



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

**Onderzoek naar mogelijke
langetermijneffecten van
elektromagnetische velden op
de gezondheid van werknemers
– update 2019**

RIVM Rapport 2019-0010
K.J. Rijs | R. Stam



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

**Onderzoek naar mogelijke
langetermijneffecten van
elektromagnetische velden op de
gezondheid van werknemers
– update 2019**

RIVM Rapport 2019-0010

Colofon

© RIVM 2019

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-2019-0010

K.J. Rijs (auteur), RIVM

R. Stam (auteur), RIVM

Contact:

Rianne Stam

Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid

rienne.stam@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, in het kader van Z/110071/18/OV

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers – update 2019

Er is nog geen eenduidig antwoord mogelijk op de vraag of elektromagnetische velden op de lange termijn gezondheidseffecten bij werknemers kunnen veroorzaken. Dit blijkt uit een update van het literatuuronderzoek uit 2015, waarin het RIVM dezelfde conclusie trok.

Sterke elektromagnetische velden op de werkplek, zoals bij elektrisch lassen of radarinstallaties, kunnen direct gezondheidseffecten veroorzaken bij werknemers. Voorbeelden daarvan zijn prikkeling van de zenuwen of opwarming van organen. Deze update gaat in op mogelijke langetermijneffecten van blootstelling van werknemers aan elektromagnetische velden. Het gaat hierbij vooral om situaties waarin de velden zwakker zijn dan de limieten in de Europese regelgeving. Dergelijke langetermijneffecten zijn niet opgenomen in de wetgeving die werknemers in Nederland sinds 2016 beschermt. Toen deze werd opgesteld, was het niet bekend of er een verband was.

In wetenschappelijk onderzoek zijn nog geen verbanden bewezen tussen de blootstelling van werknemers en het ontstaan van kanker, ziekten van het zenuwstelsel of andere ziekten op de lange termijn. Wel zijn er opnieuw aanwijzingen gevonden voor een verband tussen (laagfrequente) elektromagnetische velden en de mate waarin de zenuwziekte ALS voorkomt. Het is echter nog steeds niet duidelijk of de elektromagnetische velden de werkelijke oorzaak zijn, of andere factoren op de werkplek, zoals chemische stoffen of elektrische schokken. Bij andere ziekten van het zenuwstelsel, zoals dementie en multiple sclerose (MS), spreken onderzoeken elkaar tegen of is er nog te weinig onderzoek gedaan naar het effect van elektromagnetische velden.

Er is geen verband aangetoond tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en het ontstaan van diverse vormen van kanker en hart- en vaatziekten. Voor borstkanker (bij vrouwen) zijn er nog steeds geen aanwijzingen voor een verband. Voor hersentumoren en leukemie is er onvoldoende bewijs voor een verband. Voor andere vormen van kanker en voor afwijkingen in de voortplantingsfuncties, de zintuigen, het afweersysteem en spieren of gewrichten ontbreekt voldoende en goed onderbouwd onderzoek. In deze update is ook onderzoek betrokken naar een mogelijk verband tussen elektromagnetische velden en ongelukken of sterfte bij werknemers. Daaruit kwam een eerste aanwijzing dat ongevallen buiten werktijd vaker voorkomen bij werknemers met hoge beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische velden van MRI-apparatuur. Het is nog onduidelijk of dit met een korte of langdurige blootstelling samenhangt. Er is te weinig onderzoek uitgevoerd naar een verband met algemene sterfte om daarover conclusies te kunnen trekken.

De update is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van SZW.

Kernwoorden: elektromagnetische velden, werknemers, gezondheid, langetermijneffecten

Synopsis

Research into possible long term effects of electromagnetic fields on the health of workers – update 2019

It is not yet possible to give an unambiguous answer to the question of whether electromagnetic fields can have detrimental effects on the health of workers in the long term. These are the findings of an update of the literature review carried out in 2015, in which RIVM drew the same conclusion.

Strong electromagnetic fields at the workplace, such as those caused by electric welding or radar systems, can have direct effects on the health of workers, including nerve stimulation and heating of organs. The update investigated the possible long-term effects of the exposure of workers to electromagnetic fields. This mainly concerns situations involving fields that are weaker than the limits stipulated by the relevant European regulations. Such long-term effects have not been incorporated into the legislation that has protected workers in the Netherlands since 2016. When this was drawn up it was not known whether there was a link.

Scientific research has not yet proven any links between the exposure of workers and the occurrence of cancer, disorders of the nervous system or other illnesses in the long term. Indications have, however, again been found for a link between low-frequency electromagnetic fields and the extent to which the neurological disease ALS occurs. However, it is still not clear whether the electromagnetic fields are the actual cause, or other factors at the workplace, such as chemical substances or electric shocks. For other diseases of the nervous system, such as dementia and multiple sclerosis (MS), studies contradict one another or too few studies on the effects of electromagnetic fields have been carried out.

No links have been demonstrated between exposure to electromagnetic fields and the occurrence of various forms of cancer and cardiovascular diseases. There are still no indications for a link with breast cancer (in women). There is insufficient evidence for links between electromagnetic fields and brain tumours or leukaemia. For other forms of cancer and defects in the reproductive functions, the senses, the immune system or muscles and joints, there is a lack of well-substantiated research. This update also included research into a possible link between electromagnetic fields and accidents or mortality among workers. This yielded the first indication that accidents outside working hours occur more frequently among workers with high occupational exposure to electromagnetic fields from MRI equipment. It is still not clear whether this is connected to long or short-term exposure. Too little research has been carried out to be able to draw any conclusions about a link with general mortality.

The update was commissioned by the Ministry of Social Affairs and Employment.

Keywords: electromagnetic fields, workers, health, long-term effects

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

- 1.1 Aanleiding en vraagstelling — 13
- 1.2 Afbakening — 13
- 1.3 Definities en begrippen — 14
 - 1.3.1 Elektromagnetische velden — 14
 - 1.3.2 Bepalen van blootstelling — 14
 - 1.3.3 Blootstelling van werknemers — 16
 - 1.3.4 Oorspronkelijke onderzoeken, reviews en meta-analyses — 16
- 1.4 Methoden — 17
 - 1.4.1 Zoekmethode literatuur — 17
 - 1.4.2 Beoordeling van literatuur — 17
 - 1.4.3 Geïnccludeerde literatuur — 19
- 1.5 Indeling rapport — 19

2 Mogelijke verbanden met kanker — 21

- 2.1 Hersentumoren — 21
 - 2.1.1 Conclusie — 23
- 2.2 Kanker van witte bloedcellen — 23
 - 2.2.1 Conclusie — 25
- 2.3 Borstkanker vrouwen — 25
 - 2.3.1 Conclusie — 26
- 2.4 Borstkanker mannen — 26
 - 2.4.1 Conclusie — 26
- 2.5 Teelbalkanker — 27
 - 2.5.1 Conclusie — 27
- 2.6 Overige vormen kanker: longkanker, kanker in het oog en blaaskanker — 27
 - 2.6.1 Conclusie — 27

3 Mogelijke verbanden met neurodegeneratieve ziekten — 29

- 3.1 Motorneuronziekten — 29
 - 3.1.1 Conclusie — 30
- 3.2 Dementie — 31
 - 3.2.1 Conclusie — 32
- 3.3 Ziekte van Parkinson — 32
 - 3.3.1 Conclusie — 33
- 3.4 Multiple sclerose — 33
 - 3.4.1 Conclusie — 33

4 Mogelijke verbanden met overige ziekten — 35

- 4.1 Hart- en vaatziekten — 35
 - 4.1.1 Conclusie — 36
- 4.2 Voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem, het bewegingsapparaat, sterfte, ongevallen en abnormale menstruatie — 37
 - 4.2.1 Conclusie — 39

5 Geïnccludeerde rapporten — 41

6 Conclusies — 43

6.1 Algemene conclusies over kanker — 43

6.2 Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten — 44

6.3 Algemene conclusies overige ziekten — 45

7 Literatuurlijst — 47

8 Bijlage 1 — 51

8.1 Zoektermen PUBMED — 51

8.2 Zoektermen SCOPUS — 52

8.3 Zoektermen EMBASE — 52

Samenvatting

Samenvatting en leeswijzer

Sterke elektromagnetische velden op de werkplek kunnen direct na de blootstelling gezondheidseffecten of veiligheidsrisico's veroorzaken. De wettelijke regels en grenswaarden beschermen werknemers daartegen. Er wordt ook wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de vraag of elektromagnetische velden op de langere termijn gezondheidseffecten kunnen veroorzaken, zelfs als ze zwakker zijn dan de grenswaarden. De overheid gaat regelmatig na of er op basis van nieuw onderzoek extra beleid nodig is om werknemers tegen gezondheidseffecten te beschermen. Het doel van dit rapport is om de recente stand van zaken weer te geven van de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke langetermijneffecten op de gezondheid van kortdurende en chronische blootstelling aan elektromagnetische velden in arbeidssituaties. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen laagfrequente velden (frequenties lager dan 100 kilohertz) en radiofrequente velden (frequenties hoger dan 100 kilohertz). Voorbeelden van bronnen van sterke laagfrequente elektromagnetische velden op de werkplek zijn lasapparatuur, generatoren, inductieverwarmers en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van sterke radiofrequente elektromagnetische velden op de werkplek zijn plasticlassers, MRI-apparatuur in ziekenhuizen en zendmasten op daken. Het huidige rapport is een update van het rapport 'Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers' (RIVM-rapport 2015-0203, verder genoemd 'het vorige rapport'). Het huidige rapport moet beleidsmakers, onderzoekers en overige belanghebbenden informeren over de actuele stand van de wetenschap en hen helpen te bepalen of er nader onderzoek, voorlichting of nieuw beleid op het onderwerp nodig is. In het rapport zijn openbare 'peer-reviewed' reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken in wetenschappelijke tijdschriften geïnventariseerd en beoordeeld die tussen januari 2015 en november 2018 zijn gepubliceerd. 'Peer-reviewed' wil zeggen dat een onderzoek vóór publicatie is getoetst door andere onderzoekers en waar nodig gecorrigeerd. In een meta-analyse worden statistische toetsen gedaan met de gegevens uit meerdere oorspronkelijke onderzoeken. Het rapport concentreert zich op epidemiologisch onderzoek bij werknemers, waarin de blootstelling aan elektromagnetische velden wordt gemeten of geschat en wordt vergeleken met het voorkomen van bepaalde ziekten.

De conclusies getrokken in het vorige rapport veranderen niet op basis van deze update. Alle onderzoeken bij elkaar genomen zijn er nog geen verbanden bewezen tussen blootstelling van werknemers en kanker, ziekten van het zenuwstelsel of andere gezondheidseffecten, als de elektromagnetische velden zwakker zijn dan de wettelijke blootstellingslimieten. Net als in het vorige rapport zijn de twee categorieën ziekten waaraan het meeste onderzoek is gedaan kanker (met name hersentumoren en leukemie) en ziekten van het zenuwstelsel (met name amyotrofische laterale sclerose, ALS). Deze twee categorieën worden beschreven in de hoofdstukken 2 en 3 van het rapport. Alle overige ziekten waar onderzoek naar is gedaan worden beschreven in hoofdstuk 4. Op basis van recente inzichten worden daarin ook mogelijke verbanden met ongevallen en sterfte samengevat.

In het algemeen geldt voor alle onderzochte ziekten dat ze een complexe ontstaansgeschiedenis kunnen hebben, waarin erfelijke factoren, leefstijl en diverse omgevingsinvloeden, zoals blootstelling aan andere risico's dan die van elektromagnetische velden, een rol kunnen spelen. In hoofdstuk 5 worden de resultaten samengevat, kritische kanttekeningen geplaatst en suggesties voor vervolgonderzoek gedaan.

Net als in het vorige rapport concluderen wij dat er geen verband is aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden op de werkplek en borstkanker bij vrouwen. Voor borstkanker bij mannen, teelbalkanker, longkanker, kanker in het oog en blaaskanker is er nog te weinig onderzoek van hoge kwaliteit gedaan om conclusies te kunnen trekken over verbanden met blootstelling aan elektromagnetische velden. Er is sinds het verschijnen van het vorige rapport meer onderzoek gedaan naar een mogelijk verband tussen beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische velden en hersentumoren of leukemie bij werknemers of hun kinderen. Net als bij voorgaand onderzoek verschillen de resultaten echter per onderzoek, hangen niet samen met de sterkte van de blootstelling of worden mogelijk vertekend door gebrekkige methoden. Geconcludeerd wordt daarom dat er onvoldoende bewijs is voor een verband met hersentumoren of leukemie bij werknemers of bij hun kinderen. Over andere vormen van kanker zijn geen publicaties gevonden.

Op basis van de literatuur in het vorige rapport werd geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn gevonden voor een verband tussen beroepen met blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden en het voorkomen van motorneuronziekten (vooral ALS). Zoals in de conclusie van het vorige rapport is samengevat, kon uit de beschikbare literatuur nog niet opgemaakt worden of elektromagnetische velden de werkelijke oorzaak zijn, of andere factoren op dezelfde werkplek zoals chemische stoffen of elektrische schokken. De wisselende resultaten in recentere publicaties geven nog geen extra duidelijkheid over het verband tussen laagfrequente elektromagnetische velden of elektrische schokken en ALS en de conclusie van het vorige rapport blijft daarom gehandhaafd.

Voor de overige ziekten van het zenuwstelsel zijn sinds het vorige rapport geen nieuwe onderzoekspublicaties gevonden en recenter gepubliceerde meta-analyses geven geen afwijkende conclusies. De conclusies uit het vorige rapport blijven daarom gehandhaafd: voor dementie, waaronder de ziekte van Alzheimer, zijn enkele aanwijzingen gevonden voor een verband met blootstelling aan laagfrequente velden, maar de onderzoeken geven wisselende resultaten, hebben methodologische beperkingen, worden niet altijd gepubliceerd en geven geen duidelijkheid over storende factoren. Er is tot nu toe geen verband gevonden tussen blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden en de ziekte van Parkinson. Er is nog te weinig onderzoek gedaan naar een verband met multiple sclerose om conclusies te kunnen trekken.

Door de beperkingen van het onderzoek naar een mogelijk verband met hart- en vaatziekten dat is gepubliceerd sinds het vorige rapport veranderen de conclusies niet: er is geen verband aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden op de

werkplek en hart- en vaatziekten. Voor radiofrequente velden kunnen nog geen conclusies worden getrokken.

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat voor afwijkingen in de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem en het bewegingsapparaat de weinige onderzoeken die zijn gedaan te inconsistent zijn of te gebrekkig uitgevoerd zijn om conclusies te kunnen trekken. De nieuwe onderzoekspublicaties over een mogelijk verband met voortplanting veranderen de conclusies uit het vorige rapport ook niet. Omdat er in deze update geen nieuwe publicaties zijn gevonden voor de overige ziekten, veranderen ook deze conclusies niet.

Nieuw onderzoek geeft een eerste aanwijzing voor het vaker voorkomen van ongevallen buiten werktijd bij werknemers met hoge beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische velden van MRI-apparatuur. Om deze aanwijzing voor een verband te bevestigen is vervolgonderzoek nodig. Er zijn nog te weinig onderzoeken uitgevoerd naar een mogelijk verband tussen beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische velden en abnormale menstruatie(patronen) of een mogelijk verband met algemene sterfte om daarover conclusies te kunnen trekken.

Zoals in het vorige rapport is samengevat, hebben de gepubliceerde epidemiologische onderzoeken nog beperkingen, maar zijn er ook methodologische verbeteringen doorgevoerd. Zo is er in bepaalde onderzoeken bijvoorbeeld gecorrigeerd voor de invloed van elektrische schokken of andere werkgerelateerde factoren. De methode die is gebruikt om de blootstelling en de gezondheidsuitkomsten te meten zou nog verder verbeterd kunnen worden. Voor sommige categorieën ziekten zijn er nog te weinig onderzoeken van voldoende kwaliteit gepubliceerd. Het RIVM blijft de ontwikkelingen in de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke effecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers daarom volgen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en vraagstelling

In het huidige rapport wordt het literatuuronderzoek 'Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers' (RIVM-rapport 2015-0203, verder genoemd 'het vorige rapport') aangevuld. De inhoud van dat rapport kwam voort uit een vraag binnen het project 'Elektromagnetische velden' dat RIVM uitvoerde voor het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). Het doel van dat rapport en deze update is om de stand van zaken weer te geven van de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke langetermijneffecten op de gezondheid van kortdurende en chronische blootstelling aan elektromagnetische velden (EMV) in arbeidssituaties. Het huidige rapport moet beleidsmakers, onderzoekers en overige belanghebbenden informeren over de stand van de wetenschap en hen helpen te bepalen of er nader onderzoek, voorlichting of nieuw beleid op het onderwerp nodig is.

1.2 Afbakening

In het huidige rapport worden gepubliceerde, openbare '*peer-reviewed*' reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken bij de beroepsbevolking in wetenschappelijke tijdschriften geïnventariseerd en beoordeeld. Alleen '*peer-reviewed*' wetenschappelijke artikelen zijn beoordeeld en samengevat. '*Peer-reviewed*' betekent dat een wetenschappelijk artikel vóór publicatie is getoetst door andere onderzoekers en waar nodig gecorrigeerd. Congresabstracts met korte samenvattingen van recent onderzoek zijn niet meegenomen. Zulke abstracts zijn niet altijd *peer-reviewed* en bevatten onvoldoende informatie om de kwaliteit ervan te beoordelen. Ter aanvulling van de bevindingen zijn rapporten van wetenschappelijke organisaties geraadpleegd.

Langetermijneffecten worden hier gedefinieerd als alle effecten die ontstaan in een periode langer dan de tijdspanne waarin de wetenschappelijk bewezen gezondheidseffecten door elektrische prikkeling en opwarming zich uiten (tijdens, direct na of – voor overmatige opwarming – binnen een maand na de blootstelling). Het kan daarbij gaan om eenmalige blootstelling, langdurige blootstelling of herhaalde blootstelling gedurende meerdere jaren. Wetenschappelijk bewezen verbanden tussen blootstelling aan EMV en kortetermijneffecten op de gezondheid op basis van elektrische stimulatie en opwarming vallen buiten het huidige rapport. Dergelijke verbanden vormen de basis voor de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn elektromagnetische velden (Parlement en Raad van de Europese Unie, 2013), waar het Nederlandse Arbeidsomstandighedenbesluit naar verwijst. Deze limieten zijn gebaseerd op aanbevelingen van de '*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*' (ICNIRP). Mogelijke effecten van EMV op de gezondheid van leden van de algemene bevolking of patiënten in de reguliere gezondheidszorg vallen ook buiten het huidige rapport. Effecten met onduidelijke relevantie voor de gezondheid (bijvoorbeeld het effect op cellen of hormonen) worden niet beschreven. Sommige mensen geven

aan zogenoemde somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten (Engels: *non-specific physical symptoms*), zoals hoofdpijn en vermoeidheid, te krijgen na blootstelling aan EMV met sterkten die beduidend lager zijn dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Deze klachten kunnen direct na blootstelling of na langduriger blootstelling optreden, niet alleen op het werk maar ook in het dagelijks leven daarbuiten. Een oorzakelijk verband met de blootstelling aan EMV is tot nu toe niet aangetoond (voor reviews zie (Baliatsas et al., 2012; Rubin et al., 2011)). In het huidige rapport wordt niet op deze klachten ingegaan. Mogelijke gezondheidseffecten van EMV en de mechanismen daarvoor in het lichaam kunnen ook worden onderzocht bij proefdieren. Omdat deze onderzoeken meestal niet specifiek zijn voor blootstelling van werknemers, worden ze in dit rapport niet besproken.

1.3 Definities en begrippen

Hieronder worden de volgende definities en begrippen uitgelegd: elektromagnetische velden, bepalen van blootstelling, blootstelling van werknemers en oorspronkelijke onderzoeken, reviews en meta-analyses. Deze definities en begrippen worden uitgebreider uitgelegd in het vorige RIVM-rapport (Rijs en Stam, 2015). Verder worden in het vorige rapport de volgende definities en begrippen ook nog beschreven die mogelijk relevant kunnen zijn als achtergrondinformatie bij het lezen van het huidige rapport: risicomaten in epidemiologisch onderzoek, verbanden in epidemiologisch onderzoek, heterogeniteit in onderzoeksresultaten en publicatiebias. Deze definities en begrippen zullen hier niet nogmaals beschreven worden.

1.3.1 *Elektromagnetische velden*

Tenzij nader gespecificeerd, staat de afkorting 'EMV' in dit rapport voor elektrische velden, magnetische velden of elektromagnetische velden. Daar waar in dit rapport wordt gesproken over 'laagfrequente' EMV, worden velden met frequenties tussen 1 hertz en 100 kilohertz bedoeld. Epidemiologisch onderzoek naar effecten van laagfrequente EMV concentreert zich vaak op de zogenoemde 'extreem-laagfrequente' velden met frequenties tussen 1 en 300 hertz. De belangrijkste bronnen van deze velden zijn elektriciteitsvoorzieningen en apparatuur op de netspanning, die in Nederland een frequentie van 50 hertz heeft. Daar waar in dit rapport wordt gesproken over 'radiofrequente' EMV, worden velden met frequenties tussen 100 kilohertz en 300 gigahertz bedoeld.

De *sterkte* van EMV buiten het lichaam is bepalend voor de grootte van de effecten in het lichaam. De sterkte van elektrische velden wordt gemeten in de grootheid 'elektrische veldsterkte' (eenheid: volt per meter). De sterkte van magnetische velden kan worden gemeten in de grootheden 'magnetische veldsterkte' (eenheid: ampère per meter) of 'magnetische fluxdichtheid' (eenheid: tesla), die naar elkaar zijn om te rekenen. Voor het meten van de sterkte van EMV met frequenties tussen 10 megahertz en 300 gigahertz wordt ook de grootheid 'vermogensdichtheid' gebruikt (eenheid: watt per vierkante meter).

1.3.2 *Bepalen van blootstelling*

Zoals in het vorige rapport is beschreven, zijn er in epidemiologische onderzoeken verschillende methoden beschikbaar om blootstelling aan

EMV in arbeidssituaties te bepalen. Een veel gebruikte methode is het onderzoeken van beroepen waarvan bekend is dat de werknemers blootgesteld worden aan relatief sterke EMV, zoals elektriciens, lasser en metaalbewerker. Door een vergelijking te maken tussen personen met en personen zonder een beroep met blootstelling aan EMV, kan een verband tussen blootstelling en gezondheid onderzocht worden. Daarbij wordt de daadwerkelijke blootstelling aan EMV van de deelnemers niet gemeten. Een nadeel van deze methode is dat personen met een bepaald beroep ook kunnen worden blootgesteld aan andere omstandigheden die de gezondheid kunnen beïnvloeden. Lassers kunnen bijvoorbeeld niet alleen worden blootgesteld aan EMV, maar ook aan giftige stoffen in de lasrook, die daardoor als *confounder* kunnen werken (zie paragraaf 1.4.2). Hier wordt niet altijd rekening mee gehouden in epidemiologische onderzoeken.

Een andere manier is door in de analyses gebruik te maken van een '*job-exposure matrix*'. Een *job-exposure matrix* is een kruistabel waarin per beroep(sgroep) de blootstelling aan bepaalde eigenschappen van het werk is opgenomen. Blootstelling aan EMV wordt voor diverse beroepen geschat (door experts of door steekproefsgewijze metingen) en gegroepeerd op basis van het geschatte niveau van blootstelling aan EMV. Door veel verschillende beroepen samen te nemen, wordt verondersteld dat verstoring door schadelijke factoren anders dan EMV kleiner is. Een nadeel van een *job-exposure matrix* is, dat geen rekening wordt gehouden met de variatie in taken en in de mate van blootstelling binnen beroepsgroepen.

Tot slot kan de persoonlijke blootstelling ook gemeten of gemodelleerd worden. Hoewel dit de meest exacte manier is voor het bepalen van de blootstelling per persoon, geeft het niet altijd een representatief beeld van de variatie in blootstelling op de werkvloer. Zo worden metingen op de werkplek vaak op een gestandaardiseerde afstand van de bron gemeten (bijvoorbeeld 20 centimeter), terwijl de werknemer tijdens het werk ook dichterbij de bron kan komen. Ook een persoonlijke blootstellingsmeter wordt niet altijd op de plaats van de hoogste blootstelling gedragen. Alles bij elkaar genomen geven persoonlijke metingen van de werknemers in een onderzoek de meest specifieke informatie over de blootstelling aan EMV.

Voor alle drie de voornoemde manieren om de blootstelling te bepalen geldt dat er verschillende maten kunnen worden gebruikt om de geschatte of gemeten blootstelling uit te drukken. Voor de bewezen kortetermijneffecten van hoge blootstelling aan EMV is alleen de 'instantane' sterkte van het veld van belang. Voor mogelijke langetermijneffecten hoeft dit niet het geval te zijn. Alternatieve blootstellingsmaten in onderzoek naar langetermijneffecten kunnen bijvoorbeeld zijn het tijdsgewogen gemiddelde, het geometrisch gemiddelde, de mediaan of het aantal pieken boven een drempelwaarde. Naast de blootstellingsmaat kan ook de totale duur van de blootstelling van belang zijn voor mogelijke langetermijneffecten (cumulatieve blootstelling).

1.3.3 *Blootstelling van werknemers*

EMV waaraan werknemers in arbeidssituaties kunnen worden blootgesteld kunnen sterker zijn dan EMV waaraan leden van de bevolking worden blootgesteld. Blootstellingslimieten voor werknemers zijn hoger (minder streng) dan voor leden van de bevolking, omdat blootstellingslimieten voor de bevolking ook bescherming moeten bieden aan kinderen, zwangere vrouwen, ouderen, mensen met gezondheidsproblemen en mensen die zich niet bewust zijn dat zij blootgesteld worden. Van leden van de bevolking kan niet verwacht worden dat zij maatregelen nemen om zich te beschermen tegen blootstelling aan EMV. Werknemers zijn doorgaans volwassen mensen waarvan de blootstelling bekend is en die worden getraind om zich bewust te zijn van de mogelijke risico's van EMV en de nodige voorzorgsmaatregelen in acht te nemen (ICNIRP, 1998). Hoewel de blootstelling van werknemers in de meeste gevallen lager is dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn, kan de blootstelling van werknemers hoger zijn dan voor de algemene bevolking. Voorbeelden van bronnen van laagfrequente EMV in arbeidssituaties sterker dan de limieten voor de bevolking zijn geleiders en transformatoren in energiecentrales, inductieverwarmers, lasapparatuur en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van radiofrequente EMV in arbeidssituaties sterker dan de limieten voor de bevolking zijn diëlektrische verwarmers, zendinstallaties en MRI-scanners in ziekenhuizen.

In epidemiologisch onderzoek wordt meestal naar de gemiddelde blootstelling over een langere tijdsperiode gekeken. Die zal in het algemeen lager zijn dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Dit is alleen lastig te bepalen in onderzoeken waar een *job-exposure matrix* of beroepentitels worden gebruikt om de blootstelling te bepalen, aangezien op die manier een schatting wordt gemaakt. Alleen wanneer de EMV-blootstelling gemeten wordt, kan mogelijk bepaald worden of de blootstelling lager is dan de limieten in de Europese richtlijn. De tijdgemiddelde blootstelling in de oorspronkelijke onderzoeken opgenomen in dit rapport was lager dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Het is echter altijd mogelijk dat er in de middelperiode ook incidentele blootstellingen voorkwamen die hoger waren dan deze blootstellingslimieten.

1.3.4 *Oorspronkelijke onderzoeken, reviews en meta-analyses*

In oorspronkelijke onderzoeken worden de methoden en resultaten van een afzonderlijk epidemiologisch onderzoek beschreven.

Reviews zijn literatuuronderzoeken waarin op een systematische wijze wordt gezocht in zoekmachines (zoals de digitale zoekmachines PubMed, Scopus en Embase) naar oorspronkelijke onderzoeken die relevant zijn voor de onderzoeksvraag. Hierbij wordt in het algemeen gebruikgemaakt van specifieke zoektermen en zoekjaren, om ervoor te zorgen dat de zoektocht systematisch en reproduceerbaar is. De auteurs beoordelen de relevantie en de kwaliteit van de oorspronkelijke artikelen en proberen er algemene conclusies uit te trekken.

In een meta-analyse worden statistische toetsen gedaan met de gegevens uit meerdere oorspronkelijke onderzoeken. Bijvoorbeeld, als

alle oorspronkelijke onderzoeken dezelfde analysemethode hebben gebruikt, kan een gewogen gemiddelde genomen worden van de getalsmatige uitkomsten van alle onderzoeken. In een meta-analyse kan ook getest worden op heterogeniteit van de onderzoeksresultaten en publicatiebias (zie voor meer uitleg hierover Rijs en Stam (2015)).

1.4 Methoden

1.4.1 Zoekmethode literatuur

Net als in het vorige rapport zijn reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken gezocht in de internationale databases PubMed en Scopus. Daarnaast is een aanvullende *search* uitgevoerd in de zoekmachine Embase. In deze update is de gebruikte methode nagenoeg hetzelfde gebleven, alleen zijn de zoektermen uitgebreid (zie Bijlage 1). Dit is gedaan naar aanleiding van suggesties die zijn gedaan door reviewers van dit rapport, een informatiespecialist en de actuele handleidingen van de zoekmachines PubMed en Scopus. Op basis van het publiceren van twee recente oorspronkelijke onderzoeken (Dabouis et al., 2016; Bongers et al., 2016) is besloten de zoektermen uit te breiden met de uitkomstmaten 'sterfte' en 'ongevallen'. Ook is de aandoening non-hodgkin lymfoom toegevoegd. In het vorige RIVM-rapport (Rijs en Stam, 2015) is gezocht tussen 01-01-2004 en 01-12-2014. In het huidige rapport zijn reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken gepubliceerd in het Engels of het Nederlands tussen 01-12-2014 en 01-11-2018 geïnccludeerd. Voor de uitkomstmaten sterfte, ongevallen en non-hodgkin lymfoom is gezocht vanaf 01-01-2004, in lijn met alle andere onderzochte uitkomstmaten. Een onderscheid is gemaakt tussen reviews en losse artikelen. Als er geen reviews waren, zijn oorspronkelijke artikelen gezocht vanaf 01-01-2004.

Ook zijn net als in het vorige RIVM-rapport de conclusies uit rapporten van internationale en nationale organisaties die zich bezighouden met gezondheidsbescherming van de beroepsbevolking samengevat ter ondersteuning van de gevonden resultaten. Engelse, Duitse, Franse en Nederlandse rapporten gepubliceerd na februari 2014 zijn gezocht op de websites van de volgende nationale en internationale organisaties: Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR, UK); Agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail (ANSES, Frankrijk); Australian Radiation Protection and Nuclear safety Authority (ARPANSA); Bundesamt für Strahlenschutz (Duitsland); European Commission (Scientific Committees); Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK); Gezondheidsraad; International Agency for Research on Cancer (IARC); Hoge Gezondheidsraad (België); ICNIRP; National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, USA); Public Health England (UK); RIVM; Swedish Radiation Safety Authority (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM); World Health Organization (WHO).

1.4.2 Beoordeling van literatuur

De publicaties die werden gevonden in PubMed, Scopus en Embase zijn beoordeeld op relevantie. De resultaten zijn samengevat per gevonden gezondheidsmaat. Waar mogelijk is per gezondheidsmaat onderscheid gemaakt tussen:

- statische magnetische velden, laagfrequente EMV en radiofrequente EMV. Bij laagfrequente velden gaat het meestal om extreem-laagfrequente velden met frequenties tussen 1 en 300 hertz;
- de onderzochte beroepsgroepen;
- reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken van lage en hoge kwaliteit. Bij het trekken van conclusies wordt vooral gekeken naar reviews van hoge kwaliteit. Reviews en meta-analyses zijn van lage kwaliteit als:
 - ze niet reproduceerbaar zijn omdat een beschrijving van de gebruikte methode ontbreekt. Dit is met name het geval wanneer een beschrijving van de zoektermen, zoekmachines of publicatiejaren ontbreekt. Hierbij is het dus mogelijk dat de review of meta-analyse goed is uitgevoerd, maar het is onmogelijk om dit te achterhalen;
 - niet duidelijk is of de resultaten van de gereviewde artikelen samengenomen mogen worden. Hierbij is bekeken of een beschrijving ontbreekt van de methodologische kwaliteit of de gebruikte blootstellingsmaten of beroepsgroepen van de gereviewde artikelen. In het geval van een meta-analyse wordt bekeken of een zogenoemde test voor heterogeniteit is uitgevoerd.
- Bij het trekken van conclusies over oorspronkelijke onderzoeken wordt rekening gehouden met de beperkingen van de oorspronkelijke onderzoeken. Daarbij is gebruikgemaakt van richtlijnen voor het beoordelen van de kwaliteit van epidemiologisch onderzoek van de WHO (WHO, 2012) en van GRADE (*'Grades of Recommendation, Assessment, Development, and Evaluation'*) (Guyatt et al., 2011; Ryan en Hill, 2016). Op basis hiervan is in dit rapport gelet op de onderstaande eigenschappen van het onderzoek (voor meer informatie over deze eigenschappen zie Kennisplatform ElektroMagnetische Velden, 2014).
 - De grootte van de onderzoekspopulatie: hoe groter, hoe beter ook kleine verschillen tussen de blootgestelde groep en de controlegroep aangetoond kunnen worden.
 - Het type onderzoek: dwarsdoorsnede (deelnemers in het onderzoek worden op één moment onderzocht) of longitudinaal (deelnemers worden op meerdere momenten in de tijd onderzocht). Een belangrijk nadeel van dwarsdoorsnede-onderzoek ten opzichte van longitudinaal onderzoek is dat niet duidelijk is wat de richting van het verband is, doordat blootstelling en ziekte gelijktijdig bepaald zijn.
 - Een blootstelling-respons-verband. Dat wil zeggen dat de respons (het voorkomen of de ernst van de ziekte) toeneemt naarmate de blootstelling sterker is. De aanwezigheid van een blootstelling-respons-verband maakt de aanwezigheid van een verband waarschijnlijker.
 - Het aantal analyses dat is uitgevoerd: hoe meer analyses zijn uitgevoerd, hoe groter de kans dat er toevallig een statistisch significant verschil wordt gevonden, terwijl dat er in de populatie als geheel niet is ('kanskapitalisatie'). Door een statistische correctie kan dit voorkomen worden.

- Of de blootstelling of gezondheidsuitkomst beperkt is gemeten ('informatiebias'). Bijvoorbeeld, het meten van de blootstelling met behulp van meetapparatuur is preciezer dan het bepalen van de blootstelling door middel van beroepentitels; zie ook paragraaf 1.3.2.
- Of er versturende factoren ('*confounders*') niet gemeten zijn die zowel de blootstelling als de uitkomstmaat kunnen beïnvloeden.
- Selectiebias: wanneer de non-respons of uitval van deelnemers aan het onderzoek gerelateerd is aan de blootstelling of ziekte. Daarbij zouden de onderzoekers moeten analyseren of de onderzoekspopulatie verschilt wat betreft de blootstelling of ziekte, vergeleken met de personen die niet hebben deelgenomen. Wanneer dat niet mogelijk is, kan een lage respons al een aanwijzing zijn dat er geen representatieve onderzoekspopulatie is opgenomen in het onderzoek.

Rapporten dienden een adequate beschrijving te bevatten van hun methoden en voldoende aandacht te hebben besteed aan de kwaliteit van de samengevatte onderzoekspublicaties.

1.4.3 *Geïnccludeerde literatuur*

In totaal zijn in de periode 01-12-2014 tot 01-11-2018 zeventien oorspronkelijke onderzoeken en vijftien reviews in wetenschappelijke tijdschriften gevonden. Daarnaast zijn er drie relevante rapporten van onderzoeksinstellingen gevonden.

1.5 **Indeling rapport**

De gevonden reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken over een mogelijk verband tussen kortdurende en chronische blootstelling aan EMV in arbeidssituaties en gezondheidseffecten op de lange termijn zijn ingedeeld in drie groepen die in drie aparte hoofdstukken worden samengevat: kanker (onder andere teelbalkanker, borstkanker en hersentumoren), neurodegeneratieve ziekten (onder andere amyotrofische laterale sclerose, de ziekte van Alzheimer en de ziekte van Parkinson) en overige aandoeningen (onder andere hart- en vaatziekten, voortplanting en het immuunsysteem). Per hoofdstuk worden de resultaten in chronologische volgorde besproken. Per hoofdstuk wordt ook besproken of de conclusies die zijn getrokken in het RIVM-rapport gepubliceerd in 2015 zijn veranderd of niet. Daaropvolgend worden de resultaten van rapporten besproken. Ten slotte worden in het hoofdstuk 'Conclusies en discussie' algemene conclusies getrokken over gevonden verbanden en worden tekortkomingen in het onderzoek geïnventariseerd.

2 Mogelijke verbanden met kanker

2.1 Hersentumoren

Turner et al. (2017) gebruikten dezelfde dataset en onderzoekspopulatie als in een eerdere publicatie van Turner et al. (2014) die al is opgenomen in het vorige rapport: de internationale INTEROCC-database met sterkte van EMV-bronnen in arbeidssituaties. In hun eerdere onderzoek vonden zij een verband tussen cumulatieve blootstelling aan laagfrequente EMV en gliomen (niet met meningeomen), maar alleen als de blootstelling plaatsvond één tot vier jaar voor de diagnose (Turner et al 2014). Er was een blootstelling-respons-verband (laagste cumulatieve blootstellingscategorie: lager dan 0,34 microtesla-jaren; hoogste: hoger dan of gelijk aan 0,80 microtesla-jaren). Een verband werd niet gevonden wanneer de gemiddelde blootstelling (microtesla) en het beroep waarin de hoogste blootstelling (microtesla) heeft plaatsgevonden werden onderzocht. In het vervolgonderzoek van (Turner et al., 2017) werd geen verband gevonden tussen *de gecombineerde* blootstelling aan cumulatieve laagfrequente EMV (lager dan 0,46 microtesla-jaren versus hoger dan of gelijk aan 0,46 microtesla-jaren) en metalen, oplosmiddelen en andere chemicaliën met het voorkomen van gliomen of meningeomen. De levenslange beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente EMV (INTEROCC *job-exposure matrix*; deels gebaseerd op metingen), metalen, oplosmiddelen en andere chemicaliën (FINJEM *job-exposure matrix*) is bepaald door de onderzochte personen te vragen welke beroepen zij hebben gehad en hoe lang zij die beroepen hebben uitgeoefend. De beroepsgeschiedenis is daarom vrij uitgebreid onderzocht, maar mogelijk worden de resultaten beïnvloed door *'recall bias'* (vertekende herinnering).

Er is geen verband gevonden tussen blootstelling aan laagfrequente EMV tijdens het werk en het voorkomen van verschillende typen gliomen (Carlberg et al. 2017). Wanneer echter een onderscheid gemaakt wordt in de gradatie van kwaadaardigheid van de glioom, werd een verband gevonden met de meest kwaadaardige vorm (graad 4), maar alleen wanneer de diagnose van de glioom maximaal veertien jaar plaatsvond na het begin van blootstelling. Er werd een blootstelling-respons-verband gevonden: hoe hoger de cumulatieve blootstelling, hoe groter de kans op glioom graad 4, met als hoogste categorie een cumulatieve blootstelling van 2,75 microtesla-jaren. Carlberg et al. (2017) hebben twee *case-control*-onderzoeken samengevoegd. In het eerste onderzoek zijn mannen en vrouwen onderzocht die tussen 1997 en 2003 (Hardell et al., 2006) een hersentumor hebben gekregen en in het tweede onderzoek mensen die tussen 2007 en 2009 (Hardell et al., 2013) een hersentumor hebben gekregen. Personen zonder hersentumoren zijn geselecteerd uit de algemene bevolking. Cumulatieve blootstelling (microtesla-jaren), gemiddelde blootstelling (microtesla) en beroep waarin de hoogste blootstelling heeft plaatsgevonden zijn gebruikt om een verband met laagfrequente EMV te onderzoeken. Dit is bepaald op vergelijkbare manier en met dezelfde *job-exposure matrix* als Turner et al. (2017). Een voordeel van het onderzoek van Carlberg et al. (2017) is dat zij een onderscheid in gradaties van gliomen konden maken en een groot deel van de beroepsgeschiedenis hebben kunnen onderzoeken.

Net als bij Turner et al. (2017) is het mogelijk dat er in het onderzoek van Carlberg et al. (2017) sprake is van *recall bias*, aangezien het bepalen van uitgevoerde beroepen is gedaan met behulp van een vragenlijst. Net als in het onderzoek van Turner et al. (2017) zijn vrij veel analyses met verschillende afkapwaarden uitgevoerd, wat de kans op een toevallige significante bevinding vergroot.

Vila et al. (2018) vonden geen verband tussen de blootstelling aan cumulatieve radiofrequente EMV en gliomen of meningeomen. Daarbij is ook rekening gehouden met hoe lang geleden de blootstelling had plaatsgevonden en met hoe kwaadaardig de tumor was. Ook is gecontroleerd voor meerdere versturende factoren, waaronder gebruik van mobiele telefoons. Vila et al. (2018) heeft net als Turner et al. (2017) ook gegevens gebruikt uit de INTEROCC-database, vooral bepaald aan de hand van literatuuronderzoek. Vila et al. (2018) gebruikten de beroepengeschiedenis van personen en bepaalden aan de hand daarvan of zij gewerkt hebben in de buurt van zeven bronnen van laagfrequente en radiofrequente EMV ('*bron-exposure matrix*'). In het onderzoek van Vila et al. (2018) worden alleen bronnen van radiofrequente EMV onderzocht, namelijk radars, telecommunicatie-antennes en zendapparatuur (waaronder walkietalkies) of apparatuur voor halfgeleider-fabricage, medische behandelingen, industriële verhitting (inductieovens) en voedselverhitting (magnetronovens). De *job-exposure matrix* is vervolgens gebruikt om de gemiddelde niveaus van blootstelling aan bronnen van radiofrequente EMV te bepalen. De controlegroep bestond uit personen die nooit blootgesteld zijn aan radiofrequente EMV van deze bronnen. Een beperking van het onderzoek is dat de beroepenhistorie is gebaseerd op het geheugen van de respondenten, waardoor de resultaten mogelijk worden vertekend door *recall bias*. Met name personen die een hersentumor hebben kunnen zich blootstelling op het werk mogelijk anders herinneren dan personen die geen hersentumor hebben. In het onderzoek van Vila et al. (2018) wordt een grote dataset gebruikt. Een voordeel van het onderzoek is ook dat er gebruik is gemaakt van een *bron-exposure matrix*, gebaseerd op geschatte blootstelling per bron. Daardoor ontstaat er meer variatie in blootstelling tussen personen vergeleken met een *job-exposure matrix*, gebaseerd op geschatte blootstelling per beroepsgroep.

Su et al. (2018) deden een meta-analyse van onderzoeken waarin een verband is onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling van ouders aan extreem laagfrequente magnetische velden en hersentumoren bij hun kinderen. Onderzoeken zijn samengenomen en vervolgens gegroepeerd naar type hersentumor (neuroblastoma of tumoren aan het centrale zenuwstelsel, waaronder glioom en neuro-ectodermale tumor), blootstelling van de moeder of de vader, methode van blootstellingsbepaling en of de blootstelling van de moeder voor of tijdens de zwangerschap plaatsvond. Kinderen bij wie de moeder voor of tijdens de zwangerschap was blootgesteld aan extreem laagfrequente magnetische velden hadden vaker een tumor van het centrale zenuwstelsel. Dit bleek ook het geval wanneer alleen onderzoeken werden samengenomen met grote onderzoekspopulaties, onderzoeken die door de auteurs zijn beoordeeld met een hoge kwaliteit en onderzoeken waarin de blootstelling voor de zwangerschap of tijdens de zwangerschap plaatsvond. Er was echter geen verband wanneer alleen onderzoeken

werden samengenomen waarin kwantitatieve blootstellingsbepaling was gebruikt. Alleen wanneer onderzoeken werden samengenomen waarin niet-kwantitatieve blootstellingsdata (blootstelling is bepaald met behulp van beroepentitel) zijn onderzocht, bleek er een verband. In het algemeen geeft kwantitatieve bepaling van de blootstelling specifiekere informatie over de blootstelling aan EMV dan beroepentitels. De auteurs concluderen daarom dat er nog meer onderzoek nodig is om te bepalen of er een verband bestaat. Er is geen verband gevonden met tumoren aan het centrale zenuwstelsel in kinderen bij wie de vader was blootgesteld aan extreem laagfrequente magnetische velden. Ook is er geen verband gevonden met neuroblastoma in kinderen. De auteurs rapporteren dat de meeste van de samengenomen onderzoeken geen informatie geven over individuele blootstelling, wat tot misclassificatie kan leiden. Ook is er in de samengenomen onderzoeken geen informatie over blootstelling aan extreem laagfrequente magnetische velden buiten het werk. Verder hebben de onderzoeken geen criteria voor de leeftijd van kinderen, en maken ze geen onderscheid in de verschillende typen tumoren van het zenuwstelsel.

2.1.1 *Conclusie*

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er voor hersentumoren onvoldoende bewijs is voor een verband met beroepsmatige blootstelling aan EMV. Gezien de wisselende resultaten en de beperkingen van de oorspronkelijke onderzoeken (Carlberg et al., 2017; Turner et al., 2017; Vila et al., 2018), beschreven in het huidige rapport en in de meta-analyse van Su et al. (2018), verandert die conclusie niet.

2.2 **Kanker van witte bloedcellen**

Su et al. (2016) hebben een meta-analyse uitgevoerd van onderzoeken waarin een verband is onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling van ouders aan laagfrequente magnetische velden en het voorkomen van leukemie bij hun kinderen. Meerdere onderzoeken zijn samengenomen, gegroepeerd naar kwaliteit van de onderzoeken en grootte van de onderzoekspopulaties. Wanneer onderzoeken met kleine onderzoekspopulaties werden samengenomen en wanneer onderzoeken van lage kwaliteit werden samengenomen, werd een verhoogd risico op leukemie bij kinderen gevonden. Wanneer onderzoeken met grote onderzoekspopulaties en hoge kwaliteit samengenomen werden, werd er geen verband gevonden tussen beroepsmatige blootstelling van ouders aan laagfrequente velden en leukemie bij kinderen. Omdat het onwaarschijnlijk is dat een verband alleen wordt gevonden in kleine onderzoeken die lage kwaliteit hebben, concluderen zij dat er geen bewijs is gevonden voor een verband.

Uit de resultaten van een meta-analyse blijkt dat een non-hodgkin-lymfoom vaker voorkomt bij textielarbeiders en werknemers met beroepen met elektrische werkzaamheden. Er is geen verband gevonden bij lassers ('t Mannetje et al., 2016). Non-hodgkin-lymfoom is een verzamelterm voor de meest voorkomende soorten kanker van witte bloedcellen, waaronder leukemie. Bij alle drie de beroepen worden de werknemers tijdens hun werk mogelijk blootgesteld aan EMV, maar ook aan andere factoren, zoals oplosmiddelen. Omdat de blootstelling niet

gemeten of geschat is, kunnen geen conclusies getrokken worden op basis van dit onderzoek. Een beperking is ook dat laagfrequente en radiofrequente EMV zijn samengenomen in de analyses, waardoor niet bekend is of de gevonden verbanden samenhangen met beide of een van de vormen van EMV.

Naar de zoekterm 'non-hodgkin-lymfoom' is niet eerder gezocht in het vorige RIVM-rapport. Daarom is in deze update gezocht naar oorspronkelijke onderzoeken met deze zoekterm die zijn gepubliceerd na de zoekperiode gebruikt in 't Mannetje et al. (2016). Er zijn geen oorspronkelijke onderzoeken gevonden, maar wel een relevante review (Schuz en Erdmann, 2016). In deze review (van lage kwaliteit: methode en zoekstrategie ontbreken) wordt slechts een relevante publicatie beschreven (Hug et al., 2010). In Hug et al. (2010) wordt geen verband gevonden met kanker (onder andere non-hodgkin-lymfoom) bij kinderen van ouders die voor conceptie van het kind zijn blootgesteld aan laagfrequente magnetische velden tijdens het werk.

In een onderzoek bij 47 Israëliëse militairen met kanker die waren blootgesteld aan radiofrequente velden was het percentage kanker van witte bloedcellen ten opzichte van andere vormen van kanker hoger dan in een kankerregister voor de algemene bevolking van Israël (Peleg et al. (2018)). Met de gebruikte methode kunnen alleen verschuivingen in de verhouding tussen soorten kanker worden geanalyseerd en niet een eventuele verhoging in het relatief risico op kanker. Omdat de onderzoekspopulatie een zeer selectieve groep zou kunnen zijn van personen die zichzelf hebben opgegeven voor het onderzoek omdat zij van mening zijn dat de kanker waaraan zij lijden wordt veroorzaakt door blootstelling aan radiofrequente velden, is er ook op basis van enkele onderzoeken in andere landen dezelfde analyse uitgevoerd. Ook in die onderzoeken kwam kanker van witte bloedcellen vaker voor dan andere kankervormen bij personen die waren blootgesteld aan radiofrequente velden. In die artikelen zijn volgens de auteurs andere statistische methodes en andere onderzoekspopulaties gebruikt. Deze gegevens zijn echter niet op een systematische manier verzameld en zijn deels afkomstig uit hun eigen onderzoeksgroep.

In een oorspronkelijk cohortonderzoek van Huss et al. (2018b) bleek acute myeloïde leukemie vaker voor te komen onder mannen die ooit hoog blootgesteld waren aan laagfrequente magnetische velden, vergeleken met mannen die alleen waren blootgesteld aan achtergrondniveaus. Het aantal onderzochte personen was echter klein. Er konden slechts vijf personen met acute myeloïde leukemie onderzocht worden. De auteurs onderzochten ook een mogelijk verband tussen beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente magnetische velden en sterfte door verschillende andere typen kwaadaardige kankers van witte bloedcellen (waaronder leukemie), maar er zijn geen andere verbanden gevonden. Van personen die dertig jaar of ouder waren in 1990 zijn de doodsoorzaken tussen 1991 en 2008 onderzocht. Met behulp van geregistreerde beroepen en een *job-exposure matrix* is blootstelling aan laagfrequente magnetische velden onderverdeeld naar sterkte: laag, medium en hoog (mediaan van respectievelijk 0,11, 0,19 en 0,52 microtesla). Voorbeelden van beroepen in de categorie hoge blootstelling zijn treinmachinisten, piloten en lassers. Omdat te weinig

vrouwen deze beroepen hebben uitgeoefend konden voor hen geen betrouwbare analyses worden uitgevoerd. Mannen van wie bekend was dat ze voor langere tijd medium of hoog blootgesteld waren aan laagfrequente magnetische velden bleken vaker te zijn overleden aan leukemie. Huss et al. (2018b) hebben in hetzelfde artikel ook een meta-analyse opgenomen. In de meta-analyse is ook een verband gevonden tussen blootstelling aan laagfrequente magnetische velden en het voorkomen van acute myeloïde leukemie. In de meta-analyse zijn geen andere verbanden onderzocht. De analyses zijn gecorrigeerd voor blootstelling tijdens het werk aan pesticiden, oplosmiddelen, elektrische schokken en metalen. Er zijn zoveel analyses uitgevoerd, dat een significant resultaat toeval kan zijn. In de meta-analyse van Huss et al. (2018b) bleek dat wanneer cumulatieve beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente magnetische velden werd onderzocht, een sterker verband werd gevonden. Tot slot zijn doodsoorzakenregistraties gebruikt in het oorspronkelijke onderzoek in plaats van diagnose van de ziekte, wat tot een mogelijke onderschatting van het aantal ziektegevallen heeft kunnen leiden. In de meta-analyse verschilde het verband echter niet wanneer gebruik werd gemaakt van doodsoorzakenregistratie of incidentie van acute myeloïde leukemie. De onderzoekers concluderen dat er geen overtuigend bewijs is gevonden voor een verband tussen hoge blootstelling aan laagfrequente magnetische velden tijdens het werk en overlijden aan de onderzochte vormen van kanker van witte bloedcellen. Als er al een verband bestaat, is dat alleen in bepaalde subtypen van deze kankervormen.

2.2.1 *Conclusie*

In het vorige RIVM-rapport is geconcludeerd dat er voor leukemie bij volwassenen onvoldoende bewijs is voor een verband met beroepsmatige blootstelling aan EMV. Deze conclusie blijft onveranderd. Het onderzoek van Peleg et al. (2018) laat een verhoogd percentage van kanker van witte bloedcellen ten opzichte van andere vormen van kanker zien in personen die tijdens het werk blootgesteld zijn aan radiofrequente velden, maar de onderzoekspopulatie is klein (n=47) en selectief. Huss et al. (2018b) concluderen dat er geen bewijs is gevonden voor een verband met kanker van witte bloedcellen en als er al een verband bestaat, alleen in bepaalde subtypen. Uit de review van Su et al. (2016) blijkt dat er geen bewijs is voor een verband tussen beroepsmatige blootstelling van ouders aan laagfrequente magnetische velden en het voorkomen van leukemie bij hun kinderen.

Er zijn enkele publicaties gevonden die een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en non-hodgkin-lymfoom onderzoeken. Deze publicaties geven nog geen duidelijk beeld van de aan- of afwezigheid van een verband.

2.3 **Borstkanker vrouwen**

Een review van Fenga (2016) concludeert dat onderzoeken naar blootstelling aan laagfrequente en radiofrequente EMV tijdens het werk en borstkanker bij vrouwen geen duidelijk beeld geven. Er zijn wel onderzoeken gepubliceerd die een verband vinden, maar er is nog geen biologisch mechanisme bekend om een eventueel verband te verklaren. Fenga (2016) beschrijft maar een selectie artikelen die relatief lang

geleden zijn gepubliceerd (tussen 1994 en 2007), geeft daarom geen volledig overzicht van de bestaande literatuur en draagt dus in beperkte mate bij aan deze update. De reviews in het RIVM-rapport uit 2015 hebben deze en andere publicaties opgenomen.

2.3.1 *Conclusie*

De review van Fenga (2016) geeft geen volledig overzicht van de bestaande literatuur. Het verandert de conclusie getrokken in het RIVM-rapport gepubliceerd in 2015 daarom niet: er is geen verband aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente EMV in arbeidssituaties en borstkanker bij vrouwen.

2.4 **Borstkanker mannen**

In deze update is één oorspronkelijk onderzoek gevonden waarin een verband met borstkanker in mannen werd onderzocht (Grundy et al., 2016). In dat onderzoek werd geen duidelijk bewijs gevonden. Grundy et al. (2016) hebben het voorkomen van borstkanker vergeleken tussen mannen die *ooit* of minstens dertig jaar op het werk blootgesteld zijn aan magnetische velden sterker dan of gelijk aan 0,6 microtesla vergeleken met mannen die blootgesteld zijn aan magnetische velden van zwakker dan 0,3 microtesla. Uit de geanalyseerde beroepsgroepen blijkt dat het hier waarschijnlijk gaat om laagfrequente velden. Het verschil in het voorkomen van borstkanker was niet statistisch significant. Grundy et al. (2016) hebben ook een cumulatieve blootstellingsmaat berekend. Dat hebben zij gedaan door rekening te houden met de verschillende banen die iemand heeft gehad, de sterkte van de magnetische velden waaraan men is blootgesteld tijdens het werk, of het een voltijd- of een deeltijd baan was en hoe lang iemand die baan heeft gehad. Ook de cumulatieve blootstellingsmaat bleek niet gerelateerd te zijn aan het hebben van borstkanker. Een nadeel van dit onderzoek is het relatief kleine aantal deelnemers (115 mannen met borstkanker en 570 controlepersonen). Hoewel borstkanker weinig voorkomt onder mannen, zal het de kwaliteit van het onderzoek ten goede komen om de aantallen deelnemers te verhogen. Een andere beperking is dat de blootstelling niet objectief is gemeten. Samenvattend vonden Grundy et al. (2016) geen verbanden met borstkanker onder mannen.

2.4.1 *Conclusie*

In het vorige rapport (Rijs en Stam, 2015) beschreven wij één meta-analyse die niet van lage kwaliteit was en wel een mogelijk verband tussen EMV op de werkplek en borstkanker bij mannen zag. Een moeilijkheid is echter dat borstkanker weinig wordt gediagnosticeerd bij mannen. De in het RIVM-rapport uit 2015 besproken overige reviews waren van lage kwaliteit en vonden geen verband of wisselende resultaten. Geconcludeerd werd daarom dat er geen duidelijk verband is gevonden tussen blootstelling aan EMV op de werkplek en borstkanker bij mannen. Hoewel het onderzoek van Grundy et al. (2016) beperkingen heeft, laat het geen verband zien. De conclusies blijven daarom onveranderd.

2.5 Teelbalkanker

In het onderzoek van Peleg et al. (2018) (zie paragraaf 2.2) is in een kleine groep personen (n=47) met kanker die zijn blootgesteld aan radiofrequente velden tijdens het werk ook het percentage teelbalkanker ten opzichte van andere vormen van kanker onderzocht (Peleg et al., 2018). Het percentage was vergelijkbaar met dat in de algemene bevolking. Een belangrijke beperking van het onderzoek is dat het een kleine en selectieve onderzoekspopulatie betreft.

2.5.1 Conclusie

De conclusie blijft onveranderd: er ontbreekt voldoende en goed onderbouwd onderzoek om conclusies te trekken.

2.6 Overige vormen kanker: longkanker, kanker in het oog en blaaskanker

In het onderzoek van Huss et al. (2018b) (zie voor meer informatie over de methode paragraaf 2.2 over kanker van witte bloedcellen) kwam longkanker vaker voor bij mannen en vrouwen met medium (mediaan van 0,19 microtesla) en hoge (mediaan van 0,52 microtesla) blootstelling aan laagfrequente magnetische velden dan bij een lage blootstelling. Wanneer mannen en vrouwen apart werden onderzocht, was de verhoging niet meer significant. De onderzoekers concluderen daarom dat er geen overtuigend bewijs is gevonden voor een verband tussen blootstelling aan laagfrequente magnetische velden tijdens het werk en longkanker.

2.6.1 Conclusie

De conclusie blijft onveranderd: voor deze vormen van kanker ontbreekt voldoende en goed onderbouwd onderzoek.

3 Mogelijke verbanden met neurodegeneratieve ziekten

3.1 Motorneuronziekten

De categorie motorneuronziekten omvat aandoeningen waarin motorische zenuwen aangetast worden en progressieve verlamming kan optreden (NINDS, 2018b). De bekendste vorm van motorneuronziekte is amyotrofische laterale sclerose (ALS).

In de review van Ingre et al. (2015) (een review van lage kwaliteit, omdat de methode niet wordt gerapporteerd) wordt geconcludeerd dat het nog onzeker is of er een verband is tussen EMV en ALS. De auteurs van de review melden dat er wel bewijs is gevonden voor een kleine maar statistisch significante toename, maar het verband tussen ALS en EMV is meestal zwakker dan het verband tussen ALS en beroepen met elektrische werkzaamheden. Ook is volgens hen nog niet zeker of elektrische schokken een eventueel verband tussen blootstelling aan EMV en ALS kunnen verklaren.

Garzillo et al. (2016) concluderen in hun review dat, hoewel sommige onderzoeken een verband laten zien tussen blootstelling aan EMV op het werk en ALS, de onderzoeken nog te veel 'bias' (vertekening) hebben, waardoor er geen conclusies getrokken kunnen worden. Om welke bias het precies gaat, wordt niet besproken in deze review. In het algemeen wordt met bias een systematische fout in de opzet van het onderzoek bedoeld, waardoor een gevonden verschil tussen groepen in het voorkomen van de ziekte mogelijk met andere factoren dan de onderzochte blootstelling samenhangt.

In beide reviews is het oorspronkelijke onderzoek van Fischer et al. (2015) niet meegenomen. In het onderzoek van Fischer et al. (2015) is het beroep bepaald door gebruik te maken van beroepen die geregistreerd staan in de landelijke Zweedse registratie. Beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden en elektrische schokken tijdens het werk is vastgesteld met verschillende *job-exposure matrices*. Ook zijn meerdere beroepen met elektrische werkzaamheden, waaronder lassers, elektromonteurs, tramchauffeurs en horlogemakers, onderzocht. In totaal zijn 4.709 personen met ALS en 23.335 controlepersonen zonder ALS in Zweden onderzocht. Er werd geen verband gevonden tussen het voorkomen van ALS en beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden (laag: lager dan 0,15 microtesla; medium: 0,15 tot en met 0,30 microtesla; hoog: hoger dan 0,30 microtesla) of tussen ALS en alle beroepen met elektrische werkzaamheden bij elkaar genomen, ongeacht de leeftijd. Wanneer lassers apart werden onderzocht, bleek dat ALS vaker voorkwam, maar alleen bij personen die jonger waren dan 65 jaar. Bij personen jonger dan 65 jaar bleek ALS ook vaker voor te komen onder personen die een medium (75-90ste percentiel) of hoge (hoger dan 90ste percentiel) beroepsmatige blootstelling aan elektrische schokken hadden gehad, vergeleken met personen met 'lage' blootstelling. Daarbij is rekening gehouden met eventuele blootstelling aan magnetische velden, om zoveel als mogelijk te voorkomen dat magnetische velden het verband met elektrische schokken beïnvloeden.

Ook het uitsluiten van lassers beïnvloedde het verband niet. Een voordeel van dit onderzoek is dat het een grote onderzoekspopulatie was en gebruikgemaakt is van medische dossiers met ziekteregeertraties in plaats van sterfteregistraties. Hoewel de beroepen op een objectieve manier zijn vastgesteld, zijn ze slechts drie keer elke tien jaar bepaald. Er is dus geen informatie over de volledige levenslange beroepsmatige blootstelling (Pearce en Kromhout, 2017). Ook hebben de auteurs niet kunnen corrigeren voor andere beroepsmatige blootstellingen die het verband mogelijk kunnen beïnvloeden.

In het oorspronkelijk onderzoek van Koeman et al. (2017) werd een verband met sterfte door ALS gevonden. Het verband werd onderzocht bij mannen afkomstig uit de Nederlandse Cohort Studie naar voeding en kanker die waren blootgesteld aan laagfrequente magnetische velden tijdens het werk. De blootstelling is met behulp van een *job-exposure matrix* (Koeman et al., 2013) onderverdeeld in 'alleen lage' en 'ooit hoge' blootstelling aan laagfrequente magnetische velden tijdens het werk. Daarnaast is de cumulatieve blootstelling aan magnetische velden bepaald door rekening te houden met de verschillende uitgevoerde beroepen en de duur van het werk (onderverdeeld in tertielen; de bijbehorende sterkte van de laagfrequente magnetische velden is niet gerapporteerd). De kans op elektrische schokken tijdens het werk is ook bepaald met behulp van een *job-exposure matrix* (Huss et al., 2017) en onderverdeeld in lage en hoge kans. De controlegroep bestond uit mannen die niet of alleen aan achtergrondniveaus van laagfrequente magnetische velden tijdens het werk werden blootgesteld. Mannen die een baan hadden waarin ze ooit hoog zijn blootgesteld en mannen die een baan hadden waarmee ze in de hoogste tertiël van cumulatieve blootstelling zaten waren vaker overleden aan ALS dan mannen die niet of alleen aan achtergrondniveaus waren blootgesteld. Er bleek geen verband met ALS voor mannen die een baan hadden waarmee ze in de laagste of middelste tertiël van cumulatieve blootstelling zaten en er is daarom geen blootstelling-effect-verband gevonden. Blootstelling aan elektrische schokken bleek het gevonden verband tussen blootstelling op het werk aan laagfrequente magnetische velden en sterfte door ALS niet te verklaren. Er is geen verband gevonden tussen blootstelling aan elektrische schokken en ALS. Vrouwen konden niet onderzocht worden door het lage aantal. Een beperking van dit onderzoek is dat de blootstelling in eerste instantie is gemeten door zelfrapportage: de beroepengeschiedenis is via een vragenlijst onderzocht. Doodsoorzakenregistratie is gebruikt om het voorkomen van ALS te onderzoeken. De vraag is echter of ALS altijd als doodsoorzaak wordt aangewezen. Daarnaast zijn veel analyses uitgevoerd. Naast laagfrequente magnetische velden zijn bijvoorbeeld ook oplosmiddelen, metalen, pesticiden en rookgedrag onderzocht. Gezien de hoeveelheid analyses is het niet uit te sluiten dat het gevonden verband een toevallige bevinding was. Het is daarom belangrijk om te bekijken of het verband bevestigd wordt in vervolgonderzoek.

3.1.1

Conclusie

In het vorige rapport werd geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn gevonden voor een verband tussen beroepen met blootstelling aan laagfrequente EMV en het voorkomen van motorneuronziekten (vooral ALS). Zoals in de conclusie van het vorige rapport is samengevat, kon

uit de beschikbare literatuur nog niet opgemaakt worden of EMV de werkelijke oorzaak zijn, of andere factoren op dezelfde werkplek zoals chemische stoffen of elektrische schokken. In de update voor motorneuronziekten zijn alleen onderzoeken gevonden die een verband met ALS hebben onderzocht. In het onderzoek van Fischer et al. (2015) werd juist een verband tussen elektrische schokken en ALS gevonden, maar niet tussen blootstelling aan EMV en ALS. Zij konden echter niet corrigeren voor andere beroepsmatige blootstellingen. In het onderzoek van Koeman et al. (2017) werd een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente velden en sterfte door ALS gevonden. Blootstelling aan elektrische schokken bleek het gevonden verband niet te verklaren. Ook bleek er geen verband te bestaan tussen blootstelling aan elektrische schokken en ALS. Door de wisselende resultaten blijft de conclusie ongewijzigd: er zijn aanwijzingen gevonden voor een verband tussen laagfrequente EMV of elektrische schokken en ALS. De reviews (Garzillo et al., 2016; Ingre et al., 2015) veranderen deze conclusie niet.

3.2 Dementie

Dementie is een neurodegeneratieve ouderdomsziekte van de hersenen (NINDS, 2018a). De meest voorkomende vorm van dementie is de ziekte van Alzheimer.

In de meta-analyse van Jalilian et al. (2018) is een verband met de ziekte van Alzheimer onderzocht. In 2008 heeft Garcia et al. (2008) en in 2013 heeft Vergara et al. (2013) een soortgelijke meta-analyse gepubliceerd (zie RIVM-rapport gepubliceerd in 2015). Volgens Jalilian et al. (2018) zijn er sindsdien weer oorspronkelijke onderzoeken gepubliceerd. In totaal hebben zij twintig publicaties samengenomen. In de meta-analyse van Jalilian et al. (2018) zijn de gegevens gegroepeerd naar het afkappunt dat in de geanalyseerde publicaties is gebruikt om de groep werknemers te bepalen die het hoogst is blootgesteld aan laagfrequente magnetische velden. De afkapwaarde die het vaakst was gebruikt, was 0,2 microtesla. Over het algemeen zal het hier gaan om de geschatte gemiddelde blootstelling aan laagfrequente magnetische velden. Enkele onderzoeken hebben ook cumulatieve blootstelling (microtesla-jaren) gebruikt om de groepsindeling te bepalen. De ziekte van Alzheimer kwam significant vaker voor bij werknemers die blootgesteld zijn aan laagfrequente velden sterker dan 0,2 microtesla en dit verband was sterker onder vrouwen. De onderzoeken die hoge blootstelling definieerden als hoger dan 0,3 microtesla lieten geen significant verband met Alzheimer zien. Onderzoeken die hoge blootstelling definieerden als hoger dan 0,5 microtesla vonden wel een verband met Alzheimer, maar het verband was zwakker vergeleken met onderzoeken waarin een afkapwaarde van 0,2 microtesla werd gebruikt. Er is dus geen blootstelling-respons-verband gevonden. Het ontbreken van een blootstelling-respons-verband in het onderzoek is minder plausibel onder de aanname dat er wel een verband zou zijn in de populatie. Een blootstelling-respons-verband is ook niet aangetroffen in de meta-analyses van Garcia et al. (2008) en niet onderzocht in Vergara et al. (2013). De auteurs van alle drie de meta-analyses vermoeden ook dat niet alle onderzoeken zijn gepubliceerd ('publicatiebias'). Net als in het onderzoek van Garcia et al. (2008) en Vergara et al. (2013) wordt

door Jalilian et al. (2018) gevonden dat de manier waarop de ziekte is onderzocht de resultaten beïnvloedt. Er is een sterker verband gevonden in onderzoeken die gebruikmaakten van de diagnose van de ziekte van Alzheimer dan in onderzoeken die gebruikmaakten van doodsoorzaken om de ziekte van Alzheimer te bepalen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de ziekte van Alzheimer alleen bij een vergevorderde vorm wordt geregistreerd als doodsoorzaak. Door gebruik te maken van doodsoorzakenregistraties worden sommige patiënten met de diagnose Alzheimer mogelijk gemist. Tot slot hebben de auteurs nog enkele beperkingen van de publicaties gevonden. Niet alle relevante *confounders* zijn meegenomen, zoals blootstelling aan chemische stoffen tijdens het werk. Ook wordt weinig gebruikgemaakt van directe metingen van de blootstelling. Vaker wordt gebruikgemaakt van *job-exposure matrices* of schattingen uitgevoerd door experts.

3.2.1 Conclusie

Er zijn geen nieuwe publicaties gevonden voor dementie in het algemeen, alleen voor de ziekte van Alzheimer. De meta-analyse van Jalilian et al. (2018) is de derde meta-analyse die is uitgevoerd naar het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente EMV en de ziekte van Alzheimer. Alle drie de meta-analyses vinden een verband (Garcia et al., 2008; Jalilian et al., 2018; Vergara et al., 2013), maar rapporteren dat er nog veel verbeterd kan worden aan de methodologie van de onderzoeken. De recent gepubliceerde meta-analyse verandert de conclusie in het rapport uit 2015 daarom niet. Voor dementie, waaronder de ziekte van Alzheimer, zijn enkele aanwijzingen gevonden voor een verband met blootstelling aan laagfrequente velden, maar de onderzoeken geven wisselende resultaten, hebben methodologische beperkingen, worden niet altijd gepubliceerd en geven geen duidelijkheid over versturende factoren.

3.3 Ziekte van Parkinson

In deze update is een meta-analyse gevonden (Huss et al., 2015) waarin wordt geconcludeerd dat de ziekte van Parkinson niet vaker voorkomt in mensen die blootgesteld zijn aan laagfrequente magnetische velden tijdens het werk. In deze meta-analyse zijn elf oorspronkelijke publicaties opgenomen. In sommige publicaties werd de blootstelling bepaald door de totale werkgeschiedenis te onderzoeken, terwijl in andere publicaties alleen het beroep is onderzocht dat het langst is uitgevoerd via de doodsoorzakenregistratie. Het resultaat wordt echter niet beïnvloed door de methode die is gebruikt om de blootstelling te bepalen. Ook een onderverdeling naar sterkte van blootstelling bleek de resultaten niet te beïnvloeden. Tot slot hebben de meeste studies doodsoorzakenregistratie gebruikt voor het bepalen van de ziekte van Parkinson. Het is mogelijk dat dit tot een onderschatting van het aantal gevallen kan leiden. De ziekte van Parkinson wordt namelijk maar bij een deel van de patiënten als doodsoorzaak geregistreerd, bijvoorbeeld doordat de ziekte leidde tot longontsteking door verslikken. Toch bleek er ook geen verband wanneer niet de doodsoorzakenregistratie werd gebruikt, maar informatie op basis van diagnose door een arts. In de meta-analyse van Gunnarsson en Bodin (2017) wordt geconcludeerd dat er geen verband is gevonden tussen blootstelling aan laagfrequente EMV tijdens het werk en het voorkomen van de ziekte van Parkinson. In deze meta-analyse is volgens de auteurs

een strenge selectie gedaan op kwaliteit van onderzoeken: er zijn alleen artikelen opgenomen die volgens de auteurs van hoge kwaliteit zijn. In totaal hebben zij tien publicaties samengenomen.

3.3.1 *Conclusie*

Beide meta-analyses bevestigen de conclusies die zijn gemaakt in het RIVM-rapport uit 2015: de ziekte van Parkinson komt niet vaker voor in mensen die blootgesteld zijn aan laagfrequente EMV tijdens het werk.

3.4 **Multiple sclerose**

Er zijn in de update geen publicaties gevonden waarin een verband is onderzocht tussen blootstelling aan EMV tijdens het werk en multiple sclerose.

3.4.1 *Conclusie*

De conclusies in het vorige RIVM-rapport blijven onveranderd: er is nog te weinig onderzoek gedaan naar een verband met multiple sclerose om conclusies te kunnen trekken.

4 Mogelijke verbanden met overige ziekten

4.1 Hart- en vaatziekten

In het oorspronkelijke onderzoek van Wang et al. (2016) is onderzocht of cholesterolconcentraties in het bloed verschilden tussen personen die werkzaam waren op een elektriciteitscentrale en daar hoog of laag blootgesteld werden aan EMV. Een verhoogde cholesterolconcentratie is een indicator voor een verhoogd risico op hart- en vaatziekten. De blootstelling aan EMV bestond uit zowel laagfrequente als radiofrequente EMV. Hoge blootstelling was gedefinieerd als frequente blootstelling aan een generator, transformator en andere elektrische apparaten en lage blootstelling als 'nauwelijks' blootstelling aan elektrische apparaten. De blootstelling aan EMV werd bepaald met behulp van beroepentitels, beschrijving van beroepen en metingen die waren uitgevoerd door de werkgever. De onderzoekers hebben ter controle ook zelf metingen van EMV op de werkvloer uitgevoerd. Uit het onderzoek bleek dat werknemers met een hoge blootstelling aan EMV op het werk een hogere concentratie LDL cholesterol hadden. Werknemers met een hoge blootstelling aan EMV op het werk gecombineerd met langere werkduur bij de energiecentrale, of gecombineerd met langere zelf gerapporteerde dagelijkse blootstelling aan EMV, of gecombineerd met het vaker gebruiken van mobiele telefoons, of gecombineerd met het hebben van een hogere elektriciteitsrekening, hadden een hogere totaal cholesterol- en triglyceride-concentratie in het bloed dan de controlegroep. Uit metingen bleek dat de personen met hoge zelf gerapporteerde blootstelling aan EMV tijdens het werk hun blootstelling overschatten, wat de resultaten mogelijk heeft beïnvloed. Een andere beperking van het onderzoek is dat het een dwarsdoorsnede-onderzoek is en dat laagfrequente en radiofrequente EMV zijn samengenomen in de analyses. Daardoor kunnen geen conclusies worden getrokken over oorzakelijkheid en is niet duidelijk of de gevonden verbanden voor beide of voor een van de vormen van EMV gelden.

Elmas (2016) heeft onderzoeken samengevat waarin een verband werd onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en hartfunctie (hartslag, electrocardiogram, hartritmestoornissen en hartziekten). Uit die onderzoeken komen wisselende resultaten. De onderzoeken waar Elmas (2016) naar refereert zijn echter gepubliceerd tussen 1979 en 1995, waardoor het niets toevoegt aan de resultaten beschreven in het vorige rapport. De review is verder van lage kwaliteit, omdat een beschrijving van de methoden ontbreekt.

In het onderzoek van Doronin et al. (2017) is de prevalentie van verschillende (risicofactoren voor) hart- en vaatziekten (hoge bloeddruk, atherosclerose, ischemische hartziekte, boezemfibrilleren, postinfarct cardiosclerose en dyslipidemie) bij mannen onderzocht en vergeleken tussen een op het werk aan EMV blootgestelde groep (n=335) en een controlegroep bestaande uit personen die niet waren blootgesteld aan EMV (n=76). De analyses zijn in drie leeftijdsgroepen onderverdeeld, waardoor groepen ontstonden (de kleinste groep bestond uit negen personen). De auteurs concluderen dat dyslipidemie, een verandering

(meestal verhoging) in de concentratie vetdeeltjes in het bloed, vaker voorkwam onder mannen in de oudste leeftijdsgroep (60-74 jaar) die op het werk blootgesteld waren aan EMV. Verder is gevonden dat hartziekte vaker voorkwam bij personen in de jongste (25-44) en oudste leeftijdsgroep (60-74) die tijdens het werk zijn blootgesteld aan EMV. In de tussenliggende leeftijdsgroep (45-59) kwamen hoge bloeddruk, postinfarct cardiosclerose en dyslipidemie *minder* vaak voor bij personen die blootgesteld zijn aan EMV tijdens het werk. Een nadeel van dit onderzoek is dat er veel verschillende analyses zijn uitgevoerd, wat de kans op een toevallig statistisch significant verband vergroot. Het is bovendien niet bekend of het laagfrequente of radiofrequente EMV betreft. Naast de kleine aantallen is een belangrijke beperking van dit onderzoek dat het onbekend is hoe de blootstelling is gemeten en of het ertoe doet hoe lang geleden de blootstelling heeft plaatsgevonden.

In het oorspronkelijke onderzoek van Bongers et al. (2018) is het verband onderzocht tussen cumulatieve blootstelling aan statische magnetische velden en hoge bloeddruk onder mannen die tussen 1984 en 2010 werkzaam waren bij een fabrikant van MRI-apparatuur. Cumulatieve blootstelling is bepaald met behulp van beroepentitels en een *job-exposure matrix* die speciaal is ontwikkeld voor blootstelling aan statische magnetische velden. Cumulatieve blootstelling is uitgerekend door het jaarlijkse product van de hoogte en duur van de blootstelling (eenheid: tesla-minuten) op te tellen vanaf het moment waarop de bloeddruk voor het eerst gemeten is tot het moment waarop die voor het laatst gemeten is. De cumulatieve blootstelling is onderverdeeld naar geen (0 tesla-minuten bij medewerkers werkzaam op de röntgenafdeling), lage (1 tot 7413 tesla-minuten) en hoge (hoger dan 7413 tesla-minuten) blootstelling. Een hoge bloeddruk kwam vaker voor bij personen met een hoge, maar niet bij personen met een lage, cumulatieve blootstelling aan statische magnetische velden vergeleken met personen die niet waren blootgesteld. Dit verband bleek alleen te bestaan in mannen bij wie de eerste en laatste bloeddrukmeting twee tot tien jaren uit elkaar lagen, niet wanneer de metingen tien of meer jaren uit elkaar lagen. De blootstelling was lager in personen waar tien of meer jaren tussen de eerste en laatste meting zaten. Dit is mogelijk te verklaren door het feit dat de personen die korter zijn blootgesteld, gemiddeld genomen later in dienst zijn gekomen en de fabriek is pas later (vanaf 2001) MRI-scanners gaan produceren met sterkere magneten. Een beperking van dit onderzoek is dat geen informatie bekend is over blootstelling van de controlegroep aan ioniserende straling (afkomstig van de röntgenapparatuur) en over blootstelling aan geluid en laagfrequente gradiëntvelden afkomstig van de MRI-scanners. Het is dus onbekend of deze factoren het onderzochte verband beïnvloed hebben. Verder krijgen personen die blootgesteld worden aan sterke statische magnetische velden vaker gezondheidsonderzoeken aangeboden. Verwacht wordt dat, als het al het verband beïnvloedt, het eerder tot een onderschatting van het verband heeft geleid, aangezien zij mogelijk vaker gezondheidsadvies krijgen als resultaat van de gezondheidsonderzoeken.

4.1.1

Conclusie

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er geen verband is aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente EMV op de werkplek en hart- en vaatziekten. Voor radiofrequente velden konden nog geen

conclusies worden getrokken. Door de beperkingen van het onderzoek van Wang et al. (2016), de review van Elmas (2016) en het oorspronkelijke onderzoek van Doronin et al. (2017) veranderen deze conclusies niet. Hoewel het onderzoek van Bongers et al. (2018) een eerste aanwijzing geeft voor een verband tussen sterke beroepsmatige blootstelling aan statische magnetische velden en het voorkomen van hoge bloeddruk, geeft het gezien de beperkingen nog geen uitsluitel.

4.2 Voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem, het bewegingsapparaat, sterfte, ongevallen en abnormale menstruatie

In deze update zijn geen publicaties gevonden die een verband met zintuigen, het afweersysteem en het bewegingsapparaat hebben onderzocht.

In het oorspronkelijke onderzoek van Xu et al. (2016) werd een verband met 'zwangerschapsuitkomsten' (zoals vroeggeboorte, laag geboortegewicht of miskraam) en een 'verstoorde menstruatiecycclus' (zoals een zeer korte of zeer lange menstruatiecycclus of bijzonder pijnvolle menstruatie) onderzocht bij 180 vrouwen die plasticlasapparaten gebruiken in vijf Chinese schoenenfabrieken. De controlegroep bestond uit 349 vrouwen. De blootstelling aan EMV met frequenties tussen de 25 en 30 MHz is in de vijf fabrieken gemeten gedurende een dienst, in de buurt van plasticlasapparaten en op drie plekken op het lichaam (hoofd, borstkas en buik). De meeste metingen lieten een elektrische veldsterkte zien die hoger was dan de Chinese wettelijke limiet voor beroepsmatige blootstelling (25 volt per meter). Gebruikmakend van deze metingen en het aantal werkzame jaren is de cumulatieve blootstelling aan radiofrequente EMV berekend (vier groepen: 0, 0-499, 500-999 en meer dan 1000 volt per meter-jaren). Er werd een verband gevonden tussen de blootstelling en de menstruatiecycclus: hoe hoger de blootstellingcategorie, hoe vaker een verstoorde menstruatiecycclus voorkwam. Er is geen verband gevonden met zwangerschapsuitkomsten. Daarnaast is ook serum progesteron bij een subselectie van de onderzochte personen gemeten. Het verband tussen serum progesteron en cumulatieve blootstelling is niet onderzocht. Wel zijn drie blootstellingcategorieën onderzocht (hoog: vrouwen die werkzaam waren in een van de drie fabrieken met radiofrequente blootstelling hoger dan of gelijk aan 150 volt per meter; laag: werkzaam in een van de twee fabrieken met radiofrequente blootstelling lager dan 150 volt per meter; niet blootgesteld: werkzaam in een supermarkt zonder blootstelling aan radiofrequente velden). De concentratie progesteron bleek lager bij hoog en laag blootgestelde vrouwen, vergeleken met de controlegroep. Een nadeel van dit onderzoek is dat er relatief korte blootstellingsperioden zijn onderzocht. Gemiddeld werkten de vrouwen 3,6 jaar in de fabrieken met lage radiofrequente blootstelling en 2,9 jaar in de fabrieken met hoge radiofrequente blootstelling. Ook is de blootstelling bepaald op basis van één meting, wat mogelijk niet de werkelijke blootstelling reflecteert. In de review van Warembourg et al. (2017) zijn één review en twee oorspronkelijke dwarsdoorsnede-onderzoeken samengevat waarin werknemers in de gezondheidszorg worden onderzocht die blootgesteld kunnen worden aan EMV van MRI en diathermie. In deze review wordt geconcludeerd dat er op basis van de bestaande literatuur nog geen

conclusies getrokken kunnen worden over het verband tussen blootstelling van werknemers in de gezondheidszorg aan EMV en afwijkingen aan de voortplanting.

Dabouis et al. (2016) vonden geen verhoogd risico op sterfte voor militairen die bovendeks op schepen blootgesteld waren aan radiofrequente EMV van radars en zenders vergeleken met de controlegroep van militairen die benedendeks werkten. De blootstelling werd bepaald door gegevens uit een vragenlijst over type, duur en plaats van het werk te combineren met metingen van blootstelling aan EMV. De auteurs rapporteren zelf echter dat de militairen waarschijnlijk aan meerdere bronnen van elektromagnetische velden zijn blootgesteld, waardoor er eerst verder onderzoek nodig is om de verschillende blootstellingen te kunnen onderscheiden.

In 2016 is een cohortonderzoek gepubliceerd waarin een verband werd gevonden tussen beroepsmatige blootstelling in het afgelopen jaar aan sterke statische magnetische velden van MRI-scanners in een Nederlandse MRI-fabriek en het risico op zelf gerapporteerde ongevallen. De zelf gerapporteerde ongevallen zijn onderverdeeld in een ongeval resulterend in lichamelijk letsel (bijvoorbeeld vallen of struikelen, sportblessures, verkeersongeval, werkgerelateerd ongeval), een ongeval resulterend in lichamelijk letsel dat door een arts behandeld moest worden en verkeersongevallen die plaatsvonden onderweg naar het werk of van het werk naar huis of een andere bestemming (Bongers et al., 2016). Met behulp van een *job-exposure matrix* en werkgeschiedenis is de blootstelling aan statische magnetische velden van een MRI-scanner tijdens het werk bepaald in de afgelopen twaalf maanden en de cumulatieve blootstelling tussen 1984 en 2011. Personen met in de afgelopen twaalf maanden een hoge blootstelling aan statische magnetische velden (66^{ste} percentiel of hoger) op het werk hadden vaker een ongeval meegemaakt resulterend in lichamelijk letsel of resulterend in lichamelijk letsel dat door een arts behandeld moest worden, vergeleken met personen met een lage blootstelling (lager dan 66^{ste} percentiel). Personen met hoge cumulatieve blootstelling aan statische magnetische velden (66^{ste} percentiel of hoger) op het werk hadden vaker een ongeval meegemaakt resulterend in lichamelijk letsel dat door een arts behandeld moest worden, vergeleken met personen met een lage blootstelling (lager dan 66^{ste} percentiel). Ook verkeersongevallen die plaatsvonden onderweg naar het werk (niet van het werk naar huis of een andere bestemming) bleken vaker voor te komen bij personen met hoge recente en cumulatieve blootstelling aan statische magnetische velden. Dit verband bleek niet beïnvloed te worden door het ondergaan van vrijwillige MRI-scans door de deelnemers, waardoor zij ook aan radiofrequente EMV en laagfrequente gradiëntvelden werden blootgesteld. Dit cohort is ook gebruikt in het onderzoek naar verhoogde bloeddruk, beschreven in paragraaf 4.1 (Bongers et al., 2018). Het is nog niet duidelijk of het gevonden verband oorzakelijk is en wat het achterliggende mechanisme is. De blootstelling is op een objectieve manier vastgelegd door de werkgever. Beperkingen van dit onderzoek zijn de kleine onderzoekspopulatie, de lage respons en de zelfrapportage van ongevallen. Ook is geen informatie bekend over de afstand tussen huis en werk. Door de opzet van dit onderzoek kon niet worden onderscheiden of het om korte- of langetermijneffecten ging.

Huss et al. (2017) onderzochten met vragenlijsten een verband tussen blootstelling aan MRI in het afgelopen jaar en het voorkomen van (bijna) ongevallen bij werknemers in de MRI-afdelingen van ziekenhuizen. Laagfrequente en radiofrequente EMV worden geproduceerd wanneer de MRI-scanner daadwerkelijk gebruikt wordt om een scan te maken. Het statische magnetische veld is ook aanwezig als er niet gescand wordt. Uit de resultaten blijkt dat werknemers die in ziekenhuizen werkten met MRI-scanners vaker een (bijna) ongeval hadden tijdens het reizen tussen huis en werk in het afgelopen jaar, vergeleken met werknemers die niet werkten met MRI-scanners. Uit het onderzoek bleek verder dat het risico op ongevallen groter was, naarmate het aantal dagen dat de werknemers met een MRI-scanner werkten groter was en de blootstelling sterker was (bepaald aan de hand van sterkte en het type van de scanner). Echter, wanneer een onderscheid werd gemaakt tussen blootstelling aan de MRI-velden tijdens het scannen of daarbuiten, bleek er alleen een verband te bestaan wanneer er geen MRI-scan gemaakt werd. Mogelijk houden daarom alleen de statische magnetische velden verband met het vaker voorkomen van ongevallen. Een beperking van dit onderzoek is dat het een dwarsdoorsnede-onderzoek is en er dus geen uitspraken kunnen worden gedaan over oorzakelijkheid. Ook kan niet met zekerheid gezegd worden of het om langetermijneffecten gaat. Daarvoor is een longitudinaal onderzoek nodig. Verder kan mogelijk bias (vertekening) zijn opgetreden, omdat de respons laag was (29%). Ook zijn zowel de blootstelling als de uitkomst bepaald door zelfrapportage, waardoor de gegevens afhankelijk zijn van het geheugen van de deelnemers.

Gebruikmakend van dezelfde gegevens als het onderzoek van Huss et al. (2017) werd ook een verband onderzocht tussen blootstelling aan MRI tijdens het werk in het afgelopen jaar en 'abnormale' menstruatie, zoals hevige of onregelmatige menstruatie, bij gebruik van het 'spiraaltje' (een voorbehoedmiddel) in het afgelopen jaar (Huss et al., 2018a). Abnormale menstruatie kwam vaker voor onder vrouwen die zowel een spiraaltje gebruikten, werkten met MRI-scanners en aanwezig waren in de MRI-kamer terwijl een scan werd gemaakt vergeleken met vrouwen die niet werkten met MRI-scanners en geen spiraaltje gebruikten. Het verband bleek niet afhankelijk van het soort MRI-scanner (bijvoorbeeld de diameter van de magneetkern) en de sterkte van het statische magnetische veld. Zoals ook hierboven beschreven, heeft het onderzoek een aantal beperkingen (Huss et al., 2017; Huss et al., 2018a): het is een dwarsdoorsnede-onderzoek; de blootstelling en uitkomstmaat zijn gemeten door middel van zelfrapportage en er was een lage respons (23%). Ook zijn andere oorzaken van abnormale menstruatie aan te wijzen die niet in de analyses zijn meegenomen en is nog niets bekend over het mechanisme dat achter het onderzochte verband zou kunnen zitten. Beweging van het spiraaltje sluiten de onderzoekers uit, aangezien de spiraaltjes meestal van koper zijn gemaakt, dat niet ferromagnetisch is. Alternatieve mechanismen voor een koperen spiraaltje zijn versterking van het geïnduceerde elektrische veld of opwarming en daardoor mogelijk ontsteking. De meeste personen hadden echter geen koperen spiraal, maar een hormoon-spiraal.

4.2.1

Conclusie

Xu et al. (2016) deden een dwarsdoorsnede-onderzoek en dat geeft daarom nog onvoldoende uitsluitsel over de richting of oorzakelijkheid

van een mogelijk verband met afwijkingen in de voortplanting. Warembourg et al. (2017) hadden een beperkte onderzoeksgroep (medewerkers in de gezondheidszorg die blootgesteld kunnen worden aan EMV van MRI en diathermie) en concludeert dat er nog onvoldoende bewijs is voor een verband met afwijkingen in de voortplanting. Het oorspronkelijke onderzoek van Xu et al. (2016) en de review van Warembourg et al. (2017) veranderen de conclusie getrokken in het vorige RIVM-rapport daarom niet. In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat voor afwijkingen in de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem en het bewegingsapparaat de weinige onderzoeken die zijn gedaan te inconsistent zijn of te gebrekkig uitgevoerd zijn om conclusies te kunnen trekken. De recentere onderzoeken veranderen deze conclusie niet. Uit twee MRI-onderzoeken blijkt dat ongevallen vaker voorkwamen bij personen die op het werk door MRI-scanners aan statische magnetische velden werden blootgesteld (Bongers et al. 2016; Huss et al 2017). Meer onderzoek is echter nodig om deze resultaten te bevestigen en het mechanisme te verduidelijken. Er zijn nog te weinig onderzoeken uitgevoerd die een verband hebben onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV met sterfte en abnormale menstruatie(patronen) om conclusies te kunnen trekken.

5 Geïnccludeerde rapporten

Net als in het RIVM-rapport dat is gepubliceerd in 2015 is ter ondersteuning van de gevonden resultaten naast reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken ook gekeken naar conclusies uit rapporten van internationale en nationale organisaties die zich bezighouden met gezondheidsbescherming van de (beroeps)bevolking.

In 2015, 2016 en 2017 zijn drie relevante rapporten gevonden die zijn gepubliceerd sinds het publiceren van ons voorgaande rapport (SSM, 2015; SSM, 2016; SSM, 2017). Elk jaar publiceert de wetenschappelijke raad EMV van de 'Swedish Radiation Safety Authority' (SSM) een review van de wetenschappelijke publicaties over het verband tussen EMV en gezondheid. In de drie rapporten zijn onderzoeken samengevat die zijn gepubliceerd tussen oktober 2013 en maart 2017.

De conclusies van deze gepubliceerde rapporten veranderen de conclusies in ons voorgaande rapport niet. Een voor het huidige rapport relevante conclusie van SSM in 2015 is dat in een aantal epidemiologische onderzoeken een mogelijk verband is aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente magnetische velden in arbeidssituaties en de ziekte van Alzheimer en ALS. Het is nog onzeker of elektrische schokken dit verband kunnen verklaren. SSM (2015) vond twee onderzoeken die erop wijzen dat er een verband bestaat tussen laagfrequente magnetische velden en ALS, niet met elektrische schokken (Huss et al., 2014; Vergara et al., 2015). Daarentegen concludeert SSM in 2016 dat een verband is aangetoond in een onderzoek tussen blootstelling aan elektrische schokken, maar niet ELF magnetische velden, en ALS (Fischer et al., 2015). Een onderzoek geïnccludeerd in SSM 2018 heeft weer aangetoond dat er een verband was met ELF magnetische velden en ALS, niet met elektrische schokken (Koeman et al., 2017). SSM concludeert daarom dat er geen nieuwe inzichten zijn verkregen; het blijft dus nog onzeker of elektrische schokken een eventueel verband tussen ELF magnetische velden en ALS of de ziekte van Alzheimer kunnen verklaren. De publicaties geciteerd door SSM zijn ook in onze rapporten opgenomen en onze conclusie komt overeen met de conclusie van SSM (zie paragraaf 6.2).

6 Conclusies

6.1 Algemene conclusies over kanker

Hersentumoren

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er nog onvoldoende bewijs is gevonden voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente en radiofrequente EMV in arbeidssituaties en hersentumoren. Deze conclusie verandert in het huidige rapport niet. Zoals samengevat in het vorige rapport waren de publicaties nog van onvoldoende kwaliteit, bijvoorbeeld door gebrekkige methoden voor de bepaling van de blootstelling. De kwaliteit van de drie recentere publicaties waarin een verband tussen blootstelling op het werk aan laagfrequente of radiofrequente EMV en hersentumoren is onderzocht is hoger dan eerdere publicaties, hoewel er nog steeds ruimte is voor verbetering. In het vorige rapport concludeerden we bovendien dat het nog onbekend is of andere eigenschappen van het werk dan blootstelling aan laagfrequente EMV het verband veroorzaken dat in sommige publicaties werd gevonden. Er was ook geen verband tussen hersentumoren en blootstelling aan laagfrequente EMV gecombineerd met metalen, oplosmiddelen en andere chemicaliën. Ook hebben de drie nieuwe onderzoeken veel analyses uitgevoerd, wat de kans vergroot op een toevallig significant verband in het onderzoek als dat er in de populatie als geheel niet is. Door tekortkomingen in de onderzoeksmethoden en afwezigheid van een verband in onderzoek met betere bepaling van de blootstelling kunnen nog geen conclusies worden getrokken over een verband tussen blootstelling van werknemers aan laagfrequente EMV voor of tijdens de zwangerschap en hersentumoren bij hun kinderen.

Kanker van witte bloedcellen

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er onvoldoende bewijs is gevonden voor een verband tussen blootstelling aan laagfrequente en radiofrequente EMV in arbeidssituaties en leukemie. De publicaties in het huidige rapport zijn nog van onvoldoende kwaliteit om de conclusie te veranderen. Er zijn enkele publicaties gevonden die een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en kanker van witte bloedcellen onderzoeken. Deze publicaties geven door hun beperkingen geen duidelijk bewijs voor de aan- of afwezigheid van een verband.

Borstkanker

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat voor borstkanker bij mannen en bij vrouwen de gevonden onderzoeken geen verband is aangetoond met blootstelling aan EMV op de werkplek. Een nieuwe publicatie waarin een verband met borstkanker bij mannen en een nieuwe publicatie waarin een verband met borstkanker bij vrouwen wordt onderzocht veranderen de conclusie in het vorige rapport niet door beperkingen van deze onderzoeken.

Overige vormen van kanker

De conclusie uit het vorige rapport blijft gehandhaafd: er ontbreekt voldoende en goed onderbouwd onderzoek om conclusies te trekken over een verband met teelbalkanker en overige vormen van kanker (longkanker, kanker in het oog en blaaskanker). De twee nieuwe publicaties die een verband onderzochten tussen beroepsmatige EMV-blootstelling en teelbalkanker of longkanker gaven door methodologische beperkingen geen duidelijk beeld.

6.2 Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten*Motorneuronziekten*

Op basis van de literatuur in het vorige rapport werd geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn gevonden voor een verband tussen beroepen met blootstelling aan laagfrequente EMV en het voorkomen van motorneuronziekten (vooral ALS). Zoals in de conclusie van het vorige rapport is samengevat, kon uit de beschikbare literatuur nog niet opgemaakt worden of EMV de werkelijke oorzaak is, of andere factoren op dezelfde werkplek zoals chemische stoffen of elektrische schokken. De wisselende resultaten in recentere publicaties geven nog geen extra duidelijkheid over het verband tussen laagfrequente EMV of elektrische schokken en ALS en de conclusie van het vorige rapport blijft daarom gehandhaafd.

Dementie

In het vorige rapport zijn twee meta-analyses samengevat die een verband met de ziekte van Alzheimer hebben onderzocht. Daaruit werd geconcludeerd dat voor dementie, waaronder de ziekte van Alzheimer, enkele aanwijzingen zijn gevonden voor een verband met blootstelling aan laagfrequente velden. De onderzoeken geven echter wisselende resultaten, hebben methodologische beperkingen en geven geen duidelijkheid over storende factoren. Ook hebben de onderzoekers gevonden dat niet al het onderzoek naar een verband met de ziekte van Alzheimer wordt gepubliceerd. In het huidige rapport is nog een soortgelijke meta-analyse gevonden die een verband vindt, maar ook concludeert dat er nog veel verbeterd moet worden aan de methodologie van de onderzoeken. De recent gepubliceerde meta-analyse verandert de conclusie uit het vorige rapport daarom niet. Er zijn geen nieuwe publicaties gevonden voor dementie in het algemeen, alleen voor de ziekte van Alzheimer.

Ziekte van Parkinson

Het vorige rapport concludeerde dat de ziekte van Parkinson niet vaker voorkomt in mensen die blootgesteld zijn aan laagfrequente EMV tijdens het werk. Twee meta-analyses zijn gevonden in deze update. Hoewel de publicaties nog enkele beperkingen hebben, bevestigen zij de conclusies uit het vorige rapport.

Multiple sclerose

Er zijn geen nieuwe publicaties gevonden in deze update. Er is nog te weinig onderzoek gedaan naar een verband met multiple sclerose om conclusies te kunnen trekken.

6.3 Algemene conclusies overige ziekten

Hart- en vaatziekten

In het vorige rapport werd geconcludeerd dat er geen verband is aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente EMV op de werkplek en hart- en vaatziekten. Voor radiofrequente velden konden nog geen conclusies worden getrokken. Door de beperkingen van de gevonden nieuwe publicaties veranderen deze conclusies over hart- en vaatziekten niet. Wel is uit een onderzoek bij MRI-medewerkers een aanwijzing gekomen voor een mogelijk verband tussen blootstelling aan MRI-velden en een verhoogde bloeddruk. Door de beperkingen van dit onderzoek is nog niet duidelijk of de sterke statische magnetische velden de oorzaak zijn.

Voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem, het bewegingsapparaat, sterfte, ongevallen en abnormale menstruatie

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat voor afwijkingen in de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem en het bewegingsapparaat de weinige onderzoeken die zijn gedaan te inconsistent of te gebrekkig zijn uitgevoerd om conclusies te kunnen trekken. De twee nieuwe oorspronkelijke onderzoeken naar een mogelijk verband met voortplanting in het huidige rapport veranderen deze conclusie niet.

Nieuw onderzoek geeft een eerste aanwijzing voor het vaker voorkomen van ongevallen buiten werktijd bij werknemers met hoge beroepsmatige blootstelling aan EMV van MRI-apparatuur. Om deze aanwijzing voor een verband te bevestigen, zou in vervolgonderzoek het mogelijke verband met de statische magnetische velden, de sterkte en duur van de blootstelling en het biologische mechanisme verduidelijkt kunnen worden. Een mogelijk mechanisme zou langdurige verstoring van het evenwichtsorgaan kunnen zijn. Er zijn nog te weinig onderzoeken uitgevoerd naar een mogelijk verband tussen beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische velden en abnormale menstruatie(patronen) of een mogelijk verband met algemene sterfte om daarover conclusies te kunnen trekken.

7 Literatuurlijst

- 't Mannetje, A., A.J. De Roos, P. Boffetta, R. Vermeulen, G. Benke, L. Fritschi, P. Brennan, L. Foretova, M. Maynadié, N. Becker, A. Nieters, A. Staines, M. Campagna, B. Chiu, J. Clavel, S. de Sanjose, P. Hartge, E.A. Holly, P. Bracci, M.S. Linet, A. Monnereau, L. Orsi, M.P. Purdue, N. Rothman, Q. Lan, E. Kane, A.S. Costantini, L. Miligi, J.J. Spinelli, T. Zheng, P. Cocco, A. Krickler (2016) Occupation and risk of non-hodgkin lymphoma and its subtypes: A pooled analysis from the interlymph consortium. *Environmental Health Perspectives* 124: 396-405.
- Baliatsas, C., I. Van Kamp, E. Lebret, G.J. Rubin (2012) Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health* 12: 643.
- Bongers, S., P. Slottje, H. Kromhout (2018) Development of hypertension after long-term exposure to static magnetic fields among workers from a magnetic resonance imaging device manufacturing facility. *Environ Res* 164: 565-573.
- Bongers, S., P. Slottje, L. Portengen, H. Kromhout (2016) Exposure to static magnetic fields and risk of accidents among a cohort of workers from a medical imaging device manufacturing facility. *Magn Reson Med* 75: 2165-2174.
- Carlberg, M., T. Koppel, M. Ahonen, L. Hardell (2017) Case-control study on occupational exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields and glioma risk. *American Journal of Industrial Medicine* 60: 494-503.
- Dabouis, V., P. Arvers, J.C. Debouzy, C. Sebbah, D. Crouzier, A. Perrin (2016) First epidemiological study on occupational radar exposure in the French Navy: a 26-year cohort study. *Int J Environ Health Res* 26: 131-144.
- Doronin, B.M., M.V. Yashnikova, E.L. Poteryaeva (2017) Risk Factors for Stroke in Men Exposed to Adverse Industrial Factors. *Neuroscience and Behavioral Physiology* 47: 303-306.
- Elmas, O. (2016) Effects of electromagnetic field exposure on the heart. *Toxicology and Industrial Health* 32: 76-82.
- Fenga, C. (2016) Occupational exposure and risk of breast cancer. *Biomed Rep* 4: 282-292.
- Fischer, H., L. Kheifets, A. Huss, T.L. Peters, R. Vermeulen, W. Ye, F. Fang, P. Wiebert, X.P. Vergara, M. Feychting (2015) Occupational Exposure to Electric Shocks and Magnetic Fields and Amyotrophic Lateral Sclerosis in Sweden. *Epidemiology* 26: 824-830.
- Garcia, A.M., A. Sisternas, S.P. Hoyos (2008) Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. *Int J Epidemiol* 37: 329-340.
- Garzillo, E.M., N. Miraglia, P. Pedata, D. Feola, M. Lamberti (2016) Risk agents related to work and amyotrophic lateral sclerosis: An occupational medicine focus. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 29: 355-367.
- Grundy, A., S.A. Harris, P.A. Demers, K.C. Johnson, D.A. Agnew, P.J. Villeneuve (2016) Occupational exposure to magnetic fields and breast cancer among Canadian men. *Cancer Med* 5: 586-596.

- Gunnarsson, L.G., L. Bodin (2017) Parkinson's disease and occupational exposures: A systematic literature review and meta-analyses. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 43: 197-209.
- Guyatt, G.H., A.D. Oxman, H.J. Schunemann, P. Tugwell, A. Knottnerus (2011) GRADE guidelines: a new series of articles in the *Journal of Clinical Epidemiology*. *J Clin Epidemiol* 64: 380-382.
- Hardell, L., M. Carlberg, K. Hansson Mild (2006) Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. *Int Arch Occup Environ Health* 79: 630-639.
- Hardell, L., M. Carlberg, F. Soderqvist, K.H. Mild (2013) Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *Int J Oncol* 43: 1833-1845.
- Hug, K., L. Grize, A. Seidler, P. Kaatsch, J. Schuz (2010) Parental occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood cancer: a German case-control study. *Am J Epidemiol* 171: 27-35.
- Huss, A., T. Koeman, H. Kromhout, R. Vermeulen (2015) Extremely Low Frequency Magnetic Field Exposure and Parkinson's Disease--A Systematic Review and Meta-Analysis of the Data. *Int J Environ Res Public Health* 12: 7348-7356.
- Huss, A., K. Schaap, H. Kromhout (2017) MRI-related magnetic field exposures and risk of commuting accidents - A cross-sectional survey among Dutch imaging technicians. *Environ Res* 156: 613-618.
- Huss, A., K. Schaap, H. Kromhout (2018a) A survey on abnormal uterine bleeding among radiographers with frequent MRI exposure using intrauterine contraceptive devices. *Magn Reson Med* 79: 1083-1089.
- Huss, A., A. Spoerri, M. Egger, H. Kromhout, R. Vermeulen (2014) Occupational exposure to magnetic fields and electric shocks and risk of ALS: The Swiss National Cohort. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*: 1-6.
- Huss, A., A. Spoerri, M. Egger, H. Kromhout, R. Vermeulen (2018b) Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers - Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. *Environ Res* 164: 467-474.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74: 494-522.
- Ingre, C., P.M. Roos, F. Piehl, F. Kamel, F. Fang (2015) Risk factors for amyotrophic lateral sclerosis. *Clin Epidemiol* 7: 181-193.
- Jalilian, H., S.H. Teshnizi, M. Röösl, M. Neghab (2018) Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and risk of Alzheimer disease: A systematic review and meta-analysis. *NeuroToxicology*.
- Koeman, T., P. Slottje, H. Kromhout, L.J. Schouten, R.A. Goldbohm, P.A. van den Brandt, R. Vermeulen (2013) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and cardiovascular

- disease mortality in a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 70: 402-407.
- Koeman, T., P. Slottje, L.J. Schouten, S. Peters, A. Huss, J.H. Veldink, H. Kromhout, P.A. Van Den Brandt, R. Vermeulen (2017) Occupational exposure and amyotrophic lateral sclerosis in a prospective cohort. *Occupational and Environmental Medicine* 74: 578-585.
- NINDS (2018a) (National Institute of Neurological Disorders and Stroke). Dementia Information Page. <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/All-Disorders/Dementia-Information-Page> (laatst bezocht op 17 april 2018).
- NINDS (2018b) (National Institute of Neurological Disorders and Stroke). Motor Neuron Diseases Information Page. <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/All-Disorders/Motor-Neuron-Diseases-Information-Page> (laatst bezocht op 13 april 2018).
- Parlement en Raad van de Europese Unie (2013) Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG. Publicatieblad van de Europese Unie L179: 1-21.
- Pearce, N., H. Kromhout (2017) Occupational causes of amyotrophic lateral sclerosis: Where to from here? *Occupational and Environmental Medicine* 74: 83-84.
- Peleg, M., O. Nativ, E.D. Richter (2018) Radio frequency radiation-related cancer: assessing causation in the occupational/military setting. *Environ Res* 163: 123-133.
- Rijs, K., R. Stam (2015) Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers. RIVM Rapport 2015-0203.
- Rubin, G.J., L. Hillert, R. Nieto-Hernandez, E. van Rongen, G. Oftedal (2011) Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 32: 593-609.
- Ryan, R., S. Hill (2016) How to GRADE the quality of the evidence. Cochrane Consumers and Communication Group, available at <http://cccr.org/cochrane.org/author-resources>. Version 3.0 December 2016.
- Schuz, J., F. Erdmann (2016) Environmental Exposure and Risk of Childhood Leukemia: An Overview. *Arch Med Res* 47: 607-614.
- SSM (2015) Recent research on EMF and health risk - tenth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields. Report number 2015:19. Swedish Radiation Safety Authority, Stockholm.
- SSM (2016) Recent research on EMF and health risk - eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields. Including Thirteen years of electromagnetic field research monitored by SSM's Scientific Council on EMF and health: How has the evidence changed over time? Report number 2016:15. Swedish Radiation Safety Authority, Stockholm.
- SSM (2017) Recent research on EMF and Health Risk - Twelfth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields. Report number 2018:09. Swedish Radiation Safety Authority, Stockholm.

- Su, L., Y. Fei, X. Wei, J. Guo, X. Jiang, L. Lu, G. Chen (2016) Associations of parental occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields with childhood leukemia risk. *Leukemia and Lymphoma* 57: 2855-2862.
- Su, L., C. Zhao, Y. Jin, Y. Lei, L. Lu, G. Chen (2018) Association between parental occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood nervous system tumors risk: A meta-analysis. *Science of the Total Environment* 642: 1406-1414.
- Turner, M.C., G. Benke, J.D. Bowman, J. Figuerola, S. Fleming, M. Hours, L. Kincl, D. Krewski, D. McLean, M.E. Parent, L. Richardson, S. Sadetzki, K. Schlaefel, B. Schlehofer, J. Schüz, J. Siemiatycki, M. van Tongeren, E. Cardis (2014) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and brain tumor risks in the INTEROCC study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 23: 1863-1872.
- Turner, M.C., G. Benke, J.D. Bowman, J. Figuerola, S. Fleming, M. Hours, L. Kincl, D. Krewski, D. McLean, M.E. Parent, L. Richardson, S. Sadetzki, K. Schlaefel, B. Schlehofer, J. Schüz, J. Siemiatycki, M. van Tongeren, E. Cardis (2017) Interactions between occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and chemicals for brain tumour risk in the INTEROCC study. *Occupational and Environmental Medicine*.
- Vergara, X., L. Kheifets, S. Greenland, S. Oksuzyan, Y.S. Cho, G. Mezei (2013) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and neurodegenerative disease: a meta-analysis. *J Occup Environ Med* 55: 135-146.
- Vergara, X., G. Mezei, L. Kheifets (2015) 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* 25: 65-71.
- Vila, J., M.C. Turner, E. Gracia-Lavedan, J. Figuerola, J.D. Bowman, L. Kincl, L. Richardson, G. Benke, M. Hours, D. Krewski, D. McLean, M.E. Parent, S. Sadetzki, K. Schlaefel, B. Schlehofer, J. Schüz, J. Siemiatycki, M. van Tongeren, E. Cardis (2018) Occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields and brain tumor risk in the INTEROCC study: An individualized assessment approach. *Environment International* 119: 353-365.
- Wang, Z., L. Wang, S. Zheng, Z. Ding, H. Liu, W. Jin, Y. Pan, Z. Chen, Y. Fei, G. Chen, Z. Xu, Y. Yu (2016) Effects of electromagnetic fields on serum lipids in workers of a power plant. *Environmental science and pollution research international* 23: 2495-2504.
- Warembourg, C., S. Cordier, R. Garlantézec (2017) An update systematic review of fetal death, congenital anomalies, and fertility disorders among health care workers. *American Journal of Industrial Medicine* 60: 578-590.
- WHO (2012) WHO Handbook for Guideline Development. WHO (World Health Organisation) Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 978 92 4 154844 1.
- Xu, Y., X. Zhang, Y. Chen, N. Ren, W. Lin, Q. Zhang (2016) Health Effects of Electromagnetic Fields on Reproductive-Age Female Operators of Plastic Welding Machines in Fuzhou, China. *J Occup Environ Med* 58: 148-153.

8 Bijlage 1

8.1 Zoektermen PUBMED

Reviews en meta-analyses

(magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR (radio AND frequ*) OR radio-frequ* OR radiofrequ* OR rf OR low frequ* OR low-frequ* OR elf OR microwave* OR non-ioni* OR non ioni* OR nonioni*) AND (field* OR radiat*) AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR work floor) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language]) AND ("2014/1/1"[Date - Publication]: "2018/11/01"[Date - Publication]) AND (systematic[sb] OR Review[ptyp] OR Meta-Analysis[ptyp])

Oorspronkelijke artikelen

(magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR (radio AND frequ*) OR radio-frequ* OR radiofrequ* OR rf OR low frequ* OR low-frequ* OR elf OR microwave* OR non-ioni* OR non ioni* OR nonioni*) AND (field* OR radiat*) AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR work floor) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language]) AND ("2014/1/1"[Date - Publication] : "2018/11/01"[Date - Publication]) AND (leukem* OR leukaem* OR leucocytha* OR glioma OR meningioma OR seminoma OR germinoma OR testicular neoplasm OR lung neoplasm OR ((testi* OR testes OR germ cell) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc* OR dysgenesis syndrome)) OR breast neoplasm OR ((brain OR intracranial OR meninge* OR meningi* OR hematolog* OR haematolog* OR blood OR lung OR pulmonary OR ocular OR choroidal OR iris OR uveal OR eye OR retina OR bladder OR transitional cell OR urothelial cell OR breast OR chest OR bust OR mammar*) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc*)) OR neurodegen* OR (neurologic* degen*) OR (central AND nervous AND system AND degen*) OR alzheimer OR dement* OR (amyotrophic AND lateral AND sclerosis) OR als OR parkinson* OR ((multiple OR disseminated) AND sclerosis) OR ms OR motor neuron OR cardiovascular diseases OR ((cardiovascular OR heart OR vascular OR coronary) AND (disease OR system OR abnormalities OR defects)) OR cataract OR ((visual OR vision) AND (acuity OR function*)) OR musculo* OR reproduct* OR pregnan* OR miscarriage OR ((immune OR immunologic*) AND (system OR response OR disease OR disorder)) OR surviv* OR mortal* OR death OR dying OR dead OR fatal OR lethal* OR die OR died OR life expectanc* OR life-expectanc* OR longevity OR death certificates OR decede* OR excess mortality OR vital status OR (International AND Classification AND Diseases) OR ICD OR ((cause of) AND (mortality OR death)) OR accident* OR accident-related OR injury OR fall OR falling OR incident OR crash OR casualty OR NHL OR non-hodgkin* OR nonhodgkin* OR lymphoma OR "Lymphoma, Non-Hodgkin"[Mesh])

8.2 Zoektermen SCOPUS

Reviews en meta-analyses

TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR "radio frequ*" OR "radio-frequ*" OR radiofrequ* OR rf OR "low frequ*" OR "low-frequ*" OR elf OR microwave* OR "non-ioni*" OR "non ioni*" OR nonioni*) AND (field* OR radiat*) AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR "work floor")) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND (PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2019) AND DOCTYPE(re)

Oorspronkelijke onderzoeken

TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR "radio frequ*" OR "radio-frequ*" OR radiofrequ* OR rf OR "low frequ*" OR "low-frequ*" OR elf OR microwave* OR "non-ioni*" OR "non ioni*" OR nonioni*) AND (field* OR radiat*) AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR "work floor") AND (leukem* OR leukaem* OR leucocytha* OR glioma OR meningioma OR seminoma OR germinoma OR "testicular neoplasm" OR "lung neoplasm" OR ((testi* OR testes OR "germ cell") AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc* OR dysgenesis syndrome)) OR "breast neoplasm" OR ((brain OR intracranial OR meninge* OR meningi* OR hematolog* OR haematolog* OR blood OR lung OR pulmonary OR ocular OR choroidal OR iris OR uveal OR eye OR retina OR bladder OR "transitional cell" OR "urothelial cell" OR breast OR chest OR bust OR mammar*) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc*)) OR neurodegen* OR "neurologic* degen*" OR (central AND nervous AND system AND degen*) OR alzheimer OR dement* OR (amyotrophic AND lateral AND sclerosis) OR als OR parkinson* OR ((multiple OR disseminated) AND sclerosis) OR ms OR "motor neuron" OR "cardiovascular diseases" OR ((cardiovascular OR heart OR vascular OR coronary) AND (disease OR system OR abnormalities OR defects)) OR cataract OR ((visual OR vision) AND (acuity OR function*)) OR musculo* OR reproduct* OR pregnan* OR miscarriage OR ((immune OR immunologic*) AND (system OR response OR disease OR disorder)) OR surviv* OR mortal* OR death OR dying OR dead OR fatal OR lethal* OR die OR died OR "life expectanc*" OR "life-expectanc*" OR longevity OR "death certificates" OR decede* OR excess mortality OR "vital status" OR (International AND Classification AND Diseases) OR ICD OR (("cause of") AND (mortality OR death)) OR accident* OR "accident-related" OR injury OR fall OR falling OR incident OR crash OR casualty OR NHL OR "non-hodgkin*" OR nonhodgkin* OR lymphoma)) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND (PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2019)

8.3 Zoektermen EMBASE

Reviews en meta-analyses

#45 #44 NOT #41	0
#44 #35 AND #42 AND [2014-2018]/py	5
#43 #35 AND #42	35
#42 'meta analysis'/exp	138,851
#41 (#36 OR #37 OR #38 OR #39) AND [2014-2018]/py	31
#40 #36 OR #37 OR #38 OR #39	556
#39 #33 NOT #34 AND (review*:ti OR 'meta analys*':ti)	150

#38	#33 NOT #34 AND 'review'/it	448
#37	#33 NOT #34 AND ([cochrane review]/lim OR [systematic review]/lim OR [meta analysis]/lim)	66
#36	#33 NOT #34 AND [review]/lim	457
#35	#33 NOT #34	4940
#34	'radiofrequency ablation'/exp	27246
#33	(#6 OR #7 OR #8 OR #11 OR #13 OR #16 OR #21 OR #23 OR #24 OR #25 OR #31) AND [humans]/lim	5370
#32	#6 OR #7 OR #8 OR #11 OR #13 OR #16 OR #21 OR #23 OR #24 OR #25 OR #31	6307
#31	#22 AND #30	463
#30	#5 AND (#26 OR #27 OR #28 OR #29)	1539
#29	'radiation exposure'/exp/mj	34191
#28	'electromagnetic radiation'/exp/mj	169377
#27	'electromagnetism'/exp/mj	9773
#26	'magnetic field'/exp/mj	7732
#25	#19 AND #22	666
#24	#14 AND #22	1140
#23	#9 AND #22	1386
#22	'named groups by occupation'/exp	1701658
#21	#19 AND (#15 OR #20)	542
#20	'occupational exposure'/exp	75011
#19	#12 AND (#17 OR #18)	32492
#18	'radiation exposure'/exp	194257
#17	'electromagnetic radiation'/exp	448374
#16	(#5 OR #15) AND #14	548
#15	occupat*:ti OR work*:ti OR 'occupation'/exp	562412
#14	electromagnet*:ti OR emf:ti OR radiofreq*:ti OR microwav*:ti	47819
#13	#5 AND #12	440
#12	electromagnet*:ti,ab OR emf:ti,ab OR radiofreq*:ti,ab OR microwav*:ti,ab	99791
#11	#9 AND #10	600
#10	occupat*:ti OR work*:ti OR 'occupation'/exp	562412
#9	(#1 OR #2 OR #3) AND #4	58680
#8	(occupat* NEAR/2 (electromag* OR rad*) NEAR/1 exposure*):ti,ab	513
#7	occupat*:ti AND (electromag*:ti OR rad*:ti) AND exposure*:ti	608
#6	(#1 OR #2 OR #3 OR #4) AND #5	2353
#5	'occupational exposure'/exp/mj	32073
#4	'radiation exposure'/exp	194257
#3	'electromagnetic radiation'/exp	448374
#2	'electromagnetism'/exp	20997
#1	'magnetic field'/exp	26713

Oorspronkelijke onderzoeken

#63	#61 NOT #62	139
#62	'radiofrequency ablation'/exp	27124
#61	#60 AND ('Article'/it OR 'Article in Press'/it OR 'Editorial'/it OR 'Letter'/it OR 'Note'/it OR 'Review'/it)	153
#60	#49 AND #59	256
#59	(#6 OR #7 OR #8 OR #11 OR #13 OR #16 OR #21 OR #55 OR #23 OR #24 OR #25) AND [2014-2018]/py AND [humans]/lim AND ([dutch]/lim OR [english]/lim)	344

#58	(#6 OR #7 OR #8 OR #11 OR #13 OR #16 OR #21 OR #55 OR #23 OR #24 OR #25) AND [2014-2018]/py AND [humans]/lim	347
#57	(#6 OR #7 OR #8 OR #11 OR #13 OR #16 OR #21 OR #55 OR #23 OR #24 OR #25) AND [2014-2018]/py	367
#56	#6 OR #7 OR #8 OR #11 OR #13 OR #16 OR #21 OR #55 OR #23 OR #24 OR #25	6294
#55	#22 AND #54	463
#54	#5 AND (#50 OR #51 OR #52 OR #53)	1539
#53	'radiation exposure'/exp/mj	34191
#52	'electromagnetic radiation'/exp/mj	169377
#51	'electromagnetism'/exp/mj	9773
#50	'magnetic field'/exp/mj	7732
#49	#26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR #31 OR #32 OR #33 OR #34 OR #35 OR #36 OR #37 OR #38 OR #39 OR #40 OR #41 OR #42 OR #43 OR #44 OR #45 OR #46 OR #47 OR #48	14857167
#48	'danger, risk, safety and related phenomena'/exp/mj OR danger*:ti OR risk*:ti OR safety*:ti	757378
#47	'health hazard'/exp OR hazard*:ti	499974
#46	'death'/exp	647656
#45	'immunopathology'/exp	1651374
#44	'immune system'/exp OR 'nonhodgkin lymphoma'/exp OR 'nonhodgkin lymphoma*':ti OR 'non hodgkin lymphoma*':ti	2043733
#43	'spontaneous abortion'/exp OR abortion*:ti	59883
#42	'reproduction'/exp OR reproduct*:ti	1181804
#41	'musculoskeletal disease'/exp	2109436
#40	'musculoskeletal system'/exp OR musculoskelet*:ti	1859469
#39	'vision'/exp	242022'
#38	'accident'/exp OR accident*:ti	199622
#37	'mortality'/exp OR mortality*:ti OR death*:ti	1043367
#36	'cataract extraction'/exp	44311
#35	'cataract'/exp OR cataract*:ti	66619
#34	'cardiovascular disease'/exp OR cardiovascular*:ti OR vascular*:ti OR heart*:ti	4102559
#33	'degenerative disease'/exp OR degenerative*:ti	524030
#32	'multiple sclerosis'/exp OR ((multiple NEAR/1 seclerosis):ti)	112191
#31	'parkinson disease'/exp OR parkinson*:ti	142342
#30	'motor neuron disease'/exp OR ((motor* NEAR/1 neuron* NEAR/1 disease*):ti)	39488
#29	'amyotrophic lateral sclerosis'/exp OR ((amyotrophic NEAR/1 lateral NEAR/1 sclerosis):ti)	32536
#28	'dementia'/exp OR dement*:ti OR alzheimer*:ti	311287
#27	'radiation injury'/exp OR ((radiation NEAR/1 injur*):ti)	69309
#26	'neoplasm'/exp OR neoplasm*:ti OR cancer*:ti OR carcino*:ti OR tumour*:ti OR tumor*:ti	4502481
#25	#19 AND #22	666
#24	#14 AND #22	1140
#23	#9 AND #22	1386
#22	'named groups by occupation'/exp	1701658
#21	#19 AND (#15 OR #20)	542
#20	'occupational exposure'/exp	75011
#19	#12 AND (#17 OR #18)	32492
#18	'radiation exposure'/exp	194257
#17	'electromagnetic radiation'/exp	448374
#16	(#5 OR #15) AND #14	548

#15	occupat*:ti OR work*:ti OR 'occupation'/exp	562412
#14	electromagnet*:ti OR emf:ti OR radiofreq*:ti OR microwav*:ti	47819
#13	#5 AND #12	440
#12	electromagnet*:ti,ab OR emf:ti,ab OR radiofreq*:ti,ab OR microwav*:ti,ab	99791
#11	#9 AND #10	600
#10	occupat*:ti OR work*:ti OR 'occupation'/exp	562412
#9	(#1 OR #2 OR #3) AND #4	58680
#8	(occupat* NEAR/2 (electromag* OR rad*) NEAR/1 exposure*):ti,ab	513
#7	occupat*:ti AND (electromag*:ti OR rad*:ti) AND exposure*:ti	608
#6	(#1 OR #2 OR #3 OR #4) AND #5	2353
#5	'occupational exposure'/exp/mj	32073
#4	'radiation exposure'/exp	194257
#3	'electromagnetic radiation'/exp	448374
#2	'electromagnetism'/exp	20997
#1	'magnetic field'/exp	26713

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag