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

Mogelijke **langetermijneffecten van elektromagnetische velden** op de gezondheid van werknemers – update 2024

RIVM-rapport 2024-0157
K.J. Rijs | R. Stam

Mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers – update 2024

RIVM-rapport 2024-0157

Colofon

© RIVM 2025
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0157

K.J. Rijs (auteur), RIVM
R. Stam (auteur), RIVM

Contact:
info@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, in het kader van Z/110071/24/OV

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

Publiekssamenvatting

Mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers – update 2024

In sommige situaties op de werkplek, zoals bij elektrisch lassen of radarinstallaties, kunnen sterke elektromagnetische velden ontstaan. De vraag is of dat op de lange termijn schadelijk is voor de gezondheid van werknemers. Op die vraag is nog geen eenduidig antwoord te geven op basis van wetenschappelijk onderzoek dat sinds 2019 is verschenen. Dit blijkt uit een update van een eerdere analyse van dit onderzoek door het RIVM.

Ook met nieuw onderzoek erbij is geen verband *bewezen* tussen de langetermijnblootstelling van werknemers en het ontstaan van kanker, ziekten van het zenuwstelsel of andere ziekten. Wel zijn opnieuw *aanwijzingen* gevonden voor een verband tussen deze blootstelling en twee ziekten van het zenuwstelsel: ALS (amyotrofe laterale sclerose) en de ziekte van Alzheimer. Alleen is het bij ALS nog steeds niet duidelijk of de elektromagnetische velden de oorzaak zijn of andere factoren op de werkplek. Dat kunnen bijvoorbeeld blootstelling aan chemische stoffen of elektrische schokken zijn. Ook is meer onderzoek nodig om voor ALS en de ziekte van Alzheimer beter te bepalen bij welke blootstelling aan elektromagnetische velden ze kunnen ontstaan.

Verder is er opnieuw geen verband gevonden voor de ziekte van Parkinson. Voor multiple sclerose (MS) is nog te weinig onderzoek gedaan naar het effect van elektromagnetische velden.

Naar andere ziekten is nog te weinig onderzoek gedaan. Of de onderzoeken hiernaar zijn te inconsistent of te slecht uitgevoerd om er conclusies op te baseren. Het gaat om afwijkingen aan de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem, het bewegingsapparaat, hart- en vaatziekten, sterfte, slaapproblemen en ongevallen.

De update is gedaan in opdracht van het ministerie van SZW. Het RIVM heeft vooral gekeken naar langetermijneffecten van situaties waarin de velden zwakker zijn dan de limieten in de Europese regelgeving. Deze langetermijneffecten zijn niet meegenomen in de wetgeving die werknemers in Nederland sinds 2016 beschermt, omdat er geen verband was aangetoond.

Kernwoorden: elektromagnetische velden, werknemers, gezondheid, langetermijneffecten

Synopsis

Possible long term effects of electromagnetic fields on workers' health – 2024 update

Some workplace situations, such as those involving electric welding or radar systems, may give rise to strong electromagnetic fields. The question is whether this can be harmful to workers' health in the long term. Scientific research published since 2019 has not yet provided a clear-cut answer. This is according to an update of a previous analysis of this research by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).

Even when including the latest research, there is no *proven* link between long term exposure of workers and cancer, neurological diseases or other diseases. However, *indications* have again been found for a link between such exposure and two neurological diseases: amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and Alzheimer's disease. For ALS, it is still unclear whether the disorder is caused by the electromagnetic fields or other factors present in the workplace, such as exposure to chemicals or electric shocks. Also, more research is needed for both ALS and Alzheimer's disease to better determine with what type of exposure to electromagnetic fields they could be associated.

As in previous updates, no connection was found for Parkinson's disease. For multiple sclerosis, there has still been too little research into the effects of electromagnetic fields.

For other diseases, there has been too little research, or the studies have been too inconsistent or poorly performed to draw any conclusions. These diseases concern abnormalities of the reproductive system, the senses, the immune system, the locomotor system, cardiovascular diseases, deaths, sleeping problems and accidents.

This update was carried out at the request of the Ministry of Social Affairs and Employment. RIVM mainly looked at long term effects of situations in which the electromagnetic fields are weaker than the limits in European regulations. These long term effects were not included in the legislation that has protected workers in the Netherlands since 2016, since no link had been proven.

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

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13
1.1 Aanleiding, vraagstelling en doel — 13
1.2 Afbakening — 13
1.3 Definities en begrippen — 14
1.4 Indeling rapport — 17

2 Methode — 19
2.1 Zoekmethode literatuur — 19
2.2 Beoordeling van literatuur — 19

3 Mogelijke verbanden met kanker — 23
3.1 Hersentumoren — 23
3.1.1 Reviews en meta-analyses — 23
3.1.2 Oorspronkelijk onderzoek — 24
3.2 Hematologische kankers — 25
3.2.1 Reviews en meta-analyses — 25
3.2.2 Oorspronkelijke onderzoeken — 27
3.3 Borstkanker — 28
3.3.1 Reviews en meta-analyses — 28
3.4 Teelbalkanker — 29
3.4.1 Reviews en meta-analyses — 29
3.4.2 Oorspronkelijk onderzoek — 29
3.5 Overige vormen van kanker — 30
3.5.1 Reviews en meta-analyses — 30
3.5.2 Oorspronkelijk onderzoek — 30
3.6 Meerdere kankers samengesteld — 30
3.6.1 Reviews en meta-analyses — 30
3.6.2 Oorspronkelijk onderzoek — 31

4 Mogelijke verbanden met neurodegeneratieve ziekten — 35
4.1 Motorneuronziekten — 35
4.1.1 Reviews en meta-analyses — 35
4.1.2 Oorspronkelijk onderzoek — 37
4.2 Dementie — 40
4.2.1 Reviews en meta-analyses — 40
4.2.2 Oorspronkelijk onderzoek — 40
4.3 Ziekte van Parkinson — 41
4.3.1 Reviews en meta-analyses — 41
4.3.2 Oorspronkelijk onderzoek — 41
4.4 Multiple Sclerose en epilepsie — 42
4.4.1 Oorspronkelijk onderzoek — 42

5 Mogelijke verbanden met overige ziekten — 45
5.1 Voortplanting — 45
5.1.1 Reviews en meta-analyses — 45
5.1.2 Oorspronkelijke onderzoeken — 46
5.2 Het bewegingsapparaat, ziekteverzuim, schildklierfunctie en sterfte — 47

5.2.1 Reviews en meta-analyses — 47
5.2.2 Oorspronkelijke onderzoeken — 47

6 (Inter)nationale rapporten — 51
6.1 ANSES (2019) — 51
6.2 BfS (2020) — 51
6.3 'Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation' (2020) — 51
6.4 Strahlenschutzkommission (2021) — 52
6.5 SSM 2019, 2020, 2021, 2022 en 2024 — 52
6.6 De Gezondheidsraad (2022) — 53

7 Conclusie en discussie — 57
7.1 Algemene conclusies over kanker — 57
7.2 Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten — 58
7.3 Algemene conclusies overige ziekten — 59

Referentielijst — 61

Bijlage 1 zoektermen — 67

Samenvatting

Sterke elektrische, magnetische of elektromagnetische velden (EMV) op de werkplek kunnen direct na de blootstelling gezondheidseffecten of veiligheidsrisico's veroorzaken. De wettelijke regels en grenswaarden beschermen werknemers daartegen. Er vindt ook wetenschappelijk onderzoek plaats naar de vraag of EMV 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 ander beleid nodig is om werknemers tegen gezondheidseffecten te beschermen. Dit rapport heeft als doel 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 EMV-blootstelling in arbeidssituaties. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen statische magnetische velden, laagfrequente velden (frequenties van 1 hertz tot 100 kilohertz) en radiofrequente velden (frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz). Voorbeelden van bronnen van sterke statische en laagfrequente EMV op de werkplek zijn MRI-apparatuur in ziekenhuizen, lasapparatuur, generatoren, inductieverwarmers en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van sterke radiofrequente EMV op de werkplek zijn plasticlassers, radarinstallaties en zendmasten op daken.

Het huidige rapport is een update van het rapport 'Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van EMV op de gezondheid van werknemers – update 2019' (RIVM-rapport 2019-0010, verder genoemd 'het vorige rapport'). Dit rapport wil 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 1 november 2018 en 13 maart 2024 zijn gepubliceerd. 'Peer-reviewed' wil zeggen dat een onderzoek vóór publicatie is getoetst door andere onderzoekers en waar nodig is gecorrigeerd. In een meta-analyse worden statistische toetsen gedaan met de gegevens uit meerdere oorspronkelijke onderzoeken. Dit rapport concentreert zich op epidemiologisch onderzoek bij werknemers, waarin de blootstelling aan EMV wordt gemeten of geschat en een verband met het voorkomen van bepaalde ziekten wordt onderzocht.

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. Deze twee categorieën zijn beschreven in de hoofdstukken 3 en 4 van het rapport. Alle overige ziekten waarnaar onderzoek is gedaan zijn beschreven in hoofdstuk 5. 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 agentia dan EMV, een rol kunnen spelen. In hoofdstuk 6 worden de resultaten samengevat en kritische kanttekeningen geplaatst.

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er geen verbanden zijn bewezen tussen blootstelling van werknemers aan EMV en kanker, ziekten van het zenuwstelsel en overige ziekten. Op basis van de publicaties die zijn verschenen sinds november 2018 verandert deze conclusie niet. Hieronder worden de resultaten voor kanker, de ziekten van het zenuwstelsel en overige ziekten apart samengevat.

Algemene conclusies over kanker

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er geen verbanden zijn bewezen tussen blootstelling van werknemers aan EMV en kanker. Op basis van de publicaties die zijn verschenen sinds november 2018 verandert deze conclusie niet. Net als in het vorige RIVM-rapport is er onvoldoende bewijs gevonden voor een verband met hersentumoren bij werknemers. Een verband met hersentumoren is sinds november 2018 onderzocht in drie oorspronkelijke onderzoeken en drie reviews. In geen van de zes publicaties wordt geconcludeerd dat er een verband is gevonden. De onderzoeken hebben beperkingen, zoals beperkte blootstellingsbepaling en het samenvoegen van meerdere soorten kankers. Voor kanker van witte bloedcellen werd in het vorige RIVM-rapport geconcludeerd dat er voor leukemie bij volwassenen onvoldoende bewijs is voor een verband met beroepsmatige blootstelling aan EMV. In het huidige rapport is de categorie ‘kanker van witte bloedcellen’ uitgebreid naar hematologische kankers in bredere zin, omdat daarover nieuw onderzoek is gepubliceerd. Er zijn twee onderzoeken gevonden, die wel een verband vonden met verschillende hematologische kankersoorten tezamen en met folliculair lymfoom. Beide onderzoeken hebben echter belangrijke beperkingen. Ook voor hematologische kankers concluderen we daarom dat er door de beperkingen van het onderzoek onvoldoende bewijs is voor de aan- of afwezigheid van een verband. In het vorige rapport werd geconcludeerd dat er geen verband is aangetoond tussen blootstelling aan EMV op de werkplek en borstkanker bij mannen en bij vrouwen, teelbalkanker en overige kankers. Op basis van het nieuwe onderzoek dat is samengevat in het huidige rapport, verandert deze conclusie niet. Er is geen nieuwe literatuur gevonden, waarin het verband tussen blootstelling aan EMV en longkanker is onderzocht.

Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn voor een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente EMV en amyotrofe laterale sclerose (ALS). Op basis van de publicaties die sinds november 2018 zijn verschenen, verandert deze conclusie niet. Er zijn sinds het vorige rapport drie nieuwe reviews met meta-analyse gepubliceerd. Allen vinden een verband met het vaker voorkomen van ALS, ook wanneer onderzoek van lage kwaliteit wordt uitgesloten. Daarentegen zijn na het verschijnen van de meest recente, in 2020 gepubliceerde review drie onderzoeken gepubliceerd waarin geen verband wordt aangetoond met ALS. Alle drie hadden beperkingen, zoals beperkte blootstellingsbepaling of een kleine groep blootgestelde personen. De oorspronkelijke in de meta-analyses opgenomen

onderzoeken hadden die echter ook. Een discussiepunt blijft dat het onzeker is of blootstelling aan EMV de werkelijke oorzaak was of andere factoren, waaronder chemische stoffen of blootstelling aan elektrische schokken op het werk. Recent onderzoek geeft geen uitsluitsel hierover. In het vorige RIVM-rapport is geconcludeerd dat aanwijzingen zijn gevonden voor een verband tussen blootstelling aan laagfrequente velden en de ziekte van Alzheimer, maar dat de methodologie van de onderzoeken nog verbeterd moet worden. Ook deze conclusie blijft gehandhaafd. Drie reviews (waarvan twee ook een meta-analyse hadden uitgevoerd) concluderen dat er een verband is met de ziekte van Alzheimer of dementie. Wel wordt geconcludeerd dat de methodologie van blootstellingsbepaling in sommige onderzoeken verbeterd kan worden. In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat de ziekte van Parkinson niet vaker voorkomt bij mensen die blootgesteld zijn aan laagfrequente EMV tijdens het werk. Op basis van het onderzoek dat in deze update is gevonden, verandert deze conclusie niet. De conclusie in het vorige RIVM-rapport over een verband met multiple sclerose blijft ook onveranderd: er is te weinig onderzoek gedaan naar een verband om een conclusie te kunnen trekken (een cohortonderzoek in deze update vond geen significant verband). Er is in de vorige RIVM-rapporten nog niet eerder onderzoek samengevat over epilepsie. Het nieuwe onderzoek in deze update geeft geen duidelijkheid hierover.

Algemene conclusies overige ziekten

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat voor de overige ziekten (namelijk: afwijkingen in de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem, het bewegingsapparaat, hart- en vaatziekten, sterfte, slaapproblemen en ongevallen) de weinige onderzoeken die zijn gedaan te inconsistent zijn of te gebrekkig uitgevoerd zijn om conclusies te kunnen trekken. Op basis van de publicaties die sinds november 2018 zijn verschenen, verandert deze conclusie niet. Er is geen nieuw onderzoek gevonden waarin een verband is onderzocht met hart- en vaatziekten, ziekten van het immuunsysteem, ziekten van de zintuigen en ongevallen. Het weinige nieuwe onderzoek dat is gevonden voor afwijkingen in de voortplanting, slaapproblemen, aandoeningen aan het bewegingsapparaat, ziekteverzuim door ziekte aan het zenuwstelsel, bloedsomloop of bewegingsapparaat en effecten op de schildklier geeft geen uitsluitsel over het bestaan van een verband door inconsistentie en beperkte kwaliteit.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding, vraagstelling en doel

Sterke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden (EMV) op de werkplek kunnen direct na blootstelling gezondheidseffecten of veiligheidsrisico's veroorzaken. Voorbeelden daarvan zijn prikkeling van de zenuwen of opwarming van organen. De wettelijke regels en grenswaarden beschermen werknemers daartegen. Er wordt ook wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de vraag of EMV 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 ander beleid nodig is om werknemers tegen gezondheidseffecten te beschermen.

In 2015 en 2019 heeft het RIVM overzichten gepubliceerd (Rijs en Stam, 2015; Rijs en Stam, 2019) van het onderzoek naar mogelijk langetermijneffecten van EMV op de gezondheid van werknemers. Het huidige rapport is een update hiervan. Het doel van deze overzichten is om beleidsmakers, maar ook overige belanghebbenden, te informeren over de stand van zaken van de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke langetermijneffecten op de gezondheid van kortdurende en chronische blootstelling aan EMV in arbeidssituaties. Het doel is ook om zo compleet mogelijk te zijn wat betreft de bestaande onderzoeken. Hoewel dit rapport de opvallende beperkingen van onderzoeken beschrijft als die aanwezig zijn, wordt er geen complete systematische kwaliteitsanalyse en gradatie van de bewijslast uitgevoerd. Het doel is dan ook niet om een onderbouwde uitspraak te doen over de aan- of afwezigheid van een oorzakelijk verband.

1.2 Afbakening

Net als in de vorige rapporten wordt in het huidige rapport onderscheid gemaakt tussen statische magnetische velden, laagfrequente velden (frequenties van 1 hertz tot 100 kilohertz) en radiofrequente velden (frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz). Voorbeelden van bronnen van sterke statische en laagfrequente EMV op de werkplek zijn MRI-apparatuur in ziekenhuizen, lasapparatuur, generatoren, inductieverwarmers en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van sterke radiofrequente EMV op de werkplek zijn plasticlassers, MRI-apparatuur in ziekenhuizen en zendmasten op daken.
Gepubliceerde, openbare '*peer-reviewed*' reviews, meta-analyses en oorspronkelijke bij de beroepsbevolking uitgevoerde en in wetenschappelijke tijdschriften gepubliceerde onderzoeken worden geïnventariseerd en beoordeeld. Alleen '*peer-reviewed*' wetenschappelijke artikelen zijn beoordeeld en samengevat. '*Peer-reviewed*' betekent dat een wetenschappelijk artikel vóór publicatie onafhankelijk is getoetst door andere onderzoekers in hetzelfde vakgebied en waar nodig is gecorrigeerd. Korte samenvattingen van recent onderzoek dat gepresenteerd is tijdens een congres (congresabstracts) zijn niet meegenomen. Zulke samenvattingen zijn niet altijd '*peer-reviewed'* en bevatten onvoldoende informatie om de

kwaliteit ervan te beoordelen. Ter aanvulling van de bevindingen zijn openbare rapporten van wetenschappelijke organisaties geraadpleegd.

Langetermijneffecten worden hier gedefinieerd als 'alle effecten die ontstaan in een periode langer dan de tijdspanne van een maand 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). Daarbij kan het 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), waarnaar het Nederlandse Arbeidsomstandighedenbesluit 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 mensen uit de algemene bevolking of patiënten in de reguliere gezondheidszorg vallen ook buiten het huidige rapport. Hetzelfde geldt voor EMV-bronnen waaraan zowel leden van de algemene bevolking als werknemers kunnen worden blootgesteld en die voldoen aan de limieten voor de algemene bevolking, zoals kantoorapparatuur en mobiele telefoons. 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; Bosch-Capblanch et al., 2024; Rubin et al., 2011). Het huidige rapport gaat niet op deze klachten in. Mogelijke gezondheidseffecten van EMV en de mechanismen daarvoor in het lichaam zijn ook te onderzoeken 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, oorspronkelijke onderzoeken, reviews en meta-analyses. Deze definities en begrippen zijn uitgebreider uitgelegd in het eerste RIVM-rapport (Rijs en Stam, 2015). Daarin werden ook de volgende definities en begrippen 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 worden hier niet nogmaals beschreven.

Elektromagnetische velden
Tenzij nader gespecificeerd, staat de afkorting 'EMV' in dit rapport voor elektrische velden, magnetische velden of elektromagnetische velden. De sterkte van statische magnetische velden varieert niet in de tijd (frequentie 0 hertz). 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).

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 elektricien, lasser en metaalbewerker ('*beroepentitels*'). Door een vergelijking te maken tussen personen met en personen zonder een beroep met blootstelling aan EMV, is een verband tussen blootstelling en gezondheid te onderzoeken. 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 verstorende factoren ('*confounders*') kunnen werken. Hiermee wordt niet altijd rekening 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 dichter bij 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 tijdgewogen 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).

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 die sterker kunnen zijn dan de limieten voor de bevolking zijn geleiders en transformatoren in energiecentrales, inductieverwarmers, lasapparatuur en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van radiofrequente EMV in arbeidssituaties die sterker kunnen zijn dan de limieten voor de bevolking zijn diëlektrische verwarmers, zendinstallaties en MRI-scanners in ziekenhuizen. Het is vooral dit soort bronnen van potentieel hogere blootstelling dan de algemene bevolking waarnaar onderzoek over mogelijke langetermijneffecten bij werknemers is gedaan.

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 die in dit rapport zijn opgenomen was lager dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Het is echter altijd mogelijk dat er in de middelingsperiode ook incidentele blootstellingen voorkwamen die hoger waren dan deze blootstellingslimieten.

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. Als bijvoorbeeld 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 Indeling rapport

Na een beschrijving van de methode volgt een beschrijving van de resultaten. De gevonden publicaties zijn, net als in de vorige twee rapporten, ingedeeld in drie groepen die in drie aparte hoofdstukken worden samengevat: kanker (onder andere teelbalkanker, borstkanker en hersentumoren), neurodegeneratieve ziekten (onder andere amyotrofe 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 per ziektecategorie en daarna in chronologische volgorde op basis van de publicatiedatum besproken. Per hoofdstuk wordt ook besproken of de conclusies die in het in 2015 en 2019 gepubliceerde RIVM-rapport zijn getrokken, 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 Methode

2.1 Zoekmethode literatuur

Er is gezocht naar reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken die tussen 01-11-2018 en 13-03-2024 in de internationale databases PubMed, Scopus en Embase zijn gepubliceerd. In deze update is de gebruikte methode nagenoeg hetzelfde gebleven. Alleen zijn de zoektermen aangescherpt naar aanleiding van voortschrijdend inzicht van de onderzoekers, suggesties van de informatiespecialist en de actuele handleidingen van de zoekmachines (zie Bijlage 1). Er is bijvoorbeeld naar aanleiding van resultaten van de review en meta-analyse van de Gezondheidsraad (Gezondheidsraad, 2022a; Gezondheidsraad, 2022c) aanvullend gezocht naar de uitkomstmaat alvleesklierkanker voor de zoekperiode volgend op die van de Gezondheidsraad, tussen 01-01-2022 en 19-07-2024. Dit leverde geen aanvullende relevante publicaties op.

Ook zijn, net als in de vorige RIVM-rapporten, 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 die na 1 november 2018 zijn gepubliceerd zijn op de websites van de volgende nationale en internationale organisaties gezocht:

- 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).
- De Gezondheidsraad.
- International Agency for Research on Cancer (IARC).
- Hoge Gezondheidsraad (België).
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, USA).
- UK Health Security Agency (voorheen Public Health England).
- RIVM.
- Swedish Radiation Safety Authority (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM).
- World Health Organization (WHO).

2.2 Beoordeling van literatuur

De publicaties die zijn 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 een aantal eigenschappen uit de richtlijnen voor het beoordelen van de kwaliteit van epidemiologisch onderzoek van de WHO (WHO, 2014) en van GRADE (‘*Grades of Recommendation, Assessment, Development, and Evaluation*’) (Guyatt et al., 2011; Ryan en Hill, 2016). Het geeft daarom geen volledig beeld van de beperkingen van de onderzoeken. Er is gelet op de meest opvallende beperkingen van het onderzoek (voor meer informatie over deze eigenschappen zie Kennisplatform ElektroMagnetische Velden, 2014), te weten:
    - 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 dwarsdoorsnedeonderzoek ten opzichte van longitudinaal onderzoek is dat niet duidelijk is wat de richting van het verband is (dat wil zeggen of blootstelling invloed heeft op de uitkomst of andersom), 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 hoger is. De aanwezigheid van een blootstelling-respons-verband maakt de aanwezigheid van een oorzakelijk 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 is dit te voorkomen.
- 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 via beroepentitels; zie ook paragraaf 1.3.
- Of er verstorende 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 de gebruikte methoden en voldoende aandacht te hebben besteed aan de kwaliteit van de samengevatte onderzoekspublicaties.

3 Mogelijke verbanden met kanker

Er zijn acht reviews en meta-analyses (Karipidis et al., 2021; Maffei 2022; Morales-Suárez-Varela et al., 2023; Odutola et al., 2021; Shallis et al. 2021; Shih et al., 2021; Talibov 2019; Variani et al., 2019) en negen oorspronkelijke onderzoeken (Carlberg et al., 2018; Carlberg et al., 2020; Gao et al., 2019; Guth et al., 2023; Jalilian et al., 2022; Odutola et al., 2023; Peleg et al., 2023; Shah et al., 2020; Shapira et al., 2023) gevonden, waarin een verband met het voorkomen van kanker is onderzocht. Hieronder staan de resultaten per kankersoort beschreven. Sommige reviews en oorspronkelijke onderzoeken komen bij meerdere kankervormen terug, omdat het onderzoek een verband met meerdere kankervormen heeft onderzocht.

Tabel 1 aan het einde van dit hoofdstuk geeft een overzicht van de reviews en Tabel 2 geeft een overzicht van de oorspronkelijke artikelen die zijn gevonden in deze update.

3.1 Hersentumoren

3.1.1 Reviews en meta-analyses

In de review van Karipidis et al. (2021) worden publicaties samengevat, waarin een verband wordt onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV die afkomstig is van radar en sterfte door alle kankersoorten tezamen, teelbalkanker, hersentumoren, kanker aan het oog en overige kankers (blaaskanker, melanoom, non-Hodgkin lymfoom), voorplantingsuitkomsten en overige uitkomsten. De auteurs hebben tot en met 2019 gezocht. Voor geen van de uitkomsten kan geconcludeerd worden dat er een verband is of dat het afwezig is. In totaal vijf onderzoeken is een verband tussen **hersentumoren** en radarblootstelling bij militairen onderzocht. De vijf onderzoeken vonden wisselende resultaten en hadden beperkingen. De auteurs noemen de beperkte blootstellingsbepaling als een van de belangrijkste beperkingen van het epidemiologisch onderzoek dat in hun review is samengevat. Vaak is de blootstelling zelf-gerapporteerd of op basis van beroepentitel. In sommige artikelen is wel gebruik gemaakt van experts of een job-exposure matrix, maar ook dat heeft beperkingen. Ook de invloed van andere beroepsmatige blootstellingen dan EMV is vaak niet bekend. Die zouden mogelijk als confounder kunnen werken. De focus van hun review was onderzoek naar 5G en mogelijk gezondheidseffecten. De auteurs hebben geen epidemiologische artikelen gevonden die specifiek blootstelling aan 5G hebben kunnen onderzoeken. Om die reden hebben de auteurs artikelen samengevat waarin blootstelling aan radar is onderzocht. Bij blootstelling aan radar worden personen mogelijk aan EMV van 6-300 GHz blootgesteld, waarin ook de hogere frequentiebanden van 5G zich bevinden.

In de review van Maffei et al. (2022) concluderen de auteurs dat het huidige onderzoek geen duidelijkheid geeft over het bestaan van een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequent*e magnetische velden en hersentumoren, leukemie en borstkanker. Gezocht is naar literatuur gepubliceerd tussen 2000 en 2021. In totaal

zijn 32 publicaties in de review opgenomen, waarvan 7 het verband tussen *laagfrequent*e magnetische velden en **hersentumoren** hebben onderzocht. De auteurs rapporteren dat de resultaten tegenstrijdige resultaten laten zien.

In de review van Morales-Suárez-Varela et al. (2023) staat een samenvatting van publicaties waarin een verband wordt onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV (*laagfrequent* en *radiofrequent*) bij ouders en **kanker in het centraal zenuwstelsel** bij kinderen. De auteurs hebben gezocht tussen 1990 en 2021. Zij concluderen dat er geen duidelijk verband is gevonden. De onderzoeken laten wisselende resultaten zien en hebben beperkingen. Ook is er heterogeniteit wat blootstelling en uitkomstmaten betreft.

3.1.2 Oorspronkelijk onderzoek

In een onderzoek van Gao et al. (2019) is geen verband gevonden tussen blootstelling aan *radiofrequente* EMV tijdens het werk en hetzij **kanker totaal,** hetzij **hoofd-halskanker** (hieronder vallen onder andere mondholtekanker, keelholtekanker en strottenhoofdkanker), **of andere tumoren in het hoofd** (waaronder oogkanker, hersentumoren, kanker in hersenzenuwen) gevonden. Van een grote groep politieagenten (n=48.518) werkzaam in Groot-Brittannië is de blootstelling aan radiofrequente EMV van het communicatiesysteem 'Terrestial Trunked Radio' (TETRA) onderzocht. Het gebruik van deze radioapparatuur tijdens het werk is op verschillende manieren in kaart gebracht. In de analyse is het verband met het voorkomen van kanker onderzocht door het gemiddelde maandelijkse duur van gebruik van de radio in minuten per maand te berekenen in het jaar voorafgaand aan inclusie in het onderzoek of in alle beschikbare jaren (mediaan 3 jaar) voorafgaand aan inclusie. De daadwerkelijke blootstelling aan radiofrequente EMV is niet gemeten. Een beperking van dit cohortonderzoek is ook dat er een klein aantal gevallen van kanker in het algemeen (n=716) en hoofd-halskanker (74 waarvan 22 hersentumoren) voorkwam, omdat de follow-up duur kort was (50% van de populatie had een follow-up duur van korter dan 5,9 jaar). Ook omvat hoofd-halskanker vele verschillende soorten kankers.

In een patiënt-controleonderzoek door Carlberg et al. (2020) is geen verband gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequent*e EMV en een **brughoektumor** (een hersentumor, ook wel vestibularis schwannoom of acusticus neurinoom genoemd). In totaal zijn 310 personen met een brughoektumor en 3.485 controlepersonen onderzocht. De blootstelling is bepaald met een job-exposure matrix (INTEROCC ELF Magnetic Field Job-Exposure Matrix; Turner et al. (2014)). Er is niet gerapporteerd welke beroepen de onderzochte personen hebben uitgevoerd. Zowel de cumulatieve (hoogste categorie: ≥ 8,52 microtesla-jaren), gemiddelde (hoogste categorie: ≥ 0,27 microtesla) en maximale (hoogste categorie: ≥ 0,60 microtesla) blootstelling is onderzocht. Dezelfde data zijn gebruikt in de eerder gepubliceerde artikelen van (Carlberg et al., 2017) en Carlberg et al. (2018). In die eerdere artikelen werd alleen een verband gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequent*e EMV en glioom (Carlberg et al., 2017), maar niet met meningeoom (Carlberg et al., 2018). Een beperking van het onderzoek kan zijn dat er sprake is van

'recall bias', doordat de in het verleden uitgevoerde beroepen zijn bepaald met een vragenlijst. De bevindingen dienen bevestigd te worden in ander onderzoek. Het is mogelijk dat het een toevallige bevinding betreft, gezien de grote aantal analyses met één dataset. Het verband werd daarbij alleen gevonden voor een subgroep met de meest kwaadaardige vorm van glioom en alleen wanneer de diagnose maximaal veertien jaar na het begin van blootstelling plaatsvond. Het patiënt-controleonderzoek van Carlberg et al. (2017) is uitgebreid beschreven in Rijs en Stam (2019). Zowel Carlberg et al. (2018) als Carlberg et al. (2020) zijn opgenomen in de review van Maffei et al. (2022).

Shapira et al. (2023) vonden geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV en kanker in het centraal zenuwstelsel. Dit concluderen zij op basis van een retrospectief cohortonderzoek. Israëlische militairen werkzaam bij luchtverdedigingseenheden die radarsystemen bedienen zijn vergeleken met militairen die niet zijn blootgesteld. Het is aannemelijk dat hier sprake is van radiofrequente EMV, maar de onderzoekers mogen niet de exacte frequenties vrijgeven waaraan de militairen zijn blootgesteld in verband met militair geheim. Zij zijn gevolgd tussen 2009 en 2018. Een beperking is dat de individuele blootstelling niet gemeten is. Er is een schatting gemaakt op groepsniveau (op basis van de verwachte blootstelling voor de militaire eenheden). Een beperking is ook dat de militairen relatief kort zijn gevolgd (mediaan was 4,4 jaar). Voor veel kankers is een langere volgduur nodig omdat kanker langer nodig heeft om te ontwikkelen na blootstelling. Ook was er geen informatie over leefstijl (alcohol, roken). Dat kan invloed hebben op het ontwikkelen van kanker.

3.2 Hematologische kankers

In het vorige rapport zijn alleen kankers van witte bloedcellen geclusterd. Sindsdien zijn er meer onderzoeken bij gekomen die onder andere lymfeklierkanker en folliculair lymfoom hebben onderzocht. Deze kankersoorten worden in dit rapport gegroepeerd als hematologische kankersoorten. Dit zijn vaak zeldzame kankersoorten. Voor meer informatie over hematologische kankersoorten, zie bijvoorbeeld iknl.nl (IKNL, 2024).

Sinds het verschijnen van het vorige rapport in 2019 (Rijs en Stam, 2019) zijn vier reviews gepubliceerd, waarin een verband met een hematologische kankersoort is onderzocht (Maffei 2022; Odutola et al., 2021; Shallis et al., 2021; Talibov 2019). Ook zijn vier oorspronkelijke onderzoeken gepubliceerd (Jalilian et al., 2022; Odutola et al., 2023; Peleg et al., 2023; Shapira et al., 2023). Deze oorspronkelijke onderzoeken zijn nog niet in de reviews opgenomen.

3.2.1 Reviews en meta-analyses

In de meta-analyse van Talibov et al. (2019) is geen verband gevonden tussen blootstelling van ouders aan *laagfrequent*e magnetische velden tijdens het werk en het voorkomen van **leukemie bij hun kinderen**. In totaal zijn 11 patiënt-controleonderzoeken samengenomen, waardoor 9.723 kinderen met leukemie en 17.099 kinderen zonder leukemie

(controles) zijn onderzocht. De blootstelling rond de tijd van conceptie (vader) en gedurende de zwangerschap (moeder) is onderzocht. De blootstelling is bepaald met behulp van een job-exposure matrix (Bowman et al., 2007). De sterkte van de blootstelling tijdens het werk is in twee groepen opgedeeld (laag, ≤ 0.2 microtesla en hoog, > 0.2 microtesla) en daarnaast ook in drie groepen opgedeeld (laag, ≤ 0.1 microtesla, middel, 0.1 tot en met 0.2 microtesla en hoog, > 0.2 microtesla). Hierbij wordt niet onderbouwd waarom deze afkappunten zijn gekozen. De kinderen waren 15 jaar of jonger op het moment van de diagnose (hierdoor is de follow-up maximaal 15 jaar). Twee typen leukemie zijn onderzocht: acute lymfatische leukemie en acute myeloïde leukemie. Leukemie bij deze kinderen is bepaald aan de hand van nationale registratiesystemen, ziekenhuisopnames of op basis van informatie uit andere onderzoeken. Welke methode gebruikt is, verschilde tussen de 11 patiënt-controleonderzoeken.

Zoals beschreven in 3.1.1. wordt geen verband gevonden met het voorkomen van onder andere **leukemie** in de review van Maffei et al. (2022). De review omvatte publicaties waarin beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequent*e magnetische velden werd onderzocht, gepubliceerd tussen 2000 en 2021. In totaal zijn negen onderzoeken samengevat waarin een verband met leukemie is onderzocht. Een aantal van deze onderzoeken laat wel een samenhang met leukemie zien, met mogelijk een sterker effect voor specifieke vormen van leukemie, zoals acute myeloïde leukemie (AML), chronische myeloïde leukemie (CML) en acute lymfatische leukemie (ALL). Er wordt echter meestal geen blootstelling-responsverband gevonden (hoe hoger de blootstelling, hoe hoger het risico op de betreffende aandoening), wat het bewijs afzwakt. Ook zijn er onderzoeken die geen verband laten zien. Geen verband werd gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV van ouders en leukemie bij hun kinderen.

De review van Shallis et al. (2021) trekt geen duidelijke conclusie over een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV (*laagfrequent* of *radiofrequent*) en het voorkomen van **Acute myeloïde leukemie (AML)**. Ze noemen slechts dat beroepsmatige blootstelling aan EMV geassocieerd wordt met het voorkomen van AML. Deze review is van lage kwaliteit, omdat slechts één zoekmachine is gebruikt en alleen onderzoeken zijn geïncludeerd die voor 2004 zijn gepubliceerd. Er zijn na 2004 echter wel publicaties verschenen die een verband onderzoeken tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en AML (bijvoorbeeld Huss et al. (2018b)).

In een review wordt geconcludeerd dat er een verband gevonden wordt tussen beroepsmatige blootstelling aan *extreem-laagfrequente* EMV en het vaker voorkomen van **folliculair lymfoom** (een vorm van non-Hodgkinlymfoom) (Odutola et al., 2021). Het betreft echter slechts 2 oorspronkelijke onderzoeken naar een verband met EMV (Huss et al., 2018b; Koeman et al., 2014), die ook in onze rapporten en updates zijn opgenomen. Alleen in Koeman et al. (2014) wordt een statistisch significant verband gevonden bij mannen. Het voegt daarom weinig toe aan de conclusies van onze update. In het artikel zijn meta-analyses uitgevoerd om een verband tussen andere blootstellingen en folliculair lymfoom te onderzoeken, maar niet om een verband met extreem-

laagfrequente EMV te onderzoeken. De reden hiervoor is waarschijnlijk dat er voor EMV te weinig onderzoeken zijn om samen te nemen. De onderzoekers hebben gezocht in meerdere zoekmachines tot en met 1 januari 2020.

3.2.2 *Oorspronkelijke onderzoeken*

Een patiënt-controleonderzoek dat is uitgevoerd door Jalilian et al. (2022) laat geen verband zien tussen cumulatieve beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequente* magnetische velden of elektrische schokken en het voorkomen van **non-Hodgkinlymfoom**, chronische lymfatische leukemie en multipel myeloom. De onderzochte populatie is afkomstig van het NOCCA-cohort, waarin informatie van personen woonachtig in Finland, IJsland, Noorwegen en Zweden is verzameld. De blootstelling is bepaald met behulp van een aangepaste versie van een job-exposure matrix (Bowman et al., 2007). Het voorkomen van kanker werd bepaald door gebruik te maken van nationale kankerregistraties. Er is gebruik gemaakt van een beperkt aantal censusmetingen om de beroepengeschiedenis te bepalen, waardoor de auteurs een aantal aannames hebben moeten doen om de beroepengeschiedenis compleet te krijgen. Bijna alle personen die aan het begin van het onderzoek deelnamen, namen ook nog steeds deel aan het einde van het onderzoek. Ook is een groot aantal cases onderzocht (125.060). De auteurs geven aan dat dit het eerste onderzoek is waarin het verband tussen elektrische schokken die zijn opgelopen tijdens het werk en lymfoom is onderzocht. Dit is een blootstelling die vaak voorkomt bij beroepen waar ook hoge EMV-blootstelling voorkomt en daarom mogelijk als confounder zou kunnen werken.

Er werd geen verband gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan *extreem-laagfrequente* magnetische velden en **folliculair lymfoom**. Dit bleek uit een patiënt-controle onderzoek dat is uitgevoerd in Australië van Odutola et al. (2023). De beroepengeschiedenis is bepaald door middel van zelfrapportage. Voor elke baan die de patiënt minstens 6 maanden had noteerde hij of zij de begin- en einddatum, de titel, het bedrijf en de industrie. Om te bepalen of men blootgesteld was aan extreem-laagfrequente magnetische velden is gebruikgemaakt van een job-exposure matrix (gemaakt als onderdeel van et INTERROC-project; Turner et al. (2014)). De auteurs rapporteren dat er relatief veel non-respons en uitval was van personen, maar het is niet bekend wat dit voor invloed had op de resultaten. Ook is niet bekend in hoeverre de job-exposure matrix geschikt is voor beroepen in Australië, omdat het niet gemaakt is voor dat land.

Het percentage **hematologische kanker** ten opzichte van andere kankers was bij militairen die zijn blootgesteld aan *radiofrequente* EMV tijdens hun werk hoger dan in een vergelijkbare populatie zonder militaire blootstelling. Peleg et al. (2023) onderzochten 46 kankerpatiënten die in het leger in Israël hebben gewerkt met radiofrequente velden voor 1 tot 3 jaar. De latentietijd was kort (mediaan 4,6 jaar). De mediaan voor de leeftijd van diagnose was 23 jaar. Het voorkomen van hematologische kankers (zoals leukemie, Hodgkin lymfoom en sarcoom) was bepaald door gebruik te maken van de Israëlische kankerregistratie. De blootstelling was bepaald op basis van zelfrapportage: patiënten is gevraagd of ze de potentiële bronnen

van hun radiofrequente EMV-blootstelling kunnen beschrijven, voor zover dat toegestaan was in verband met bedrijfsgeheim. Deze beschrijving behelsde vaak een beschrijving van het zendertype (bijvoorbeeld radar of communicatiezender), de afstand tussen de bron en de militair en de blootstellingsduur. Dit onderzoek is een update van hun eerder uitgevoerde analyse, waarbij 47 andere patiënten die ook waren blootgesteld aan radiofrequente EMV tijdens hun werk als militair op dezelfde manier zijn onderzocht, met een vergelijkbare uitkomst (Peleg et al., 2018). Het heeft daarom ook dezelfde bezwaren: 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 en er bestaat een risico op selectiebias (de patiënten hadden zichzelf actief aangemeld).

Zoals hierboven (paragraaf 3.1.2) beschreven, vonden Shapira et al. (2023) geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV en **hematologische kanker.** Zij analyseerden data van een retrospectief cohortonderzoek. Israëlische militairen die werkzaam waren bij luchtverdedigingseenheden die radarsystemen bedienen zijn vergeleken met militairen die niet zijn blootgesteld. Het is aannemelijk dat hier sprake is van radiofrequente EMV, maar de onderzoekers mogen niet de exacte frequenties vrijgeven waaraan de militairen zijn blootgesteld in verband met militair geheim.

3.3 Borstkanker

3.3.1 Reviews en meta-analyses

In de review van Maffei et al. (2022) concluderen de auteurs dat het huidige onderzoek geen duidelijkheid geeft over het bestaan van een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en borstkanker. Zie voor meer informatie ook paragraaf 3.1. en 3.2. De auteurs hebben gezocht tussen 2000 en 2021. In totaal zijn acht onderzoeken bij vrouwen en één bij mannen samengevat. Deze onderzoeken laten vaak wisselende resultaten zien.

Shih et al. (2021) hebben een meta-analyse uitgevoerd en vinden geen verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* velden en het voorkomen van **borstkanker**. Wel vonden ze een verband met blootstelling aan elektrische apparaten buiten het werk (zoals mobiele telefoons en computers). In totaal zijn vier patiënt-controle- en vier cohortonderzoeken geïncludeerd in hun meta-analyse, waarvan een patiënt-controle- (Kliukiene et al., 2003) en drie cohortonderzoeken (Kliukiene et al., 1999; Pollán et al., 2001; Tynes et al., 1996) een verband met beroepsmatige blootstelling aan radiofrequente velden hebben onderzocht. Het betrof onderzoeken die Noorse en Zweedse data hebben gebruikt en in één van de onderzoeken zijn alleen mannen onderzocht (Pollán et al., 2001). De overige drie onderzoeken includeren alleen vrouwen. Er zijn geen subgroep-analyses uitgevoerd voor alleen vrouwen of mannen. De auteurs beargumenteren dat dit mogelijk komt door een te laag onderscheidingsvermogen ('power'), dat wil zeggen dat de beschikbare onderzoekspopulatie te klein is om in subgroepen een eventueel verband te kunnen ontdekken. De auteurs hebben gezocht in meerdere zoekmachines tot en met mei 2020. Hoewel de geïncludeerde onderzoeken relatief lang geleden zijn gepubliceerd, hebben ook wij

geen publicaties over radiofrequente velden en borstkanker gevonden die recenter zijn gepubliceerd. Overigens zijn er wel recentere publicaties waarin een verband tussen ELF EMV en borstkanker is onderzocht, zoals is beschreven in het vorige rapport.

3.4 Teelbalkanker

3.4.1 Reviews en meta-analyses

Zoals hierboven beschreven (3.1.1), is in de review van Karipidis et al. (2021) ook onderzoek samengevat waarin een verband wordt onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV die afkomstig zijn van radar en teelbalkanker. De auteurs hebben gezocht tot en met 2019. Zij concludeerden dat er geen conclusie getrokken kan worden voor teelbalkanker. In totaal zes onderzoeken is een mogelijk verband tussen **teelbalkanker** en beroepsmatige radarblootstelling onderzocht. De zes onderzoeken vonden wisselende resultaten en hadden beperkingen (zie onder 3.1.1).

3.4.2 Oorspronkelijk onderzoek

Bij mannen die ooit werkzaam waren in elektrische beroepen kwam **teelbalkanker** significant vaker voor dan bij personen die nooit een elektrisch beroep hebben gehad (Guth et al., 2023). Teelbalkanker kwam vaker voor naarmate men langer werkzaam was in elektrische beroepen. Guth et al. (2023) hebben een multicenter patiënt-controleonderzoek uitgevoerd tussen januari 2015 en april 2018 in twintig universitaire ziekenhuizen in Frankrijk. Twee classificaties (beroepen volgens de ‘International Standard Classification of Occupations 1968’ (ISCO-1968) en de industrie volgens de ‘Nomenclature d’Activités Française 1999’ (NAF-1999)) zijn gebruikt om werkgeschiedenis te bepalen en apart te analyseren. Er zijn twee classificaties gebruikt, omdat het als controleanalyse kan fungeren. Als er in beide classificaties voor dezelfde beroepen een verband wordt gevonden, versterkt dat het bewijs. Beide beroepenclassificaties lieten een verband met elektrische beroepen zien. Een voordeel was dat de volledige beroepengeschiedenis bekend was. Een beperking is dat EMV-blootstelling onbekend was. De auteurs leggen ook zelf niet het verband met EMV in het artikel. Elektrische beroepen worden echter vaak in verband gebracht met blootstelling aan *laagfrequente* EMV. Het is dus mogelijk een relevante bevinding voor de huidige update van de resultaten. Er kunnen echter ook andere factoren dan EMV achter een verband zitten, zoals bijvoorbeeld blootstelling aan elektrische schokken.

Zoals hierboven (zie paragraaf 3.1.2) beschreven, vonden Shapira et al. (2023) geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV en **teelbalkanker.** Zij analyseerden data van een retrospectief cohortonderzoek. Israëlische militairen die die radarsystemen bij luchtverdedigingseenheden bedienden zijn vergeleken met militairen die niet zijn blootgesteld. Het is aannemelijk dat hier sprake is van radiofrequente EMV, maar de onderzoekers mogen niet de exacte frequenties vrijgeven waaraan de militairen zijn blootgesteld in verband met militair geheim.

3.5 Overige vormen van kanker

3.5.1 Reviews en meta-analyses

Shah et al. (2020) vonden in een gepoolde analyse van eerdere onderzoeken dat het **diffuse type maagkanker** (maar niet het intestinale type maagkanker) significant vaker voorkwam bij personen die tijdens het werk langdurig werden blootgesteld aan straling en/of magnetische velden (ultraviolette straling, ioniserende straling en *laagfrequente* magnetische velden tezamen, bepaald via een job-exposure matrix (CANJEM)), vergeleken met personen die nooit of korter dan een jaar werden blootgesteld aan straling en/of magnetische velden. Vier van de elf geïncludeerde onderzoeken bevatten informatie over blootstelling aan 'straling en magnetische velden'. Een beperking van dit onderzoek is dat magnetische velden niet apart zijn onderzocht en het dus onbekend is of de gevonden associatie is veroorzaakt door ioniserende straling of laagfrequente magnetische velden en zo ja, bij welke sterkte van blootstelling.

In de review van Karipidis et al. (2021) (zie 3.1.1) worden ook publicaties samengevat, waarin een verband wordt onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV die afkomstig waren van radar en **kanker aan het oog en overige kankers (blaaskanker, melanoom)**. De auteurs hebben gezocht tot en met 2019. Voor geen van de uitkomsten kan geconcludeerd worden dat er een verband is of dat dit afwezig is.

3.5.2 Oorspronkelijk onderzoek

Shapira et al. (2023) (zie 3.1.2) vonden geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV en overige vormen van kanker: gynaecologische kanker, huidkanker, maag-darmkanker, schildklierkanker, bot- en bindweefselkanker. Ook niet wanneer dat tezamen werd onderzocht.

3.6 Meerdere kankers samengesteld

3.6.1 Reviews en meta-analyses

Uit de meta-analyse uitgevoerd door Variani et al. (2019) bleek geen verband tussen blootstelling aan *radiofrequente* EMV met **sterfte door kanker of met het optreden van kanker**. In totaal zijn zes onderzoeken (drie patiënt-controle- en drie cohortonderzoeken) geïncludeerd die tussen 1993 en 2016 zijn gepubliceerd. Het betrof onderzoek waarin voornamelijk militaire beroepen zijn onderzocht en waarin de voornaamste bron van blootstelling radar was, met frequenties van 1 tot 300 GHz. Een beperking van het onderzoek is dat een grote variatie aan vormen van kanker samen zijn genomen, zoals hersentumoren, leukemie en teelbalkanker. Eén van de exclusiecriteria is onderzoek waarin een populatie wordt onderzocht die beroepsmatig of niet-beroepsmatig is blootgesteld aan andere kankerverwekkende factoren. Het kan daarom zijn dat relevante artikelen in de meta-analyse ontbreken. Als in het onderzoek de juiste correcties zijn uitgevoerd voor het voorkomen van andere beroepsmatige blootstellingen tijdens het werk (tegelijkertijd met blootstelling aan radiofrequente EMV), hoeft dat geen reden te zijn om een publicatie uit te sluiten. Het was niet duidelijk of de auteurs van de uitgesloten artikelen die correcties hadden gedaan.

In de review van Karipidis et al. (2021) wordt geconcludeerd dat er geen verband is gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV die afkomstig zijn van radar en sterfte door alle kankersoorten tezamen. Zie voor meer informatie paragraaf 3.1.

3.6.2 Oorspronkelijk onderzoek

Shapira et al. (2023) (zie 3.1.2) vonden in hun cohortonderzoek geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV en kanker tezamen. Zie paragraaf 3.5.

Tabel 1 Reviews en meta-analyses, gepubliceerd tussen november 2018 en maart 2024, waarin het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van kanker is onderzocht.

Uitkomstmaat	Referentie	Type onderzoek	Blootstelling	Zoekperiode	Resultaat (0, -, +)[1]
Hersentumoren	Maffei 2022	Review	LF	2000 - 2021	Hersentumoren (0)
	Morales 2023	Review	LF en RF	1990 - 2021	Kanker in het zenuwstelsel van kinderen (0)
	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	-2019	Hersentumoren (0)
Hematologische kankers	Talibov 2019	Gepoolde analyse	LF	/	Leukemie bij kinderen (0)
	Odutola 2021	Review	LF	-2020	Folliculair lymfoom (+)
	Maffei 2022	Review	LF	2000 - 2021	Leukemie (0)
	Shallis 2021	Review	LF en RF	-2004	Acute myeloïde leukemie (0)
Borstkanker	Maffei 2022	Review	LF	2000 - 2021	Borstkanker (0)
	Shih 2021	Meta-analyse	RF	-2020	Borstkanker (0)
Teelbalkanker	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	-2019	Teelbalkanker (0)
Overige vormen van kanker	Shah 2020	Gepoolde analyse	o.a. LF [2]	/	Diffuse maagkanker (+) Intestinale maagkanker (0)
	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	-2019	Oogkanker (0) Overige kankers (0)
Meerdere kankers samengesteld	Variani 2019	Meta-analyse	RF	1993 - 2016	Kanker totaal (0)
	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	-2019	Kanker totaal (0)

LF: laagfrequente EMV, RF: radiofrequente EMV, EMV: elektromagnetische velden.
[1]0: geen verband; –: significante afname van het risico; +: significante toename van het risico. Om de resultaten te kunnen interpreteren dient rekening gehouden te worden met de kwaliteit en voorbehouden van het onderzoeken. Deze worden niet in deze tabel getoond, wel in de tekst.
[2]Shah et al. (2020) onderzochten alleen de samengestelde blootstelling van ultraviolette straling, ioniserende straling en LF EMV.

Tabel 2 Oorspronkelijk onderzoek, gepubliceerd tussen november 2018 en maart 2024, waarin het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van kanker is onderzocht.

Uitkomstmaat	**Referentie**	**Type onderzoek**	**Blootstelling**	**Resultaat (0, -, +)**[1]
Hersentumoren	Carlberg 2018[3]	Patiënt-controleonderzoek	LF	Meningeoom (0)
	Carlberg 2020[3]	Patiënt-controleonderzoek	LF	Brughoektumor (0)
	Shapira 2023	Cohort	RF	Kanker in het zenuwstelsel (0)
	Gao 2019	Cohort	RF	Hoofd-halskanker (0)
Hematologische kankers	Jalilian 2022	Patiënt-controleonderzoek	LF	Non-Hodgkin lymfoom (0) Chronische lymfatische leukemie (0) Multipel myeloom (0)
	Odutola 2023	Patiënt-controleonderzoek	LF	Folliculair lymfoom (0)
	Peleg 2023	Case series	RF	Hematologische kanker (+)
	Shapira 2023	Cohort	RF	Hematologische kanker (0)
Borstkanker		*Geen recent oorspronkelijk onderzoek*		
Teelbalkanker	Guth 2023	Patiënt-controleonderzoek	Elektrische beroepen	Teelbalkanker (+)
	Shapira 2023	Cohort	RF	Teelbalkanker (0)
Overige vormen van kanker	Shapira 2023	Cohort	RF	Gynaecologische kanker (0) Huidkanker (0) Maag-darmkanker (0) Schildklierkanker (0) Bot- en bindweefselkanker (0)
Meerdere kankers samengesteld	Shapira 2023	Cohort	RF	Kanker totaal[2] (0)

LF: laagfrequente EMV, RF: radiofrequente EMV, EMV: elektromagnetische velden
[1]0: geen verband; −: significante afname van het risico; +: significante toename van het risico. Om de resultaten te kunnen interpreteren dient rekening gehouden te worden met de kwaliteit en voorbehouden van het onderzoeken. Deze worden niet in deze tabel getoond, wel in de tekst.
[2] Kanker in het centraal zenuwstelsel, gynaecologische kanker, huidkanker, maag-darmkanker, schildklierkanker, bot- en bindweefsel kanker, teelbalkanker en bloedkanker.
[3]Dit primaire onderzoek is al opgenomen in de review van Maffei et al., 2022

4 Mogelijke verbanden met neurodegeneratieve ziekten

In totaal zijn in deze update zes reviews en meta-analyses (Chambers-Richards et al., 2023; Gunnarsson en Bodin 2019; Huang et al., 2020; Huss et al., 2018a; Jalilian et al., 2020; Olayinka et al., 2019) en negen oorspronkelijke onderzoeken gevonden (Checkoway et al., 2018; Chen et al., 2021; Chen et al., 2019; Goutman et al., 2022; Goutman et al., 2023; Peters et al., 2019; Sorahan en Nichols 2022; Dickerson et al., 2018; Pedersen et al., 2017). Het onderzoek richtte zich op motorneuronziekten (voornamelijk amyotrofe laterale sclerose (ALS)), dementie, de ziekte van Parkinson, multiple sclerose en epilepsie.

Tabel 3 geeft een overzicht van de reviews en Tabel 4 geeft een overzicht van de oorspronkelijke artikelen die zijn gevonden in deze update voor het verband met neurodegeneratieve ziekten.

4.1 Motorneuronziekten

4.1.1 Reviews en meta-analyses

In de meta-analyse van Huss et al. (2018a) werd een verband gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequente* EMV en **ALS**. Een significant verhoogd relatief risico is gevonden wanneer alleen onderzoeken werden geïncludeerd die de volledige beroepengeschiedenis van de onderzochte personen hebben kunnen onderzoeken. Wanneer onderzoeken werden samengenomen waarin de blootstelling was bepaald op maximaal drie momenten in de tijd werd geen significant verband gevonden. Dit laat zien dat het van belang is dat de blootstelling nauwkeurig en volledig onderzocht wordt. De auteurs van de meta-analyse concluderen ook dat onderzoeken waarin blootstelling aan elektrische schokken (gemeten met behulp van een job-exposure matrix) werd onderzocht geen duidelijkheid geven over de invloed van elektrische schokken op het verband. Publicaties zijn gezocht tot en met mei 2017. In totaal zijn 20 publicaties geïncludeerd.

In een meta-analyse van Gunnarsson en Bodin (2019) zijn in totaal 19 wetenschappelijke artikelen samengenomen, waarvan 16 ook in de reviews Gunnarsson en Bodin (2017) en Gunnarsson en Bodin (2018) zijn samengevat. De oudere reviews worden daarom hier niet afzonderlijk besproken (een van die reviews was al besproken in het vorige rapport (Rijs en Stam, 2019)). Uit de meta-analyse van Gunnarsson en Bodin (2019) blijkt dat bij personen die in het verleden zijn blootgesteld aan *laagfrequente* EMV tijdens het werk **ALS** significant vaker voorkomt. In totaal waren tussen 1998 tot en met 2017 11 onderzoeken gepubliceerd, die zich richtten op het verband met ALS. De zoekperiode is niet expliciet beschreven. Wanneer alleen de wetenschappelijke artikelen die voor 2005 zijn gepubliceerd werden samengenomen, werd een sterker verband gevonden met ALS maar dit is volgens de auteurs te verklaren door publicatiebias. De blootstelling is in alle geïncludeerde op ALS gerichte onderzoeken gebaseerd op job-exposure matrices die zijn toegepast op het uitgevoerde beroep afkomstig van registraties). In deze meta-analyses zijn alleen onderzoeken geïncludeerd met hoge kwaliteit, die bepaald is aan de

hand van twee kwaliteitsrichtlijnen ('the Meta-analysis of Observational Studies in Epidemiology' (MOOSE) en 'Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations' (GRADE)). De auteurs rapporteren dat een beperking van de gebruikte onderzoeken is dat de blootstelling aan EMV op verschillende manieren is gedaan en de sterkte van de blootstelling op verschillende manieren werd onderzocht.

Jalilian et al. (2020) vinden in hun meta-analyse dat ALS significant vaker voorkomt na blootstelling aan *laagfrequente* EMV, maar niet na blootstelling aan elektrische schokken. In de meta-analyse van Jalilian et al. (2020) zijn in totaal 27 onderzoeken geïncludeerd (13 cohortonderzoeken en 14 patiënt-controleonderzoeken; **ALS** werd in 17 onderzoeken onderzocht en motorneuronziekte werd in 10 onderzoeken onderzocht). Zij zochten tot en met 2019. In 8 onderzoeken (5 patiënt-controle en 3 cohortonderzoeken) zijn zowel laagfrequente EMV als elektrische schokken onderzocht. Het verband met ALS werd ook gevonden wanneer alleen onderzoek werd samengenomen waarin blootstelling werd bepaald via metingen en/of een job-exposure matrix (over het algemeen beschouwd als nauwkeuriger dan beroepentitels), maar niet in onderzoek waarin de blootstelling is bepaald aan de hand van beroepentitels. Ook werd het verband tussen laagfrequente magnetische velden en ALS alleen gevonden in onderzoek waar gebruik is gemaakt van medische gegevens om ALS te bepalen (over het algemeen nauwkeuriger), niet in onderzoek waar sterfteregistraties zijn gebruikt.

Er is echter een aantal bevindingen gedaan dat de betrouwbaarheid van de resultaten verlaagt. Het verband met laagfrequente magnetische velden is alleen bestudeerd in onderzoek waarin gebruik is gemaakt van vragenlijsten of interviews (beide methoden veroorzaken mogelijk recall bias). Het is niet bestudeerd in onderzoek waarin gebruik is gemaakt van objectievere methoden voor het bepalen van de beroepengeschiedenis, namelijk landelijke registraties, beroepsregistraties of sterfteregistraties. Bij de laatstgenoemde methoden is recall bias niet aan de orde. Ook is bewijs gevonden voor publicatiebias en laten onderzoeken met een hoger risico op bias sterkere verbanden zien. Jalilian et al. (2020) beschrijven verder dat er in eerder uitgevoerde meta-analyses naar een verband met elektrische schokken artikelen ontbreken. Dit verklaart mogelijk waarom die meta-analyses wel een verband met elektrische schokken vonden (publicatiebias). Tot slot benoemen de auteurs dat dit de eerste meta-analyse is waarin zowel blootstelling aan laagfrequente magnetische velden als blootstelling aan schokken zijn onderzocht, behalve in een gepubliceerde brief aan de editor van een wetenschappelijk tijdschrift (Su et al., 2019) in reactie op een artikel (Peters et al., 2019).

Karipidis et al. (2021) heeft één onderzoek gevonden dat in 2015 is gepubliceerd, waarin het verband is onderzocht tussen **ALS** en beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV die afkomstig zijn van radarinstallaties. Het onderzoek liet geen verband zien. Er zijn geen andere onderzoeken gevonden waarin een verband met radiofrequente EMV afkomstig van radar is onderzocht.

4.1.2 *Oorspronkelijk onderzoek*

Van alle oorspronkelijke onderzoeken die wij hebben gevonden, zijn vier onderzoeken niet geïncludeerd in Jalilian et al. (2020), waarschijnlijk omdat die onderzoeken zijn verschenen nadat de meta-analyse was gepubliceerd. Alleen Dickerson et al. (2018), Peters et al. (2019) en Chen et al. (2019) zijn geïncludeerd in de meta-analyse hierboven, maar zullen voor de volledigheid van onze rapportage evengoed hieronder worden samengevat.

Het patiënt-controleonderzoek van Dickerson et al. (2018) liet geen verband zien tussen **ALS** en bepaalde beroepen of industrieën. Er zijn vele beroepen en industrieën onderzocht, maar van de volgende beroepen is het mogelijk dat werknemers blootgesteld zijn aan *laagfrequente* elektromagnetische velden tijdens hun werk: productie van textiel en kleding (omdat er mogelijk sprake is van werkzaamheden waarbij een naaimachine nodig was), metalen producten industrie (omdat er mogelijk sprake is van werkzaamheden gerelateerd aan inductieverwarming en lassen), elektricien, elektrische producten industrie en elektriciteitscentrale. Het is onbekend of de onderzochte personen daadwerkelijk blootgesteld zijn aan elektromagnetische velden, omdat dit niet is gemeten of berekend. Er is gebruikgemaakt van het Nationale Deense Patiëntenregister. De auteurs beschrijven een aantal beperkingen van het onderzoek, zoals het ontbreken van informatie over rookgedrag, wat een mogelijke confounder kan zijn.

ALS kwam significant vaker voor bij werknemers die waren blootgesteld aan elektrische schokken, maar niet bij werknemers die waren blootgesteld aan *laagfrequente* magnetische velden, vergeleken met werknemers met blootstelling op achtergrondniveaus (Peters et al., 2019). In het onderzoek van Peters et al. (2019) zijn gegevens van drie patiënt-controleonderzoeken bij elkaar genomen ('gepoolde analyse'). ALS werd gebaseerd op diagnoses gedaan door artsen in een ziekenhuis. Blootstelling is bepaald met behulp van twee job-exposure matrices (Huss et al., 2013; Koeman et al., 2013). Uitgevoerde beroepen, inclusief de in- en uitdiensttredingsdatum, zijn bepaald met behulp van een gestructureerde vragenlijst. Er was binnen de groep werknemers die een beroep hadden met blootstelling die hoger was dan achtergrondniveaus geen duidelijke toename in het voorkomen van ALS met de sterkte of duur van de blootstelling. In het algemeen maakt de aanwezigheid van een blootstelling-responsverband de aanwezigheid van een verband waarschijnlijker. Bovendien valt gezien de hoeveelheid analyses niet uit te sluiten dat het gevonden verband een toevallige bevinding was. Het verschil in het voorkomen van ALS werd kleiner als rekening werd gehouden met blootstelling aan andere risico's op de werkplek, zoals rook, oplosmiddelen of bestrijdingsmiddelen.

In het cohortonderzoek van Pedersen et al. (2017) is bij werknemers van elektriciteitsbedrijven gekeken naar het voorkomen van meerdere ziekten van het zenuwstelsel. **Motorneuronziekten** kwamen niet significant vaker voor bij personen die blootgesteld waren aan extreem-*laagfrequente* magnetische velden tijdens het werk (Pedersen et al., 2017). Dit onderzoek is een uitbreiding van voorgaand onderzoek (Johansen, 2000) door onder andere een langere follow-up te onderzoeken. Er zijn personen onderzocht, die in alle 99 Deense

bedrijven werkten die Denemarken tussen 1900 en 1993 van stroom voorzagen. Een beperking van dit onderzoek is dat ALS niet apart te onderzoeken was, alleen gezamenlijk met andere motorneuronziekten. Dat was in het vorige onderzoek (Johansen, 2000) nog wel mogelijk.

Motorneuronziekten (grotendeels ALS) kwamen significant vaker voor bij personen die ooit als elektricien of telecommunicatietechnicus hadden gewerkt, vergeleken met personen die dat nog nooit hadden gedaan (Chen et al., 2019). Het deed er niet toe hoe lang iemand als elektricien of telecommunicatietechnicus had gewerkt: het verband veranderde niet naarmate men langer als elektricien of telecommunicatietechnicus had gewerkt (<2 jaar, 2 tot 10 jaar of >10 jaar). Het aantal onderzochte personen is echter klein. In totaal zijn 14 personen onderzocht die ooit elektricien zijn geweest en 6 controles. In totaal zijn 8 personen onderzocht die ooit telecommunicatietechnicus zijn geweest en 4 controles. Naast de kleine aantallen deelnemers is een beperking van dit onderzoek dat blootstelling aan EMV of elektrische schokken niet is onderzocht. Beide tekortkomingen kunnen in potentie een verklaring zijn voor het gevonden verband met motorneuronziekten.

Chen et al. (2021) vonden in hun patiënt-controleonderzoek dat **motorneuronziekten** vaker voorkwamen bij personen die ooit een beroep hadden uitgevoerd met een 'hoog' risico op *elektrische schokken,* vergeleken met personen met een 'laag' risico op elektrische schokken ('achtergrond blootstelling'). Geen verband werd gevonden bij personen met een 'medium' vergeleken met een laag risico op elektrische schokken. De resultaten zijn verder uitgesplitst naar de gewerkte duur (<3 jaar; 3 tot 8 jaar; 9 tot 24 jaar; >24 jaar). Verder bleek er alleen een verband met het vaker voorkomen van motorneuronziekten voor personen die relatief kort (<3 jaar) en relatief lang (>24 jaar) het beroep met een hoog risico op elektrische schokken hebben uitgevoerd (de vergelijkingsgroep bestond wederom uit personen die een laag risico op elektrische schokken hadden). De auteurs verklaren het verband met de relatief korte periode door gebrek aan werkervaring van de werknemers en dus mogelijk een nog hoger risico op elektrische schokken. Deze verklaring is echter twijfelachtig. Als (het gebrek aan) ervaring een rol zou spelen, zou ook een verband te verwachten zijn in de groep met een gewerkte duur van 3-8 jaar, die ook een periode met weinig werkervaring achter zich hebben. Een groter aantal gewerkte jaren is mogelijk gerelateerd aan een accumulatie van blootstelling aan elektrische schokken, waaronder ernstige elektrische schokken. Daarentegen werd door Chen et al. (2021) geen verband gevonden tussen blootstelling aan *laagfrequente magnetische velden* tijdens het werk en het voorkomen van motorneuronziekten. Blootstelling aan elektrische schokken is bepaald aan de hand van een job-exposure matrix (Huss et al., 2013), net als blootstelling aan laagfrequente magnetische velden (Koeman et al., 2013). Het is niet bekend om welke motorneuronziekten het gaat in dit onderzoek, hoewel het aannemelijk is dat er voornamelijk personen met ALS zijn onderzocht aangezien ALS de meest voorkomende motorneuronziekte is in de wereld (zo'n 85%). De respons was hoog onder de uitgenodigde 'cases' (92%) maar een stuk lager in de controlegroep (48%). Zij vonden echter geen verschil tussen cases en controles in het voorkomen van bepaalde voor blootstelling aan EMV en elektrische schokken relevante beroepen (zoals

elektriciens en bouwvakkers). De lagere respons was dus niet selectief voor bepaalde beroepen.

Er werd geen verband gevonden tussen blootstelling aan EMV en het voorkomen van **ALS** in het patiënt-controleonderzoek van Goutman et al. (2022). Patiënten zijn geworven via een ALS-kliniek in Michigan en neurologisch gezonde controlepersonen online via een wervingsdatabase. Via een vragenlijst is de beroepengeschiedenis in kaart gebracht en zijn negen verschillende beroepenblootstellingen nagevraagd, waaronder EMV, maar bijvoorbeeld ook fijnstof, pesticiden en metalen. Daarbij werd rekening gehouden met hoe lang iemand een beroep heeft gedaan. De vraag die werd gesteld om te bepalen of iemand aan EMV werd blootgesteld tijdens zijn werk was echter niet nauwkeurig: 'Blootgesteld aan hoogspanningslijnen, transformatorstations of andere elektromagnetische velden?'. Volgens de auteurs is een beperking van dit onderzoek ook dat er relatief weinig personen zijn opgenomen in het onderzoek die zijn blootgesteld aan EMV en dat waren meestal personen werkzaam in de gezondheidszorg.

Hoewel Goutman et al. (2022) geen verband hebben gevonden, vonden Goutman et al. (2023) in een latere publicatie wel dat hoe hoger de beroepsmatige blootstelling aan EMV, hoe vaker ALS startte in de nekregio van het ruggenmerg vergeleken met de lenderegio. Er zijn alleen ALS-patiënten onderzocht en net als het onderzoek van Goutman et al. (2022) zijn die geworven in een ALS-kliniek in Michigan. Op basis van een vragenlijst is blootstelling aan EMV bepaald.

In een cohortonderzoek dat is uitgevoerd door Sorahan & Nichols (2022) is geen verband gevonden tussen levenslange beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequente* magnetische velden en sterfte veroorzaakt door **motorneuronziekten**. Vergeleken met de algemene bevolking van Engeland en Wales kwam sterfte veroorzaakt door motorneuronziekten niet vaker voor bij de onderzochte werknemers, ongeacht de hoogte van de cumulatieve blootstelling aan magnetische velden. Vergeleken met werknemers met een lage levenslange blootstelling (cumulatieve blootstelling van 0 tot 2,4 microTesla-jaren) kwam sterfte door motorneuronziekten niet minder vaak of vaker voor bij werknemers met een hogere cumulatieve blootstelling (20 microTesla-jaren of hoger). Er werd geen verband gevonden met cumulatieve blootstelling aan magnetische velden tijdens het werk als die meer dan 10 jaar geleden had plaatsgevonden, maar wel als die *minder* dan 10 jaar geleden had plaatsgevonden. Dit is moeilijk te verklaren, omdat je juist zou verwachten dat motorneuronziekten zich pas lang (meer dan 10 jaar) na de blootstelling ontwikkelen. Vaak wordt aangenomen dat wanneer er een verband gevonden wordt tussen een blootstelling die relatief kortgeleden heeft plaatsgevonden, er een andere oorzaak is. In totaal zijn 37.986 personen onderzocht die tussen 1942 en 2018 hebben gewerkt bij een elektriciteitsbedrijf of netbeheerder in Engeland en Wales. Blootstelling aan magnetische velden is bepaald op basis van een combinatie van informatie over wat de energiecentrale opwekt aan magnetische velden, beoordelingen van deskundigen op het gebied van beroepsmatige blootstelling aan EMV en berekeningen. Er zijn geen metingen op de werkplek gedaan.

4.2 Dementie

4.2.1 Reviews en meta-analyses

Olayinka et al. (2019) concluderen dat er een verband is gevonden met de ziekte van Alzheimer. Acht van de twaalf onderzoeken vonden een significant verband tussen blootstelling aan EMV en het voorkomen van de ziekte van Alzheimer. Olayinka et al. (2019) hebben gezocht naar onderzoeken waarin mogelijke oorzaken zijn onderzocht van de ziekte van Alzheimer die gepubliceerd zijn tot en met januari 2016. In totaal zijn twaalf onderzoeken samengevat over een verband tussen blootstelling aan EMV en de ziekte van Alzheimer. Van de twaalf onderzoeken beoordeelden zij vier als van hoge kwaliteit (twee daarvan vonden een significant verband), zeven waren van middelmatige kwaliteit en één van lage kwaliteit. Olayinka et al. (2019) rapporteren dat de blootstelling aan EMV op verschillende manieren gemeten en gecategoriseerd wordt. Hierdoor zijn deze onderzoeken minder vergelijkbaar, wat de conclusie kan beïnvloeden.

Uit de meta-analyse van Huang et al. (2020) blijkt dat dementie significant vaker voorkwam bij personen die tijdens hun langst gehouden baan zijn blootgesteld aan magnetische velden. Waar de controlegroep uit bestond, is niet vermeld. In deze meta-analyse is gebruikgemaakt van vijf prospectieve cohortonderzoeken en zeven patiënt-controleonderzoeken, die gepubliceerd zijn tussen 1994 en 2019. Het is echter onduidelijk om welke onderzoeken het gaat (er wordt niet verwezen naar de bijbehorende referenties). In de meta-analyse wordt niet beschreven welke definitie zij gebruiken voor beroepsmatige blootstelling aan magnetische velden of hoe de blootstelling aan magnetische velden tijdens het werk is gemeten. Deze meta-analyse is van lage kwaliteit door het ontbreken van informatie. In de meta-analyse zijn alle beroepsmatige blootstellingen opgenomen waarvan een verband met dementie is onderzocht, dus niet alleen EMV.

Uit de meta-analyse van Gunnarsson en Bodin (2019) blijkt dat bij personen die in het verleden zijn blootgesteld aan *laagfrequente* EMV tijdens het werk de ziekte van Alzheimer significant vaker voorkomt. Wanneer alleen de wetenschappelijke artikelen die voor 2005 zijn gepubliceerd werden samengenomen, werd een sterker verband gevonden met de ziekte van Alzheimer. Ouder onderzoek is vaak van lagere kwaliteit. Ook denken de auteurs dat er sprake is van publicatiebias. In totaal zijn dertien onderzoeken geïncludeerd, waarin een verband met de ziekte van Alzheimer is onderzocht. De blootstelling is in bijna alle geïncludeerde onderzoeken gebaseerd op job-exposure matrices die zijn toegepast op het uitgevoerde beroep afkomstig van registers. In twee onderzoeken zijn zelf-gerapporteerde beroepen gebruikt. In deze meta-analyses zijn alleen onderzoeken geïncludeerd met hoge kwaliteit. De auteurs rapporteren dat een beperking van de gebruikte onderzoeken is dat de blootstelling aan EMV op verschillende manieren is gedaan.

4.2.2 Oorspronkelijk onderzoek

In het cohortonderzoek van Pedersen et al. (2017) (zie ook paragraaf 4.1) is bij werknemers van elektriciteitsbedrijven gekeken naar het voorkomen van meerdere ziekten van het zenuwstelsel (hierboven ook al beschreven). Dementie kwam niet significant vaker voor bij personen

die blootgesteld waren aan *extreem-laagfrequente* magnetische velden tijdens het werk (Pedersen et al., 2017). Een beperking van het onderzoek van Pedersen et al. (2017) is dat gebruik is gemaakt van het Deense Nationale Patiënten register. Dit is gebaseerd op ziekenhuisregisters. De onderzoekers rapporteren dat ongeveer 66 procent van alle dementiepatiënten zijn geregistreerd in dit patiëntenregister.

4.3 Ziekte van Parkinson

4.3.1 Reviews en meta-analyses

De meta-analyse van Gunnarsson en Bodin (2019) liet geen significant verband zien tussen beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequente* EMV en de ziekte van Parkinson. In totaal zijn er zeven onderzoeken die gepubliceerd zijn tussen 1998 en 2017 in de meta-analyse meegenomen. Zoals hierboven beschreven, hebben Gunnarsson en Bodin (2019) alleen onderzoeken geïncludeerd van hoge kwaliteit.

Chambers-Richards et al. (2023) vonden geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en de ziekte van **Parkinson**. Dat blijkt uit hun meta-analyse (waarin de uitkomsten uit meerdere onderzoeken worden gecombineerd tot een gezamenlijke schatting van het relatief risico). Literatuur is gezocht tussen januari 1990 en juli 2021. In totaal vonden zij negen artikelen. Chambers-Richards et al. (2023) beschrijven ook de resultaten van de individuele onderzoeken: drie van deze onderzoeken vonden geen verband, de overige zes wel. De kwaliteit van de onderzoeken is beoordeeld met de richtlijn de Newcastle-Ottawa scale. Van zes onderzoeken werd de kwaliteit als ‘goed’ beoordeeld en van drie onderzoeken als ‘redelijk’ (‘fair’). Geen van de onderzoeken was van slechte kwaliteit. In een extra analyse zijn de onderzoeken van redelijke kwaliteit uitgesloten om te bekijken of deze van invloed waren op de gevonden resultaten. Het verband bleek ook dan niet significant.

4.3.2 Oorspronkelijk onderzoek

In het cohortonderzoek van Pedersen et al. (2017) (zie ook paragraaf 4.1) is bij werknemers van elektriciteitsbedrijven gekeken naar het voorkomen van meerdere ziekten van het zenuwstelsel. De **ziekte van Parkinson** kwam significant *minder* vaak voor bij personen die blootgesteld waren aan *extreem-laagfrequente* magnetische velden tijdens het werk. De auteurs geven aan dat rokers minder vaak de ziekte van Parkinson hebben. Aangezien in dit onderzoek informatie over roken ontbreekt, kan niet worden beoordeeld of deze confounder het negatieve verband met de ziekte van Parkinson kan verklaren.

In een onderzoek van Checkoway et al. (2018) werd geen verband gevonden tussen blootstelling aan *laagfrequente* magnetische velden tijdens het werk en parkinsonisme. In Pedersen et al. (2017) is gekeken naar het voorkomen van de ziekte van Parkinson in strikte zin. In de RIVM-rapporten is nog niet eerder onderzoek beschreven waarin een verband werd onderzocht tussen blootstelling aan EMV en ‘**Parkinsonisme**’ in bredere zin. Parkinsonisme is een verzamelnaam voor de combinatie van symptomen die voorkomt bij de ziekte van Parkinson, maar ook bij andere motorische aandoeningen door

neurodegeneratieve, cerebrovasculaire of infectiezieken of chemische stoffen. In Checkoway et al. (2018) werd de blootstelling aan magnetische velden bepaald door een job-exposure matrix die al eerder was gepubliceerd (Li et al., 2013). In totaal zijn 537 vrouwelijke ex-medewerkers van een katoenfabriek onderzocht, die zijn vergeleken met vrouwelijke personen die nooit in een katoenfabriek hebben gewerkt. Het voorkomen van Parkinsonisme is onderzocht met behulp van een vragenlijst en een neurologisch onderzoek in het ziekenhuis.

4.4 Multiple Sclerose en epilepsie

4.4.1 Oorspronkelijk onderzoek

In het oorspronkelijke cohortonderzoek van het hierboven al beschreven Pedersen et al. (2017) (zie paragraaf 4.1) werd ook geen significant verband tussen beroepsmatige blootstelling aan *extreem-laagfrequente* EMV en multiple sclerose (MS) of epilepsie gevonden. Zoals hierboven beschreven, is een beperking van het onderzoek van Pedersen et al. (2017) dat gebruik is gemaakt van het Deense Nationale Patiënten register. De onderzoekers rapporteren dat ongeveer 87 procent van de MS-patiënten in dit register is geregistreerd.

Tabel 3 Reviews en meta-analyses, gepubliceerd tussen november 2018 en maart 2024, waarin het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van neurodegeneratieve ziekten is onderzocht.

Uitkomstmaat	Referentie	Type onderzoek	Blootstelling	Zoekperiode	Resultaat (0, -, +)[1]
ALS	Huss 2018	Meta-analyse	EMV	tot en met mei 2017	ALS (+)
	Jalilian 2020	Meta-analyse	LF	tot en met 2019	ALS (+)
	Gunnarsson 2019[2]	Meta-analyse	LF	1998 tot en met 2017	ALS (+)
	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	1998 tot en met 2017	ALS (0)
Dementie	Olayinka 2019	Review	EMV	tot en met jan. 2016	Alzheimer (+)
	Huang 2020	Meta-analyse	LF	1994 tot en met 2019	Dementie (+)
	Gunnarsson 2019[2]	Meta-analyse	LF	1998 tot en met 2017	Alzheimer (+)
Ziekte van Parkinson	Chambers-Richards 2023	Meta-analyse	EMV	1990 tot en met juli 2021	Parkinson (0)
	Gunnarsson 2019[2]	Meta-analyse	LF	1998 tot en met 2017	Parkinson (0)

LF: laagfrequente EMV, RF: radiofrequente EMV, EMV: elektromagnetische velden
ALS: amyotrofe laterale sclerose, NDZ: neurodegeneratieve ziekten.
[1]0: geen verband; −: significante afname van het risico; +: significante toename van het risico. Om de resultaten te kunnen interpreteren, dient rekening gehouden te worden met de kwaliteit en voorbehouden van het onderzoeken. Deze worden niet in deze tabel getoond, wel in de tekst.
[2]Publicaties opgenomen in Gunnarsson en Bodin (2017) en Gunnarsson en Bodin (2018) zijn ook opgenomen in Gunnarsson en Bodin (2019) en worden daarom niet apart samengevat in het huidige rapport.

Tabel 4 Oorspronkelijk onderzoek, gepubliceerd tussen november 2018 en maart 2024, waarin het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van neurodegeneratieve ziekten is onderzocht.

Uitkomstmaat	Referentie	Type onderzoek	Blootstelling	Resultaat (0, -, +)[1]
ALS	Dickerson 2018[2]	Patiënt-controleonderzoek	Beroepen en industrieën	ALS (0)
	Chen 2019[2]	Patiënt-controleonderzoek	elektricien of telecommunicatie technicus	Motorneuronziekten (+)
	Goutman 2022	Cohort	EMV	ALS (0)
	Goutman 2023	Cohort	EMV	Start ALS in nek- vs. lenderegio (+)
	Peters 2019[2]	Cohort	LF	ALS (0)
	Sorahan 2022	Cohort	LF	Motorneuronziekten (0)
	Chen 2021	Patiënt-controleonderzoek	LF	Motorneuronziekten (0)
	Pedersen 2017[2]	Cohort	LF	Motorneuronziekten (0)
Dementie	Pedersen 2017[2]	Cohort	LF	Dementie (0)
Ziekte van Parkinson	Chechoway 2018	Cohort	LF	Parkinsonisme (0)
	Pedersen 2017[2]	Cohort	LF	Parkinson (-)
Multiple sclerose en epilepsie	Pedersen 2017	Cohort	LF	Multiple sclerose (0) Epilepsie (0)

LF: laagfrequente EMV, RF: radiofrequente EMV, EMV: elektromagnetische velden
ALS: amyotrofe laterale sclerose, NDZ: neurodegeneratieve ziekten.
[1]0: geen verband; −: significante afname van het risico; +: significante toename van het risico. Om de resultaten te kunnen interpreteren, dient rekening gehouden te worden met de kwaliteit en voorbehouden van het onderzoeken. Deze worden niet in deze tabel getoond, wel in de tekst.
[2]Dit primaire onderzoek is al opgenomen in een van de reviews opgenomen in dit rapport (zie Tabel 3).

5 Mogelijke verbanden met overige ziekten

In totaal vier reviews (Abdoli et al., 2022; Karipidis et al., 2021; Mohammed 2022; Ramezanifar et al., 2023) en vijf oorspronkelijke onderzoeken (Fang et al., 2022; Grebeneva et al., 2021; Hosseinabadi en Khanjani 2019; Khan et al., 2018; Migault et al., 2020) hebben een verband met een ziekte onderzocht die niet onder kanker of neurodegeneratieve ziekten te scharen valt.

Tabel 5 geeft een overzicht van de reviews en Tabel 6 geeft een overzicht van de oorspronkelijke artikelen die zijn gevonden in deze update voor het verband met overige ziekten.

5.1 Voortplanting

5.1.1 Reviews en meta-analyses

De review van Karipidis et al. (2021) vat publicaties samen waarin een verband wordt onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan *radiofrequente* EMV afkomstig van radar en onder andere **voortplantingsuitkomsten**. De auteurs hebben gezocht tot en met 2019. Zij concluderen dat het epidemiologische onderzoek geen verband laat zien met de aandoeningen die zij hebben bekeken, waaronder voortplantingsuitkomsten. In totaal zijn acht onderzoeken geïncludeerd waarin een verband met voortplantingsuitkomsten is onderzocht, zoals geboorteafwijkingen, overlijden van het foetus tijdens de zwangerschap en vruchtbaarheid van de man. Zie voor meer informatie over Karipidis et al. (2021) paragraaf 3.1.

In de review van Abdoli et al. (2022) is het verband tussen verschillende milieu- en beroepsmatige blootstellingen en voortplantingsuitkomsten onderzocht. Zij hebben naar literatuur gezocht tussen 2007 en 2019. Er werd één dwarsdoorsnedeonderzoek gevonden waarin geen verband is gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en **zaadkwaliteit**. Verder zijn geen andere onderzoeken beschreven in de review.

Mohammed (2022) heeft een review uitgevoerd van onderzoeken naar het verband tussen 'intermediate frequency' EMV (300 hertz tot en met 10 Megahertz, grotendeels vallend binnen onze definitie van *laagfrequente* velden; afkomstig van bijvoorbeeld computerschermen) en afwijkingen in de **voortplantingsuitkomsten,** zoals een miskraam, laag geboortegewicht en aangeboren afwijkingen. De zoekperiode is niet duidelijk gerapporteerd door de auteur: tussen 1800 en ‘het heden’. De auteurs concluderen dat er relatief weinig onderzoeken zijn uitgevoerd die dit verband onderzoeken en de bevindingen van deze onderzoeken spreken elkaar tegen.

In de review van Ramezanifar et al. (2023) werden verschillende beroepsmatige blootstellingen onderzocht, waaronder blootstelling aan EMV. Drie artikelen zijn gevonden. De auteurs van de review concluderen dat *radiofrequente* EMV een schadelijk effect kunnen hebben op het **voortplantingssysteem**. De basis daarvoor is één

dwarsdoorsnedeonderzoek, waarin een verband met de concentratie van het geslachtshormoon FSH is gevonden. Een tweede dwarsdoorsnedeonderzoek vond geen verband tussen geslachtshormoonspiegels en blootstelling aan *laagfrequente* EMV. Een derde (patiënt-controle) onderzoek vond een verband tussen bepaalde beroepen en onvruchtbaarheid, maar zonder bepaling van de EMV-blootstelling. Ze noemen in de discussie nog een vierde onderzoek dat een verband met afgenomen zaadkwaliteit heeft gevonden (Li et al., 2010). Dit was echter geen onderzoek dat gericht was op beroepsmatige blootstelling. De beperkingen van de overige onderzoeken worden niet specifiek besproken voor de onderzoeken gericht op beroepsmatige blootstelling aan EMV. De review is daarom van lage kwaliteit en weinig relevant voor ons. Ook in twee andere reviews zijn auteurs op zoek gegaan naar onderzoek waarin het verband tussen EMV (niet per se beroepsmatig) en voortplantingsuitkomsten wordt onderzocht (Pallotti et al., 2023; Sakali et al., 2023). Ook daarin wordt echter niet verwezen naar onderzoek op de werkvloer. Daarom is het onderzoek niet relevant voor deze update.

5.1.2 *Oorspronkelijke onderzoeken*

Khan et al. (2018) vonden geen verband tussen blootstelling aan intermediaire frequenties magnetische velden (3 tot 100 kilohertz, vallen binnen onze definitie van *laagfrequente* velden) tijdens het werk en het voorkomen van een miskraam, verschillen in geboortegewicht, geboortelengte en vroeggeboorte. Dit onderzoek had een zeer beperkte blootstellingsbepaling. Er zijn personen onderzocht die in een winkel met antidiefstalpoorten werkten. Het was onbekend of de onderzochte personen vaak langs de poorten liepen of hoe dicht bij de poorten zij werkten. Onderzoeken waarin een verband tussen deze bron van beroepsmatige blootstelling en gezondheid is onderzocht zijn nog niet eerder opgenomen in de vorige RIVM-rapporten.

Migault et al. (2020) heeft geen verband gevonden tussen de blootstelling aan *laagfrequente* EMV tijdens de zwangerschap en het voorkomen van vroeggeboorte (<37 weken) en een te laag geboortegewicht voor de zwangerschapsduur (*'small for gestational age':* lager dan het tiende percentiel van Franse groeicurves). Migault et al. (2020) hebben de beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente EMV van 19.894 moeders tijdens de zwangerschap onderzocht. Het uitgevoerde beroep tijdens de zwangerschap is bepaald aan de hand van een vragenlijst. De blootstelling aan laagfrequente EMV tijdens de zwangerschap is bepaald aan de hand van een INTEROCC job-exposure matrix (deels gebaseerd op metingen). De blootstelling is in drie periodes van de zwangerschap onderzocht (<15 weken, 15-28 weken en 28-32 weken). Gebruikmakend van de JEM zijn 14.985 moeders onderzocht die werkten tijdens de zwangerschap. De laagste gemiddelde blootstelling aan laagfrequente EMV op een werkdag was 0,0195 microtesla bij vrouwen met het beroep managers in de bouw. De hoogste gemiddelde blootstelling was 1,87 microtesla bij vrouwen die als beroep montage van elektrische apparaten hadden. Er werd geen verband gevonden tussen de blootstelling aan laagfrequente EMV en zwangerschapsuitkomsten, behalve in de laagste blootstellingscategorieen: vroeggeboorte kwam vaker voor bij moeders die tijdens de zwangerschap een lage beroepsmatige blootstelling aan

laagfrequente EMV hadden. Een te laag geboortegewicht kwam vaker voor bij kinderen van moeders die de laagste blootstelling hebben gehad tijdens week 15-28 van de zwangerschap. Omdat het verband alleen gevonden werd in de laagste categorie, is het minder waarschijnlijk dat het met blootstelling aan laagfrequente EMV te maken heeft.

5.2 Het bewegingsapparaat, ziekteverzuim, schildklierfunctie en sterfte

5.2.1 Reviews en meta-analyses

In de review van Karipidis et al. (2021) worden ook publicaties samengevat, waarin een verband wordt onderzocht tussen *radiofrequente* EMV van radarinstallaties en **sterfte**. Zij concluderen dat het epidemiologisch onderzoek geen verband laat zien met totale sterfte. Karipidis et al. (2021) heeft in totaal drie grote cohortonderzoeken samengevat, waarin een verband met sterfte is onderzocht. In alle drie de onderzoeken zijn militairen onderzocht en vergeleken met de algemene populatie. Dit heeft als beperking dat militairen gemiddeld genomen gezonder zijn dan de algemene populatie, waardoor er een militair-specifieke soort 'healthy-worker-effect' ontstaat. Een beperking was ook dat de blootstelling meestal werd bepaald op basis van beroepstitel. Er was dus geen individuele blootstelling aan radiofrequente blootstelling bekend. Zie voor meer informatie over de review uitgevoerd door Karipidis et al. (2021) paragraaf 3.1.

5.2.2 Oorspronkelijke onderzoeken

Hosseinabadi en Khanjani (2019) vonden geen verband tussen hogere gemiddelde blootstelling aan *laagfrequente* elektrische en magnetische velden tijdens het werk en het voorkomen van **aandoeningen aan het bewegingsapparaat**. Zij onderzochten een kleine groep van 152 werknemers van een energiecentrale. Bij al deze werknemers werd de gemiddelde sterkte van elektrische en magnetische velden gemeten (8-uurs gemiddelde). Zij werkten voltijds en tenminste twee jaar bij de energiecentrale. Het voorkomen van aandoeningen aan het bewegingsapparaat werd vastgesteld met een vragenlijst ('Nordic Musculoskeletal Questionaires').

Grebeneva et al. (2021) heeft elektriciens onderzocht die bij negen verschillende elektrische onderstations van een energiebedrijf in Kazachstan werkten. De auteurs rapporteren een verband te hebben gevonden tussen beroepsmatige blootstelling aan *EMV* en **ziekteverzuim door ziekte aan het zenuwstelsel**, **bloedsomloop en aandoeningen aan het bewegingsapparaat**. Er was echter geen duidelijk verband met de duur van de blootstelling. Het onderzoek wordt in het artikel niet altijd goed toegelicht. Zo is niet helder wanneer welke groepen worden onderzocht in de analyses. Ook hebben de auteurs uitgelegd dat blootstelling is bepaald door metingen op de werkplek, maar de resultaten van de metingen worden niet beschreven. Zij geven aan EMV van 'industriële frequenties' te hebben onderzocht, maar het is niet bekend welke frequenties. Verder worden de analyses niet gecorrigeerd voor mogelijke confounders, zoals leefstijl of andere door het werk veroorzaakte blootstellingen en is onduidelijk of correcties zijn toegepast voor de vele statistische vergelijkingen tussen de groepen.

In een industrieel cohortonderzoek in China (Fang et al., 2022) werden geen effecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan *laagfrequente* EMV op **schildklierfunctie** (concentraties thyroïdstimulerend hormoon, thyroxine, tri-joodthyronine), morfologie van of antilichamen tegen de schildklier gevonden. Wel werd in de langer blootgestelde groep een afname van thyroxine en in de korter blootgestelde groepen een toename van tri-joodthyronine over drie jaar gemeten. Dat zou volgens de auteurs kunnen duiden op een verminderde afbraak of omzetting van thyroxine naar tri-joodthyronine na hogere blootstelling. Het is niet duidelijk wat de pathologische relevantie daarvan is. De werking van de schildklier werd jaarlijks onderzocht gedurende drie jaar bij een selectie van werknemers van een vliegtuiglanceersysteem in een onderzoekscentrum in China. Werknemers hadden tenminste twee jaar gewerkt bij het onderzoekscentrum en hadden maximaal een follow-up van drie jaar. De blootstelling op de werkplek was 100 microtesla (10% van de lage actieniveaus in de EU-richtlijn). Het onderzoek had een kleine onderzoekspopulatie (85 blootgestelde werknemers).

Tabel 5 Reviews en meta-analyses, gepubliceerd tussen november 2018 en maart 2024, waarin het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van overige ziekten is onderzocht.

Uitkomstmaat	Referentie	Type onderzoek	Blootstelling	Zoekperiode	Resultaat (0, -, +)[1]
Voortplanting	Mohammed 2022	Review	LF	tot en met 'heden'	Voortplantingsuitkomsten (o.a. miskraam, laag geboortegewicht en aangeboren afwijkingen) (0)
	Abdoli 2022	Review	EMV	2007-2019	Zaadkwaliteit (0)
	Ramezanifar 2023	Review	EMV	2000-2021	Voortplantingsuitkomsten (o.a. geslachtshormoon, vruchtbaarheid) (0)
	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	- 2019	Voortplantingsuitkomsten (0)
Sterfte	Karipidis 2021	Review	RF (radar)	- 2019	Sterfte (0)

LF: laagfrequente EMV, RF: radiofrequente EMV, EMV: elektromagnetische velden

[1]0: geen verband; –: significante afname van het risico; +: significante toename van het risico. Om de resultaten te kunnen interpreteren, dient rekening gehouden te worden met de kwaliteit en voorbehouden van het onderzoeken. Deze worden niet in deze tabel getoond, wel in de tekst.

Tabel 6 Oorspronkelijk onderzoek, gepubliceerd tussen november 2018 en maart 2024, waarin het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van overige ziekten is onderzocht.

Uitkomstmaat	**Referentie**	**Type onderzoek**	**Blootstelling**	**Resultaat (0, -, +)**[1]
Voortplanting	Khan 2018[2]	Cohort	LF	Miskraam (0) Verschillen in geboortegewicht (0) Geboortelengte (0) Vroeggeboorte (0)
	Migault 2020	Cohort	LF	Vroeggeboorte Te laag geboortegewicht (0)
Schildklierfunctie	Fang 2022	Cohort	LF	Schildklierfunctie (0)
Ziekteverzuim	Grebeneva 2021	Cohort	EMV	Ziekteverzuim (+)
Bewegingsapparaat	Hosseinabadi 2019	Cohort	LF	Bewegingsapparaat (0)

LF: laagfrequente EMV, RF: radiofrequente EMV, EMV: elektromagnetische velden
[1]0: geen verband; −: significante afname van het risico; +: significante toename van het risico. Om de resultaten te kunnen interpreteren, dient rekening gehouden te worden met de kwaliteit en voorbehouden van het onderzoeken. Deze worden niet in deze tabel getoond, wel in de tekst.
[2]Dit primaire onderzoek is al opgenomen in de review van Mohammed et al. (2022) (zie Tabel 5).

6 (Inter)nationale rapporten

Net als in de RIVM-rapporten die in 2015 en 2019 zijn gepubliceerd 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. Sinds 01-11-2018 zijn dertien (inter)nationale rapporten van wetenschappelijke organisaties gepubliceerd waarin op systematische wijze wetenschappelijke literatuur is gezocht en samengevat over het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en gezondheid.

6.1 ANSES (2019)

In het rapport van het Franse nationale agentschap voor voedselveiligheid, milieuhygiëne en gezond en veilig werken ANSES (ANSES, 2019) wordt literatuur samengevat die is gepubliceerd tussen **2011 en 2015**. Hun conclusies zijn in lijn met onze conclusies. Zij concluderen dat er geen duidelijkheid is over het mogelijke verband met ziekten bij werknemers, waaronder ALS, kanker en dementie, maar dat wel meer onderzoek hiernaar gedaan moet worden, met name bij beroepen met een hoge blootstelling aan laagfrequente EMV. ANSES adviseert ook dat bedrijven waar hoge blootstelling aan laagfrequente EMV kan voorkomen de blootstelling meten en registreren om het benodigde onderzoek mogelijk te maken.

6.2 BfS (2020)

Het Duitse BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) (Baaken et al., 2020) heeft onderzocht wat de haalbaarheid is van een gecombineerde analyse van onderzoeken (‘gepoolde’ analyse) waarin het verband is onderzocht tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en het voorkomen van ALS. Daartoe werd systematisch naar relevante publicaties gezocht. Vervolgens werd de auteurs van de betreffende publicaties gevraagd of ze wilden meewerken aan de gepoolde analyse en hun originele data wilden delen. In totaal wilden de auteurs van zes van de tien gevonden cohortonderzoeken en twee van de vijf gevonden patiënt-controleonderzoeken meewerken aan de gepoolde analyse. Baaken et al. (2020) concluderen dat het haalbaar is om een gepoolde analyse uit te voeren voor de zes cohortonderzoeken. Echter, in slechts twee van de cohorten wordt ook de blootstelling aan elektrische schokken onderzocht en in slechts één daarvan is de blootstelling kwantificeerbaar. Hierdoor is een gepoolde analyse om ook het verband met elektrische schokken te onderzoeken niet mogelijk. De voorgestelde gepoolde analyse gaat de onzekerheid over de invloed van deze confounder dus niet oplossen.

6.3 'Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation' (2020)

Een rapport van de Zwitserse 'Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation' uit 2020 bespreekt de resultaten van een literatuurreview naar mogelijke gezondheidseffecten van statische en laagfrequente magnetische velden van respectievelijk gelijkstroom- en wisselstroomhoogspanningslijnen voor de **periode tot en met 2019** (Dürrenberger et al., 2020). De review beperkt zich tot epidemiologisch

en experimenteel (laboratorium)onderzoek bij mensen en meta-analyses. Naast effecten op de algemene bevolking is ook naar effecten op werknemers gezocht. Voor statische magnetische velden van gelijkstroomleidingen zijn geen relevante publicaties gevonden. De verwachte sterkte van de magnetische velden ligt in dezelfde grootteorde als het aardmagnetisch veld en de auteurs achten om die reden gezondheidseffecten onwaarschijnlijk. De conclusies over een verband tussen beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente EMV en kanker, ziekten van het zenuwstelsel en overige ziekten zijn in lijn met de conclusies in de eerdere RIVM-rapporten en updates. Voor kanker vindt men geen duidelijk bewijs voor een verband. Voor ALS en alzheimer is een verband niet uit te sluiten, maar is onduidelijk of het verklaard kan worden door confounders. Voor cardiovasculaire ziekten is er geen bewijs voor een verband en voor endocrinologische of immunologische afwijkingen is het epidemiologisch onderzoek te heterogeen om conclusies te kunnen trekken.

6.4 Strahlenschutzkommission (2021)

De Duitse nationale adviescommissie voor stralingsrisico's, de Strahlenschutzkommission, publiceerde in december 2021 een advies over technische aspecten en biologische effecten van EMV met betrekking tot de uitrol van 5G (Strahlenschutzkommission, 2021). Het biologische deel analyseert rapporten die zijn verschenen in de periode **2011-2017** en onderzoekspublicaties in wetenschappelijke tijdschriften van **2018 tot en met 2020**. Er is alleen naar literatuur over EMV van mobiele communicatie met frequenties tot 7 GHz gezocht. Hogere frequenties komen in een toekomstig bericht aan bod. De precieze zoekstrategie wordt niet vermeld, alleen de databases waarin is gezocht. De commissie vond drie onderzoekspublicaties over werknemers. In twee daarvan werd geen verband aangetoond tussen beroepsmatige blootstelling aan radiofrequente EMV en kanker. In de derde werd voor radiofrequente blootstelling van politieagenten (TETRA) wel een verband met ziekteverlof gevonden, maar dat werd mogelijk veroorzaakt door confounder, namelijk een afwijkend werkpatroon in de blootgestelde groep. De algemene conclusie van het advies is dat tot nu toe geen aanwijzingen voor gezondheidsrisico's zijn gevonden bij blootstelling die lager is dan de grenswaarden. De commissie tekent daarbij aan dat er relatief weinig epidemiologische gegevens van goede kwaliteit over langetermijneffecten beschikbaar zijn.

6.5 SSM 2019, 2020, 2021, 2022 en 2024

In het meest recente rapport van de 'Scientific Council on Electromagnetic Fields' van de Zweedse stralingsbeschermingsautoriteit (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM) is gezocht tussen **januari en december 2021** (SSM, 2024). Voor het jaar 2023 ontbreekt het jaarlijkse rapport over dit onderwerp. Het is niet bekend bij ons waarom SSM achterloopt met deze jaarlijkse update. De auteurs concluderen dat voor wat statische magnetische velden betreft de conclusie niet is veranderd ten opzichte van de in het vorige rapport van SSM (2022) getrokken conclusie, namelijk dat er geen verband is gevonden. Onderzoek naar beroepsmatige blootstelling aan MRI of andere sterke blootstelling aan statische velden is schaars en onderliggende mechanismen zijn onbekend voor de associaties die in sommige

onderzoeken zijn gevonden. Twee nieuwe onderzoeken die in 2021 zijn gepubliceerd, betwisten die observatie niet. Aangezien de blootstelling aan statische velden van MRI relatief hoog is en het aantal beroepsmatig blootgestelde personen toeneemt, is volgens SSM systematischer en uitgebreider onderzoek naar dit onderwerp gerechtvaardigd.

Over extreem laagfrequente magnetische velden concludeert SSM dat een recente follow-up van een cohort van elektriciens op motorneuronziekte liet zien dat mogelijk recentere blootstelling relevanter was dan blootstellingen van langer geleden. Elektrische schokken werden in dit onderzoek niet geëvalueerd. De vraag of magnetische velden of schokken ten grondslag liggen aan de eerder waargenomen associaties met ALS/motorneuronziekte blijft onbeantwoord. Voor wat betreft intermediaire en radiofrequente velden zijn geen epidemiologische onderzoeken samengevat waarin werknemers zijn onderzocht.

Tussen 2019 en 2024 heeft SSM bijna jaarlijks een update gedaan (met uitzondering van 2023) (SSM, 2019; SSM, 2020; SSM, 2021; SSM, 2022; SSM, 2024). De auteurs geven daarin aan dat een groot aantal gepubliceerde onderzoeken niet werd meegenomen vanwege de gebrekkige wetenschappelijke kwaliteit (SSM, 2022). De algemene conclusie was in de rapporten gelijk: dat er geen nieuwe oorzakelijke verbanden zijn gevonden tussen EMV-blootstelling en gezondheidsrisico's. De conclusie is in overeenstemming met de conclusies die zijn getrokken in de RIVM-rapporten en updates. SSM concludeerde in 2021 en 2022 (SSM, 2021; SSM, 2022) voor beroepsmatige blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV dat het nieuwe onderzoek geen uitsluitsel geeft over de oorzakelijkheid van het verband met ALS, omdat er ook een verband met elektrische schokken werd gevonden.

Volgens SSM geven de onderzoeksresultaten die zij heeft samengevat geen aanleiding om blootstellingslimieten of aanbevelingen betreffende blootstelling aan EMV aan te passen. Het bestaande advies van SSM om blootstelling aan laagfrequente magnetische velden over het algemeen te beperken tot ‘normale’ waarden hangt samen met het gevonden verband met leukemie bij kinderen in de algemene bevolking.

6.6 De Gezondheidsraad (2022)

De commissie Elektromagnetische Velden van de Nederlandse Gezondheidsraad heeft twee adviezen met bijbehorende achtergronddocumenten gepubliceerd over blootstelling aan laagfrequente EMV in de woonomgeving en in arbeidssituaties en het mogelijke verband met neurodegeneratieve ziekten (Gezondheidsraad, 2022d; Gezondheidsraad, 2022b) en kanker (Gezondheidsraad, 2022a; Gezondheidsraad, 2022c). De commissie heeft meta-analyses uitgevoerd met verschillende subanalyses om onder andere de invloed van de methode om de blootstelling te bepalen te onderzoeken. De commissie beschrijft in de methode dat zij, waar mogelijk, alleen de onderzoeken hebben samengenomen waarin werknemers zijn onderzocht waarvan de volledige beroepengeschiedenis bekend is en de bijbehorende blootstelling aan EMV (hieronder afgekort als 'VB'). Alleen

als er voor een bepaalde ziekte niet voldoende onderzoeken zijn met complete beroepengeschiedenis, werden voor die ziekte alle onderzoeken gebruikt (hieronder afgekort als 'NVB'). De commissie splitst de onderzoeken bij werknemers op in twee groepen: onderzoeken naar ziekten bij werknemers in specifieke bedrijfstakken ('industriële populaties') en onderzoeken naar ziekten bij beroepsgroepen in de algemene bevolking ('algemene (beroeps)bevolking'). De commissie spreekt van een 'aanwijzing voor een oorzakelijk verband' als de risicoschatting (relatief risico of odds ratio) voor de ziekte in de meta-analyse significant is verhoogd of als de risicoschatting 25 procent of meer is verhoogd zonder statistisch significant te zijn.

De commissie vindt aanwijzingen voor een oorzakelijk verband met leukemie, op basis van een meer dan 25 procent verhoogde maar niet-significante risicoschatting in de subgroep **acute myeloïde leukemie** in industriële populaties (VB); met **borstkanker bij mannen**, op basis van een significant verhoogde risicoschatting in de algemene beroepsbevolking (NVB); voor **hersenkanker**, op basis van een significant verhoogde risicoschatting bij industriële populaties (VB); voor **alvleesklierkanker**, op basis van een significant verhoogde risicoschatting bij de algemene beroepsbevolking (NVB). Voor borstkanker bij vrouwen, teelbalkanker, longkanker, prostaatkanker en huidkanker was door tekortkomingen in het onderzoek geen uitspraak over een oorzakelijk verband mogelijk.

Voor **ALS** concludeert de commissie dat er aanwijzingen zijn voor een oorzakelijk verband, op basis van een meer dan 25 procent verhoogde, maar niet-significante risicoschatting in de algemene beroepsbevolking (VB) en een significant verhoogde risicoschatting in industriële populaties. Verder schrijft de commissie: 'Het risico op ALS vertoont tevens een associatie met blootstelling aan elektrische schokken tijdens het werk, maar die associatie is minder duidelijk dan die met de blootstelling aan magnetische velden.' Daarbij geeft zij aan dat de karakterisering van de blootstelling aan elektrische schokken minder betrouwbaar is dan de blootstelling aan magnetische velden. Ook voor de **ziekte van Alzheimer** vindt de commissie aanwijzingen, op basis van een significant verhoogde risicoschatting in de algemene beroepsbevolking (VB). Voor de ziekte van Parkinson vindt de commissie een oorzakelijk verband onwaarschijnlijk en voor multiple sclerose was door tekortkomingen in het onderzoek geen uitspraak over een oorzakelijk verband mogelijk. Zij concludeert ook dat het niet mogelijk is om een oorzakelijk verband met neurodegeneratieve zieken vast te stellen, aangezien er geen bewijs is voor een verband vanuit (dier)experimenteel en mechanistisch onderzoek. De commissie adviseert uit voorzorg toch om de beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente magnetische velden zo laag als redelijkerwijs mogelijk is te houden.

De commissie trekt voor meer ziekten de conclusie 'aanwijzingen voor een (oorzakelijk) verband' dan RIVM (alleen voor ALS en Alzheimer). Daarvoor kunnen verschillende redenen zijn. In het oorspronkelijke RIVM-rapport (2015) waren de conclusies gebaseerd op reviews en alleen voor de daaropvolgende jaren zijn ook nieuwe onderzoekspublicaties meegenomen. De commissie heeft ook van de

jaren voor 2015 oorspronkelijke onderzoekspublicaties meegenomen en op het geheel ook nog een meta-analyse gedaan. De conclusies van de commissie zijn vooral gebaseerd op de uitkomsten van die meta-analyse. Het RIVM heeft opvallende kwaliteitseigenschappen van ieder onderzoek besproken en meegewogen in de conclusies. Hoewel de commissie een aantal eigenschappen van het onderzoek heeft bekeken die de kwaliteit beïnvloeden (zoals nauwkeurigheid van de blootstellingsbepaling en bepaling van de uitkomstmaat), is het niet altijd duidelijk in hoeverre die ook zijn meegewogen in de conclusies. Een deel van de verbanden die de commissie vindt is gebaseerd op onderzoek waarbij geen volledige beroepengeschiedenis van de onderzochte personen beschikbaar is. Ook wordt er niet altijd een verband gevonden in onderzoeken in industriële onderzoekspopulaties (bijvoorbeeld wel in de meta-analyse met ALS als uitkomst, niet met de ziekte van Alzheimer). De commissie heeft onderzoek in industriële onderzoekspopulaties apart bekeken, omdat de blootstelling in die populaties over het algemeen beter kan worden gekarakteriseerd. De kwaliteit is dus beter. Verder zijn sommige conclusies gebaseerd op een significant verhoogde risicoschatting en sommige op een meer dan 25 procent, maar niet significant verhoogde risicoschatting. Ten slotte heeft het RIVM in het huidige rapport ook nog een aantal onderzoeken meegenomen die recenter zijn gepubliceerd dan de zoekperiode van de commissie.

7 Conclusie en discussie

In 2015 en 2019 heeft het RIVM overzichten gepubliceerd (Rijs en Stam, 2015; Rijs en Stam, 2019) van het onderzoek naar langetermijneffecten van EMV op de gezondheid van werknemers. Het huidige rapport is een update hiervan. Er is gezocht naar onderzoek dat is gepubliceerd tussen 01-11-2018 en 13-03-2024. In de vorige rapporten en in dit rapport worden drie groepen uitkomsten onderscheiden: kanker, neurodegeneratieve ziekten en 'overige ziekten' (alle gezondheidsuitkomsten die niet onder kanker of neurodegeneratieve ziekten zijn te scharen). De conclusie en discussie worden hieronder per groep beschreven.

7.1 Algemene conclusies over kanker

In het vorige RIVM-rapport (Rijs en Stam, 2019) werd geconcludeerd dat er onvoldoende bewijs is voor een verband tussen blootstelling aan EMV (laagfrequent en radiofrequent) en **hersentumoren** bij werknemers. Een verband met hersentumoren is sinds november 2018 onderzocht in drie oorspronkelijke onderzoeken (Carlberg et al., 2018; Carlberg et al., 2020; Gao et al., 2019) en drie reviews (Karipidis et al., 2021; Maffei, 2022; Variani et al., 2019). Geen van de oorspronkelijke onderzoeken en reviews concluderen dat er een verband is gevonden. De onderzoeken hebben beperkingen, zoals beperkte blootstellingsbepaling en het samenvoegen van meerdere soorten kankers.

Ook voor kanker van witte bloedcellen werd in het vorige RIVM-rapport geconcludeerd dat er voor leukemie bij volwassenen onvoldoende bewijs is voor een verband met beroepsmatige blootstelling aan EMV. In het huidige rapport hebben we de categorie 'kanker van witte bloedcellen' uitgebreid naar **hematologische kankers**, omdat er steeds meer onderzoek is bijgekomen naar het verband tussen beroepsmatige blootstelling aan EMV en hematologische kankers in bredere zin, waaronder kanker van witte bloedcellen valt. In het huidige rapport zijn twee onderzoeken gevonden die wel een verband vonden met verschillende hematologische kankersoorten tezamen (Peleg et al., 2023) en folliculair lymfoom (Odutola et al., 2021). Beide onderzoeken hebben echter belangrijke beperkingen. Ook voor het verband met hematologische kankers concluderen we door de beperkingen van het onderzoek dat er onvoldoende bewijs is voor de aan- of afwezigheid van een verband.

In het vorige rapport werd geconcludeerd dat er geen verband is aangetoond tussen blootstelling aan EMV op de werkplek en **borstkanker** bij mannen en bij vrouwen, teelbalkanker en overige kankers. Op basis van het onderzoek dat is samengevat in het huidige rapport, verandert deze conclusie niet.

Er is geen (andere) literatuur gevonden waarin het verband tussen blootstelling aan EMV en **longkanker** is onderzocht.

7.2 Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten

In de vorige RIVM-rapporten werd geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn voor een verband tussen beroepen met blootstelling aan laagfrequente EMV en het voorkomen van **motorneuronziekten (vooral ALS).** Er zijn sindsdien drie nieuwe reviews met meta-analyse gepubliceerd (Jalilian et al., 2020; Huss et al., 2018; Gunnarsen et al., 2017). Allen vinden een verband met het vaker voorkomen van ALS. Gunnarsen et al. (2017) laten weten dat het verband ook gevonden wordt wanneer alleen het onderzoek van goede kwaliteit wordt samengenomen. In de meta-analyse van Jalilian et al. (2020) bleek het verband ook aanwezig wanneer alleen onderzoek werd samengenomen met relatief nauwkeurige bepaling van de blootstelling (metingen en/of job-exposure matrices en niet beroepentitels) en de uitkomstmaat (medische gegevens en niet sterfteregistraties). Een hoger relatief risico is gevonden wanneer alleen onderzoeken werden geïncludeerd die de volledige beroepengeschiedenis van de onderzochte personen hebben kunnen onderzoeken (Huss et al., 2018). Daarentegen zijn na het verschijnen van Jalilian et al. (2020) drie onderzoeken gepubliceerd (Chen et al., 2021; Goutman et al., 2022; Sorahan et al., 2022) waarin geen verband wordt aangetoond met ALS. Alle drie hadden beperkingen (zoals beperkte blootstellingsbepaling, kleine groep blootgestelde personen). De oorspronkelijke onderzoeken die zijn opgenomen in de meta-analyses hadden die echter ook. Het kan van toegevoegde waarde zijn om na te gaan of de recente oorspronkelijke onderzoeken de meta-analyses beïnvloeden, uiteraard inclusief een grondige kwaliteitsanalyse.

Een discussiepunt blijft dat het onzeker is of blootstelling aan EMV de werkelijke oorzaak was of andere factoren, waaronder chemische stoffen of blootstelling aan elektrische schokken op het werk. Er worden wat betreft elektrische schokken in zowel de reviews als de oorspronkelijke onderzoeken wisselende resultaten gevonden. Drie reviews doen een uitspraak over elektrische schokken. Huss et al. (2018) zegt dat er geen duidelijkheid is, Jalilian et al. (2020) vindt geen verband. Een recente onderzoekspublicatie vindt wel een verband met elektrische schokken (Sorahan et al. 2022).

Alle onderzoeken en reviews bij elkaar genomen is er geen extra duidelijkheid over het verband tussen laagfrequente EMV of elektrische schokken en ALS. Daarom blijft de conclusie van het vorige rapport gehandhaafd.

Voor de **ziekte van Alzheimer** is in de vorige RIVM-rapporten geconcludeerd dat aanwijzingen zijn gevonden voor een verband tussen blootstelling aan laagfrequente velden en de ziekte van Alzheimer, maar dat de methodologie van de onderzoeken verbeterd moet worden. Drie reviews (waarvan twee ook een meta-analyse hadden uitgevoerd) concluderen dat er een verband is met de ziekte van Alzheimer of dementie. Hoewel de meta-analyse van Gunnarsson en Bodin (2019) alleen onderzoeken van hoge kwaliteit samenneemt, rapporteren de auteurs dat de methodologie van blootstellingsbepaling in sommige onderzoeken verbeterd kan worden. Ook Olayinka et al. (2019) rapporteert dat dit de conclusie beïnvloed kan hebben. De meta-analyse van Huang et al. (2018) verandert door zijn beperkingen de conclusie

niet. Het oorspronkelijke onderzoek van Pedersen et al. (2017) is al meegewogen in Gunnarsson en Bodin (2019).

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat de **ziekte van Parkinson** niet vaker voorkomt in mensen die blootgesteld zijn aan laagfrequente EMV tijdens het werk. Uit het onderzoek van Pedersen et al. (2017) bleek dat de ziekte van Parkinson minder vaak voorkwam bij blootstelling aan EMV tijdens het werk. De meta-analyses van Gunnarsson en Bodin (2019) en Chambers-Richards et al. (2023) concluderen dat de ziekte van Parkinson niet vaker voorkomt na beroepsmatige blootstelling aan laagfrequente EMV. Een verband met parkinsonisme (een verzamelnaam voor de combinatie van symptomen die voorkomt bij de ziekte van Parkinson, maar ook bij andere motorische aandoeningen door neurodegeneratieve, cerebrovasculaire of infectiezieken of chemisch stoffen) is nog niet eerder in de vorige RIVM-rapporten opgenomen. Checkoway et al. (2018) vonden geen verband tussen blootstelling aan laagfrequente velden en parkinsonisme, maar meer onderzoeken zijn nodig om dit te bevestigen. Alles bij elkaar genomen verandert de conclusie in het vorige RIVM-rapport niet.

In het vorige RIVM-rapport werd geen onderzoek gevonden naar het verband met **MS**. Sindsdien is een cohortonderzoek gevonden waaruit geen significant verband met MS blijkt. De conclusie in het eerste RIVM-rapport blijft onveranderd: er is nog te weinig onderzoek gedaan naar een verband met MS om een conclusie te kunnen trekken. Er is in de vorige RIVM-rapporten nog niet eerder onderzoek samengevat over **epilepsie**. Het eerder beschreven cohortonderzoek van Pedersen et al. (2017) geeft geen duidelijkheid over de aanwezigheid van een verband tussen epilepsie en blootstelling aan EMV.

7.3 Algemene conclusies overige ziekten

In het vorige RIVM-rapport werd geconcludeerd dat voor de **overige ziekten** (namelijk: afwijkingen in de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem, het bewegingsapparaat, hart- en vaatziekten, sterfte, slaapproblemen en ongevallen) de weinige onderzoeken die zijn gedaan te inconsistent zijn of te gebrekkig uitgevoerd zijn om conclusies te kunnen trekken. Er is geen onderzoek gevonden in het huidige rapport waarin een verband is onderzocht met hart- en vaatziekten, ziekten van het immuunsysteem, ziekten van de zintuigen en ongevallen. Het weinige onderzoek dat is gevonden voor voortplanting, slaapproblemen, aandoeningen aan het bewegingsapparaat, ziekteverzuim door ziekte aan het zenuwstelsel, bloedsomloop of bewegingsapparaat, en effecten op de schildklier geven geen uitsluitsel over het bestaan van een verband door inconsistentie en beperkte kwaliteit.

Referentielijst

Abdoli, S., Masoumi, S. Z. & Kazemi, F. (2022) Environmental and occupational factors and higher risk of couple infertility: a systematic review study. Middle East Fertility Society Journal, 27: Article number 33.

ANSES (2019) Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the "Health effects associated with exposure to low-frequency electromagnetic fields". Request No 2013-SA-0038. ANSES, Maisons-Alfort, 2019.

Baaken, D., Dechent, D., Driessen, S. & Merzenich, H. (2020) Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz. Untersuchung der Machbarkeit und Vorbereitung einer gepoolten Analyse zum Zusammenhang von Amyotropher Lateralsklerose und Magnetfeldexposition - Vorhaben 3618S82451. [Onderzoek naar de haalbaarheid en voorbereiding van een gepoolde analyse over het verband tussen amyotrofische laterale sclerose en blootstelling aan magnetische velden]. Bundesamt f:ur Strahlenschutz, Salzgitter.

Baliatsas, C., Van Kamp, I., Lebret, E. & Rubin, G. J. (2012) Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. BMC Public Health, 12, 643.

Bosch-Capblanch, X., Esu, E., Oringanje, C. M., Dongus, S., Jalilian, H., Eyers, J., Auer, C., Meremikwu, M. & Röösli, M. (2024) The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A systematic review of human experimental studies. Environment International, 187, 108612.

Carlberg, M., Koppel, T., Ahonen, M. & Hardell, L. (2018) Case-Control Study on Occupational Exposure to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields and the Association with Meningioma. BioMed Research International, 2018, 5912394.

Carlberg, M., Koppel, T., Ahonen, M. & Hardell, L. (2020) Case-control study on occupational exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields and the association with acoustic neuroma. Environmental Research, 187.

Chambers-Richards, T., Su, Y., Chireh, B. & D'Arcy, C. (2023) Exposure to toxic occupations and their association with Parkinson's disease: a systematic review with meta-analysis. Reviews on Environmental Health, 38, 65-83.

Checkoway, H., Ilango, S., Li, W., Ray, R. M., Tanner, C. M., Hu, S. C., Wang, X., Nielsen, S., Gao, D. L. & Thomas, D. B. (2018) Occupational exposures and parkinsonism among Shanghai women textile workers. American Journal of Industrial Medicine 61, 886-892.

Chen, G. X., Mannetje, A. t., Douwes, J., van den Berg, L. H., Pearce, N., Kromhout, H., Glass, B., Brewer, N. & McLean, D. J. (2021) Associations of Occupational Exposures to Electric Shocks and Extremely Low-Frequency Magnetic Fields With Motor Neurone Disease. American Journal of Epidemiology, 190, 393-402.

Chen, G. X., t Mannetje, A. M., Douwes, J., van den Berg, L., Pearce, N., Kromhout, H., D'Souza, W., McConnell, M., Glass, B., Brewer, N. & McLean, D. J. (2019) Occupation and motor neuron disease: a New Zealand case-control study. Occup Environ Med, 76, 309-316.

Dickerson, A. S., Hansen, J., Kioumourtzoglou, M. A., Specht, A. J., Gredal, O. & Weisskopf, M. G. (2018) Study of occupation and amyotrophic lateral sclerosis in a Danish cohort. Occupational and Environmental Medicine, 75, 630-638.

Dürrenberger, G., Fröhlich, J. & Röösli, M. (2020) Gesundheitliche Wirkungen von Hybridleitungen. Literaturanalyse zum Stand der Forschung. [Gezondheidseffecten van hybride-hoogspanningslijnen] Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation, Zürich.

Fang, Y. Y., Tu, Q., Zhang, Y. T., Liu, J., Liu, H. G., Zhao, Z. H., Wu, H. & Yin, T. J. (2022) Effect of Occupational Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field Exposure on the Thyroid Gland of Workers: A Prospective Study. Current Medical Science, 42, 817-823.

Gao, H., Aresu, M., Vergnaud, A. C., McRobie, D., Spear, J., Heard, A., Kongsgard, H. W., Singh, D., Muller, D. C. & Elliott, P. (2019) Personal radio use and cancer risks among 48,518 British police officers and staff from the Airwave Health Monitoring Study. British Journal of Cancer, 120, 375-378.

Gezondheidsraad. (2022a) Hoogspanningslijnen en gezondheid: kanker bij volwassenen. Nr. 2022/14. Gezondheidsraad, Den Haag.

Gezondheidsraad. (2022b) Hoogspanningslijnen en gezondheid: neurodegeneratieve ziekten Nr. 2022/13. Gezondheidsraad, Den Haag.

Gezondheidsraad. (2022c) Literatuurevaluatie hoogspanningslijnen en kanker bij volwassenen. Nr. 2022/14A. Achtergronddocument bij: Hoogspanningslijnen en gezondheid: kanker bij volwassenen. Nr. 2022/14. Gezondheidsraad, Den Haag.

Gezondheidsraad. (2022d) Literatuurevaluatie hoogspanningslijnen en neurodegeneratieve ziekten. Nr. 2022/13A. Achtergronddocument bij: Hoogspanningslijnen en gezondheid: neurodegeneratieve ziekten Nr. 2022/13. Gezondheidsraad, Den Haag.

Goutman, S. A., Boss, J., Godwin, C., Mukherjee, B., Feldman, E. L. & Batterman, S. A. (2022) Associations of self-reported occupational exposures and settings to ALS: a case-control study. International Archives of Occupational and Environmental Health, 95, 1567-1586.

Goutman, S. A., Boss, J., Godwin, C., Mukherjee, B., Feldman, E. L. & Batterman, S. A. (2023) Occupational history associates with ALS survival and onset segment. Amyotrophic Lateral Sclerosis and Frontotemporal Degeneration, 24, 219-229.

Grebeneva, O. V., Rybalkina, D. H., Ibrayeva, L. K., Shadetova, A. Z., Drobchenko, E. A. & Aleshina, N. Y. (2021) Evaluating occupational morbidity among energy enterprise employees in industrial region of Kazakhstan. Russian Open Medical Journal, 10, Article number e0319.

Gunnarsson, L. G. & Bodin, L. (2019) Occupational Exposures and Neurodegenerative Diseases-A Systematic Literature Review and Meta-Analyses. International Journal of Environmenal Research and Public Health, 16: 337.

Guth, M., Coste, A., Lefevre, M., Deygas, F., Danjou, A., Ahmadi, S., Dananché, B., Pérol, O., Boyle, H., Schüz, J., Bujan, L., Metzler-Guillemain, C., Giscard d'Estaing, S., Teletin, M., Ducrocq, B., Frapsauce, C., Olsson, A., Charbotel, B. & Fervers, B. (2023) Testicular germ cell tumour risk by occupation and industry: a French case-control study - TESTIS. Occupational and Environmental Medicine, 80, 407-417.

Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Schunemann, H. J., Tugwell, P. & Knottnerus, A. (2011) GRADE guidelines: a new series of articles in the Journal of Clinical Epidemiology. Journal of Clinical Epidemiology, 64, 380-382.

Hosseinabadi, M. B. & Khanjani, N. (2019) The Effect of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields on the Prevalence of Musculoskeletal Disorders and the Role of Oxidative Stress. Bioelectromagnetics, 40, 354-360.

Huang, L. Y., Hu, H. Y., Wang, Z. T., Ma, Y. H., Dong, Q., Tan, L. & Yu, J. T. (2020) Association of Occupational Factors and Dementia or Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Alzheimers disease.

Huss, A., Peters, S. & Vermeulen, R. (2018a) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of ALS: A systematic review and meta-analysis. Bioelectromagnetics, 39, 156-163.

Huss, A., Spoerri, A., Egger, M., Kromhout, H. & Vermeulen, R. (2018b) Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers - Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. Environmental Research, 164, 467-474.

Huss, A., Vermeulen, R., Bowman, J. D., Kheifets, L. & Kromhout, H. (2013) Electric shocks at work in Europe: development of a job exposure matrix. Occupational and Environmental Medicine, 70, 261-267.

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 Physics, 74, 494-522.

IKNL (2024) Integraal Kankercentrum Nederland. Hematologische kankersoorten (iknl.nl). https://iknl.nl/kankersoorten/hemato-oncologie [laatst bezocht op 17-9-2024].

Jalilian, H., Guxens, M., Heikkinen, S., Pukkala, E., Huss, A., Eshagh Hossaini, S. K., Kjærheim, K. & Vermeulen, R. (2022) Malignant lymphoma and occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and electrical shocks: A nested case-control study in a cohort of four Nordic countries. Occupational and Environmental Medicine, 79, 631-636.

Jalilian, H., Najafi, K., Khosravi, Y. & Röösli, M. (2020) Amyotrophic lateral sclerosis, occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and electric shocks: a systematic review and meta-analysis. Reviews on Environmental Health, 36, 129-142.

Johansen, C. (2000) Exposure to electromagnetic fields and risk of central nervous system disease in utility workers. Epidemiology (Cambridge, Mass.), 11, 539-543.

Karipidis, K., Mate, R., Urban, D., Tinker, R. & Wood, A. (2021) 5G mobile networks and health-a state-of-the-science review of the research into low-level RF fields above 6 GHz. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 31, 585-605.

Kennisplatform ElektroMagnetische Velden (2014) Kennisbericht Wetenschappelijke onderzoeksmethoden. https://www.kennisplatform.nl/media/original/2014-002_2010-001_herzien_Kennisbericht_Wetenschappelijke_onderzoeksmethoden.pdf [laatst bezocht op 17-9-2024].

Khan, M. W., Roivainen, P., Herrala, M., Tiikkaja, M., Sallmén, M., Hietanen, M. & Juutilainen, J. (2018) A pilot study on the reproductive risks of maternal exposure to magnetic fields from electronic article surveillance systems. International Journal of Radiation Biology, 94, 902-908.

Koeman, T., Slottje, P., Kromhout, H., Schouten, L. J., Goldbohm, R. A., van den Brandt, P. A. & Vermeulen, R. (2013) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort study. Occupational and Environmental Medicine, 70, 402-407.

Koeman, T., van den Brandt, P. A., Slottje, P., Schouten, L. J., Goldbohm, R. A., Kromhout, H. & Vermeulen, R. (2014) Occupational extremely low-frequency magnetic field exposure and selected cancer outcomes in a prospective Dutch cohort. Cancer Causes & Control, 25, 203-214.

Maffei, M. E. (2022) Magnetic Fields and Cancer: Epidemiology, Cellular Biology, and Theranostics. International Journal of Molecular Sciences, 23: 1339.

Migault, L., Garlantézec, R., Piel, C., Marchand-Martin, L., Orazio, S., Cheminat, M., Zaros, C., Carles, C., Cardis, E., Ancel, P. Y., Charles, M. A., de Seze, R., Baldi, I. & Bouvier, G. (2020) Maternal cumulative exposure to extremely low frequency electromagnetic fields, prematurity and small for gestational age: a pooled analysis of two birth cohorts. Occupational and Environmental Medicine, 77, 22-31.

Mohammed, S. (2022) A Review of the Effect of the Intermediate Frequency Electromagnetic Fields on Female Reproduction. Health Physics, 122, 440-444.

Morales-Suárez-Varela, M., Llopis-Morales, A., Doccioli, C. & Donzelli, G. (2023) Relationship between parental exposure to radiofrequency electromagnetic fields and primarily hematopoietic neoplasms (lymphoma, leukemia) and tumors in the central nervous system in children: a systematic review. Reviews on Environmental Health, 39, 499-510.

Odutola, M. K., Benke, G., Fritschi, L., Giles, G. G., van Leeuwen, M. T. & Vajdic, C. M. (2021) A systematic review and meta-analysis of occupational exposures and risk of follicular lymphoma. Environmental Research, 197, 110887.

Odutola, M. K., van Leeuwen, M. T., Bruinsma, F. J., Benke, G., Turner, M. C., Trotman, J., Turner, J., Seymour, J. F., Prince, H. M., Milliken, S. T., Tiley, C., Hertzberg, M., Roncolato, F., Opat, S., Lindeman, R., Verner, E., Underhill, C. R., Cardis, E., Giles, G. & Vajdic, C. M. (2023) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and follicular lymphoma risk: a family case-control study. Occupational and Environmental Medicine, 80, 599-602.

Olayinka, O., Olayinka, O. O., Alemu, B. T., Akpinar-Elci, M. & Grossberg, G. T. (2019) Toxic environmental risk factors for Alzheimer's disease: A systematic review. Aging Medicine and Healthcare, 10, 4-17.

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). Publicatieblad van de Europese Unie L179: 1-21.

Pedersen, C., Poulsen, A. H., Rod, N. H., Frei, P., Hansen, J., Grell, K., Raaschou-Nielsen, O., Schüz, J. & Johansen, C. (2017) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk for central nervous system disease: an update of a Danish cohort study among utility workers. International Archives of Occupational and Environmental Health, 90, 619-628.

Peleg, M., Berry, E. M., Deitch, M., Nativ, O. & Richter, E. (2023) On radar and radio exposure and cancer in the military setting. Environmental Research, 216, 114610.

Peters, S., Visser, A. E., D'Ovidio, F., Beghi, E., Chio, A., Logroscino, G., Hardiman, O., Kromhout, H., Huss, A., Veldink, J., Vermeulen, R. & van den Berg, L. H. (2019) Associations of Electric Shock and Extremely Low-Frequency Magnetic Field Exposure With the Risk of Amyotrophic Lateral Sclerosis. American Journal of Epidemiology, 188, 796-805.

Ramezanifar, S., Beyrami, S., Mehrifar, Y., Ramezanifar, E., Soltanpour, Z., Namdari, M. & Gharari, N. (2023) Occupational Exposure to Physical and Chemical Risk Factors: A Systematic Review of Reproductive Pathophysiological Effects in Women and Men. Safety and Health at Work, 14, 17-30.

Rijs, K. & Stam, R. (2015) Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers. RIVM-rapport 2015-0203. RIVM, Bilthoven

Rijs, K. J. & Stam, R. (2019) Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers – update 2019. Rapport 2019-0010. RIVM, Bilthoven.

Rubin, G. J., Hillert, L., Nieto-Hernandez, R., van Rongen, E. & Oftedal, G. (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. & Hill, S. (2016) How to GRADE the quality of the evidence. Cochrane Consumers and Communication Group. Version 3.0 December 2016. http://cccrg.cochrane.org/author-resources (laatst bezocht 17-9-2024)

Shah, S. C., Boffetta, P., Johnson, K. C., Hu, J., Palli, D., Ferraroni, M., Tsugane, S., Hamada, G. S., Hidaka, A., Zaridze, D., Maximovich, D., Vioque, J., Navarrete-Munoz, E. M., Zhang, Z. F., Mu, L., Boccia, S., Pastorino, R., Kurtz, R. C., Rota, M., Bonzi, R., Negri, E., La Vecchia, C., Pelucchi, C. & Hashim, D. (2020) Occupational exposures and odds of gastric cancer: a StoP project consortium pooled analysis. International Journal of Epidemiology, 49, 422-434.

Shallis, R. M., Weiss, J. J., Deziel, N. C. & Gore, S. D. (2021) Challenging the concept of de novo acute myeloid leukemia: Environmental and occupational leukemogens hiding in our midst. Blood Reviews, 47, 100760.

Shapira, S., Nitecki, M., Tzur, D., Schwartz, N., Silverman, B. G., Zack, O. & Friedensohn-Zuck, L. (2023) Occupational Exposure to Nonionizing Radiation and Risk for Malignancy in Young Adults. Military Medicine, 188, e242-e2430.

Shih, Y. W., O'Brien, A. P., Hung, C. S., Chen, K. H., Hou, W. H. & Tsai, H. T. (2021) Exposure to radiofrequency radiation increases the risk of breast cancer: A systematic review and meta-analysis. Experimental and Therapeutic Medicine, 21, 1-11.

Sorahan, T. & Nichols, L. (2022) Motor neuron disease risk and magnetic field exposures. Occupational Medicine (Oxford, England), 72, 184-190.

SSM (2019) Recent Research on EMF and Health Risk - Thirteenth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2018. Report number: 2019: 08. www.stralsakerhetsmyndigheten.se.

SSM (2020) Recent Research on EMF and Health Risk, Fourteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2019. Report number 2020:04.

SSM (2021) Recent Research on EMF and Health Risk. Fifteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2020. 2021:08. ISSN: 2000-0456.

SSM (2022) Recent Research on EMF and Health Risk. Sixteenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2021. 2022:16. ISSN: 2000-0456.

SSM (2024) Recent Research on EMF and Health Risk, Seventeenth report from SSM’s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2022. Report number 2024:05. Strålsäkerhetsmyndigheten, Stockholm.

Strahlenschutzkommission (2021) Elektromagnetische Felder des Mobilfunks im Zuge des aktuellen 5G-Netzausbaus. Technische Aspekte und biologische Wirkungen im unteren Frequenzbereich (FR1, bis ca. 7 GHz). Strahlenschutzkommission, Bonn.

Talibov, M. (2019) Parental occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of leukaemia in the offspring. Occupational and Environmental Medicine, 76, 746-753.

Variani, A. S., Saboori, S., Shahsavari, S., Yari, S. & Zaroushani, V. (2019) Effect of occupational exposure to radar radiation on cancer risk: A systematic review and meta-analysis. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 20, 3211-3219.

WHO (2014) WHO Handbook for Guideline Development. WHO (World Health Organisation), Geneva.

Bijlage 1 zoektermen

Zoektermen Pubmed

Reviews en meta-analyses (filter op humans (vinkje op de website): 227 referenties)
(((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR “radio frequ*” OR radiofrequ* OR rf OR “low frequ*” OR elf OR radar* OR “non ioni*” OR nonioni*) AND (field* OR radiat* OR wave*)) OR microwave* OR “millimeter wave*” OR “millimetre wave*” OR “mm wave*”) AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR "work floor") AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language]) AND ("2023/07/01"[Date - Publication]: "2024/03/13"[Date - Publication]) AND (systematic[sb] OR Review[ptyp] OR Meta-Analysis[ptyp])

Oorspronkelijke artikelen (filter op humans (vinkje op de website): 1.124 referenties)
(((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR “radio frequ*” OR radiofrequ* OR rf OR “low frequ*” OR elf OR radar* OR “non ioni*” OR nonioni*) AND (field* OR radiat* OR wave*)) OR microwave* OR “millimeter wave*” OR “millimetre wave*” OR “mm wave*”) AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR "work floor") AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language]) AND ("2023/07/01"[Date - Publication]: "2024/03/13"[Date - Publication]) AND (health OR disease* OR absenteeism OR 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* AND degen*) OR (“central nervous system” AND degen*) OR alzheimer* OR dementia OR “amyotrophic lateral sclerosis” OR als OR parkinson* OR ((multiple OR disseminated) AND sclerosis) 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 longevity OR “death certificates” OR decede* OR “excess mortality” OR “vital status” OR “International Classification of 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])

Aanvullende search alvleesklierkanker
Naar aanleiding van resultaten van de review en meta-analyse van de Gezondheidsraad (Gezondheidsraad 2022a, Gezondheidsraad 2022c) is aanvullend gezocht naar de uitkomstmaat alvleesklierkanker. Zij concluderen namelijk dat er een mogelijk verband is met alvleesklierkanker. Aansluitend op de zoekperiode die gebruikt is door de Gezondheidsraad is in het huidige rapport gezocht tussen 01-01-2022 en 19-07-2024. In Pubmed met de volgende aanvullende zoektermen gezocht: ((pancrea*) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc* OR adenocarcinoma)).
Dit leverde geen aanvullende relevante publicaties op.

Zoektermen Scopus

Reviews en meta-analyses (filter humans in zoektermen opgenomen: 266 referenties)
TITLE-ABS-KEY ((((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR "radio frequ*" OR radiofrequ* OR rf OR "low frequ*" OR elf OR radar* OR "non ioni*" OR nonioni*) AND (field* OR radiat* OR wave*)) OR microwave* OR "millimeter wave*" OR "millimetre wave*" OR "mm wave*") AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR "work floor")) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND (PUBYEAR > 2022 AND PUBYEAR < 2025) AND DOCTYPE(re) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD,"Human") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD,"Humans"))

Oorspronkelijke onderzoeken (filter humans in zoektermen opgenomen: 797 referenties)
TITLE-ABS-KEY((((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR "radio frequ*" OR radiofrequ* OR rf OR "low frequ*" OR elf OR radar* OR "non ioni*" OR nonioni*) AND (field* OR radiat* OR wave*)) OR microwave* OR "millimeter wave*" OR "millimetre wave*" OR "mm wave*") AND (worker* OR occupation* OR workplace OR employ* OR working OR "work floor") AND (health OR disease* OR absenteeism OR 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* AND degen*) OR ("central nervous system" AND degen*) OR alzheimer* OR dementia OR "amyotrophic lateral sclerosis" OR als OR parkinson* OR ((multiple OR disseminated) AND sclerosis) 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

longevity OR "death certificates" OR decede* OR "excess mortality" OR "vital status" OR "International Classification of 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 PUBYEAR > 2022 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Humans"))

Aanvullende search alvleesklierkanker
In Scopus zijn dezelfde zoektermen gebruikt als in Pubmed: ((pancrea*) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc* OR adenocarcinoma)).
Dit leverde geen aanvullende relevante publicaties op.

Zoektermen Embase

No.	Query	Results
#51	#48 NOT #49 **(alle relevante reviews)**	**376**
#50	#47 NOT #49 **(alle relevante primaire onderzoeken)**	**2121**
#49	[conference abstract]/lim	5083275
#48	#16 AND #47	398
#47	#17 AND #18 AND #45 AND #46 AND [2023-2024]/py	2861
#46	[humans]/lim AND ([dutch]/lim OR [english]/lim)	23800498
#45	#19 OR #20 OR #21 OR #22 OR #23 OR #24 OR #25 OR #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	31861633
#44	'absenteeism'/exp	21194
#43	'health'/exp/mj	314620
#42	'diseases'/de OR 'experimental disease'/exp OR 'general aspects of disease'/exp OR 'mental disease'/exp OR 'physical disease'/exp	28809412
#41	'danger, risk, safety and related phenomena'/exp/mj OR danger*:ti,ab OR risk*:ti,ab OR safey*:ti,ab	4675719
#40	'health hazard'/exp OR hazard*:ti,ab	1146951
#39	'death'/exp	2128372
#38	'immunopathology'/exp	3170663
#37	'immune system'/exp	2740822
#36	'spontaneous abortion'/exp OR abortion*:ti,ab	128723
#35	'reproduction'/exp OR reproduct*:ti,ab	1760796
#34	'musculoskeletal disease'/exp	3002146
#33	'musculoskeletal system'/exp OR musculoskelet*:ti,ab	2388264
#32	'vision'/exp	347601
#31	'accident'/exp OR accident*:ti,ab	363028
#30	'mortality'/exp OR mortality*:ti,ab OR death*:ti,ab	3087586
#29	'cataract extraction'/exp	60680

#28	'cataract'/exp OR cataract*:ti,ab	108933
#27	'cardiovascular disease'/exp OR cardiovascular*:ti,ab OR vascular*:ti,ab OR heart*:ti,ab	6714910
#26	'degenerative disease'/exp OR degenerative*:ti,ab OR 'neurologic* degen*':ti,ab	875389
#25	'multiple sclerosis'/exp OR ((multiple NEAR/1 sclerosis):ti,ab)	181744
#24	'parkinson disease'/exp OR parkinson*:ti,ab	256661
#23	'motor neuron disease'/exp OR ((motor* NEAR/1 neuron* NEAR/1 disease*):ti,ab)	62631
#22	'amyotrophic lateral sclerosis'/exp OR ((amyotrophic NEAR/1 lateral NEAR/1 sclerosis):ti,ab)	55694
#21	'dementia'/exp OR dement*:ti,ab OR alzheimer*:ti,ab	535760
#20	'radiation injury'/exp OR ((radiation NEAR/1 injur*):ti,ab)	90045
#19	'neoplasm'/exp OR neoplasm*:ti,ab OR cancer*:ti,ab OR carcino*:ti,ab OR tumour*:ti,ab OR tumor*:ti,ab	7278525
#18	#8 OR #9 OR #10 OR #11 OR #12 OR #13 OR #14 OR #15	5294874
#17	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7	498556
#16	[review]/lim OR [meta analysis]/lim OR [cochrane review]/lim OR 'review'/it OR review*:ti OR 'meta analys*':ti OR 'meta analysis'/exp OR 'review'/exp	4014224
#15	'occupational disease'/de OR 'occupational accident'/exp OR 'occupational cancer'/exp OR 'occupational deafness'/exp OR 'occupational lung disease'/exp OR 'occupational skin disease'/exp	132995
#14	'workforce'/exp	74276
#13	'named groups by occupation'/exp	2728022
#12	'occupation'/exp	450951
#11	occupat*:ti,ab OR work*:ti,ab	2823696
#10	(occupat* NEAR/2 (electromag* OR rad*) NEAR/1 exposure*):ti,ab	786
#9	occupat*:ti,ab AND (electromag*:ti,ab OR rad*:ti,ab) AND exposure*:ti,ab	8863
#8	'occupational exposure'/de	91535
#7	'radiofrequency ablation'/exp/mj OR 'radiation exposure'/de OR 'microwave irradiation'/exp	165045
#6	electromagnet*:ti,ab OR emf:ti,ab OR radiofreq*:ti,ab OR microwav*:ti,ab	159101
#5	'electromagnetic radiation'/de OR 'field emission'/exp/mj OR 'low energy radiation'/exp/mj OR 'megavoltage radiation'/exp/mj OR 'microwave radiation'/exp/mj OR 'radiofrequency radiation'/exp/mj OR 'terahertz radiation'/exp/mj OR 'electromagnetic radiation':ti,ab	30412
#4	'millimeter wave*':ti,ab OR 'millimetre wave*':ti,ab OR 'mm wave*':ti,ab OR 'radar*':ti,ab	9710
#3	'electric field'/exp OR ((magnetic:ti,ab OR electric:ti,ab OR electromagnetic:ti,ab OR emf:ti,ab OR 'low frequ*':ti,ab OR elf:ti,ab OR 'non ioni*':ti,ab OR nonioni*:ti,ab) AND (field*:ti,ab OR radiat*:ti,ab OR wave*:ti,ab))	205880
#2	'electromagnetism'/exp	30700
#1	'magnetic field'/exp	47421

Aanvullende search alvleesklierkanker
In Embase zijn de volgende zoektermen gebruikt: 'pancreas tumor'/exp OR (pancrea*:ti,ab AND (cancer:ti,ab OR neoplasm:ti,ab OR tumor:ti,ab OR tumour:ti,ab OR carcinoma:ti,ab OR malignanc*:ti,ab OR adenocarcinoma:ti,ab))))
Dit leverde geen extra resultaten op.

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

januari 2025

De zorg voor morgen begint vandaag