonomgeving.

In sommige onderzoeken zijn associaties gevonden tussen blootstelling aan de magnetische velden die door elektriciteitslijnen of elektrische apparatuur worden opgewekt en het vaker voorkomen van bepaalde ziekten. Wat dat betekent staat in het volgende kader.

Associatie of oorzakelijk verband

Bij relaties tussen blootstelling aan een bepaalde factor, zoals magnetische velden, en het risico op een bepaalde ziekte wordt onderscheid gemaakt tussen een *associatie* en een *oorzakelijk verband*. Men spreekt van een associatie tussen blootstelling en het risico op ziekte als ze vaker samen voorkomen dan op grond van toeval verwacht mag worden. Er is sprake van een oorzakelijk verband als de ziekte een direct gevolg is van de blootstelling. Een associatie tussen blootstelling en ziekte, voortkomend uit een statistische analyse, geeft op zich geen uitsluitsel over de oorzaak. Die kan niet bepaald worden op basis van statistiek alleen. Daarvoor is aanvullende informatie nodig, bijvoorbeeld uit experimenteel onderzoek of op basis van een plausibel biologisch werkingsmechanisme.

1.2 Werkwijze

Hieronder geeft de commissie weer hoe zij te werk is gegaan bij de literatuuranalyse voor dit advies. Een uitgebreide beschrijving van de werkwijze van de commissie staat in het achtergronddocument bij dit advies. Daarin staat ook een overzicht van de gebruikte onderzoeken, de gedetailleerde uitkomsten van de meta-analyses, de resultaten van subanalyses en een toelichting op de classificaties voor de bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en ziekte.

Vier neurodegeneratieve ziekten

Neurodegeneratieve ziekten is een verzamelterm voor verschillende ziekten die de zenuwcellen (neuronen) in de hersenen of elders in het



lichaam aantasten. De commissie heeft voor dit advies gekeken naar vier van deze ziekten, te weten ALS, de ziekte van Alzheimer, de ziekte van Parkinson en multiple sclerose (MS).

Blootstelling in de woonomgeving en op de werkvloer

Voor blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving, waar de adviesaanvraag primair op was gericht, heeft de commissie gekeken of het risico op de genoemde ziekten gerelateerd is aan de afstand van de woning tot hoogspanningslijnen (als maat voor blootstelling) of aan de gemeten of berekende blootstelling aan magnetische velden in de woning. De commissie heeft niet alleen gekeken naar blootstelling in de woonomgeving, maar ook naar beroepsmatige blootstelling. In sommige beroepen kan de blootstelling aan magnetische velden aanzienlijk hoger zijn dan in de woonomgeving. Als het magnetische veld het vermogen bezit om de gezondheid te schaden, zal dat waarschijnlijk eerder aan het licht komen bij personen die in hun beroep aan relatief hoge magnetische veldsterktes worden blootgesteld, zoals elektrische lassers of mensen die werken in een elektriciteitscentrale. Er is dan ook aanzienlijk meer onderzoek verricht naar mogelijke effecten van beroepsmatige blootstelling. Wel tekent de commissie daarbij aan dat de algemene bevolking gevarieerder van samenstelling is dan de beroepsbevolking en groepen omvat die gevoeliger zouden kunnen zijn, zoals kinderen, ouderen en chronisch zieken.

Bij beroepsmatige blootstelling heeft de commissie het risico op de genoemde ziekten bij werknemers die gedurende langere tijd (één of meerdere jaren) werkzaam zijn geweest in een beroep waar de blootstelling hoger is dan het achtergrondniveau vergeleken met het risico bij personen met blootstelling op het achtergrondniveau. Bij de analyse maakt de commissie onderscheid tussen epidemiologische onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking en onderzoek in specifieke industriële populaties, zoals werknemers in elektriciteitsbedrijven. In die populaties kan de blootstelling over het algemeen beter worden gekarakteriseerd.

In onderzoeken, zowel in de woonomgeving als op de werkplek, worden verschillende maten voor de blootstelling gehanteerd: de gemiddelde blootstelling over een bepaalde periode, uitgedrukt in microtesla (μT), of de cumulatieve blootstelling, uitgedrukt in μT -jaar. Beide worden doorgaans ingedeeld in verschillende categorieën. De commissie heeft voor deze onderzoeken een gemiddelde risicoschatting berekend voor alle blootstellingscategorieën en deze beschouwd als een maat voor 'ooit blootgesteld boven het achtergrondniveau'. De meta-analyses zijn vervolgens uitgevoerd met deze gemiddelde risicoschattingen.

Epidemiologisch en experimenteel onderzoek

De commissie heeft zich voornamelijk gebaseerd op epidemiologisch onderzoek. Deze onderzoeken zijn op een systematische wijze volgens



een vooraf opgesteld protocol geselecteerd en geanalyseerd. In de analyse zijn artikelen tot april/mei 2021 meegenomen. Daarnaast heeft de commissie gezocht naar relevante gegevens uit (dier)experimenteel onderzoek als ondersteuning voor aanwijzingen voor een eventueel oorzakelijk verband. Hiernaar is tot aan juni 2021 gezocht.

Meta-analyses

Wanneer over een specifieke vraagstelling drie of meer geschikte epidemiologische onderzoeken beschikbaar zijn, heeft de commissie meta-analyses uitgevoerd. Bij meta-analyses worden de resultaten uit verschillende onderzoeken gecombineerd om tot één risicoschatting te komen. Bij de risicoschatting noemt de commissie ook steeds het 95%-betrouwbaarheidsinterval, een maat voor de zekerheid van de schatting (zie kader). Daarnaast benoemt de commissie ook of er veel heterogeniteit was in de risicoschattingen van de onderzoeken die in de meta-analyse zijn opgenomen. De meta-analyses geven daarvoor twee maten: I^2 en τ^2 . De commissie heeft alleen I^2 gebruikt. Een grote heterogeniteit (in dit advies gedefinieerd als een I^2 van meer dan 60%) betekent dat de resultaten van de individuele onderzoeken niet eenduidig zijn. Daardoor kan minder waarde worden toegekend aan de risicoschatting uit meta-analyse.

Bij de meta-analyses van onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling heeft de commissie naast de hoofdanalyse van blootstelling hoger dan het

achtergrondniveau versus blootstelling op het achtergrondniveau ook enkele subanalyses uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de invloed van de volledigheid van de beroepsgeschiedenis en de betrouwbaarheid van de ziektediagnose op de risicoschattingen en op de heterogeniteit. Voor zover mogelijk heeft de commissie ook subanalyses uitgevoerd van de gegevens over het hoogste niveau van blootstelling en de langste duur van de blootstelling. De resultaten van zowel de hoofdanalyses als van de subanalyses staan in het achtergronddocument. De conclusies bespreekt de commissie in dit advies.

De commissie baseert haar conclusies waar mogelijk op de subanalyse van de onderzoeken waarin de volledige beroepsgeschiedenis van een werknemer in beschouwing is genomen, dat wil zeggen dat voor alle beroepen die iemand heeft gehad de blootstelling is bepaald, waarmee een gemiddelde of cumulatieve blootstelling kan worden bepaald over het gehele beroepsleven. Die geven volgens de commissie het meest betrouwbare beeld van de beroepsmatige blootstelling. Zijn er te weinig gegevens voor deze subanalyse, dan baseert de commissie haar conclusies op de hoofdanalyse, dat wil zeggen op alle onderzoeken, ongeacht de volledigheid van de beroepsgeschiedenis. In het achtergronddocument is gemarkeerd welke gegevens in het advies zijn gebruikt. Voor de woonomgeving zijn te weinig gegevens beschikbaar om vergelijkbare subanalyses te kunnen doen.



De commissie heeft ook meegewogen of er sprake kan zijn van selectieve publicatie, dat wil zeggen dat onderzoeken waarin geen verband is gevonden een kleinere kans hebben om te worden gepubliceerd.

Deze zogeheten publicatiebias zou de resultaten van de meta-analyses kunnen vertekenen. Over het algemeen geldt dat de resultaten van cohortonderzoeken in de algemene bevolking en in industriële populaties ongeacht de uitkomsten worden gepubliceerd, omdat ze groot en kostbaar zijn. De commissie verwacht daarom dat haar bevindingen niet noemenswaardig zijn vertekend door selectieve publicatie.

Risicoschatting en betrouwbaarheidsinterval

De risicoschatting geeft weer wat het geschatte risico op een bepaald effect is in een bepaalde situatie relatief ten opzichte van de controlesituatie, het relatieve risico dus. Een risicoschatting van 1,3, bijvoorbeeld, wil zeggen dat het geschatte risico op optreden van een ziekte 1,3 keer zo groot is, of 30% hoger, bij mensen die zijn blootgesteld ten opzichte van het risico bij mensen die niet of minder zijn blootgesteld. Een risicoschatting van 0,9 wil zeggen dat het risico 0,9 keer zo groot is, ofwel 10% lager. Bij een risicoschatting van 1 is het risico op de ziekte vergelijkbaar in beide situaties.

De meeste onderzoeken rapporteren relatieve risico's, *rate ratio's* (RR) of *odds ratio's* (OR) als risicoschatting. Daarnaast worden in sommige onderzoeken ook andere risicomaten gebruikt: de SMR (*standardized mortality ratio* of sterfteratio), SIR (*standardized incidence ratio* of incidentieratio) en SRR (*standardized rate ratio*). Bij een ratio van 1 of van 100% is er geen verschil in risico tussen de blootgestelde groep en de bevolking als geheel.

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval geeft aan hoe onzeker de gevonden risicoschatting is en binnen welke grenzen we verwachten dat het werkelijk effect zich bevindt. Het betekent dat, wanneer we het onderzoek 100 maal in dezelfde populatie met verschillende steekproeven zouden herhalen, in 95 gevallen het werkelijke effect binnen het betrouwbaarheidsinterval ligt. Als het 95%-betrouwbaarheidsinterval de waarde 1 bevat, noemen we het gevonden verband statistisch niet significant verhoogd of verlaagd. Als de ondergrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval groter is dan 1, spreken we van een statistisch significant verhoogd risico. Als de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval kleiner is dan 1, spreken we van een statistisch significant verlaagd risico.



Bewijskracht voor oorzakelijk verband

Als laatste gaat de commissie na of zij op basis van de beschikbare epidemiologische onderzoeksgegevens, de door haar uitgevoerde meta-analyses van die gegevens en de gegevens uit experimentele onderzoeken, een conclusie kan trekken over een mogelijk oorzakelijk verband tussen de blootstelling en de onderzochte ziekte. Ze hanteert daarbij de systematiek van het Amerikaanse *Environmental Protection Agency* (EPA) die zij in eerdere adviezen heeft gebruikt ^{2,4} en waarin op basis van de kwaliteit en de aard en omvang van de onderzoeksgegevens de volgende classificaties worden onderscheiden, zie tabel 1.⁵

Tabel 1 EPA-classificatie van de bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en ziekte

Classificatie
Oorzakelijk verband bewezen
Oorzakelijk verband waarschijnlijk
Aanwijzingen voor oorzakelijk verband
Uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk
Oorzakelijk verband onwaarschijnlijk

Een uitgebreidere beschrijving van de criteria van deze classificaties van de bewijskracht voor een oorzakelijk verband is opgenomen in het achtergronddocument.

De commissie hanteert ze als volgt. Een statistisch significante associatie in een meta-analyse van epidemiologische onderzoeken beschouwt de commissie als een aanwijzing voor een oorzakelijk verband. Is de associatie statistisch niet significant maar is de risicoschatting wel relatief hoog (1,25 of hoger), dan beschouwt de commissie dat eveneens als een aanwijzing voor een oorzakelijk verband. Als er weinig onderzoeken beschikbaar zijn, is de statistische power van de meta-analyse immers gering. Hogere classificaties (oorzakelijk verband waarschijnlijk of bewezen) kent de commissie alleen toe bij aanvullend bewijs uit experimenteel of mechanistisch onderzoek. Is er (te) weinig kwalitatief goed onderzoek uitgevoerd of spreken diverse onderzoeken elkaar tegen, dan acht de commissie een uitspraak over een oorzakelijk verband niet mogelijk. Is er voldoende goed epidemiologisch onderzoek verricht en komt daar geen enkele indicatie uit voor een oorzakelijk verband, dan kiest de commissie voor de classificatie ‘oorzakelijk verband onwaarschijnlijk’. Komt de commissie voor de werkomgeving tot de conclusie dat een oorzakelijk verband onwaarschijnlijk is, dan acht ze datzelfde oordeel in principe ook van toepassing op de woonomgeving, omdat de blootstelling daar lager is. Is ze van mening dat er aanwijzingen zijn voor een oorzakelijk verband op de werkplek, dan spreekt ze in principe voor de woonomgeving niet het oordeel ‘oorzakelijk verband onwaarschijnlijk’ uit.



1.3 Leeswijzer

Het advies begint met een uitleg in hoofdstuk 2 van enkele technische begrippen en blootstellingskarakteristieken. In hoofdstukken 3 tot en met 6 bespreekt de commissie respectievelijk voor ALS, de ziekte van Alzheimer, de ziekte van Parkinson en MS de uitkomsten van de meta-analyses van de onderzoeken naar de relatie met de blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving en op het werk.

Per aandoening zijn de gegevens uit het relevante wetenschappelijk onderzoek onderverdeeld naar:

- epidemiologische onderzoeken naar blootstelling in de woonomgeving;
- epidemiologische onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden;
- experimentele onderzoeken aan proefdieren en gekweekte cellen.

In hoofdstuk 7 geeft de commissie haar advies.



02 elektriciteitslijnen en magnetische velden



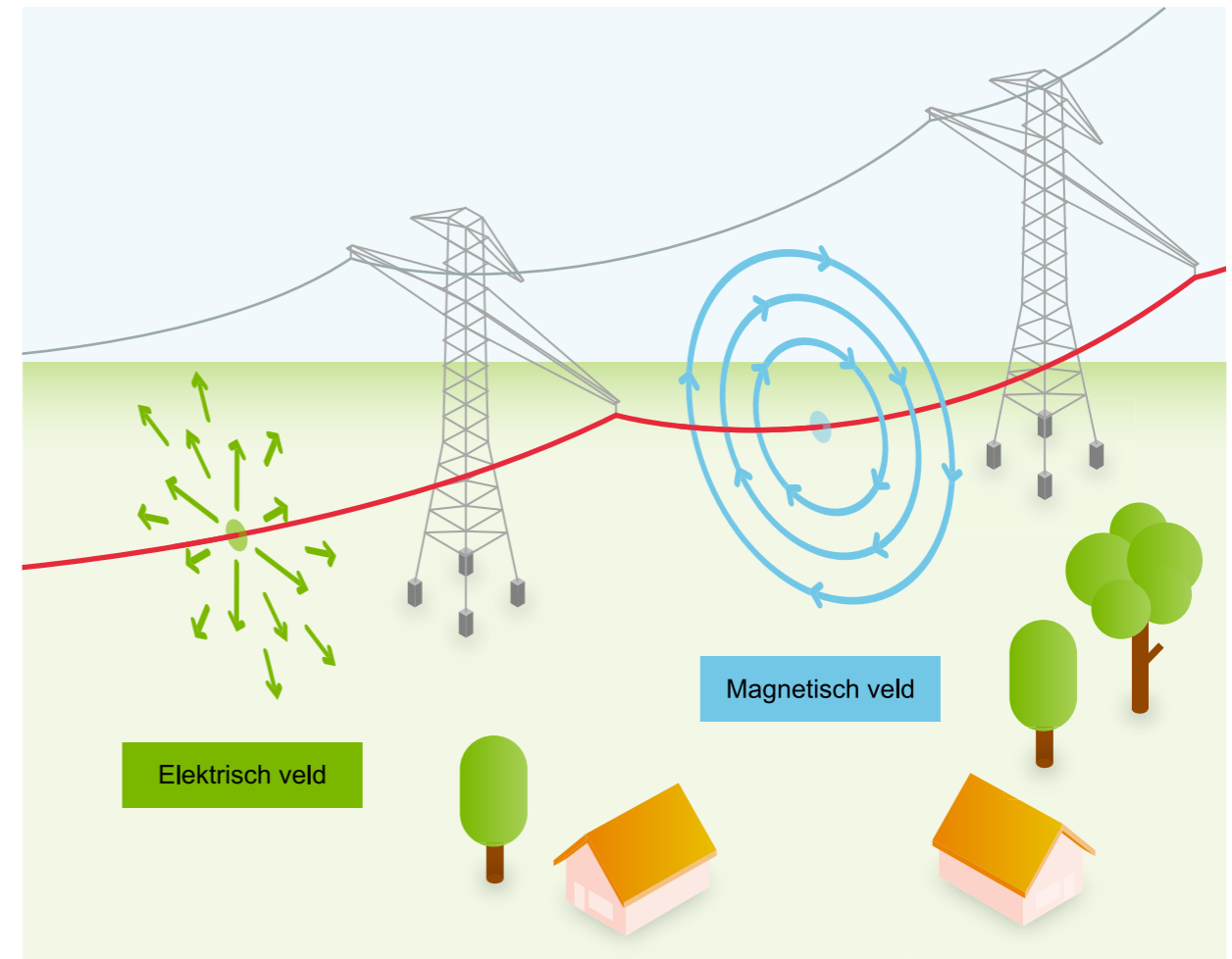
Dit hoofdstuk geeft een korte uitleg over magnetische velden en een beschrijving van enkele technische begrippen en blootstellingskarakteristieken.

2.1 Spanning, stroom en velden

De spanning op een elektriciteitslijn veroorzaakt een elektrisch veld. Als er stroom door de lijn loopt, ontstaat er ook een magnetisch veld. Een elektrisch veld en een magnetisch veld verspreiden zich op verschillende wijzen. Figuur 1 is een vereenvoudigde weergave daarvan.

De spanning op het elektriciteitsnet wisselt 50 keer per seconde van positief naar negatief en weer terug (wisselspanning), ofwel met een frequentie van 50 hertz (Hz). Dit is een extreem lage frequentie (ELF). Ter vergelijking, mobiele telefoons werken bij veel hogere frequenties, rond 900 en 2000 megahertz (een megahertz is een miljoen hertz).

De richting van een elektrisch veld en van een magnetisch veld verschilt



Figuur 1 Schematische weergave elektrisch en magnetisch veld bij een hoogspanningslijn



Het elektriciteitsnet

Het elektriciteitsnet tussen energiecentrale en woning bestaat uit transport- en distributielijnen en -kabels. Lijnen zijn bovengrondse verbindingen, kabels liggen onder de grond.

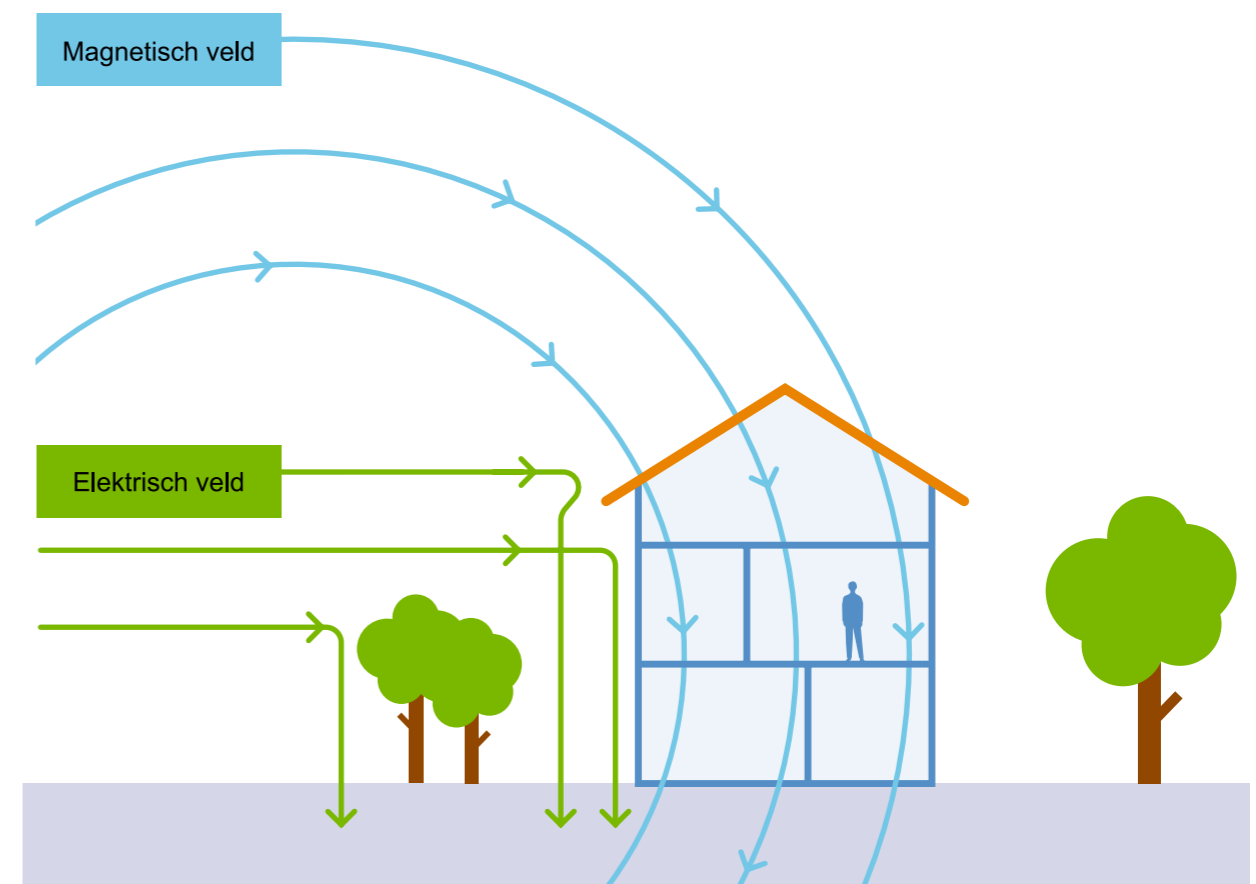
Transportverbindingen in Nederland zijn hoogspanningslijnen of –kabels met een spanning van 380 of 220 kilovolt (kV; 1 kV is 1000 V). Zij transporteren de stroom van de centrale naar een onderstation. Het zijn de snelwegen van het elektriciteitstransport. Tussen onderstations en transformatorstations lopen eveneens hoogspanningslijnen en –kabels, maar met een lagere spanning van 150, 110 of 50 kV. Het transport vanaf de transformatorstations naar de transformatorhuisjes in woonwijken en bij bedrijven vindt plaats door middel van distributiekabels met een middenspanning van 25, 20, 12.5, 10, 6, 5 of 3 kV. In de transformatorhuisjes wordt de spanning nog verder verlaagd naar 400 en 230 V en via laagspanningsdistributiekabels naar de eindbestemming gebracht. Bovengrondse elektriciteitslijnen zijn in Nederland (vrijwel) uitsluitend hoogspanningslijnen. In andere landen lopen ook distributielijnen bovengronds.

2.2 Veldsterkte

Bij extreem lage frequenties wordt onderscheid gemaakt tussen elektrische en magnetische velden, die verschillende eigenschappen hebben. Het elektrische veld wordt aanzienlijk afgezwakt door bomen, planten en bebouwing (zie figuur 2). Het dringt vrijwel niet door materialen heen en resulteert in een oppervlaktelading die naar de aarde wordt afgevoerd. In een woning is het elektrische veld afkomstig van een naburige elektriciteitslijn al snel 10 tot 100 keer zwakker dan buiten de woning. Het magnetische veld daarentegen wordt nauwelijks afgezwakt

door obstakels. Het dringt gemakkelijk door in huizen en in het menselijk lichaam (zie figuur 2). Bij onderzoeken naar de relatie tussen bovengrondse elektriciteitslijnen en mogelijke gezondheidseffecten gaat de aandacht daarom uit naar de blootstelling aan magnetische velden en niet naar die aan elektrische velden.

Een elektrisch veld is niet invasief, een magnetisch veld wel

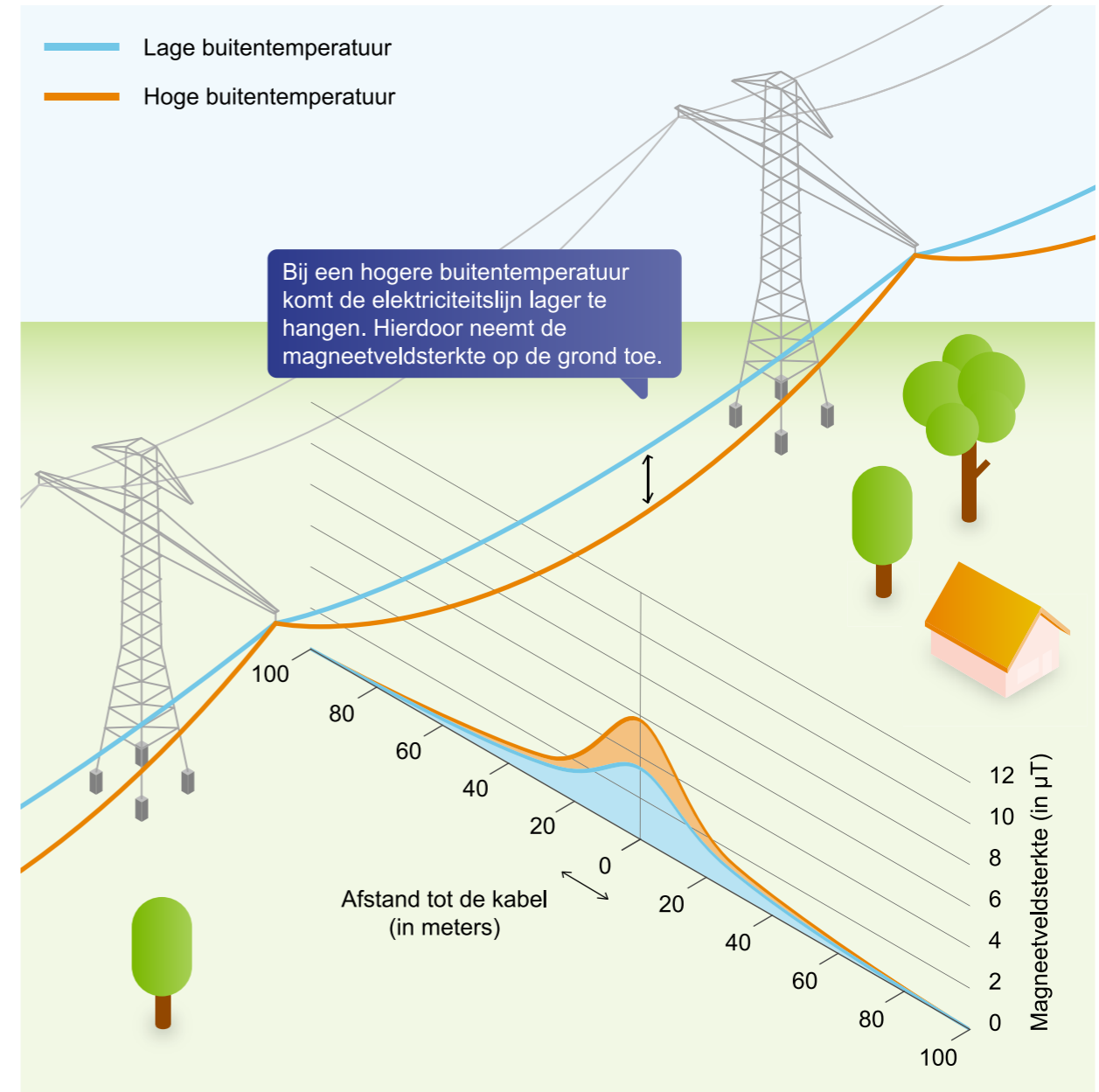


Figuur 2 Schematische weergave van de mate waarin elektrische en magnetische velden door materialen dringen



De sterkte van een magnetisch veld wordt uitgedrukt in tesla (T). In de praktijk wordt de sterkte van magnetische velden van het elektriciteitsstelsel uitgedrukt in microtesla ($\mu\text{T} = 1$ miljoenste T). Hoe meer stroom er door een lijn gaat, des te sterker het magnetisch veld. De sterkte van het magnetisch veld neemt snel af naarmate de afstand tot de lijn toeneemt (zie figuur 3). Globaal is de veldsterkte een factor vier lager bij verdubbeling van de afstand. De afstand tot een bovengrondse hoogspanningslijn hangt ook af van de mate waarin deze doorhangt tussen twee masten (de ‘zeeg’). Geleiders (de eigenlijke lijnen) hangen verder door naarmate ze warmer zijn. Dit is onder meer afhankelijk van de sterkte van de stroom door de geleider en van de omgevingstemperatuur. In de praktijk is de situatie complexer, omdat er meerdere geleiders en verschillende stroomcircuits in een hoogspanningslijn aanwezig zijn, waardoor er lokaal gedeeltelijke ‘uitdoving’ of verzwakking van magnetische velden kan optreden. Bij de aanleg van nieuwe verbindingen wordt ernaar gestreefd dat de magnetische velden van de verschillende geleiders elkaar zoveel mogelijk uitdoven, zodat de totale sterkte van het magnetische veld op leefniveau bij een hoogspanningslijn zo laag mogelijk is.

Hoe groter de afstand tot de elektriciteitslijnen, hoe zwakker het magnetisch veld



Figuur 3 Relatie tussen afstand tot de lijn en magnetische veldsterkte op de grond



De veldsterkten in de woonomgeving zijn gemiddeld over 24 uur niet meer dan 0,1-0,2 μT .⁶⁻¹⁰ Die blootstelling is afkomstig van het elektriciteitsstelsel in huis en van het gebruik van elektrische apparaten.

De aanwezigheid van een hoogspanningslijn kan de gemiddelde blootstelling verhogen tot meer dan 1 μT (zie figuur 3). Dat geldt ook voor het wonen naast of boven een in pandige transformator. Kortdurende piekblootstellingen bij gebruik van huishoudelijke apparatuur kunnen oplopen tot enkele tientallen μT wanneer de afstand tussen apparaat en gebruiker slechts enkele centimeters is.¹⁰

Beroepsmatige blootstellingen kunnen aanzienlijk hoger zijn dan blootstellingen in de woonomgeving, zoals bij elektriciëns (piekblootstelling tot meer dan 50 μT) en mensen die in de elektriciteitsindustrie werken (piekblootstelling tot 500 μT), lassers (tot 5 μT) en treinmachinisten (piekblootstelling tot meer dan 50 μT).¹¹⁻¹³

Dergelijke piekblootstellingen kunnen frequenter optreden dan piekblootstellingen in het huishouden, afhankelijk van de aard van de werkzaamheden. De gemiddelde blootstelling over een werkdag op de werkvloer kan bij genoemde beroepen oplopen tot 26 μT .^{13,14}

2.3 Blootstelling bepalen

De blootstelling van individuele mensen aan magnetische velden kan eigenlijk alleen maar nauwkeurig worden bepaald door middel van langdurige metingen op het lichaam. Die worden zelden in

epidemiologische onderzoeken uitgevoerd en dan vooral in industriële populaties. In de meeste onderzoeken wordt gewerkt met methoden die de werkelijke blootstelling bij benadering bepalen.

Blootstelling bepalen in de woonomgeving

In de woonomgeving kan de blootstelling worden benaderd aan de hand van de afstand van de woning tot een hoogspanningslijn (doorgaans gemeten als de afstand tot het midden van de lijn op grondniveau), al dan niet rekening houdend met de lijnspanning. De blootstelling kan ook worden geschat door de magnetische veldsterkte in of bij de woning over een kortere of langere tijd te meten of te berekenen. Voor het berekenen van de cumulatieve blootstelling, of de gemiddelde blootstelling over een langere periode, is ook inzicht nodig in de woongeschiedenis: op welke adressen hebben de betreffende personen gewoond.

Afstand als maat voor de blootstelling heeft het voordeel dat hij eenvoudig en redelijk nauwkeurig te bepalen is. Het nadeel is dat het een heel grove maat is voor de werkelijke blootstelling aan de door elektriciteitslijnen veroorzaakte magnetische velden. Die blootstelling is namelijk ook afhankelijk van andere factoren, zoals de hoogte van de lijn boven de grond (zie figuur 3), de configuratie van de lijnen en vooral van de hoeveelheid stroom die door de lijn getransporteerd wordt. Deze kan in de tijd aanzienlijk fluctueren. Deze informatie is echter in het algemeen niet voorhanden.



De gemeten of met modellen berekende blootstelling aan het magnetische veld is een meer relevante blootstellingsmaat dan afstand, maar de bepaling daarvan kent ook haar beperkingen. Metingen zijn niet per definitie nauwkeuriger dan gemodelleerde blootstelling. Bij metingen in de woning zijn onderzoekers afhankelijk van de medewerking van de bewoners. Als die geweigerd wordt, kan dat leiden tot selectieve deelname en daardoor mogelijk vertekening van de resultaten.

Bij gemodelleerde blootstelling speelt dat probleem niet. Daarnaast vinden metingen van de magnetische veldsterkte in de woning hooguit gedurende enkele dagen plaats, terwijl de gemodelleerde blootstelling bepaald wordt over een langere periode, soms vele jaren. Voor een langere periode kunnen metingen daarom een minder nauwkeurig beeld van de blootstelling geven dan gemodelleerde blootstelling. Anderzijds wordt bij gemodelleerde blootstelling ten gevolge van de aanwezigheid van een hoogspanningslijn doorgaans geen rekening gehouden met de blootstelling door andere bronnen nabij of in de woning, zoals in pandige transformatoren in appartementengebouwen, het elektriciteitssysteem in huis en het gebruik van elektrische apparaten. Die laatste resulteren doorgaans slechts in korte piekblootstellingen die bovenop de meer langdurige blootstelling van het elektriciteitssysteem in de woning en nabije hoogspanningslijnen komen. Een uitzondering daarop zijn bedwarmers (elektrische dekens en verwarmingselementen voor waterbedden) die doorgaans wel voor langdurige blootstelling zorgen.

Daarnaast speelt bij onderzoeken naar de blootstelling in de woon-omgeving ook nog een rol dat mensen vaak een (aanzienlijk) deel van de dag op andere plaatsen dan thuis doorbrengen, bijvoorbeeld op het werk of op school. Op die andere plaatsen kan de blootstelling aan magnetische velden lager maar ook hoger zijn dan thuis.

Blootstelling bepalen op de werkvloer

Beroepsmatige blootstelling wordt op uiteenlopende wijzen bepaald.¹⁵ Soms gebeurt dat redelijk nauwkeurig via uitgebreide metingen van de blootstelling bij bepaalde beroepen. In andere gevallen gebeurt dat minder nauwkeurig en gaat men er bijvoorbeeld simpelweg van uit dat bij een bepaald beroep een verhoogde blootstelling hoort. Soms wordt ook gebruik gemaakt van een zogenoemde beroepen-blootstelling-matrix (BBM). Daarin wordt een beroep gekoppeld aan een intensiteit van de blootstelling. Deze kan zijn gemeten of geschat door deskundigen, zoals een arbeidshygiënist.

In sommige onderzoeken wordt de gehele beroepsgeschiedenis van een persoon nagegaan, wat inzicht kan opleveren in de totale of gemiddelde blootstelling over iemands hele werkzame leven. In andere onderzoeken wordt slechts het hoofdberoep of het laatste beroep bij de blootstellingsbepaling betrokken. Dat gebeurt bijvoorbeeld in onderzoeken die informatie over iemands beroep halen uit overlijdensregisters of die zijn



gebaseerd op informatie uit een of meerdere volkstellingen. Dit geeft een minder nauwkeurig beeld van de totale blootstelling.

Bij onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling wordt uitgegaan van een 40-urige werkweek. In bepaalde beroepen is de blootstelling door werkzaamheden zo hoog, dat de blootstelling vanuit andere bronnen in de omgeving daarbij min of meer in het niet valt.¹⁶ Er kunnen grote verschillen zijn tussen het blootstellingspatroon in de woon- en werkomgeving.



03 amyotrofische laterale sclerose (ALS)



Onderzoek in de woonomgeving laat geen associatie zien tussen de nabijheid van hoogspanningslijnen en het risico op ALS. Bij beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau is wel een associatie gevonden met het risico op ALS. De commissie beschouwt dit als een aanwijzing voor een oorzakelijk verband. Het risico op ALS vertoont tevens een associatie met blootstelling aan elektrische schokken tijdens het werk, maar die associatie is minder duidelijk dan die met de blootstelling aan magnetische velden.

Dit hoofdstuk bevat een beknopte weergave van de resultaten van de meta-analyses door de commissie. Details van alle onderzoeken en de analyses staan in het achtergronddocument.

3.1 Over ALS en andere motorneuronziekten

Motorneuronziekten of neuromusculaire aandoeningen zijn ziekten van de motorische neuronen, de zenuwcellen die spierbewegingen aansturen. ALS is de meest voorkomende motorneuronziekte: ongeveer 80% van de motorneuronziekten betreft ALS.¹⁷ Bij ALS worden zowel de centrale als perifere motorische neuronen aangetast. De ziekte leidt vrij snel, doorgaans binnen enkele jaren, tot de dood door verlamming van de ademhalingspijpen of de hartspier.

ALS is een relatief zeldzame aandoening. De incidentie (het aantal nieuwe gevallen per jaar) in Nederland was over de periode 2006-2017

gemiddeld ongeveer 1 per 100.000 personen,¹⁷ de prevalentie (het totaal aantal gevallen op enig moment) ongeveer 1400.¹⁸

ALS kan bij volwassenen op elke leeftijd ontstaan, maar de meeste ALS-patiënten zijn tussen de 50 en 90 jaar oud.¹⁹ Gemiddeld leven patiënten nog 3 jaar na het ontstaan van de eerste klachten.

3.2 Blootstelling in de woonomgeving

De commissie heeft zes onderzoeken gevonden naar de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving en het optreden van ALS. In vijf daarvan werd de afstand tussen woning en bovengrondse elektriciteitslijnen als maat voor de blootstelling gebruikt.²⁰⁻²⁴ Vier van deze vijf onderzoeken gebruikten dezelfde afstandscategorieën en met deze vier onderzoeken is een meta-analyse uitgevoerd.²¹⁻²⁴

In twee van die vier onderzoeken werd tevens de blootstelling aan magnetische velden berekend.^{20,23} Omdat er conform het protocol minstens drie onderzoeken beschikbaar moeten zijn, is met die gegevens geen meta-analyse uitgevoerd. In een van deze onderzoeken kon geen risicoschatting worden berekend omdat slechts één patiënt nabij een hoogspanningsleiding woonde.²⁰ In het andere onderzoek is alleen voor de blootstellingscategorie 0,2-0,4 μT een niet-significant verhoogd risico gevonden, maar niet voor de lagere en hogere categorieën.²³



In de onderzoeken uit de meta-analyse zijn drie afstandscategorieën gebruikt. De commissie heeft met gegevens over de kortste afstand (0 tot 50 meter tussen woning en hoogspanningslijn) een risicoschatting berekend ten opzichte van de referentieafstand (meer dan 400 of meer dan 600 meter). Daaruit blijkt geen verhoogd risico op ALS bij wonen op een afstand van minder dan 50 meter van een hoogspanningslijn. De risicoschatting komt uit op 0,99 (0,65-1,52).

Een kanttekening bij deze meta-analyses is dat het aantal mensen dat binnen een gebied van 50 meter rond een hoogspanningslijn woont klein is en dat ALS een zeldzame ziekte is. Het aantal ALS-patiënten in die afstandscategorie is daardoor heel laag in de geanalyseerde onderzoeken (tussen 1 en 12 per onderzoek), wat bijdraagt aan de onzekerheid in de risicoschattingen.

Er zijn onvoldoende gegevens om ook een analyse naar lijnspanning te kunnen maken (een vraag uit de adviesaanvraag). In slechts één onderzoek wordt een onderscheid gemaakt naar lijnspanning (50-150 kV of 220-380 kV).²² De risicoschattingen voor beide lijnspanningen verschillen niet.

3.3 Beroepsmatige blootstelling

3.3.1 Magnetische velden

De commissie heeft 34 onderzoeken gevonden naar de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden bij de uitoefening van het beroep en het optreden van ALS. Daarvan zijn 14 onderzoeken om uiteenlopende redenen niet in de analyses opgenomen (zie het achtergronddocument). Met de gegevens van de 20 resterende onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling heeft de commissie meta-analyses uitgevoerd.²⁵⁻⁴⁴

Zowel de onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking als die naar blootstelling in industriële populaties duiden op een verhoogd risico op ALS. Uit onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking waarbij de volledige beroepsgeschiedenis is bepaald, komt de commissie tot een risicoschatting van 1,56 (0,83-2,93). In de onderzoeken aan industriële populaties komt deze associatie ook naar voren met een risicoschatting van 1,55 (1,17-2,06). Worden alle onderzoeken, dus ook die met onvolledige beroepshistorie, mee in beschouwing genomen, dan zijn de risicoschattingen weliswaar lager, maar de betrouwbaarheidsintervallen overlappen volledig (zie het achtergronddocument). De heterogeniteit van de resultaten binnen de vijf onderzoeken naar blootstelling in de algemene bevolking is hoog.



3.3.2 Elektrische schokken

In enkele onderzoeken is ook de beroepsmatige blootstelling aan elektrische schokken onderzocht. Die onderzoeken zijn gebaseerd op de rapportage van ernstige elektrische ongevallen.

De commissie heeft in de wetenschappelijke literatuur 9 onderzoeken gevonden naar de relatie tussen elektrische schokken in het beroep en het risico op ALS. Bij één daarvan is niet zeker of de schokken allemaal tijdens het werk zijn opgelopen. Met de gegevens van de resterende 8 onderzoeken heeft de commissie een meta-analyse uitgevoerd.^{25,27,34-36,38,39,44} Daaruit blijkt een associatie tussen het oplopen van elektrische schokken in het beroep en het risico op ALS.

De commissie komt (voor beroepsmatige blootstelling aan elektrische schokken in de algemene bevolking en onderzoeken met een volledige beroepsgeschiedenis) op een risicoschatting van 1,23 (1,07-1,42).

De karakterisering van de blootstelling, het ondergaan van elektrische schokken, is echter minder betrouwbaar dan die van de blootstelling aan magnetische velden. Er zijn geen onderzoeken in industriële populaties.

3.4 Experimenteel onderzoek

De commissie heeft drie experimentele onderzoeken naar de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden en ALS gevonden.

Het betreft twee dieronderzoeken naar een zeldzame familiale vorm van ALS.^{45,46} Daarnaast is er één onderzoek met gekweekte cellen.⁴⁷ In geen

van deze onderzoeken is een statistisch significante invloed gevonden van blootstellingen tot 1 mT (ongeveer 1000 keer hoger dan blootstellingen in de woonomgeving).

3.5 Conclusies

De geanalyseerde epidemiologische onderzoeken laten geen associatie zien tussen de blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving en het risico op ALS. Een kanttekening daarbij is dat binnen de onderzoeken weinig hoog blootgestelde ALS-patiënten zijn, omdat de ziekte zeldzaam is en maar weinig mensen binnen 50 meter van een hoogspanningslijn wonen. Door de lage aantallen is de risicoschatting onzeker.

Omdat er slechts weinig goede onderzoeken zijn uitgevoerd in de woonomgeving, acht de commissie de EPA-classificatie 'uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk' van toepassing.

De epidemiologische onderzoeken naar blootstelling aan magnetische velden in de werkomgeving laten wel een associatie zien met het risico op ALS. De risicoschattingen zijn naar schatting met een factor 1,6 verhoogd ten opzichte van blootstelling aan het achtergrondniveau.

De onderzoeken laten niet toe om een blootstellings-effectrelatie te bepalen. Daardoor kan niet worden vastgesteld of er een niveau van blootstelling boven het achtergrondniveau is waaronder het risico op ALS niet is verhoogd.



De mogelijkheid bestaat ook dat het ondervinden van elektrische schokken op het werk een schadelijke factor vormt, want ook die blootstelling is geassocieerd met het risico op ALS, zij het minder duidelijk. De risicoschatting is naar schatting met een factor 1,2 verhoogd ten opzichte van het niet ondervinden van elektrische schokken.

Uit de epidemiologische onderzoeken alleen valt niet met zekerheid af te leiden of de gevonden associaties tussen beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden of aan elektrische schokken en het risico op ALS berusten op een oorzakelijk verband. De schaarse aanvullende informatie uit dierexperimenteel en mechanistisch onderzoek geeft daarvoor geen onderbouwing. Op grond van de waargenomen associatie meent de commissie dat voor beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden de EPA-classificatie 'aanwijzingen voor een oorzakelijk verband' op zijn plaats is.



04 ziekte van Alzheimer



Onderzoek in de woonomgeving laat geen associatie zien tussen de nabijheid van hoogspanningslijnen en het risico op de ziekte van Alzheimer. Bij beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau is wel een associatie gevonden met het risico op de ziekte van Alzheimer. Die associatie kan duiden op een oorzakelijk verband. De gevonden associatie is minder duidelijk dan bij ALS.

Dit hoofdstuk bevat een beknopte weergave van de resultaten van de meta-analyses door de commissie. Details van alle onderzoeken en de analyses staan in het achtergronddocument.

4.1 Over de ziekte van Alzheimer

Dementie is een verzamelnaam voor ziekten waarbij de hersenen informatie niet meer goed kunnen verwerken. Dementie wordt gekarakteriseerd door een combinatie van symptomen, bijvoorbeeld geheugenverlies en andere cognitieve klachten en veranderend gedrag. De ziekte van Alzheimer is een vorm van dementie waarbij zenuwcellen in de hersenen niet meer functioneren en afsterven als gevolg van onder meer de ophoping van het eiwit amyloïd β en veranderingen in het eiwit tau.⁴⁸

Dementie komt vooral voor op oudere leeftijd: het aantal gevallen per leeftijdscategorie stijgt snel vanaf ongeveer 70 jaar. In 2021 zijn er in Nederland naar schatting 290.000 mensen met dementie.⁴⁹ Aangenomen wordt dat ongeveer 65% van de gevallen de ziekte van Alzheimer betreft:

dat zijn ongeveer 188.500 mensen. Op grond van het aantal nieuwe gevallen van dementie in 2019⁵⁰ kan berekend worden dat dat er ongeveer 5200 mannen (61 per 100.000) en 8060 vrouwen (93 per 100.000) in dat jaar de ziekte van Alzheimer kregen. Niet uitgesplitst naar geslacht komt dit neer op een incidentie van 77 per 100.000 personen.

4.2 Blootstelling in de woonomgeving

De commissie heeft drie onderzoeken naar de associatie tussen blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving en het optreden van de ziekte van Alzheimer gevonden.^{21,51,52} In deze onderzoeken is de associatie tussen de afstand van het woonadres tot bovengrondse elektriciteitslijnen en het optreden van de ziekte van Alzheimer onderzocht. Met de gegevens van deze onderzoeken heeft de commissie een meta-analyse uitgevoerd. In geen van de onderzoeken is de blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving vastgesteld bij de onderzoekspopulatie.

In de drie beschikbare onderzoeken zijn dezelfde afstandscategorieën gebruikt. De commissie heeft een analyse uitgevoerd voor de afstandscategorie van minder dan 50 meter, vergeleken met meer dan 600 meter. De analyse geeft een risicoschatting van 1,11 (0,97-1,28).

4.3 Beroepsmatige blootstelling

De commissie heeft 28 onderzoeken gevonden naar de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden bij de uitoefening van het beroep en



het optreden van de ziekte van Alzheimer. Daarvan zijn 10 onderzoeken om uiteenlopende redenen niet in de analyses opgenomen (zie het achtergronddocument). Met de gegevens van de 18 resterende onderzoeken heeft de commissie meta-analyses uitgevoerd.^{29-31,33,37,40-43,53-61} De commissie heeft ook hier onderscheid gemaakt tussen onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking en beroepsmatige blootstelling in specifieke industriële populaties, zoals werknemers van elektriciteitsbedrijven. De meta-analyses van de commissie laten in beide groepen een verhoogd risico zien op het optreden van de ziekte van Alzheimer bij beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau. Voor beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking waarbij de volledige beroepsgeschiedenis is bepaald, is de risicoschatting 1,15 (1,01-1,30) en in industriële populaties 1,24 (0,87-1,78). Bij de onderzoeken naar blootstelling van werknemers in industriële populaties is de heterogeniteit hoog. Vooral in de oudere onderzoeken is de kwaliteit van diagnose van de ziekte van Alzheimer onzeker.

4.4 Experimenteel onderzoek

In vijf experimenten met proefdieren met de ziekte van Alzheimer zijn gezondheidsbevorderende effecten gevonden van blootstelling aan magnetische velden in de vorm van verbeteringen in cognitieve vermogens.^{45,62-65} In twee andere onderzoeken zijn geen negatieve effecten op de gezondheid van gezonde proefdieren gevonden.^{66,67}

De blootstellingsniveaus varieerden van 100 μ T tot 10 mT en waren daarmee aanzienlijk hoger dan niveaus in de woonomgeving. Er zijn eveneens zes onderzoeken gevonden aan cellulaire modellen voor de ziekte van Alzheimer (dat wil zeggen onderzoeken aan gekweekte cellen). In twee daarvan zijn geen effecten van blootstelling aan magnetische velden gevonden^{68,69}, in drie zijn effecten gevonden die mogelijk wijzen op het optreden van ziekte⁷⁰⁻⁷² en in één onderzoek is een potentieel gezondheidsbevorderend effect gevonden.⁷³ De blootstellingsniveaus liepen uiteen van 50 μ T tot 3,1 mT, veel hoger dan de niveaus in de woonomgeving.

4.5 Conclusie

De geanalyseerde epidemiologische onderzoeken naar blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving laten geen associatie zien met het risico op de ziekte van Alzheimer. Omdat slechts weinig goede onderzoeken zijn uitgevoerd, acht de commissie voor blootstelling in de woonomgeving de EPA-classificatie 'uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk' van toepassing.

Onderzoek naar beroepsmatige blootstelling levert een ander beeld op. De meta-analyses laten zien dat personen die beroepsmatig zijn blootgesteld aan magnetische velden boven het achtergrondniveau een verhoogd risico hebben op de ziekte van Alzheimer. Het risico is naar



schatting met een factor 1,2 verhoogd ten opzichte van blootstelling op achtergrondniveau.

De onderzoeken laten niet toe om een blootstellings-effectrelatie te bepalen. Daardoor kan niet worden vastgesteld of er een niveau van blootstelling is waaronder het risico op de ziekte van Alzheimer niet is verhoogd.

De associaties die in epidemiologisch onderzoek zijn gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden en het risico op de ziekte van Alzheimer kunnen duiden op een oorzakelijk verband.

Beschikbare informatie uit dierexperimenteel en mechanistisch onderzoek geeft daarvoor echter geen onderbouwing. Derhalve komt de commissie voor beroepsmatige blootstelling tot de EPA-classificatie 'aanwijzingen voor een oorzakelijk verband'.



05 ziekte van Parkinson



Onderzoek in de woonomgeving laat geen associatie zien tussen de nabijheid van hoogspanningslijnen en het risico op de ziekte van Parkinson. De omvang en de kwaliteit van het onderzoek zijn beperkt, maar omdat evenmin associaties zijn gevonden bij beroepsgroepen met een werkgerelateerde blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau, acht de commissie een oorzakelijk verband tussen het risico op de ziekte van Parkinson en blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving of op het werk onwaarschijnlijk.

Dit hoofdstuk bevat een beknopte weergave van de resultaten van de meta-analyses door de commissie. Details van alle onderzoeken en de analyses staan in het achtergronddocument.

5.1 Over de ziekte van Parkinson

Net als de ziekte van Alzheimer is de ziekte van Parkinson het gevolg van het afsterven van zenuwcellen in de hersenen, maar door een andere oorzaak: ophoping van het eiwit alpha-synucleïne. Dit gaat gepaard met motorische en cognitieve klachten, zoals stijfheid, beven, traagheid en concentratie- en geheugenverlies. Daarnaast zijn er nog andere ziekten met vergelijkbare symptomen zoals multipele systeem atrofie en progressieve supranucleaire verlamming, die samen met de ziekte van Parkinson worden samengevat onder de noemer 'parkinsonisme'.

In 2019 hadden in Nederland ongeveer 52.900 mensen parkinsonisme.⁷⁴ Daar kwamen in dat jaar zo'n 6.090 nieuwe gevallen bij. De incidentie was in 2019 ongeveer 4000 mannen (47 per 100.000) en 2090 vrouwen (24 per 100.000). Ook parkinsonisme komt vooral voor op oudere leeftijd: het aantal gevallen per leeftijdscategorie stijgt snel vanaf ongeveer 60 jaar. Gegevens over specifiek de ziekte van Parkinson zijn niet beschikbaar.

5.2 Blootstelling in de woonomgeving

De commissie heeft vier onderzoeken gevonden naar de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving en het optreden van de ziekte van Parkinson.

In drie onderzoeken is de afstand tot hoogspanningslijnen als blootstellingsmaat gebruikt.^{21,51,52} In alle drie zijn dezelfde afstands-categorieën gebruikt. De commissie heeft het risico op de ziekte becijferd voor de afstandscategorie van 0 tot 50 meter ten opzichte van de afstandscategorie van meer dan 600 meter. Uit de analyse blijkt geen duidelijke associatie tussen de afstand tot hoogspanningslijnen en het risico op de ziekte van Parkinson. De commissie kwam tot een risicoschatting van 1,08 (0,93-1,26).

In het vierde onderzoek is de cumulatieve blootstelling als gevolg van het gebruik van huishoudelijke apparatuur onderzocht, uitgedrukt in



microtesla-jaar.⁷⁵ De risicoschattingen waren niet significant verschillend van 1,0.

5.3 Beroepsmatige blootstelling

De commissie heeft 26 onderzoeken gevonden naar de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden bij de uitoefening van het beroep en het optreden van de ziekte van Parkinson of parkinsonisme. Daarvan zijn 14 onderzoeken om uiteenlopende redenen niet in de analyses opgenomen (zie het achtergronddocument). Met de gegevens van de 12 resterende onderzoeken heeft de commissie meta-analyses uitgevoerd.^{29-31,33,37,40-43,75-77}

Ook hier heeft de commissie onderscheid gemaakt tussen onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking en beroepsmatige blootstelling in industriële populaties, zoals bij werknemers van elektriciteitsbedrijven. De meta-analyses van de commissie laten zien dat in geen van beide typen onderzoek sprake is van een verhoogd risico op het optreden van de ziekte van Parkinson bij blootstelling boven het achtergrondniveau. De commissie komt voor de onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking tot een risicoschatting van 1,03 (0,95-1,11). In dit geval is dat de risicoschatting voor alle onderzoeken ongeacht volledigheid van de beroepshistorie, omdat maar twee onderzoeken beschikbaar zijn waarin de beroepshistorie volledig was. Voor de onderzoeken in industriële populaties is de

risicoschatting 0,97 (0,75-1,26). De heterogeniteit in de risicoschattingen is hoog en sommige onderzoeken duiden op een verhoogd, andere juist op een verlaagd risico. De resultaten van de individuele onderzoeken in de meta-analyses zijn niet eenduidig, wat de zeggingskracht van die uitkomsten vermindert.

5.4 Experimenteel onderzoek

Er zijn twee publicaties gevonden over proefdieronderzoek naar de relatie tussen de blootstelling aan magnetische velden en de ziekte van Parkinson.^{78,79} In beide is het effect onderzocht van implantatie van mesenchymale stamcellen die tijdens de kweek blootgesteld werden aan 0,04-1 mT velden in proefdieren waarin Parkinson-achtige symptomen waren opgewekt. In beide onderzoeken vond een vermindering van deze symptomen plaats.

Er zijn vijf onderzoeken gevonden aan cellulaire modellen voor de ziekte van Parkinson, dat wil zeggen onderzoeken aan gekweekte cellen. In twee daarvan werden geen effecten van blootstelling aan magnetische velden gevonden^{68,80} en in drie onderzoeken werden effecten gevonden op oxidatieve stress, die mogelijk tot gezondheidsschade zouden kunnen leiden.^{71,81,82} De blootstellingsniveaus waren met 1 of 2 mT hoog vergeleken met blootstellingen in de woonomgeving en op de werkplek.



5.5 Conclusie

De geanalyseerde epidemiologische onderzoeken naar blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving laten geen associatie zien met het risico op de ziekte van Parkinson. De onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking en in industriële populaties laten evenmin een associatie zien. Aanvullende informatie uit dierexperimenteel en mechanistisch onderzoek geeft geen aanwijzingen voor een oorzakelijk verband.

Omdat in de onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling met blootstellingen boven het achtergrondniveau geen associatie wordt gevonden tussen blootstelling en ziekte van Parkinson, acht de commissie het onwaarschijnlijk dat mensen in de woonomgeving, waar de blootstelling lager is, de ziekte van Parkinson kunnen krijgen door wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen. Wel tekent de commissie daarbij aan dat de algemene bevolking breder van samenstelling is dan de beroepsbevolking en groepen omvat die gevoeliger zouden kunnen zijn, zoals kinderen, ouderen en chronisch zieken. Informatie over eventuele verschillen in gevoeligheid ontbreekt echter. Vooralsnog acht de commissie daarom zowel voor de woon- als werkomgeving de EPA-classificatie 'oorzakelijk verband onwaarschijnlijk' van toepassing op de relatie tussen blootstelling aan magnetische velden en het risico op de ziekte van Parkinson.



06 multiple sclerose (MS)



Zowel onderzoeken in de woonomgeving als onderzoeken in beroepsgroepen met blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau laten geen associatie zien tussen de blootstelling aan magnetische velden (of de nabijheid van hoogspanningslijnen) en het risico op MS. De omvang van het onderzoek is te beperkt om er conclusies aan te verbinden over een mogelijk oorzakelijk verband tussen blootstelling en ziekte.

Dit hoofdstuk bevat een beknopte weergave van de resultaten van de analyses door de commissie. Details van alle onderzoeken en de analyses staan in het achtergronddocument.

6.1 Over multiple sclerose (MS)

MS is een ziekte van het centrale zenuwstelsel, waarbij in de beschermende laag rondom zenuwbanen (myeline) ontstekingen en littekens ontstaan. Daardoor functioneren zenuwen minder goed of niet meer. Dit gaat gepaard met motorische klachten. De ziekte openbaart zich vooral bij jongvolwassenen in de leeftijd tussen 20 en 40 jaar, maar ook wel bij jongeren en ouderen.

In 2018 hadden in Nederland ongeveer 34.700 mensen MS.⁸³ Het aantal nieuwe gevallen per jaar in de leeftijdsgroep 20-64 jaar (55% van de bevolking) is ongeveer 1470, ofwel ongeveer 15 per 100.000 personen.^{84,85}

6.2 Blootstelling in de woonomgeving

De commissie heeft twee onderzoeken gevonden waarin de associatie tussen de afstand van de woning tot hoogspanningslijnen en het optreden van de MS is onderzocht.^{21,51} De gegevens laten geen verhoogd risico op MS zien bij mensen die nabij hoogspanningslijnen wonen.

6.3 Beroepsmatige blootstelling

De commissie heeft drie onderzoeken gevonden waarin de associatie tussen beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden en het optreden van MS is onderzocht.^{30,31,37} Twee daarvan zijn onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling in de algemene bevolking en één onderzoek is uitgevoerd in een industriële populatie. De gegevens laten geen verhoogd risico op MS zien door beroepsmatige blootstelling boven het achtergrondniveau.

6.4 Experimenteel onderzoek

Er zijn geen publicaties gevonden over experimenteel onderzoek naar de relatie tussen de blootstelling aan magnetische velden en MS.

6.5 Conclusie

De weinige beschikbare epidemiologische gegevens over de relatie tussen het risico op MS en blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving of op de werkplek laten geen associaties zien. Er is geen aanvullende informatie uit dierexperimenteel en mechanistisch onderzoek.



De commissie acht de beschikbare wetenschappelijke gegevens ontoereikend om te kunnen concluderen dat een oorzakelijk verband tussen blootstelling en ziekte onwaarschijnlijk is en meent daarom dat de EPA-classificatie 'uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk' van toepassing is op de associatie tussen blootstelling aan magnetische velden in zowel de woon- als de werkomgeving en het risico op het krijgen van MS.



07 advies



De commissie komt tot de conclusie dat het niet mogelijk is om op basis van het beschikbare onderzoek een uitspraak te doen over de vraag of blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving het optreden van de ALS, de ziekte van Alzheimer en MS kan veroorzaken. Voor de ziekte van Parkinson acht zij dit onwaarschijnlijk.

Over blootstelling in de woonomgeving zijn maar weinig onderzoeken beschikbaar en de meeste gebruiken de nabijheid van hoogspanningslijnen als maat voor blootstelling aan het magnetisch veld, wat minder nauwkeurig is dan bepaling van de blootstelling door meting of modellering. In de beperkte gegevens die beschikbaar zijn heeft de commissie geen associaties gevonden tussen het wonen op korte afstand van een hoogspanningslijn en een verhoogd risico op het optreden van de vier neurodegeneratieve ziekten.

Voor beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau heeft de commissie associaties gevonden met het risico op ALS en met het risico op de ziekte van Alzheimer. Ze beschouwt dit als aanwijzingen voor een oorzakelijk verband. Voor de ziekte van Parkinson heeft de commissie die associaties niet gevonden en acht ze een oorzakelijk verband onwaarschijnlijk. Voor MS zijn te weinig gegevens beschikbaar om hierover een uitspraak te doen.

De onderzochte beroepsmatige blootstellingen zijn aanzienlijk hoger dan in de woonomgeving. Daar staat tegenover dat de blootstelling in de woonomgeving langer kan duren en dat de blootgestelde populatie ook groepen omvat die mogelijk gevoeliger zijn, zoals kinderen, ouderen en chronisch zieken. Niettemin ziet de commissie op dit moment geen aanleiding voor maatregelen om blootstelling in de woonomgeving verder te beperken dan met het huidige beleid reeds wordt gedaan.

Voor beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden adviseert de commissie voorzorgsmaatregelen in de vorm van toepassing van het ALARA-principe, waarbij wordt gestreefd naar een blootstelling ‘*as low as reasonably achievable*’.

7.1 Conclusies per aandoening

Amyotrofische laterale sclerose (ALS)

Uit het beschikbare onderzoek komen geen aanwijzingen voor een verhoogd risico op ALS door het wonen nabij hoogspanningslijnen of blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving. Onduidelijk is of dat komt omdat de blootstelling in de woonomgeving lager is dan niveaus waarboven de ziekte mogelijk optreedt, of door de onnauwkeurige bepaling van de blootstelling, of omdat maar een beperkt aantal onderzoeken is uitgevoerd, waarin ook nog eens door de zeldzaamheid van de ziekte weinig ALS patiënten zijn die binnen 50 meter van een hoogspanningslijn wonen.



Er zijn wel aanwijzingen uit epidemiologisch onderzoek voor een verhoogd risico op ALS door beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau of aan elektrische schokken. Voor blootstelling aan magnetische velden is een naar schatting met een factor 1,6 verhoogd risico gevonden en voor het ondergaan van elektrische schokken een verhoging van het risico met naar schatting een factor 1,2. Die associaties vormen een aanwijzing voor een oorzakelijk verband, maar vanuit het beperkte dierexperimenteel en mechanistisch onderzoek is daar geen verdere onderbouwing voor. Uit het epidemiologische onderzoek kunnen geen blootstellings-effectrelaties worden afgeleid.

Ziekte van Alzheimer

Er zijn geen aanwijzingen voor een verhoogd risico op de ziekte van Alzheimer door het wonen nabij hoogspanningslijnen. Onduidelijk is of dat komt omdat de blootstelling vanuit de omgeving lager is dan niveaus waarboven de ziekte mogelijk optreedt, of door de onnauwkeurige bepaling van de blootstelling, het beperkte aantal onderzoeken of onzekerheid met betrekking tot de diagnose van de ziekte (vooral in oudere onderzoeken).

Er zijn wel aanwijzingen uit epidemiologisch onderzoek voor een verhoogd risico op de ziekte van Alzheimer door beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau.

De meta-analyses geven een naar schatting met een factor 1,2 verhoogd risico te zien. De associatie is minder duidelijk dan bij ALS, maar vormt niettemin een aanwijzing voor een oorzakelijk verband. Ook hier zijn de resultaten van het wetenschappelijke onderzoek onvoldoende om te bepalen bij welk blootstellingsniveau het risico daadwerkelijk verhoogd is. Verder ondersteuning voor een oorzakelijk verband uit dierexperimenteel of mechanistisch onderzoek is niet gevonden.

Ziekte van Parkinson

Er is in epidemiologisch onderzoek geen associatie gevonden tussen blootstelling aan magnetische velden en het risico op de ziekte van Parkinson. Dat geldt zowel voor blootstelling in de woonomgeving als voor beroepsmatige blootstelling. Het weinige dierexperimentele en mechanistische onderzoek geeft geen informatie die behulpzaam zou kunnen zijn bij het bepalen of er een oorzakelijk verband is.

Multiple sclerose (MS)

Er zijn te weinig gegevens beschikbaar om conclusies te kunnen trekken over een eventueel verband tussen blootstelling aan magnetische velden in de woon- of werkomgeving en het risico op MS.

EPA-classificatie van de bewijskracht voor een oorzakelijk verband

In tabel 2 geeft de commissie aan wat onderzoeksresultaten samen volgens haar betekenen in termen van bewijs voor een oorzakelijk



verband tussen blootstelling aan magnetische velden en de vier neurodegeneratieve ziekten. Ze doet dat apart voor de blootstelling in de woonomgeving en beroepsmatige blootstelling.

Tabel 2 Bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en ziekte

Ziekte	Woonomgeving	Beroepsmatig
Amyotrofische laterale sclerose	Uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk	Aanwijzingen voor oorzakelijk verband
Ziekte van Alzheimer	Uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk	Aanwijzingen voor oorzakelijk verband
Ziekte van Parkinson	Oorzakelijk verband onwaarschijnlijk	Oorzakelijk verband onwaarschijnlijk
Multiple sclerose	Uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk	Uitspraak over oorzakelijk verband niet mogelijk

Voor blootstelling in de woonomgeving geldt dat er weinig onderzoek beschikbaar is. De onderzoeken die geschikt waren voor meta-analyses gebruiken allemaal nabijheid van hoogspanningslijnen als blootstellingsmaat voor het magnetisch veld, wat minder nauwkeurig is dan het bepalen van de blootstelling door meting of modellering. Daarom komt de commissie tot de conclusie dat een uitspraak over een oorzakelijk verband tussen blootstelling in de woonomgeving en het risico op drie van de vier neurodegeneratieve ziekten niet mogelijk is. Omdat voor de ziekte van Parkinson ook voor beroepsmatige blootstelling geen enkele aanwijzing is gevonden voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en ziekte, acht de commissie het onwaarschijnlijk dat mensen die wonen

in nabijheid van hoogspanningslijnen een verhoogd risico op de ziekte van Parkinson hebben.

De associaties tussen beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden en het risico op ALS en de ziekte van Alzheimer beschouwt de commissie als een aanwijzing voor een oorzakelijk verband. Naar een relatie tussen beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden en het risico op MS is te weinig onderzoek verricht om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over een oorzakelijk verband.

7.2 Aanbevelingen

Nader onderzoek

De commissie verwacht niet dat meer (retrospectief) epidemiologisch onderzoek op korte termijn meer zekerheid zal opleveren. Zij beveelt wel aan om de blootstelling aan magnetische velden in de woon- en werkomgeving te monitoren. Het gebruik van windturbines en zonnepanelen als primaire bron van energie is de laatste jaren sterk toegenomen. Tegelijkertijd zijn de elektrische auto en de warmtepomp bezig aan een opmars. De veranderingen in de productie en het verbruik van elektriciteit leiden tot een verhoging van het transport van elektriciteit en daarmee waarschijnlijk tot hogere blootstellingen aan magnetische velden in de buurt van elektriciteitslijnen en op sommige werkplekken. Meer dierexperimenteel en mechanistisch onderzoek kan aanvullende gegevens over oorzakelijke verbanden opleveren.



Voorzorg

Het huidige beleid ten aanzien van bovengrondse hoogspanningslijnen is gebaseerd op voorzorg in verband met aanwijzingen voor een oorzakelijk verband tussen de blootstelling aan magnetische velden en het risico op kinderleukemie. In haar eerdere advies heeft de commissie aanbevolen om te overwegen het voorzorgbeleid uit te breiden naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan magnetische velden uit het elektriciteitsnetwerk, zoals transformatorstations en transformatorhuisjes. In de huidige analyses zijn geen aanwijzingen gevonden dat de algemene bevolking een verhoogd risico loopt op het krijgen van een neurodegeneratieve ziekte door blootstelling aan magnetische velden in de woonomgeving. De commissie ziet daarom geen reden voor verdere aanbevelingen voor blootstellingsbeperkende maatregelen in de woonomgeving.

Gezien de aanwijzingen voor een verhoogd risico op ALS en Alzheimer bij beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden boven het achtergrondniveau, beveelt de commissie aan om uit voorzorg te streven naar zo een laag als redelijkerwijs mogelijke beroepsmatige blootstelling (ALARA – *as low as reasonably achievable*).



literatuur



- ¹ Gezondheidsraad. *Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz)*. Den Haag, 2000; publicatienr. 2000/06.
- ² Gezondheidsraad. *Hoogspanningslijnen en gezondheid deel I: kanker bij kinderen*. Den Haag, 2018; publicatienr. 2018/08.
- ³ Wertheimer N, Leeper E. *Electrical wiring configurations and childhood cancer*. Am J Epidemiol 1979; 109(3): 273-284.
- ⁴ Gezondheidsraad. *5G en gezondheid*. Den Haag, 2020; publicatie nr. 2020/16.
- ⁵ Owens EO, Patel MM, Kirrane E, Long TC, Brown J, Cote I, et al. *Framework for assessing causality of air pollution-related health effects for reviews of the National Ambient Air Quality Standards*. Regul Toxicol Pharmacol 2017; 88: 332-337.
- ⁶ Eliyahu I, Hareuveny R, Riven M, Kandel S, Kheifets L. *24-h personal monitoring of exposure to Power Frequency Magnetic Fields in adolescents - Results of a National Survey*. Environ Res 2017; 158: 295-300.
- ⁷ Magne I, Souques M, Bureau I, Duburcq A, Remy E, Lambrozo J. *Exposure of children to extremely low frequency magnetic fields in France: Results of the EXPERS study*. J Expo Sci Environ Epidemiol 2017; 27(5): 505-512.
- ⁸ Calvente I, Davila-Arias C, Ocon-Hernandez O, Perez-Lobato R, Ramos R, Artacho-Cordon F, et al. *Characterization of indoor extremely low frequency and low frequency electromagnetic fields in the INMA-Granada cohort*. PLoS One 2014; 9(9): e106666.
- ⁹ Bolte JF, Baliatsas C, Eikelboom T, van Kamp I. *Everyday exposure to power frequency magnetic fields and associations with non-specific physical symptoms*. Environ Pollut 2015; 196: 224-229.
- ¹⁰ Kelfkens G, Pruppers MJM. *Extreem-laagfrequente elektrische en magnetische velden van huishoudelijke apparatuur*. Bilthoven, 2005; RIVM Rapport 300010001/2005.
- ¹¹ Gourzoulidis GA, Tsaprouni P, Skamnakis N, Tzoumanika C, Kalampaliki E, Karastergios E, et al. *Occupational exposure to electromagnetic fields. The situation in Greece*. Phys Med 2018; 49: 83-89.
- ¹² Gobba F, Bravo G, Rossi P, Contessa GM, Scaringi M. *Occupational and environmental exposure to extremely low frequency-magnetic fields: a personal monitoring study in a large group of workers in Italy*. J Expo Sci Environ Epidemiol 2011; 21(6): 634-645.
- ¹³ van Tongeren M, Mee T, Whatmough P, Broad L, Maslanyj M, Allen S, et al. *Assessing occupational and domestic ELF magnetic field exposure in the uk adult brain tumour study: results of a feasibility study*. Radiat Prot Dosimetry 2004; 108(3): 227-236.
- ¹⁴ Kromhout H, Loomis DP, Mihlan GJ, Peipins LA, Kleckner RC, Iriye R, et al. *Assessment and grouping of occupational magnetic field exposure in five electric utility companies*. Scand J Work Environ Health 1995; 21(1): 43-50.
- ¹⁵ Bolte JFB, Pruppers MJM. *Elektromagnetische velden in arbeidssituaties*. Den Haag, 2006; RIVM-nr. 610015001.



- ¹⁶ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *EMFs in the workplace*. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/96-129/default.html>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ¹⁷ de Jongh AD, van Eijk RPA, Peters SM, van Es MA, Horemans AMC, van der Kooi AJ, et al. *Incidence, prevalence and geographical clustering of Motor Neuron Disease in the Netherlands*. *Neurology* 2021; Feb 23; 96(8): e1227–e1236.
- ¹⁸ ALS Centrum Nederland. *Epidemiologie van ALS*. <https://www.als-centrum.nl/kennisplatform/epidemiologie-van-als/>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ¹⁹ van Es MA, Hardiman O, Chio A, Al-Chalabi A, Pasterkamp RJ, Veldink JH, et al. *Amyotrophic lateral sclerosis*. *Lancet* 2017; 390(10107): 2084-2098.
- ²⁰ Marcilio I, Gouveia N, Pereira Filho ML, Kheifets L. *Adult mortality from leukemia, brain cancer, amyotrophic lateral sclerosis and magnetic fields from power lines: a case-control study in Brazil*. *Rev Bras Epidemiol* 2011; 14(4): 580-588.
- ²¹ Frei P, Poulsen AH, Mezei G, Pedersen C, Cronberg Salem L, Johansen C, et al. *Residential distance to high-voltage power lines and risk of neurodegenerative diseases: a Danish population-based case-control study*. *Am J Epidemiol* 2013; 177(9): 970-978.
- ²² Seelen M, Vermeulen RC, van Dillen LS, van der Kooi AJ, Huss A, de Visser M, et al. *Residential exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and the risk of ALS*. *Neurology* 2014; 83(19): 1767-1769.
- ²³ Vinceti M, Malagoli C, Fabbi S, Kheifets L, Violi F, Poli M, et al. *Magnetic fields exposure from high-voltage power lines and risk of amyotrophic lateral sclerosis in two Italian populations*. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener* 2017; 18(7-8): 583-589.
- ²⁴ Filippini T, Hatch EE, Vinceti M. *Residential exposure to electromagnetic fields and risk of amyotrophic lateral sclerosis: a dose-response meta-analysis*. *Sci Rep* 2021; 11(1): 11939.
- ²⁵ Deapen DM, Henderson BE. *A case-control study of amyotrophic lateral sclerosis*. *Am J Epidemiol* 1986; 123(5): 790-799.
- ²⁶ Gunnarsson LG, Lindberg G, Soderfeldt B, Axelson O. *Amyotrophic lateral sclerosis in Sweden in relation to occupation*. *Acta Neurol Scand* 1991; 83(6): 394-398.
- ²⁷ Gunnarsson LG, Bodin L, Soderfeldt B, Axelson O. *A case-control study of motor neurone disease: its relation to heritability, and occupational exposures, particularly to solvents*. *Br J Ind Med* 1992; 49(11): 791-798.
- ²⁸ Davanipour Z, Sobel E, Bowman JD, Qian Z, Will AD. *Amyotrophic-lateral-sclerosis and occupational exposure to electromagnetic-fields*. *Bioelectromagnetics* 1997; 18(1): 28-35.
- ²⁹ Savitz DA, Checkoway H, Loomis DP. *Magnetic field exposure and neurodegenerative disease mortality among electric utility workers*. *Epidemiology* 1998; 9(4): 398-404.



- ³⁰ Håkansson N, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B. *Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields*. Epidemiology 2003; 14(4): 420-426; discussion 427-428.
- ³¹ Rösli M, Lortscher M, Egger M, Pfluger D, Schreier N, Lortscher E, et al. *Mortality from neurodegenerative disease and exposure to extremely low-frequency magnetic fields: 31 years of observations on Swiss railway employees*. Neuroepidemiology 2007; 28(4): 197-206.
- ³² Parlett LE, Bowman JD, van Wijngaarden E. *Evaluation of occupational exposure to magnetic fields and motor neuron disease mortality in a population-based cohort*. J Occup Environ Med 2011; 53(12): 1447-1451.
- ³³ Sorahan T, Mohammed N. *Neurodegenerative disease and magnetic field exposure in UK electricity supply workers*. Occup Med (Lond) 2014; 64(6): 454-460.
- ³⁴ Fischer H, Kheifets L, Huss A, Peters TL, Vermeulen R, Ye W, et al. *Occupational exposure to electric shocks and magnetic fields and amyotrophic lateral sclerosis in Sweden*. Epidemiology 2015; 26(6): 824-830.
- ³⁵ Huss A, Spoerri A, Egger M, Kromhout H, Vermeulen R, Swiss National C. *Occupational exposure to magnetic fields and electric shocks and risk of ALS: the Swiss National Cohort*. Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener 2015; 16(1-2): 80-85.
- ³⁶ Koeman T, Slottje P, Schouten LJ, Peters S, Huss A, Veldink JH, et al. *Occupational exposure and amyotrophic lateral sclerosis in a prospective cohort*. Occup Environ Med 2017; 74(8): 578-585.
- ³⁷ Pedersen C, Poulsen AH, Rod NH, Frei P, Hansen J, Grell K, et al. *Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk for central nervous system disease: an update of a Danish cohort study among utility workers*. Int Arch Occup Environ Health 2017; 90(7): 619-628.
- ³⁸ Peters S, Visser AE, D'Ovidio F, Beghi E, Chio A, Logroscino G, et al. *Associations of electric shock and extremely low-frequency magnetic field exposure with the risk of Amyotrophic lateral sclerosis*. Am J Epidemiol 2019; 188(4): 796-805.
- ³⁹ Chen GX, Mannelje A, Douwes J, van den Berg LH, Pearce N, Kromhout H, et al. *Associations of occupational exposures to electric shocks and extremely low-frequency magnetic fields with motor neurone disease*. Am J Epidemiol 2021; 190(3): 393-402.
- ⁴⁰ Savitz DA, Loomis DP, Tse CK. *Electrical occupations and neurodegenerative disease: analysis of U.S. mortality data*. Arch Environ Health 1998; 53(1): 71-74.
- ⁴¹ Noonan CW, Reif JS, Yost M, Touchstone J. *Occupational exposure to magnetic fields in case-referent studies of neurodegenerative diseases*. Scand J Work Environ Health 2002; 28(1): 42-48.



- ⁴² Feychting M, Jonsson F, Pedersen NL, Ahlbom A. *Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease*. *Epidemiology* 2003; 14(4): 413-419; discussion 427-418.
- ⁴³ Park RM, Schulte PA, Bowman JD, Walker JT, Bondy SC, Yost MG, et al. *Potential occupational risks for neurodegenerative diseases*. *Am J Ind Med* 2005; 48(1): 63-77.
- ⁴⁴ Vergara X, Mezei G, Kheifets L. *Case-control study of occupational exposure to electric shocks and magnetic fields and mortality from amyotrophic lateral sclerosis in the US, 1991-1999*. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; 25(1): 65-71.
- ⁴⁵ Liebl MP, Windschmitt J, Besemer AS, Schafer AK, Reber H, Behl C, et al. *Low-frequency magnetic fields do not aggravate disease in mouse models of Alzheimer's disease and amyotrophic lateral sclerosis*. *Sci Rep* 2015; 5: 8585.
- ⁴⁶ Poulletier de Gannes F, Ruffie G, Taxile M, Ladeveze E, Hurtier A, Haro E, et al. *Amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and extremely-low frequency (ELF) magnetic fields: a study in the SOD-1 transgenic mouse model*. *Amyotroph Lateral Scler* 2009; 10(5-6): 370-373.
- ⁴⁷ Consales C, Panatta M, Butera A, Filomeni G, Merla C, Carri MT, et al. *50-Hz magnetic field impairs the expression of iron-related genes in the in vitro SOD1(G93A) model of amyotrophic lateral sclerosis*. *Int J Radiat Biol* 2019; 95(3): 368-377.
- ⁴⁸ Alzheimer Nederland. *Oorzaken Alzheimer*. <https://www.alzheimer-nederland.nl/dementie/oorzaken-preventie/oorzaken>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ⁴⁹ VZinfo. *Dementie*. <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/dementie/cijfers-context/huidige-situatie#node-aantal-mensen-met-dementie>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ⁵⁰ VZinfo. *Dementie | Leeftijd en geslacht*. <https://www.vzinfo.nl/dementie/leeftijd-en-geslacht>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ⁵¹ Huss A, Spoerri A, Egger M, Rösli M. *Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population*. *Am J Epidemiol* 2009; 169(2): 167-175.
- ⁵² Gervasi F, Murtas R, Decarli A, Russo AG. *Residential distance from high-voltage overhead power lines and risk of Alzheimer's dementia and Parkinson's disease: a population-based case-control study in a metropolitan area of Northern Italy*. *Int J Epidemiol* 2019; 48(6): 1949-1957.
- ⁵³ Sobel E, Davanipour Z, Sulkava R, Erkinjuntti T, Wikstrom J, Henderson VW, et al. *Occupations with exposure to electromagnetic fields: A possible risk factor for Alzheimers disease*. *Am J Epidemiol* 1995; 142(5): 515-524.
- ⁵⁴ Feychting M, Pedersen NL, Svedberg P, Floderus B, Gatz M. *Dementia and occupational exposure to magnetic fields*. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24(1): 46-53.



- ⁵⁵ Graves AB, Rosner D, Echeverria D, Yost M, Larson EB. *Occupational exposure to electromagnetic fields and Alzheimer disease*. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 1999; 13(3): 165-170.
- ⁵⁶ Harmanci H, Emre M, Gurvit H, Bilgic B, Hanagasi H, Gurol E, et al. *Risk factors for Alzheimer disease: a population-based case-control study in Istanbul, Turkey*. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2003; 17(3): 139-145.
- ⁵⁷ Qiu C, Fratiglioni L, Karp A, Winblad B, Bellander T. *Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer's disease*. *Epidemiology* 2004; 15(6): 687-694.
- ⁵⁸ Davanipour Z, Tseng CC, Lee PJ, Sobel E. *A case-control study of occupational magnetic field exposure and Alzheimer's disease: results from the California Alzheimer's Disease Diagnosis and Treatment Centers*. *BMC Neurol* 2007; 7: 13.
- ⁵⁹ Seidler A, Geller P, Nienhaus A, Bernhardt T, Ruppe I, Eggert S, et al. *Occupational exposure to low frequency magnetic fields and dementia: a case-control study*. *Occup Environ Med* 2007; 64(2): 108-114.
- ⁶⁰ Andel R, Crowe M, Feychting M, Pedersen NL, Fratiglioni L, Johansson B, et al. *Work-related exposure to extremely low-frequency magnetic fields and dementia: results from the population-based study of dementia in Swedish twins*. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010; 65(11): 1220-1227.
- ⁶¹ Koeman T, Schouten LJ, van den Brandt PA, Slottje P, Huss A, Peters S, et al. *Occupational exposures and risk of dementia-related mortality in the prospective Netherlands Cohort Study*. *Am J Ind Med* 2015; 58(6): 625-635.
- ⁶² Akbarnejad Z, Esmaeilpour K, Shabani M, Asadi-Shekaari M, Saeedi Goraghani M, Ahmadi-Zeidabadi M. *Spatial memory recovery in Alzheimer's rat model by electromagnetic field exposure*. *Int J Neurosci* 2018; 128(8): 691-696.
- ⁶³ Zuo H, Liu X, Wang D, Li Y, Xu X, Peng R, et al. *RKIP-mediated NF- κ B signaling is involved in ELF-MF-mediated improvement in AD rat*. *Int J Med Sci* 2018; 15(14): 1658-1666.
- ⁶⁴ Liu X, Zuo H, Wang D, Peng R, Song T, Wang S, et al. *Improvement of spatial memory disorder and hippocampal damage by exposure to electromagnetic fields in an Alzheimer's disease rat model*. *PLoS One* 2015; 10(5): e0126963.
- ⁶⁵ Hu Y, Lai J, Wan B, Liu X, Zhang Y, Zhang J, et al. *Long-term exposure to ELF-MF ameliorates cognitive deficits and attenuates tau hyperphosphorylation in 3xTg AD mice*. *Neurotoxicology* 2016; 53: 290-300.
- ⁶⁶ Zhang Y, Liu X, Zhang J, Li N. *Short-term effects of extremely low frequency electromagnetic fields exposure on Alzheimer's disease in rats*. *Int J Radiat Biol* 2015; 91(1): 28-34.
- ⁶⁷ Zhang C, Li Y, Wang C, Lv R, Song T. *Extremely low-frequency magnetic exposure appears to have no effect on pathogenesis of Alzheimer's disease in aluminum-overloaded rat*. *PLoS One* 2013; 8(8): e71087.



- ⁶⁸ Antonini RA, Benfante R, Gotti C, Moretti M, Kuster N, Schuderer J, et al. *Extremely low-frequency electromagnetic field (ELF-EMF) does not affect the expression of alpha3, alpha5 and alpha7 nicotinic receptor subunit genes in SH-SY5Y neuroblastoma cell line*. Toxicol Lett 2006; 164(3): 268-277.
- ⁶⁹ Rao RR, Halper J, Kisaalita WS. *Effects of 60 Hz electromagnetic field exposure on APP695 transcription levels in differentiating human neuroblastoma cells*. Bioelectrochemistry 2002; 57(1): 9-15.
- ⁷⁰ Reale M, Kamal MA, Patruno A, Costantini E, D'Angelo C, Pesce M, et al. *Neuronal cellular responses to extremely low frequency electromagnetic field exposure: implications regarding oxidative stress and neurodegeneration*. PLoS One 2014; 9(8): e104973.
- ⁷¹ Patruno A, Tabrez S, Amerio P, Pesce M, Vianale G, Franceschelli S, et al. *Kinetic study on the effects of extremely low frequency electromagnetic field on catalase, cytochrome P450 and inducible nitric oxide synthase in human HaCaT and THP-1 cell lines*. CNS Neurol Disord Drug Targets 2011; 10(8): 936-944.
- ⁷² Del Giudice E, Facchinetti F, Nofrate V, Boccaccio P, Minelli T, Dam M, et al. *Fifty Hertz electromagnetic field exposure stimulates secretion of beta-amyloid peptide in cultured human neuroglioma*. Neurosci Lett 2007; 418(1): 9-12.
- ⁷³ Zuo H, Liu X, Li Y, Wang D, Hao Y, Yu C, et al. *The mitochondria/caspase-dependent apoptotic pathway plays a role in the positive effects of a power frequency electromagnetic field on Alzheimer's disease neuronal model*. J Chem Neuroanat 2020; 109: 101857.
- ⁷⁴ VZinfo. *Ziekte van Parkinson*. <https://www.vzinfo.nl/ziekte-van-parkinson#node-aantal-nieuwe-gevallen-ziekte-van-parkinson-huisartsenpraktijk>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ⁷⁵ van der Mark M, Vermeulen R, Nijssen PC, Mulleners WM, Sas AM, van Laar T, et al. *Extremely low-frequency magnetic field exposure, electrical shocks and risk of Parkinson's disease*. Int Arch Occup Environ Health 2015; 88(2): 227-234.
- ⁷⁶ Brouwer M, Koeman T, van den Brandt PA, Kromhout H, Schouten LJ, Peters S, et al. *Occupational exposures and Parkinson's disease mortality in a prospective Dutch cohort*. Occup Environ Med 2015; 72(6): 448-455.
- ⁷⁷ Checkoway H, Ilango S, Li W, Ray RM, Tanner CM, Hu SC, et al. *Occupational exposures and parkinsonism among Shanghai women textile workers*. Am J Ind Med 2018; 61(11): 886-892.
- ⁷⁸ Jadidi M, Biat SM, Sameni HR, Safari M, Vafaei AA, Ghahari L. *Mesenchymal stem cells that located in the electromagnetic fields improves rat model of Parkinson's disease*. Iran J Basic Med Sci 2016; 19(7): 741-748.
- ⁷⁹ Seong Y, Moon J, Kim J. *Egr1 mediated the neuronal differentiation induced by extremely low-frequency electromagnetic fields*. Life Sci 2014; 102(1): 16-27.



- ⁸⁰ Benassi B, Santangeli S, Merla C, Tarantini L, Bollati V, Butera A, et al. *50-Hz MF does not affect global DNA methylation of SH-SY5Y cells treated with the neurotoxin MPP⁺*. *Bioelectromagnetics* 2019; 40(1): 33-41.
- ⁸¹ Benassi B, Filomeni G, Montagna C, Merla C, Lopresto V, Pinto R, et al. *Extremely low frequency magnetic field (ELF-MF) exposure sensitizes SH-SY5Y cells to the pro-Parkinson's disease toxin MPP⁺*. *Mol Neurobiol* 2016; 53(6): 4247-4260.
- ⁸² Consales C, Cirotti C, Filomeni G, Panatta M, Butera A, Merla C, et al. *Fifty-hertz magnetic field affects the epigenetic modulation of the miR-34b/c in neuronal cells*. *Mol Neurobiol* 2018; 55(7): 5698-5714.
- ⁸³ VZinfo. *Ranglijsten | Welke aandoeningen komen het meeste voor?* <https://www.volksgezondheidszorg.info/ranglijst/ranglijst-aandoeningen-op-basis-van-voorkomen>. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ⁸⁴ Stecr. *Multiple sclerose*. https://www.stecr.nl/default.asp?page_id=236&name=Multiple_sclerose. Geraadpleegd: 09-03-2022.
- ⁸⁵ CBS. *Personen naar bij de huisarts bekende diagnose; leeftijd, geslacht: multiple sclerose*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83110NED?q=multiple%20sclerose>. Geraadpleegd: 09-03-2022.



Commissie en geraadpleegd deskundigen

Samenstelling Commissie Elektromagnetische velden voor het advies

Hoogspanningslijnen en gezondheid: neurodegeneratieve ziekten

- prof. dr. ir. H. Kromhout, hoogleraar arbeidshygiëne en blootstellingskarakterisering, Universiteit Utrecht (*voorzitter* sinds 1 januari 2017; lid sinds 4 februari 2005)
- prof. dr. A. Aleman, hoogleraar cognitieve neuropsychiatrie, Rijksuniversiteit Groningen (lid sinds 7 januari 2009)
- dr. A. Huss, epidemioloog, Universiteit Utrecht (lid sinds 4 januari 2016)
- prof. dr. S. Le Cessie, statisticus, LUMC, Leiden (lid sinds 28 september 2015)
- dr. ir. R.M.C. Mestrom, universitair docent, Technische Universiteit Eindhoven (lid sinds 1 februari 2017)
- prof. dr. ir. M.M. Paulides, professor en leider van het Electromagnetics for Care&Cure laboratorium, Technische Universiteit Eindhoven (tot 1 januari 2022)
- prof. dr. H.F.J. Savelkoul, hoogleraar celbiologie en immunologie, Wageningen UR (lid sinds 29 december 2008)
- dr. R. van Strien, epidemioloog; medisch milieukundige, GGD, Amsterdam (lid sinds 13 november 2015)
- prof. dr. ir. F. de Vocht, professor of Epidemiology and Public Health, Population Health Sciences, University of Bristol, United Kingdom (lid sinds 30 december 2020)
- dr. G. Kelfkens, fysicus, RIVM, Bilthoven (*structureel geraadpleegd deskundige* vanaf 17 juli 2007)

Geraadpleegd deskundige

- prof. dr. W.A. van Gool, hoogleraar neurologie, Amsterdam UMC

Waarnemers

- ir. J.P.M. van Assche, Agentschap Telecom, Groningen
- dr. M.J.M. Pruppers, Kennisplatform Elektromagnetische velden, Bilthoven
- drs. ing. T.A.H. van Roermund, EZK, Den Haag
- D. Valk, SZW, Den Haag

Secretarissen

- dr. E. van Rongen, Gezondheidsraad, Den Haag
- dr. H.F.G. van Dijk, Gezondheidsraad, Den Haag



De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement ‘voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid en het gezondheids(zorg)onderzoek’ (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn en Sport; Infrastructuur en Waterstaat; Sociale Zaken en Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De raad kan ook op eigen initiatief adviezen uitbrengen, en ontwikkelingen of trends signaleren die van belang zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden als regel opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

U kunt dit document downloaden van www.gezondheidsraad.nl.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:
Gezondheidsraad. Hoogspanningslijnen en gezondheid: neurodegeneratieve ziekten.
Den Haag: Gezondheidsraad 2022; publicatienr. 2022/13.

Auteursrecht voorbehouden

