

RAPPORT

ELF-magneetvelden bij hoogspanningslijnen

Literatuurstudie ter vergelijking met andere ELF-
magneetvelden, andere gezondheidsrisico's en beleid

Klant: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Referentie: BG4868-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: Finale versie/P01.02

Datum: 12 april 2019



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: ELF-magneetvelden bij hoogspanningslijnen

Ondertitel: Vergelijking gezondheidsrisico's hoogspanningslijnen
Referentie: BG4868-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status: P01.02/Finale versie
Datum: 12 april 2019
Projectnaam: Gezondheidsrisico's hoogspanningslijnen
Projectnummer: BG4868
Auteur(s): Karen van Tol/ Bruno Verweijen

Opgesteld door: Karen van Tol

Gecontroleerd door: Simone van Dijk/ Mirjam vd Plas Concept-versie maart 2019

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door: Simone van Dijk

Datum/Initialen: SvD/12 april 2019

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

Managementsamenvatting

1	Aanleiding en doel literatuurstudie	1
1.1	Aanleiding literatuurstudie hoogspanning	1
1.2	Doelstelling van het onderzoek	2
2	Extreem laagfrequente magneetvelden (ELF-magneetvelden)	4
2.1	Wat is een ELF-magneetveld?	4
2.2	ELF-magneetvelden en gezondheid	5
2.3	Beleidskeuzes ELF-magneetvelden	6
3	Vergelijking van (gezondheids)risico's en beleidskeuzes	8
3.1	Waarom een risicovergelijking? → Risico's in perspectief	8
3.2	Parameters in een risicovergelijking	8
3.3	Risico's, ambities en beleidskeuzes	11
4	Methodiek en werkwijze	13
4.1	Opzet van de methodiek	13
4.1.1	Randvoorwaarden aan de onderzoeksmethodiek	13
4.1.2	Onderzoekshypothesen als basis voor methodiek	14
4.1.3	Beschrijving van de opzet van de methodiek	14
4.2	Vergelijking van ELF-magneetvelden	16
4.3	Selectie van te vergelijken gezondheidsrisico's	17
4.4	Risicovergelijking	19
4.5	Inventarisatie van ambities en beleidsmatige beheersmaatregelen	21
5	Resultaten en analyse	23
5.1	ELF-magneetvelden: resultaat en analyse	23
5.2	Vergelijking van gezondheidsrisico's: resultaat en analyse	25
6	Conclusies	31
7	Overzicht literatuur	33

Managementsamenvatting

Voorzorgbeleid hoogspanningslijnen

Uit wetenschappelijk onderzoek komen aanwijzingen dat kinderen die in de buurt van een hoogspanningslijn wonen mogelijk een hogere kans hebben om leukemie te krijgen [21, 26]. Het toenmalige Ministerie van VROM (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer heeft in 2005 uit voorzorg een beleidsadvies uitgebracht voor gemeenten en netbeheerders [65]. Het advies is om, zoveel als redelijkerwijs mogelijk, te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan bovengrondse hoogspanningslijnen¹.

Actualisatie advies gezondheidsraad

De Gezondheidsraad heeft in 2018 bestaand wetenschappelijk onderzoek over het risico van extreem laagfrequente magneetvelden (hierna: ELF-magneetvelden) van hoogspanningslijnen opnieuw onderzocht en haar advies uit 2000 geactualiseerd. Dit gebeurde op verzoek van de huidige staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, mevrouw S. van Veldhoven. In haar nieuwe advies van 18 april 2018 constateert de Gezondheidsraad dat er 'aanwijzingen voor een oorzakelijk verband' zijn tussen blootstelling van kinderen aan ELF-magneetvelden en het optreden van leukemie en wellicht hersentumoren. De Gezondheidsraad adviseert het huidige voorzorgbeleid met betrekking tot bovengrondse hoogspanningslijnen voort te zetten. Bovendien adviseert de Gezondheidsraad te overwegen dit beleid te verbreden naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan ELF-magneetvelden [23].

Evaluatie en verkenning maatregelen

In de Kamerbrief van 29 mei 2018 [61] kondigt de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) aan een evaluatie te willen uitvoeren naar de uitvoering van het voorzorgbeleid. Ook wil zij een verkenning uitvoeren naar mogelijkheden om het voorzorgbeleid te verbreden naar andere bronnen van ELF-magneetvelden in het elektriciteitsdistributiesysteem. Aangezien het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (vanaf nu: EZK) verantwoording draagt voor de energiesector, is het ook verantwoordelijk voor deze evaluatie en verkenning. Dit literatuuronderzoek vormt een onderdeel van de verkenning en is in opdracht van het Ministerie van EZK uitgevoerd door Royal HaskoningDHV (vanaf nu: RHDHV).

Doel van het onderzoek

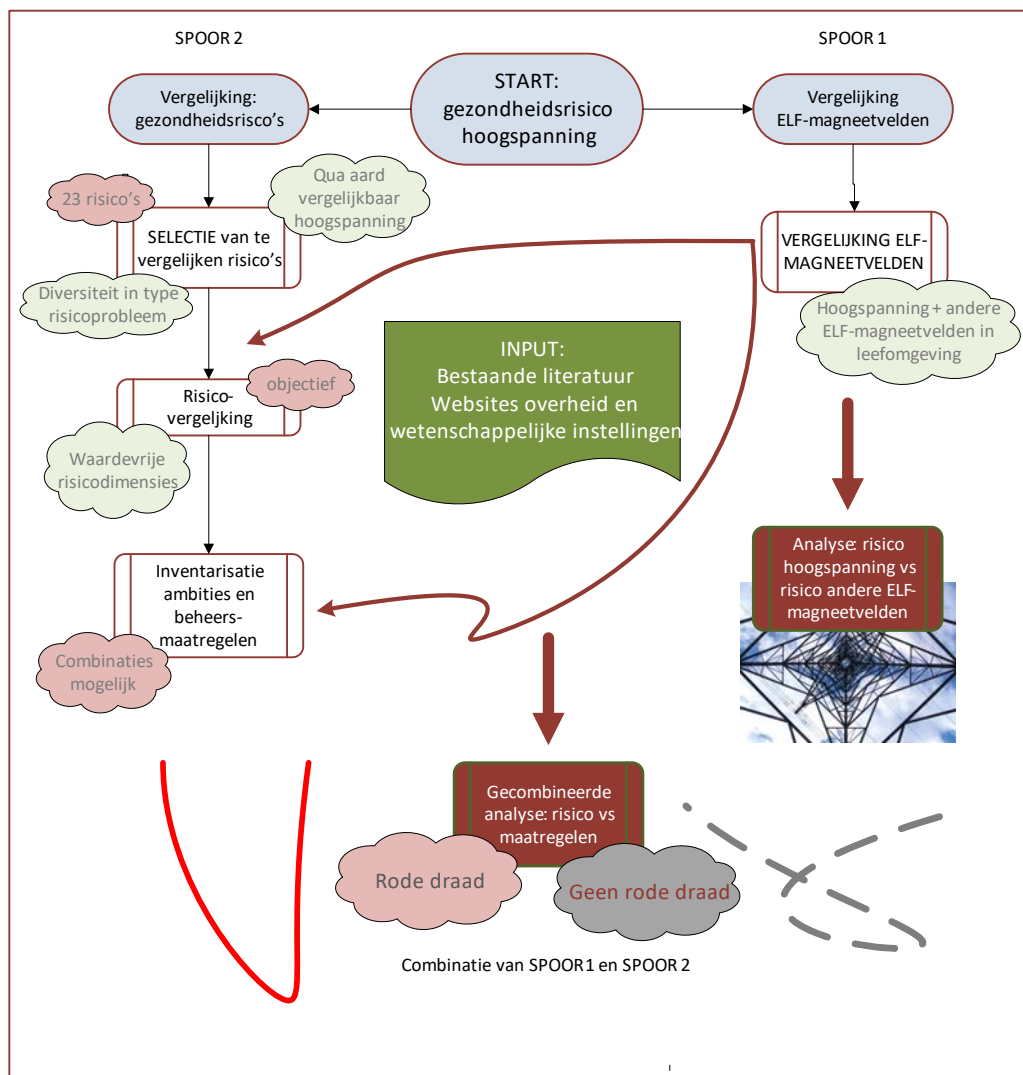
Dit literatuuronderzoek vergelijkt de gezondheidsrisico's van hoogspanningslijnen enerzijds met de gezondheidsrisico's van ELF-magneetvelden afkomstig van andere bronnen, en anderzijds met gezondheidsrisico's van andere risicovolle activiteiten in de leefomgeving. Tevens worden voor de verschillende gezondheidsrisico's de gekozen beleidsambities en beheersmaatregelen vergeleken.

*Het onderzoek is uitgevoerd op basis van beschikbare informatie. Het resultaat van de vergelijkingen biedt inzicht in de gezondheidsrisico's van hoogspanningslijnen en in de vraag of vergelijkbaar beleid en instrumenten zijn ingezet bij andere gezondheidsrisico's. In dit rapport spreken we in dit kader van **rode draden**. Een **rode draad** staat voor een specifiek type risicoprobleem en/of waarde van een risicodimensie dat/die consequent samenhangt met een specifieke ambitie en/of beheersmaatregel, of omgekeerd.*

¹ Het aantal kinderen dat in Nederland in de directe nabijheid van een bovengrondse hoogspanningslijn woont is circa vijftien jaar geleden door de Gezondheidsraad en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) geschat op ongeveer 15.000. (Gezondheidsraad, 2000; en Pruppers, 2003) [23, p. 8]. RIVM geeft daarnaast aan dat 18.000 kinderen worden blootgesteld aan een veldsterkte boven 0,2 microtesla, daarvan 10.000 aan een veldsterkte boven 0,4 microtesla, en daarvan weer 8.200 aan een veldsterkte boven de 0,5 microtesla [60].

Opzet van het onderzoek

De methodiek van de uitvoering van het literatuuronderzoek is weergegeven in Figuur MS- 1.



Figuur MS- 1 Methodiek uitvoering literatuurstudie hoogspanningslijnen

Het onderzoek gaat uit van bestaande literatuur en publicaties, waaronder de diverse onderzoeken die ten grondslag liggen aan het voorzorgbeleid voor hoogspanningslijnen. De onderzoekers hebben geen aanvullend onderzoek gedaan. Primair uitgangspunt is het door het Ministerie van EZK in de offerteaanvraag verstrekte literatuuroverzicht. Aangezien de data in de verschillende rapporten onvolledig en soms tegenstrijdig zijn, zijn de data in het voorliggende rapport ook onvolledig en soms tegenstrijdig.

De methodiek volgt twee sporen: de onderlinge vergelijking van de ELF-magneetvelden en de vergelijking van de gezondheidsrisico's van ELF-magneetvelden met andere gezondheidsrisico's. De vergelijking van gezondheidsrisico's betreft achtereenvolgens de selectie van de te vergelijken gezondheidsrisico's, de risicovergelijking zelf en de inventarisatie van ambities en beleidsmatige beheersmaatregelen.

De analyse van de resultaten van de vergelijking van de ELF-magneetvelden richt zich vooral op de vraag of andere bronnen van magneetvelden even sterk en langdurig zijn als hoogspanningslijnen. De gecombineerde analyse geeft inzicht in de aanwezige patronen ('rode draden') tussen verschillende gezondheidsrisico's en typen beleid.

Vergelijking van de ELF-magneetvelden en analyse van de resultaten

ELF-magneetvelden kunnen met elkaar vergeleken worden op basis van de sterkte van het veld in de leefomgeving en de duur van de blootstelling. De onderzoekers hebben voor verschillende bronnen van ELF-magneetvelden de volgende gegevens naast elkaar gezet:

- Ter beoordeling van de sterkte van het ELF-magneetveld in de leefomgeving:
 - ✓ De initiële sterkte van het veld bij de bron (in microtesla (μT));
 - ✓ De afstand waar de magnetische veldsterkte $0,4 \mu\text{T}$ bedraagt;
 - ✓ De (gemiddelde) afstand van de leefomgeving tot de bron;
 - ✓ De sterkte van het veld op deze (gemiddelde) afstand.
- De duur van het optreden van het veld.

Niet alle bovengenoemde gegevens blijken voor de verschillende bronnen van ELF-magneetvelden beschikbaar. De duur van het optreden van het veld is vaak niet exact bekend. De onderzoekers hebben deze kwalitatief benoemd op basis van *expert judgement*. De hoeveelheid beschikbare informatie over de ELF-magneetvelden van andere bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem is beperkt.

De indicatieve en kwalitatieve beantwoording van onderstaande twee vragen geeft inzicht hoe ELF-magneetvelden zich ten opzichte van elkaar verhouden:

1. Is de veldsterkte kleiner/groter/vergelijkbaar op de locatie van de woon/leefomgeving?
2. Is de duur van de blootstelling kleiner/vergelijkbaar in de woon/leefomgeving?

ELF-magneetvelden veroorzaakt door elektrische apparaten binnen- en buitenshuis zijn over het algemeen kleiner en treden gedurende kortere tijd op, dan de ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanningslijnen en andere permanente bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem. De beperkte informatie beschikbaar over ELF-magneetvelden van andere permanente bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem, geeft de aanwijzing dat deze in de leefomgeving mogelijk een vergelijkbare sterkte kunnen hebben als het veld van hoogspanningslijnen. Hierbij valt te denken aan transformatorhuisjes en ondergrondse hoogspanningslijnen.

Vergelijking van de gezondheidsrisico's en analyse van de resultaten

De risicovergelijking spitst zich toe op gezondheidsrisico's. Andere typen risico's worden niet beschouwd. De omvang van de risicovergelijking is gelimiteerd tot 23 gezondheidsrisico's².

Het type risicoprobleem en de waarde van risicodimensies kenmerken een gezondheidsrisico:

- Type risicoproblemen zijn eenvoudige, complexe, onzekere en ambigue risicoproblemen [68, 69].
- Risicodimensies betreffen aspecten als aard van het risico, vrijwilligheid van het risico en maatschappelijke opbrengsten [2, 5].

² De gezondheidsrisico's zijn op basis van beschikbare informatie uit de literatuurbronnen en in overleg met de begeleidingscommissie vastgestelde criteria geselecteerd. Twee literatuurbronnen die een overzicht geven van verschillende gezondheidsrisico's zijn hierbij leidend geweest [3, 7]. De limiet voor het aantal te vergelijken gezondheidsrisico's is in overleg met de begeleidingscommissie vastgesteld op 20 tot 25.

Om te toetsen of er patronen (ofwel **rode** draden) aanwezig zijn tussen verschillende gezondheidsrisico's en typen beleidsambities en -maatregelen, zijn op basis van de kenmerken twee hypothesen geformuleerd:

Hypothese 1

Het type risicoprobleem bepaalt de beleidsambities en -maatregelen.

Hypothese 2

De waarde van specifieke risicodimensies heeft invloed op de beleidsambities en -maatregelen.

Voorwaarde voor de toetsing van hypothese 1 is, dat de selectie van gezondheidsrisico's van elk type risicoproblemen voldoende voorbeelden bevat. Het onderzoek houdt hiermee rekening. De onderzoekers hebben per type risicoprobleem minimaal 4 gezondheidsrisico's geselecteerd.

In de maatschappelijke en beleidsmatige discussie over risico's en veiligheid zijn meerdere dimensies van het risico relevant. Naast het 'getalsmatige' risico, ofwel kans x effect, beoordeelt het onderzoek voor de geselecteerde gezondheidsrisico's daarom een aantal aanvullende risicodimensies.

De analyse onderzoekt de hypothesen door verschillende "botsproeven" uit te voeren. De verbanden zijn in twee richtingen geanalyseerd. Een **rode** draad betekent dat de hypothesen bevestigd worden: een specifiek type risicoprobleem en/of waarde van een risicodimensie hangt consequent samen met een specifieke ambitie en/of beheersmaatregel of omgekeerd. Een **rode** draad is van toepassing bij een consequent (sterk) verband en wanneer de inverse relatie niet het tegendeel bewijst:

- Een consequent verband bestaat als twee categorieën voor minimaal 70% samenhangen
- Een mogelijk verband bestaat als twee categorieën voor minimaal 60% samenhangen
- Een **rode** draad is afwezig als een bepaalde ambitie of beheersmaatregel ook voor andere typen risicoproblemen en/of waarden van risicodimensies wordt toegepast. Dit duidt op een generalistische - 'one-size-fits-all' - benadering.

Tabel MS- 1 geeft een overzicht van de geïdentificeerde **rode** draden.

Tabel MS- 1 Analyse risico's vs. beheersmaatregelen (resultaat)

Richting 1: Analyse risicoprobleem en -dimensie vs. Ambities en Beheersmaatregelen . Resultaat: inzicht in welke ambities/beheersmaatregelen bij een specifiek risicoprobleem/risicodimensie consequent voorkomen.

Type Risicoprobleem of risicodimensie	heeft een consequente samenhang met								
	Ambitie				Beheersmaatregel				
	Nutrisico	Effect benadering	Risico benadering	Bewust wording	Wet	Circulaire/ advies	Voorzorg	Voorlichting/ campagne	Convenant/ Actie programma
Type risicoprobleem									
Eenvoudig		X			X				
Complex								X	
Onzeker	Geen rode draden geconstateerd								
Ambigu			mogelijk						
Risicodimensie									
Risico Midden				X (M)				X (M)	X (M)
Risico Laag/ Hoog	Geen rode draden geconstateerd								
Locatie-specifiek					X				
Niet locatiespecifiek								X	
Acute/ Middellangetermijneffecten			X						
Langetermijneffecten	Geen rode draden geconstateerd								
Beheersbaarheid: Laag en Midden			X					X	
Beheersbaarheid: Hoog	Geen rode draden geconstateerd								
Vrijwillige risico's				X				X	
Onvrijwillige risico's	Geen rode draden geconstateerd								
Hoge individuele opbrengst		X						mogelijk	mogelijk
Middelgrote individuele opbrengst			X						
Lage individuele opbrengst	Geen rode draden geconstateerd								
Lage en middel maatsch. opbrengst								X	
Hoge maatschappelijke opbrengst			mogelijk						

Richting 2: Analyse Ambities en Beheersmaatregelen vs Risicoprobleem en -dimensie. Resultaat: inzicht in waar specifieke ambities/beheersmaatregelen worden toegepast

Type ambitie/ beheersmaatregel heeft een consequente samenhang met:	Ambitie				Beheersmaatregel					
	Nutrisico	Effect benadering	Risico benadering	Bewust wording	Wet	Circulaire/ advies	Voorzorg	Voorlichting/ campagne	Convenant/ Actie programma	
Type risicoprobleem										
Eenvoudig			mogelijk	X	X					
Complex	X	Geen rode draden				X		mogelijk	mogelijk	
Onzeker	X					X	X			
Ambigu	X		X				X			
Risicodimensie										
Risico Midden/ Groot	Geen rode draden			X				mogelijk		
Risico Laag/ Midden		X				L mogelijk	X (L)	X (L)		
Locatie-specifiek		X					X			
Acute/ Middellangetermijneffecten			X							
Middel en Langetermijneffecten		X					X (L)		X (L)	
Beheersbaarheid: Laag en Midden				X						
Hoge individuele opbrengst					mogelijk					
Middelgrote individuele opbrengst				X						
Lage en middel maatsch. opbrengst						X	mogelijk		X	mogelijk
Hoge maatschappelijke opbrengst				X		mogelijk				

Conclusies van het onderzoek

Het gezondheidsrisico van ELF-magneetvelden is onzeker

Het gezondheidsrisico van ELF-magneetvelden is onzeker. Magneetvelden dringen door in materialen en het menselijk lichaam. Er is geen oorzakelijke verband aangetoond tussen ELF-magneetvelden die op publiek toegankelijke plaatsen rond het elektriciteitsnetwerk voorkomen, en een verhoogd risico voor de gezondheid. Wel is er volgens de wetenschap sprake van (redelijk consistente) associaties tussen leukemie bij kinderen en aanwezigheid van hoogspanningslijnen.

Het mogelijke gezondheidsrisico van andere ELF-magneetvelden van het elektriciteitsdistributiesysteem is mogelijk vergelijkbaar met dat van hoogspanningslijnen

De hoeveelheid beschikbare informatie over de ELF-magneetvelden van andere bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem, zoals ondergrondse leidingen en transformatorhuisjes, is beperkt. Deze informatie geeft een aanwijzing dat deze in de leefomgeving mogelijk een vergelijkbare sterkte kunnen hebben als het veld van hoogspanningslijnen. Ook de blootstellingsduur is vergelijkbaar, ofwel permanent. ELF-magneetvelden veroorzaakt door elektrische apparaten binnen- en buitenshuis zijn over het algemeen kleiner. Ook treden zij gedurende kortere tijd op dan de ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanningslijnen en andere permanente bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem.

Het mogelijke gezondheidsrisico van bovengrondse hoogspanningslijnen is laag vergeleken met andere gezondheidsrisico's

Het mogelijke gezondheidsrisico van wonen nabij hoogspanningslijnen is op nationale schaal laag vergeleken met de andere geselecteerde gezondheidsrisico's. Er is berekend dat in Nederland ongeveer een kind per twee jaar leukemie zou krijgen door de aanwezigheid van hoogspanningslijnen en dat ongeveer één kind in de tien jaar daaraan sterft. Gezondheidsrisico's van bijvoorbeeld blootstelling aan radon door het wonen in een stenen/betonnen huis (800 sterfgevallen per jaar in Nederland), zeer zorgwekkende stoffen (1-100 sterfgevallen per jaar in Nederland) en fijnstof door verkeer (1.300 – 16.000 sterfgevallen per jaar) worden in de literatuur hoger ingeschat. Dit zijn allen onvrijwillige risico's.

Voorzorg wordt consequent toegepast op het type risicoprobleem gerelateerd aan ELF-magneetvelden

Het risico van blootstelling aan ELF-magneetvelden is een complex, onzeker en ambigu risicoprobleem. Als voorzorg als beheersmaatregel wordt toegepast, betreft dit consequent onzekere en ambigu risicoproblemen. Vanuit de optiek van onzekere en ambigu risico's is voorzorg passend voor ELF-magneetvelden afkomstig van hoogspanningslijnen. Onzekere en/of ambigu risico's worden echter niet uitsluitend met voorzorg beheerst. Andere maatregelen worden ook toegepast.

Ondanks het geconstateerde consequente verband (>70% van de onderzochte gezondheidsrisico's) tussen voorlichting en complexe risico's en tussen risicobenadering en ambigu risico's, is dit verband afwezig bij gezondheidsrisico's als gevolg van hoogspanningslijnen. Daarmee vormt hoogspanning een uitzondering op dit verband. Passieve voorlichting, zoals informatie op het internet, wordt ingezet bij ELF-magneetvelden binnenshuis.

Effectbenadering, voorzorg en (niet-wettelijk) advies passen bij de risicodimensies van ELF-magneetvelden

Vergeleken met de andere geselecteerde gezondheidsrisico's, is (als je op nationale schaal kijkt) het risico van het ELF-magneetveld als gevolg van hoogspanning laag. Het risico verbonden aan bovengronds transport van elektriciteit gaat samen met een langetermijneffect, is onvrijwillig en is niet volledig beheersbaar. Transport en gebruik van elektriciteit, heeft een hoge individuele opbrengst.

Bij lage risico's, locatie-specifieke risico's en risico's met een langetermijn effect is effectbenadering³ een veel voorkomende beleidsambitie. Voorzorg komt consequent voor bij lage risico's. Het voorzorgbeleid ten aanzien van hoogspanningslijnen is een effectbenadering en sluit hierbij aan.

Voor lage risico's wordt in de praktijk vaak (niet-wettelijk) beleid, zoals een circulaire of advies als beleidsmatige beheersmaatregel toegepast. Voor ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanning wordt deze aanpak ook gehanteerd.

Voorzorgbeleid is passend voor risico's zonder wetenschappelijke consensus

Voorzorg als principe is algemeen van toepassing op onzekere risico's waarover geen wetenschappelijke consensus bestaat. Vanuit deze optiek is voorzorg passend voor ELF-magneetvelden veroorzaakt door hoogspanningslijnen. Voor andere ELF-magneetvelden veroorzaakt door bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem – met mogelijk vergelijkbare veldsterkte in de leefomgeving en blootstellingsduur - wordt geen voorzorgbeleid toegepast. Dit kan duiden op een inconsistente beleidsaanpak voor de risico's van ELF-magneetvelden.

Slotopmerking

Er zijn duidelijke beperkingen aan de beschikbare gegevens over de sterkten van ELF-magneetvelden, de risicodimensies en daarmee aan de uitgevoerde vergelijkingen. Ook de benoeming van het type risicoprobleem is subjectief. Gegeven deze onzekerheden zijn de waarderingen grofmazig. Binnen de scope van dit onderzoek is dit niet te veranderen: Het onderzoek maakt gebruik van bestaande data en vergelijkt deze.

³ Bij een effectbenadering wordt vooral rekening gehouden met de het voorkomen van negatieve effecten, en wordt niet expliciet rekening gehouden met de kans op een bepaald effect

1 Aanleiding en doel literatuurstudie

1.1 Aanleiding literatuurstudie hoogspanning

Voorzorgbeleid hoogspanningslijnen

Wetenschappelijk onderzoek al van voor het begin eenentwintigste eeuw geeft aanwijzingen dat kinderen die in de buurt van een hoogspanningslijn wonen mogelijk een hogere kans hebben om leukemie te krijgen [21, 26]. Het Ministerie van VROM (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer) heeft in 2005 uit voorzorg een beleidsadvies uitgebracht voor gemeenten en netbeheerders [65]. Het advies is om, zoveel als redelijkerwijs mogelijk, te vermijden dat er nieuwe situaties⁴ ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan ELF-magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen⁵.

Actualisatie advies Gezondheidsraad

De Gezondheidsraad heeft in 2018 bestaand wetenschappelijk onderzoek, met inbegrip van de recentste onderzoeken, over het risico van extreem laagfrequente magneetvelden (hierna: ELF-magneetvelden) van hoogspanningslijnen opnieuw en in meer detail onderzocht en haar advies uit 2000 geactualiseerd. Dit gebeurde op verzoek van de huidige staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, mevrouw S. van Veldhoven. Hoewel er in wetenschappelijk onderzoek geen hard bewijs geleverd wordt, constateert de Gezondheidsraad dat er 'aanwijzingen voor een oorzakelijk verband' zijn tussen blootstelling van kinderen aan ELF-magneetvelden en het optreden van leukemie en wellicht hersentumoren bij kinderen. Bij kinderen die langdurig zijn blootgesteld aan een gemiddelde magneetveldsterkte van 0,3 tot 0,4 microtesla of meer, lijkt het risico op leukemie naar schatting ruim twee en een half keer zo hoog als bij kinderen die op het achtergrondniveau worden blootgesteld⁶. In haar advies van 18 april 2018 beveelt de Gezondheidsraad aan het huidige voorzorgbeleid met betrekking tot bovengrondse hoogspanningslijnen voort te zetten. Bovendien adviseert de Gezondheidsraad te overwegen dit beleid te verbreden naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan ELF-magneetvelden [23].

Evaluatie en verkenning maatregelen

In de kamerbrief van 29 mei 2018 [61] kondigt de staatssecretaris Van Veldhoven aan een evaluatie te willen uitvoeren naar de uitvoering van het voorzorgbeleid in de praktijk en de maatschappelijke effecten hiervan. Aangezien het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (vanaf nu: EZK) verantwoordelijkheid draagt voor de energiesector, is deze evaluatie uitgevoerd onder leiding van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), samen met de Ministeries van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK), Infrastructuur en Waterstaat (I&W), gemeenten en netbeheerders. Naast deze evaluatie wil de staatssecretaris een verkenning uitvoeren naar mogelijke maatregelen om het voorzorgbeleid te verbreden. Het voorliggende onderzoek is onderdeel van deze verkenning en richt zich op het verkrijgen van inzicht in:

- De sterkte van magneetvelden van hoogspanningsverbindingen in woningen in vergelijking met (de sterkte van) andere bronnen van ELF-magneetvelden in en nabij woningen, zoals transformatorhuisjes, meterkasten, en elektrische apparatuur in woningen.

⁴ Nieuwe situaties zijn conform het advies van 2005 van de minister van VROM: Nieuwe streek- of bestemmingsplannen, dan wel wijzigingen in bestaande, en Nieuwe bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel wijzigingen in bestaande.

⁵ Het aantal kinderen dat in Nederland in de directe nabijheid van een bovengrondse hoogspanningslijn woont is circa vijftien jaar geleden door de Gezondheidsraad en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) geschat op ongeveer 15.000. (Gezondheidsraad, 2000; en Pruppers, 2003) [23, p. 8]. RIVM geeft daarnaast aan dat 18.000 kinderen worden blootgesteld aan een veldsterkte boven 0,2 microtesla, daarvan 10.000 aan een veldsterkte boven 0,4 microtesla, en daarvan weer 8.200 aan een veldsterkte boven de 0,5 microtesla [60].[23].

⁶ Hoewel het vaststellen van een precieze risico inschatting gemoeid is met aanzienlijke onzekerheid acht de Gezondheidsraad de kans klein dat er in werkelijkheid geen verhoogd risico is [23].

- De gezondheidsrisico's van de magneetvelden van hoogspanningslijnen in vergelijking met andere gezondheidsrisico's die mensen in het dagelijkse leven lopen.

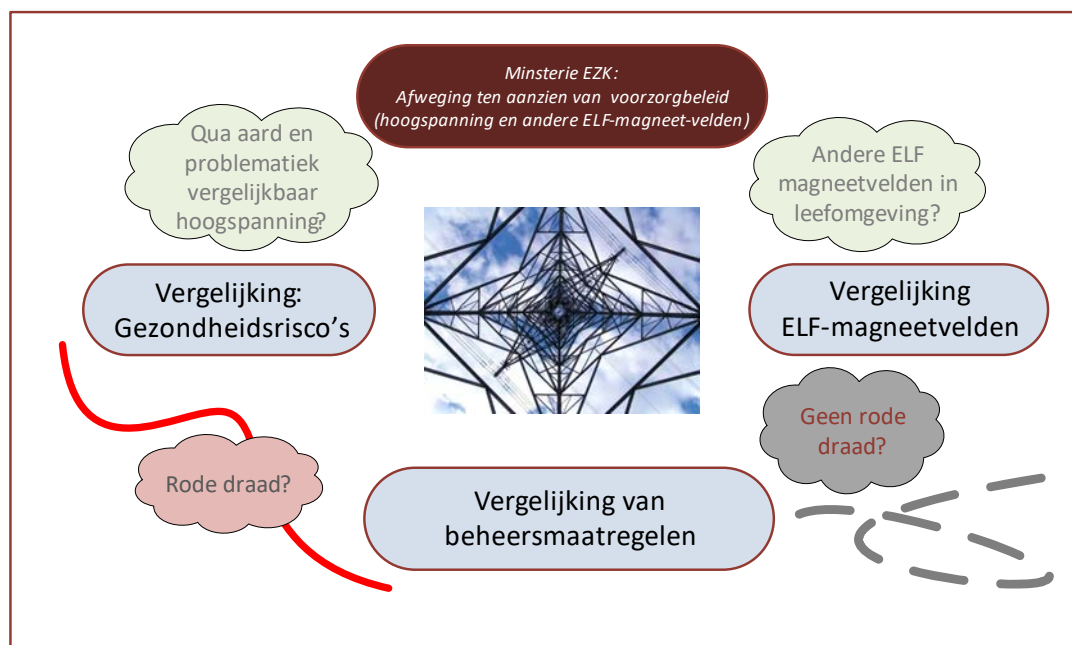
De gezondheidsrisico's en beleidsmatige beheersmaatregelen met betrekking tot ELF-magneetvelden staan daarbij centraal.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

Doel van het onderzoek

Dit literatuuronderzoek vergelijkt de gezondheidsrisico's van hoogspanningslijnen enerzijds met de gezondheidsrisico's van ELF-magneetvelden afkomstig van andere bronnen, en anderzijds met gezondheidsrisico's van andere risicovolle activiteiten in de leefomgeving. Tevens worden voor de verschillende gezondheidsrisico's de gekozen beleidsambities en beheersmaatregelen vergeleken.

*Het onderzoek is uitgevoerd op basis van beschikbare informatie. Het resultaat van de vergelijkingen biedt inzicht in de gezondheidsrisico's van hoogspanningslijnen en in de vraag of vergelijkbaar beleid en instrumenten zijn ingezet bij andere gezondheidsrisico's. In dit rapport spreken we in dit kader van **rode draden**. Een **rode draad** staat voor een specifiek type risicoprobleem en/of waarde van een risicodimensie dat/die consequent samenhangt met een specifieke ambitie en/of beheersmaatregel, of omgekeerd.*



Figuur 1 Doelstellingen literatuuronderzoek voorzorgbeleid hoogspanningslijnen

Onderzoekopgaven

Het onderzoek kent drie opgaven:

1. Het vergelijken van verschillende typen gezondheidsrisico's afkomstig van verschillende risicobronnen (bijvoorbeeld verkeer), waaronder ELF-magneetvelden van hoogspanningslijnen, op basis van een set van risicoparameters. Het doel is te identificeren in hoeverre de gezondheidsrisico's van elkaar verschillen, wat implicaties kan hebben voor de gekozen beleidsambities en -maatregelen.
2. De vergelijking van ELF-magneetvelden in de leefomgeving. Bronnen van ELF-magneetvelden bevinden zich zowel binnen- als buitenshuis, zoals: hoogspanningslijnen, transformatorhuisjes, laadpalen voor elektrische auto's, wekkerradio of elektrische dekens. Doel is om specifiek het elektromagnetische veld van hoogspanningslijnen te vergelijken met ELF-magneetvelden afkomstig van andere bronnen.
3. De uitwerking en vergelijking van de beleidsmatige beheersmaatregelen voor de gezondheidsrisico's, inclusief ELF-magneetvelden. Doel is te bepalen in hoeverre er een **rode** draad aanwezig is in de getroffen beleidsmatige beheersmaatregelen voor verschillende gezondheidsrisico's.

2 Extreem laagfrequente magneetvelden (ELF-magneetvelden)

2.1 Wat is een ELF-magneetveld?

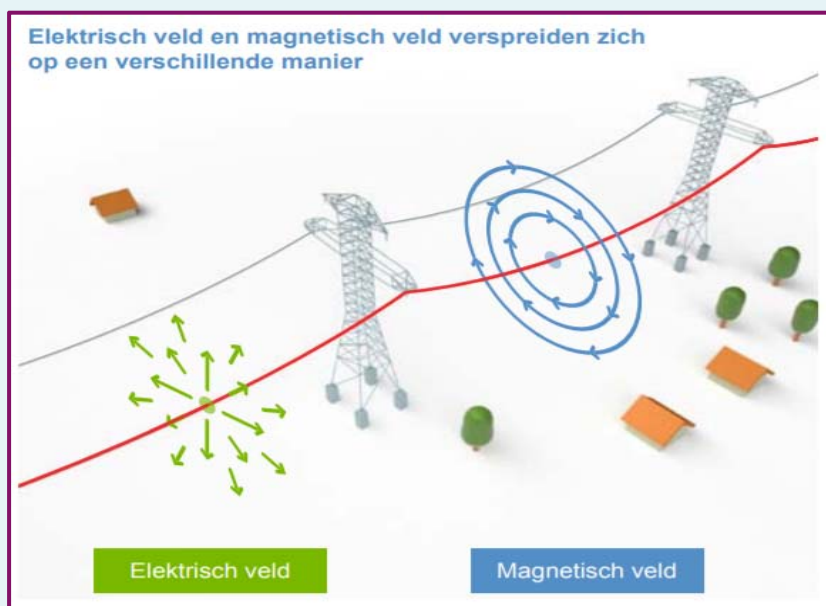
Dit onderzoek vergelijkt de risico's van ELF-magneetvelden. Wat is een ELF-magneetveld?

Elektromagnetisch veld - algemeen

Bij de opwekking, transport en gebruik van elektriciteit – in het bijzonder bij wisselstroom - ontstaan elektrische en magnetische velden. Deze komen in samenhang voor, bijvoorbeeld in elektriciteitscentrales, bij bovengrondse en ondergrondse kabels voor het transport van elektriciteit, bij transformatorhuisjes etc. Ook ontstaan deze bij het gebruik van elektrische apparatuur, zoals elektrische dekens, stofzuigers en elektrische wekkers.

Een elektrisch veld kan een magnetisch veld opwekken en omgekeerd:

- ✓ *Elektrisch veld:* ontstaat als gevolg van niet bewegende elektrische lading
- ✓ *Magnetisch veld:* ontstaat als gevolg van de beweging van elektrische lading (elektrische stroom)



Bron figuur: Kernadvies Hoogspanningslijnen Gezondheidsraad [23]

Figuur 2 Weergave van elektrisch en magnetisch veld

Frekwentie en sterkte van een elektromagnetisch veld

De sterkte van een elektrische veld hangt af van de spanning. Hoe hoger de spanning, hoe sterker het elektrische veld. De sterkte wordt uitgedrukt in kV/m. Voor een elektrisch veld geldt dat dit wordt afgezwakt door bomen, planten en bebouwing. Het dringt vrijwel niet door materialen heen.

De sterkte van een (elektro)magnetisch veld hangt af van de stroomsterkte door een stroomkabel of elektrisch apparaat. Hoe groter de stroomsterkte, hoe sterker het magnetisch veld. De sterkte van een magnetisch veld wordt uitgedrukt in tesla (T), meestal in microtesla (μ T). Een magneetveld wordt niet afgezwakt door objecten. Het dringt door in huizen en ook in het menselijk lichaam.

De sterkte van een magneetveld op een bepaalde plaats is afhankelijk van de afstand tot de bron van het magneetveld. Hoe groter de afstand tot de bron, hoe lager de sterkte van het veld wordt (vuistregel: afstand tot de bron 2 keer zo groot, sterkte van het veld circa 4 keer zo laag).

De typische frequentie van een elektromagnetisch veld is 50 Hz. Deze frequentie is typerend voor de elektriciteitsvoorziening in Europa.

ELF-magneetvelden

Magneetvelden in de woonomgeving zijn veelal zogenaamde ELF-magneetvelden (extreem laagfrequente velden). Dat zijn magneetvelden met frequenties tussen 0-300 Hz en een golflengte van meer dan 1000 km. Deze ELF-magneetvelden komen voor bij bijvoorbeeld hoogspanningslijnen, ondergrondse kabels, transformatorhuisjes en elektrische apparaten. ELF-magneetvelden staan in dit onderzoek centraal.

2.2 ELF-magneetvelden en gezondheid

Wetenschappelijk onderzoek heeft geen oorzakelijke verband aangetoond tussen magneetvelden en risico voor de gezondheid (kanker, ziekten van het zenuwstelsel – zoals Alzheimer, Parkinson, MS en ALS-, hart- en vaatziekten). Er zijn onderzoeken die een (redelijk consistente) *associaties*⁷ tussen gezondheidsrisico's en magneetvelden noemen:

- Internationaal epidemiologisch onderzoek wijst op een mogelijk verhoogd risico op leukemie en hersentumoren bij kinderen in de leeftijd tot 15 jaar die in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wonen, waar het magneetveld hoger is dan 0,4 μT [26, 62]. Dit beeld wordt ook bevestigd in het recente advies van de Gezondheidsraad van april 2018 [23, zie paragraaf 2.3].
- Uit een eerste onderzoek in Zwitserland is gebleken dat mensen die meer dan 10 jaar binnen 50 m van een hoogspanningslijn wonen, mogelijk een verhoogde kans hebben op overlijden aan de ziekte van Alzheimer [60].
- Sommige mensen schrijven gezondheidsklachten zoals hoofdpijn, vermoeidheid en concentratieproblemen toe aan allerlei bronnen van ELF magneetvelden. Vaak kan geen medische oorzaak worden gevonden voor deze klachten (lichamelijk onverklaarde klachten). [60]

Langdurige blootstelling versus gemiddelde en kortstondige blootstelling

Het is niet bekend of een eenmalige, korte, hoge veldsterkte - die uitgesmeerd wordt over een jaar ook tot een jaargemiddelde veldsterkte van 0,4 μT leidt - hetzelfde nadelige effect op de gezondheid heeft als een langdurige blootstelling. Een blootstelling gedurende bijvoorbeeld 1 uur per dag aan ongeveer 10 μT leidt ook tot een jaargemiddelde van 0,4 μT . De literatuur suggereert dat blootstellingsduur relevant is [19, 23].

Naast deze effecten kan blootstelling aan ELF-magneetvelden met hoge sterkte acute effecten - lichtflitsen in het oog en onwillekeurige spiersamentrekkingen - veroorzaken. Als de sterkte van het magnetische veld lager is dan 100 μT , de blootstellingslimiet die de EU voor leden van de bevolking heeft aanbevolen, dan treden deze effecten niet op. In dit onderzoek staan de potentiële langetermijneffecten van ELF-magneetvelden centraal.

⁷ "Bij relaties tussen blootstelling aan een bepaalde factor, zoals ELF magnetische velden, en een ziekte, zoals kinderleukemie, wordt onderscheid gemaakt tussen associatie en oorzakelijk verband. Men spreekt van een associatie tussen blootstelling en ziekte als beide vaker samen voorkomen dan op grond van toeval verwacht mag worden. Er is sprake van een oorzakelijk verband als de ziekte het gevolg is van de blootstelling. Een associatie tussen blootstelling en ziekte, bepaald uit een statistische analyse, geeft op zich geen uitsluitsel over een al dan niet oorzakelijk verband. Dit kan niet bepaald worden op basis van statistiek alleen. Daarvoor is aanvullende informatie nodig, bijvoorbeeld uit experimenteel onderzoek of over een biologisch werkingsmechanisme ([23], p. 8)

2.3 Beleidskeuzes ELF-magneetvelden

In Nederland zijn geen wettelijke normen gesteld voor de blootstelling aan ELF-magneetvelden. Wel is rijksniveau beleid ontwikkeld voor blootstelling aan lage veldsterkten met het oog op langetermijneffecten en voor de blootstelling aan hoge veldsterkten met het oog op kortetermijneffecten. Dit beleid is aanvullend op het EU-beleid dat betrekking heeft op ELFmagneetvelden met hoge veldsterkte

Voorzorgbeleid hoogspanningslijnen (lage veldsterkte)

Het beleid ten aanzien van de beperking van de blootstelling aan ELF-magneetvelden afkomstig van hoogspanningslijnen is voor het eerst genoemd in het nationaal Milieubeleidsplan 4 [63]. In de nota "Nuchter Omgaan met Risico's" [64] is vervolgens het beleidsdoel opgenomen dat er zo weinig mogelijk nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit beleidsdoel is ingevuld in het beleidsadvies van de Staatssecretaris van VROM in 2005 aan gemeenten, provincies en netbeheerders [65]. Hierin wordt een zonering geadviseerd en definities gegeven van magneetveldzone, nieuwe situaties, langdurige verblijfsduur van kinderen en gevoelige bestemmingen (zie kader).

Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen (Staatssecretaris van VROM, 2005 [65])

Advies om bij de vaststelling van streek en bestemmingsplannen en van de tracés van bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel bij wijzigingen in bestaande plannen of van bestaande hoogspanningslijnen, zoveel als redelijkerwijs mogelijk te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 μ T.

De magneetveldzone is de strook grond die zich aan beide zijden langs de hoogspanningslijn uitstrekt en waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger dan 0,4 μ T is of in de toekomst kan worden⁸.

Nieuwe situaties: definitie

- ✓ *Nieuwe streek- of bestemmingsplannen, dan wel wijzigingen in bestaande*
- ✓ *Nieuwe bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel wijzigingen in bestaande*

Voor "langdurig blootstellingen" wordt uitgegaan van kinderen die wonen, of verblijven in scholen, crèches of kinderopvangplaatsen die gelegen zijn in magneetveldzones.

Gevoelige bestemmingen voor kinderen (0-15 jaar)

- ✓ *Woningen*
- ✓ *Scholen*
- ✓ *Crèches*
- ✓ *Kinderopvangplaatsen*

(Locaties waar zich wel kinderen kunnen bevinden maar waar de verblijftijd vergeleken met wonen als kort kan worden bestempeld, zoals sportvelden, speeltuinen, zwembaden e.d., worden dus niet aangemerkt als gevoelige bestemming.)

Het voorzorgbeleid is gevoed door de maatschappelijke discussie omtrent de potentiële risico's van hoogspanningslijnen. De basis van het voorzorgbeleid vormt de geconstateerde redelijk consistente associatie tussen wonen in de nabijheid van hoogspanningskabels en het optreden van leukemie bij kinderen.

⁸ Voor de berekening van magneetveldzones is door het RIVM een Handreiking opgesteld. De actuele versie daarvan is te vinden op <http://www.rivm.nl/hoogspanningslijnen> [60]. Ook is daar de "netkaart" te vinden met voor elke individuele hoogspanningslijn of deel daarvan de breedte van de (indicatieve) magneetveldzone.

Het verschil in de benadering van nieuwe en bestaande situaties komt voort uit het ‘redelijkerwijs principe’: de gezondheidseffecten zijn onzeker en maatregelen hebben in bestaande situaties vaak grote gevolgen. Nieuwe situaties kennen meer keuzemogelijkheden en preventie is goedkoper dan sanering.

Het RIVM beheert de netkaart van de Nederlandse bovengrondse hoogspanningslijnen. Deze geeft voor elke individuele hoogspanningslijn of deel daarvan de breedte van de (indicatieve) magneetveldzone. De Netkaart is in juli 2018 geactualiseerd [60].

Beleid ten aanzien van andere ELF-magneetvelden met lage veldsterkte

Hoogspanningslijnen zijn niet de enige bron van blootstelling aan ELF-magneetvelden. Al in 2001 adviseerde RIVM nader onderzoek uit te voeren naar deze andere bronnen [26]. We gebruiken steeds meer elektrische apparaten [26]. Ook de Gezondheidsraad concludeert in haar jaarberichten vanaf 2000 regelmatig dat nader onderzoek en mogelijk aansluitend beleid wenselijk is.

Actualisatie advies Gezondheidsraad

In 2018 heeft de Gezondheidsraad het wetenschappelijk onderzoek opnieuw en in meer detail onderzocht. De Gezondheidsraad ziet nu meer aanwijzingen dat specifiek de magneetvelden mogelijk de veroorzaker van het verhoogde risico op kinderleukemie zijn. Deze magneetvelden worden door bodem en bouwmaterialen niet tegengehouden. In haar advies van 18 april 2018 beveelt de Gezondheidsraad aan het huidige voorzorgbeleid met betrekking tot bovengrondse hoogspanningslijnen voort te zetten en te overwegen dit te verbreden naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan magneetvelden [23]

Aanbeveling Gezondheidsraad 18 april 2018 [23]

“De commissie ziet in de huidige stand van wetenschap geen aanleiding de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat te adviseren het beleid met betrekking tot bovengrondse hoogspanningslijnen te heroverwegen. Omdat er aanwijzingen zijn voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan magnetische velden en een verhoogd risico op kinderleukemie en hersentumoren, en magnetische velden niet tegengehouden worden door bodem of bouwmaterialen, geeft de commissie vanuit gezondheidskundig oogpunt de staatssecretaris in overweging om het beleid uit te breiden naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan magnetische velden uit het elektriciteitsnetwerk, zoals transformatorstations en transformatorhuisjes.”



Figuur 3 Aanbeveling Gezondheidsraad [23]

Beleid ten aanzien van blootstelling aan hoge veldsterkten

Zowel door de EU als door de Gezondheidsraad zijn referentieniveaus voor kortdurende blootstelling opgesteld. De EU beveelt voor de magnetische veldsterkte een referentieniveau van 100 μ T aan [66]. De Gezondheidsraad adviseert 120 μ T [21]. Deze veldsterkten spelen met name in arbeidssituaties en zijn niet de focus van dit onderzoek.

3 Vergelijking van (gezondheids)risico's en beleidskeuzes

3.1 Waarom een risicovergelijking? → Risico's in perspectief

De beleving van een (gezondheids)risico gaat meestal over de beleving van een effect. Over wat er gebeurt als een incident of blootstelling zich voordoet. Niemand wil zich verantwoordelijk voelen voor wat er gebeurt als een incident zich voordoet. Dit leidt ertoe dat het mogelijke effect vaak sturend is in de besluitvorming. Als voorzorg wordt vaak veiligheidsmaatregel op veiligheidsmaatregel gestapeld, met hoge kosten als gevolg. De relatie met het risico kan uit het oog verloren worden.

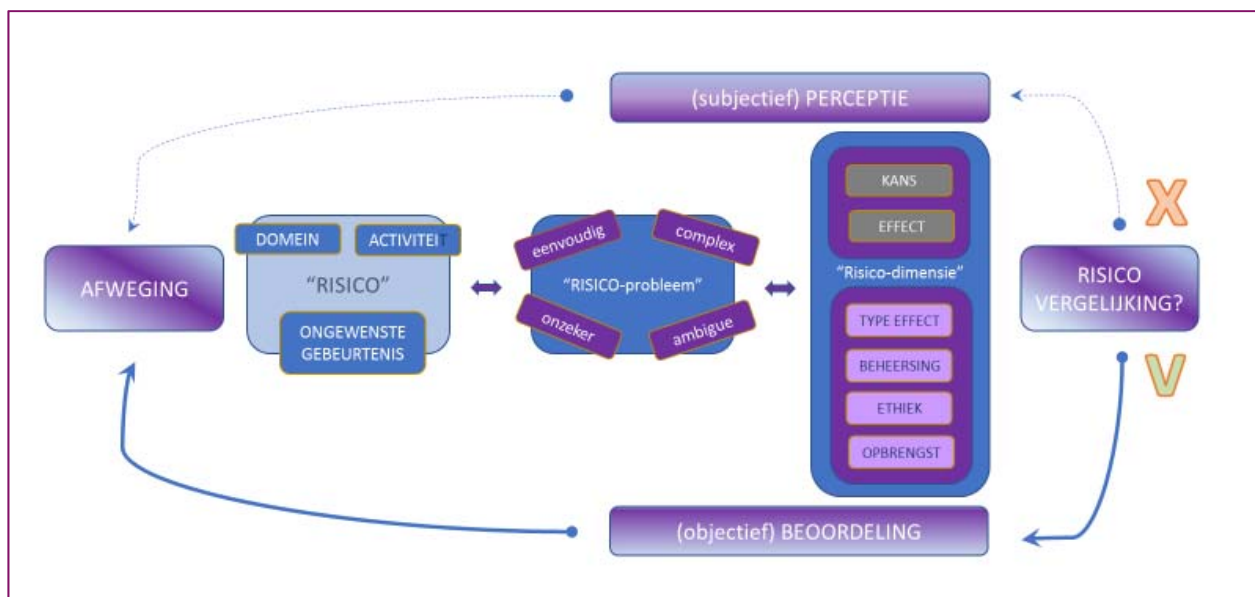
Risico is (=) kans (op incident/blootstelling) maal (x) effect (van het incident/blootstelling op de gezondheid)

*“De mogelijkheid, met een zekere mate van waarschijnlijkheid van schade aan de gezondheid, aan het milieu of aan goederen in combinatie met aard en omvang van die schade”
(Definitie Gezondheidsraad in “Niet alle risico's zijn gelijk” [67])*

Beleidsmatige beheersmaatregelen, inclusief voorzorgbeleid, hebben als doel de veiligheid te verhogen. Daarbij wordt meestal gekeken naar de specifieke risico's binnen het beleidsdossier in kwestie.

Een vergelijking met risico's uit andere beleidsdossiers kan een nuttige verbreding van het perspectief opleveren en het inzicht in de proportionaliteit van de te treffen beheersmaatregelen vergroten. De vraag om gezondheidsrisico's van ELF-magneetvelden van hoogspanningsverbindingen en het voorzorgbeleid te vergelijken met andere gezondheidsrisico's en de daarbij getroffen beheersmaatregelen, geeft invulling aan deze verbreding. Het onderzoek past hiermee in de trend van studies naar een meer consistente invulling van het beleid ten aanzien van gezondheidsrisico's, zie bijvoorbeeld [5], [1] en [3].

3.2 Parameters in een risicovergelijking

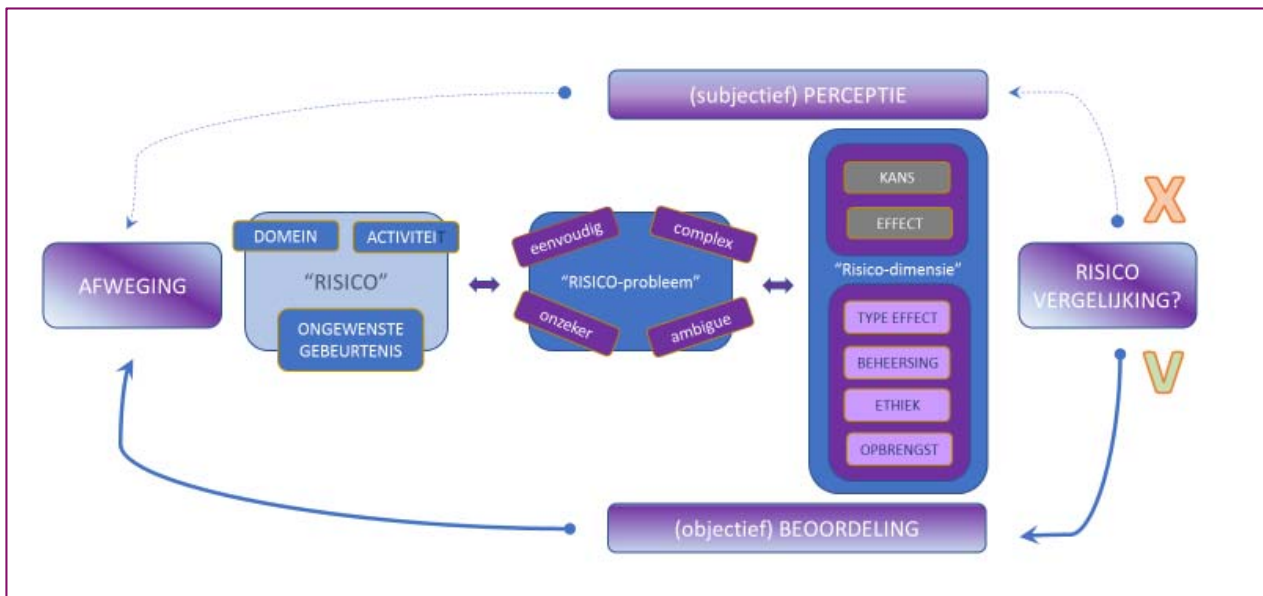


Figuur 4 illustreert op een vereenvoudigde wijze dat diverse parameters een rol spelen bij een risicovergelijking. Inzicht in hoe deze parameters invloed hebben op de vergelijking van de risico's is

noodzakelijk om te komen tot een zinvolle vergelijking van gezondheidsrisico's. De parameters kunnen worden verdeeld in drie groepen:

- De beschrijving van het risico
- Het type risicoprobleem
- De risicodimensies.

Bij een risicovergelijking zijn voorwaarden dat het risico eenduidig is beschreven en dat het type risicoprobleem en de risicodimensies zo objectief mogelijk vast te stellen zijn. Het mag geen subjectieve beleving van risico's, ofwel risico-perceptie, betreffen. Een risicovergelijking dient zoveel mogelijk "waardenvrij" te zijn.



Figuur 4 Parameters in een risicovergelijking

Beschrijving van het risico – risicodomein, risicoactiviteit en ongewenste gebeurtenis

Risico's zijn vaak niet eenduidig. Veelal wordt een domein als risico benoemd, bijvoorbeeld "wegverkeer" of "Uv-straling". Wat is dan het werkelijke risico? Is dat het risico voor de inzittende van een auto om bij een verkeersongeluk te overlijden, of het risico voor de voetganger die kan worden aangereden en gewond raakt, of is het gezondheidsrisico voor omwonenden om ziek te worden van de uitlaatgassen? Behalve het domein, zijn de risicovolle activiteit (hazard) en de ongewenste gebeurtenissen (incident of blootstelling) die samenhangen met deze activiteit, belangrijk in de beschrijving van het risico.

Definitie:

Een gezondheidsrisico hangt samen met een risicovolle activiteit (hazard) binnen een risicodomein. Het risico is de kans op een ongewenste gebeurtenis (incident of blootstelling) met een schadelijk effect op de gezondheid.

Een risicovergelijking kan plaatsvinden als duidelijk is wat de activiteit is en welke ongewenste gebeurtenis van toepassing is. Binnen een domein kunnen alleen generieke conclusies worden getrokken.

Beleidsmatige beheersmaatregelen zien vaak toe op een risicodomein. Binnen deze domeinen zijn verschillende activiteiten te benoemen die elk kunnen leiden tot een ander risico. Ook hiervoor kunnen specifieke beheersmaatregelen zijn geformuleerd.

Type risicoprobleem

In de literatuur over *risk governance* (e.g. [68] en [69]) wordt onderscheid gemaakt tussen eenvoudige, complexe, onzekere en ambigue risicoproblemen⁹. Deze verschillende risicoproblemen kunnen als volgt gedefinieerd worden:

- Waar op basis van ervaring of wetenschappelijk onderzoek onomstreden kennis bestaat over zowel de kans op als de aard van zulke gevolgen, wordt over eenvoudige risicoproblemen gesproken. Ook de reden waarom een risicovolle activiteit ondernomen wordt en wie daar baat bij hebben, is (doorgaans) bekend.
- Van complexe risicoproblemen wordt gesproken wanneer de kennis nog onderwerp van wetenschappelijke discussie is, omdat onderzoek ernaar geconfronteerd wordt met bijvoorbeeld lange tijdsintervallen tussen oorzaak en gevolg, niet-lineaire effecten, aanzienlijke interindividuele variëteit of andere factoren die de schatting van de omvang van het risicovraagstuk een onzeker karakter geven.
- Van onzekere risicoproblemen is sprake wanneer het vaststellen van die omvang op inherente problemen stuit, bijvoorbeeld omdat essentiële kennis ontbreekt of door de complexiteit van systemen. Deze onzekerheden kunnen ook gelden voor de ‘voordelen’: de inschatting hiervan kan immers meer of minder zeker zijn.
- Van ambigue risicoproblemen is sprake als de aard van de risicovolle activiteit, de daaraan verbonden voor- en nadelen, en daarmee de afwegingen die gemaakt moeten worden, controversieel zijn. Dan staat vaak ook de vraag ter discussie of en in welk opzicht van voor- en nadelen gesproken kan worden. Naast de wetenschappelijke vraag over de inschatting spelen ook normatieve vragen.

Dit raamwerk van risicoproblemen is overgenomen door wetenschappelijke onderzoeksinstituten in Nederland (zie [1], [14] en [17]). Deze bronnen geven aan dat het type risicoprobleem sturend is voor het type beleidsmatige beheersmaatregelen en de vorm van het beslissingsproces.

Risicodimensies

Hoewel risico's vaak besproken worden in termen van kansen en effecten, zijn voor maatschappelijke en beleidsmatige discussie over risico's en veiligheid meerdere dimensies¹⁰ van het risico relevant, zoals de mate van vrijwillige keuze voor blootstelling aan een gevaar en de mate van onbillijkheid in de verdeling tussen de mensen die “last” hebben van het risico en zij die profiteren van het risico ([1], [2]). Risicodimensies zijn zowel positief als negatief van aard. Positieve consequenties als werkgelegenheid, gezondheid, mobiliteit en welbevinden en de mogelijkheid om (extra) maatregelen te nemen zijn ook bepalend voor het ervaren (rest)risico.

⁹ Hierbij is het belangrijk om te vermelden dat dit een conceptueel onderscheid is. In de praktijk is zijn de grenzen tussen de verschillende categorieën niet scherp, en bestaat er afhankelijkheid tussen complexiteit, onzekerheid, en ambigüiteit (zie ook [1] en [14]).

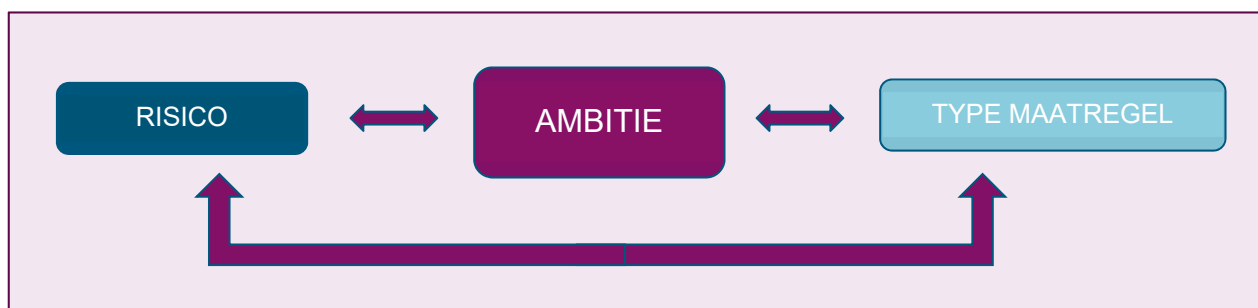
¹⁰ Er bestaat geen limitatieve opsomming van risicodimensies. Inzicht in mogelijke risicodimensies geven de zogenaamde *fright factors*’ (zie [2], pagina 15, Oorspronkelijke bron: Bennet, P. (1998). *Communication about risks to public health. Pointers to good practice.* Skipton House: Department of Health.):

- ✓ De mate van waarschijnlijkheid;
- ✓ Rampzaligheid in zin van de mogelijke omvang van de ramp;
- ✓ Onvrijwilligheid;
- ✓ Onbillijkheid (wie profiteert, wie draagt de gevolgen?);
- ✓ De (veronderstelde) onbeheersbaarheid van optreden of gevolgen (mate van persoonlijke invloed);
- ✓ Gebrek aan vertrouwen in of openheid van verantwoordelijke instituties;
- ✓ Nieuwe technologie die niet vertrouwd is;
- ✓ Verborgene, uitgestelde en onomkeerbare schade (bijvoorbeeld kanker na vele jaren blootstelling);
- ✓ Onhelderheid over maatschappelijke voordelen van risicodragende activiteit;
- ✓ Mogelijkheid tot identificatie met slachtoffers;
- ✓ Schadelijke intentie veroorzakers.

3.3 Risico's, ambities en beleidskeuzes

Ambitie versus maatregel

De formulering van beleidsmaatregelen is afhankelijk van welke ambitie hiermee is beoogd. Gaat het om het volledig wegnemen van alle risico's (nul-risico), wordt een bepaald maximaal risiconiveau beoogd, of gaat het slechts om bewustwording? De ambitie is medebepalend voor de beheersmaatregelen: Is een harde norm wenselijk of is voorlichting voldoende? Moet deze voorlichting dan actief (Postbus 51, campagnes) of passief (informatie via internet) van aard zijn?



Figuur 5 Ambitie is bepalend voor het type maatregel

Ambities kunnen een verschillende oorsprong hebben. Sommige ambities komen voort uit de risicoregelreflex na incidenten, andere niet. Het doel kan zijn het wegnemen van publieke onrust, of een zo kosteneffectief mogelijke aanpak. Actieve voorlichting als beheersmaatregel kan bijvoorbeeld ook bijdragen aan het wegnemen van onrust.

“Niet alle risico's zijn gelijk”

Verschillende beleidsvelden kennen een verschillende interpretatie van het begrip risico en als gevolg daarvan een verschil in acceptatie daarvan [67]. Dit uit zich in de keuze voor een bepaalde ambitie, bijvoorbeeld een risico- of effectbenadering, afhankelijk van het beleidsveld en/of departement.

Risico versus effect

De manier waarop een risico benaderd wordt maakt uit voor de wijze waarop beleid tot stand komt. In Nederland spreken we over het verschil in een risico- of effectbeleid. Bij een effectbenadering wordt vooral rekening gehouden met het voorkomen van negatieve effecten, en wordt niet expliciet rekening gehouden met de *kans* op een bepaald effect. Het gevaar van een dergelijke benadering is dat de kosten en de baten uit balans raken; de financiële investering om het effect te voorkomen of te beperken levert relatief weinig gezondheidswinst op. Hierdoor kan disproportioneel beleid ontstaan [2].

Voorzorg

Het voorzorgprincipe is een moreel en politiek principe en kan worden ingezet als er geen wetenschappelijke consensus is over de potentiële effecten van een activiteit. De basis is dat als een activiteit potentieel ernstige of onomkeerbare schade kan veroorzaken aan de samenleving of het milieu, de bewijslast dat dit niet het geval is, ligt bij de voorstanders van deze activiteit. Het voorzorgprincipe impliceert dat de overheid niet mag wachten met het nemen van maatregelen totdat een bewijs van schadelijke effecten is geleverd. Het legitimeert handelen van de overheid om bepaalde activiteiten te reguleren.

Er bestaan verschillende invullingen van voorzorg. Ook hier geldt: welke ambitie is beoogd? Het is niet alleen het vermijden van bepaalde risico's. Er kan ook gekozen worden voor gedeeltelijke voorzorg, zoals een onderzoeksverplichting voor een activiteit ondernomen kan worden [14].

4 Methodiek en werkwijze

4.1 Opzet van de methodiek

4.1.1 Randvoorwaarden aan de onderzoeksmethodiek

Dit literatuuronderzoek beoogt een zinvolle vergelijking van gezondheidsrisico's, waarbij de gezondheidsrisico's van hoogspanningslijnen en andere bronnen van ELF-magneetvelden centraal staan. Dit leidt tot een aantal randvoorwaarden.

Bestaande gegevens

Het onderzoek gaat uit van bestaande literatuur en publicaties, waaronder de diverse onderzoeken die ten grondslag liggen aan het voorzorgbeleid voor hoogspanningslijnen. Door de onderzoekers is geen aanvullend onderzoek gedaan. Primair uitgangspunt is het door het Ministerie van EZK in de offerteaanvraag verstrekte literatuuroverzicht.

ELF-magneetvelden staan centraal

De gezondheidsrisico's en beleidsmatige beheersmaatregelen voor ELF-magneetvelden van verschillende bronnen staan centraal in het onderzoek. Magneetvelden dringen in tegenstelling tot elektrische velden door in materialen en het menselijk lichaam.

Omvang van de risicovergelijking is beperkt; diversiteit qua type probleem en effect

De risicovergelijking spitst zich toe op gezondheidsrisico's. Andere typen risico's worden niet beschouwd. De omvang van de risicovergelijking is in overleg met de begeleidingscommissie gelimiteerd tot 23 gezondheidsrisico's. Om een zinvolle vergelijking tussen de risico's te kunnen maken is binnen deze beperkte omvang diversiteit belangrijk, zowel qua type risicoprobleem als qua risicodimensie. Een randvoorwaarde is ook dat gezondheidsrisico's van de verschillende ELF-magneetvelden terugkomen, dus naast hoogspanningslijnen de andere bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem, zoals ondergrondse leidingen en transformatorhuisjes, en elektrische apparaten binnen- en buitenshuis.

Risicovergelijking is objectief: systematische vergelijking voorkomt willekeur

Diverse parameters kunnen in het kader van een risicovergelijking onderling vergeleken worden. De voorwaarde is dat de vergelijking zich richt op het zo objectief mogelijk beoordelen van risico's.

In deze risicovergelijking is gekozen voor een systematische benadering waarbij het type risicoprobleem en de risicodimensies het risico kenmerken. De systematische benadering helpt om willekeur en complexe discussies te vermijden. De selectie van de gezondheidsrisico's en de vergelijkingen zelf blijven subjectief, maar zijn door het toepassen van de systematiek niet arbitrair. Vanwege de beperkte omvang van het onderzoek zijn keuzes gemaakt ten aanzien van het aantal dimensies en het detail- en schaalniveau van de beoordeling.

4.1.2 Onderzoekshypothesen als basis voor methodiek

Belangrijk bij het onderzoek is de 'informatiebehoefte' in het oog te houden. Het formuleren van onderzoekshypothesen maakt een systematische toetsing van de onderzoeksresultaten hierop mogelijk.

De gezondheidsrisico's worden gekenmerkt door het type risicoprobleem en de waarde van risicodimensies:

- Type risicoproblemen zijn eenvoudige, complexe, onzekere en ambigue risicoproblemen (zie ook paragraaf 3.2).
- Risicodimensies betreffen aspecten als aard van het risico, vrijwilligheid van het risico en maatschappelijke opbrengsten (zie ook paragraaf 3.2).

Om te toetsen of er patronen (ofwel **rode** draden) aanwezig zijn tussen verschillende gezondheidsrisico's en typen beleidsambities en -maatregelen, zijn op basis van de kenmerken twee hypothesen geformuleerd:

Hypothese 1

Het type risicoprobleem bepaalt de beleidsambities en -maatregelen [68]

De categorisering in risicoproblemen vormt de basis om de verschillende gezondheidsrisico's in te delen. Voorwaarde voor de toetsing van deze hypothese is dat de selectie van gezondheidsrisico's van elk type risicoproblemen voldoende voorbeelden bevat. Het onderzoek houdt hiermee rekening. Per type risicoprobleem zijn minimaal 4 gezondheidsrisico's geselecteerd

Hypothese 2

De waarde van specifieke risicodimensies heeft invloed op de beleidsambities en -maatregelen [2, 5].

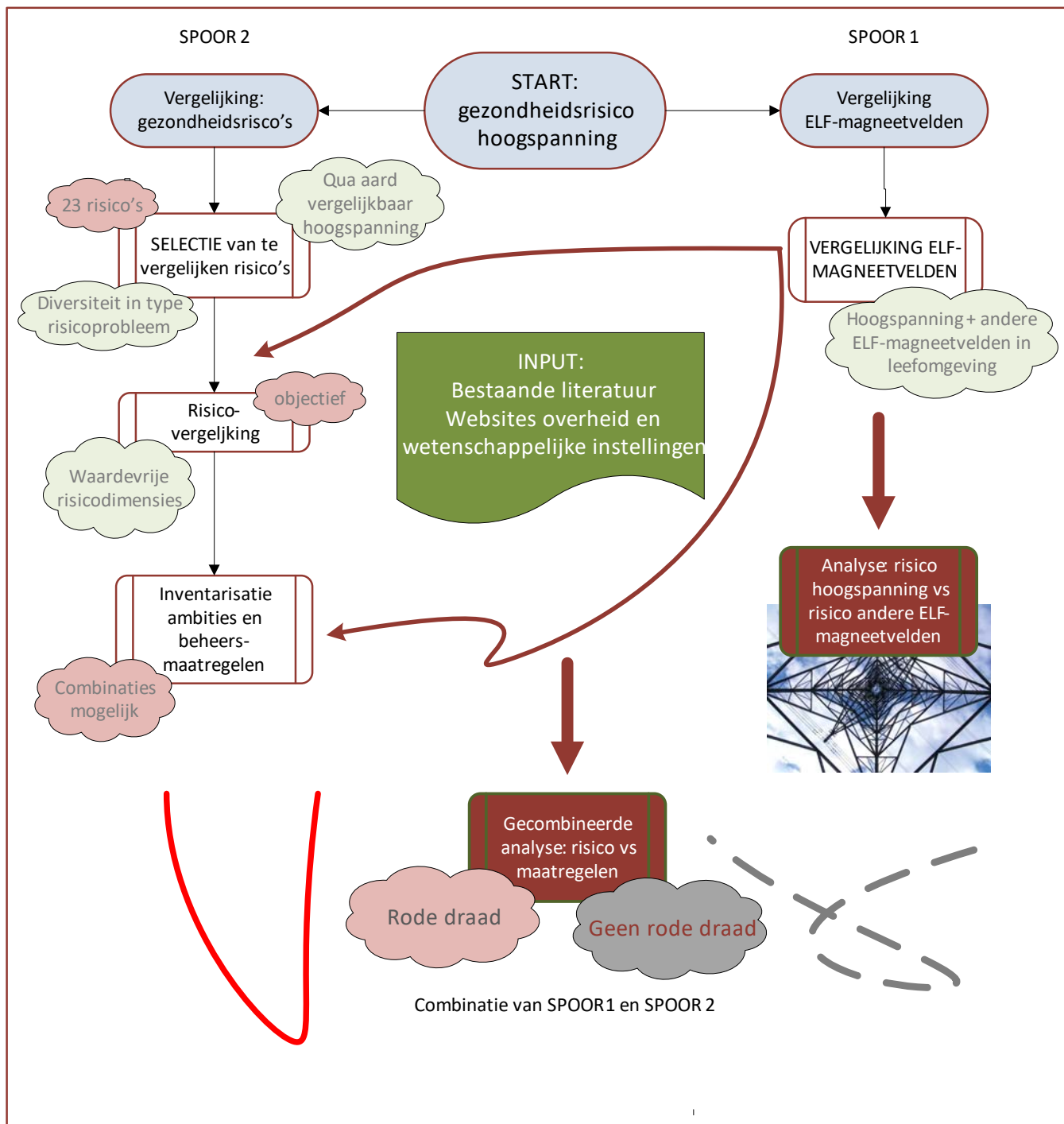
Voor maatschappelijke en beleidsmatige discussie over risico's en veiligheid zijn meerdere dimensies van het risico relevant. Om een uitspraak te kunnen doen over de vergelijkbaarheid van beleidsmatige beheersmaatregelen in relatie tot het gezondheidsrisico is inzicht in meerdere dimensies belangrijk. Naast het 'getalsmatige' risico, ofwel kans x effect, beoordeelt het onderzoek voor de geselecteerde gezondheidsrisico's een aantal aanvullende risicodimensies.

NB.

*Aangezien een hypothese niet aangepast dient te worden op basis van resultaten, kan deze aanpak tot gevolg hebben dat er voor een de geselecteerde gevarieerde set gezondheidsrisico's weinig variatie in beleidsmaatregelen blijkt te zijn. Gezien de strekking van de onderzoeksvraag (is er een **rode** draad te identificeren?) beschouwen wij dit als een mogelijk en acceptabel resultaat*

4.1.3 Beschrijving van de opzet van de methodiek

De bovengenoemde randvoorwaarden en de hypothesen vormen samen de basis voor de onderzoeksmethodiek. De methodiek van de uitvoering van het literatuuronderzoek is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6 Methodiek uitvoering literatuurstudie hoogspanningslijnen

De methodiek volgt twee sporen: de onderlinge vergelijking van de ELF-magneetvelden en de vergelijking van de gezondheidsrisico's van ELF-magneetvelden met andere gezondheidsrisico's. De vergelijking van gezondheidsrisico's kent drie stappen:

1. De selectie van de te vergelijken gezondheidsrisico's uit de set onderzoeksrapporten.
2. De vergelijking van de geselecteerde gezondheidsrisico's op basis van het type risicoprobleem en de risicodimensies.
3. De inventarisatie van de ten aanzien van de geselecteerde gezondheidsrisico's heersende ambities en van toepassing zijnde beheersmaatregelen.

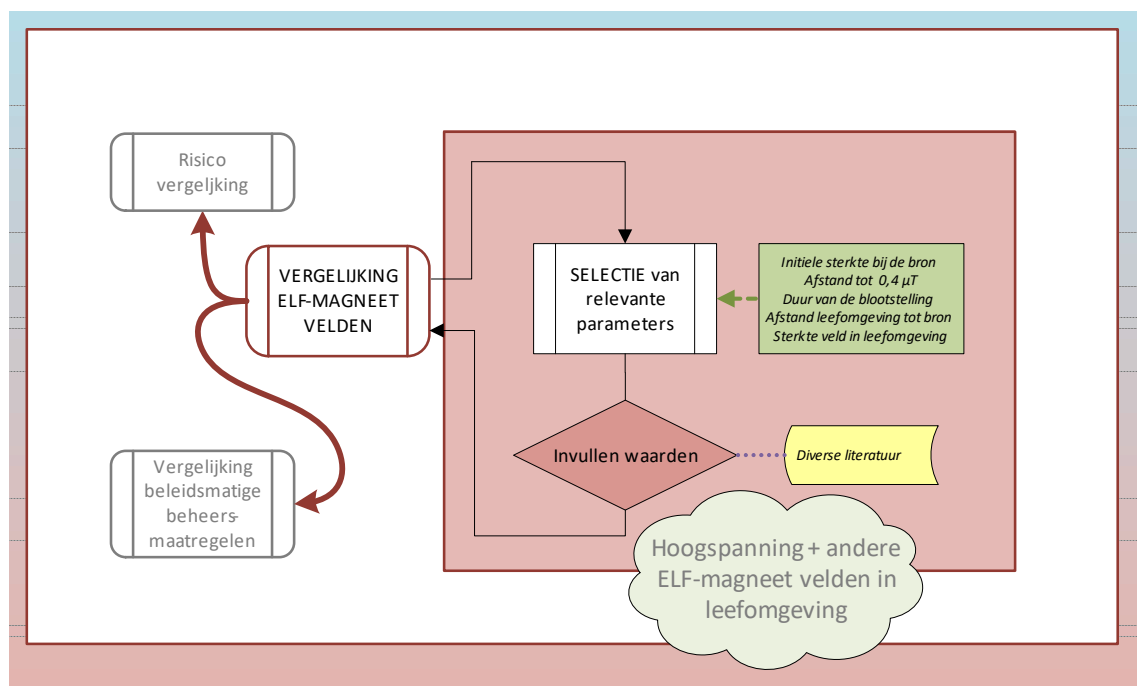
De resultaten van de vergelijking van de ELF-magneetvelden geven input voor de risicovergelijking en voor de inventarisatie van ambities en beheersmaatregelen.

De analyse van de resultaten van de onderlinge vergelijking van de ELF-magneetvelden richt zich op de vraag of andere bronnen van magneetvelden even sterk en langdurig zijn als hoogspanningslijnen. De gecombineerde analyse contrasteert de resultaten van de risicovergelijking met de resultaten van de inventarisatie van ambities en beheersmaatregelen. Dit geeft inzicht in de aanwezige patronen ('rode draden') tussen verschillende gezondheidsrisico's en typen beleid.

4.2 Vergelijking van ELF-magneetvelden

Figuur 7 licht de werkwijze van de vergelijking van ELF-magneetvelden toe.

Vergelijking ELF-magneetvelden



Figuur 7 Vergelijking van ELF-magneetvelden

Parameters voor de vergelijking van ELF-magneetvelden

Belangrijk voor een (eventueel) gezondheidsrisico van ELF-magneetvelden zijn de volgende aspecten:

- ✓ Algemeen:
 - Sterkte van het (magneet)veld op de locatie van blootstelling
 - Duur van de blootstelling
- ✓ Langetermijneffect: 0,4 μ T
- ✓ Kortetermijneffect: 100 μ T

In het onderzoek zijn voor verschillende bronnen van ELF-magneetvelden de volgende gegevens naast elkaar gezet:

- Ter beoordeling van de sterkte van het ELF-magneetveld in de leefomgeving:
 - ✓ De initiële sterkte van het veld bij de bron (in μ T)
 - ✓ De afstand waar de magnetische veldsterkte op enig moment 0,4 μ T bedraagt
 - ✓ De (gemiddelde) afstand van de leefomgeving tot de bron
 - ✓ De sterkte van het veld op deze (gemiddelde) afstand.
- De duur van het optreden van het veld

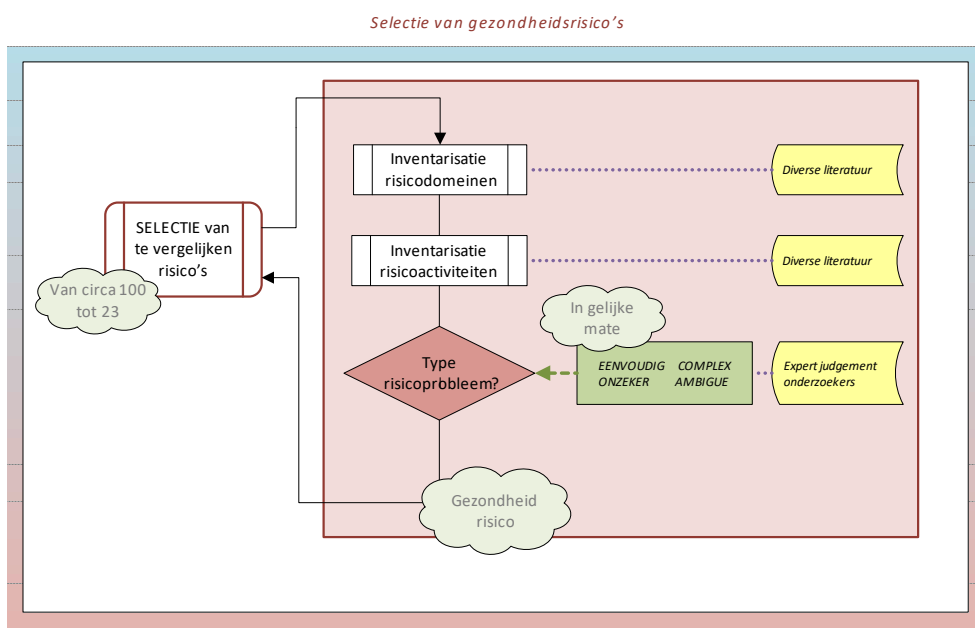
Drie groepen typische ELF-magneetvelden

De geraadpleegde literatuur bevat gegevens van drie typische groepen ELF-magneetvelden:

- ELF-magneetvelden als gevolg van bovengrondse hoogspanningslijnen (spanning 50 kV en hoger)
- ELF-magneetvelden als gevolg van permanent aanwezige bronnen ten behoeve van het elektriciteitsdistributiesysteem buitenshuis (bijvoorbeeld ondergrondse hoogspanningskabels (50 kV en hoger), midden- en laagspanningskabels, transformatorhuisjes etc.)
- ELF-magneetvelden als gevolg van permanente en niet permanente bronnen, vooral elektrische apparaten, in de directe leefomgeving (bijvoorbeeld stofzuiger, koelkast, elektrische fiets).

4.3 Selectie van te vergelijken gezondheidsrisico's

Figuur 8 licht de gevolgde werkwijze bij de selectie van gezondheidsrisico's toe.



Figuur 8 Selectie van gezondheidsrisico's

Inventarisatie van risicodomeinen en risicoactiviteiten

Op basis van de beschikbare literatuur is door de onderzoekers een overzicht gemaakt van alle hierin genoemde risicodomeinen en risicoactiviteiten.

Primair uitgangspunt zijn de risicodomeinen zoals gedefinieerd door RIVM [4, 7]. Dit betreft 25 verschillende risicodomeinen, zoals waterveiligheid, Uv-straling etc. In andere risicovergelijkingen is uitgegaan van risicoactiviteiten met bijbehorende ongewenste gebeurtenissen [2, 3]. Deze activiteiten zijn vaak een voorbeeld van risico's die binnen deze risicodomeinen vallen. Of anders geformuleerd: Binnen de risicodomeinen is informatie over verschillende activiteiten beschikbaar.

Niet alle activiteiten die in risicovergelijkingen zijn beschouwd, kunnen worden toegedeeld aan de RIVM-risicodomeinen. Zo zijn in de literatuur wel gegevens gevonden over besmetting door bijvoorbeeld Lyme, maar is besmetting als zodanig niet een door het RIVM geïdentificeerd risicodomein. Door de onderzoekers zijn extra domeinen toegevoegd aan de RIVM-risicodomeinen.

Een volledig overzicht van de beschouwde risicodomeinen en de daarbinnen beschouwde risicoactiviteiten is opgenomen in het rapport "Beoordelingskader, uitgangspunten en factsheets ten behoeve van onderzoek hoogspanningslijnen", dat een bijlage vormt van dit rapport. Totaal betreft het circa 100 gezondheidsrisico's.

Selectie van risicodomeinen en risicoproblemen

De beschikbare risicovergelijkingen in de literatuur gaan uit van risicoactiviteiten. De selectie van de te beschouwen gezondheidsrisico's is per definitie op activiteitsniveau.

Definitie (conform paragraaf 3.2):

Een gezondheidsrisico hangt samen met een risicovolle activiteit binnen een risicodomein. Het risico is de ongewenste gebeurtenis met een schadelijk effect op de gezondheid.

De literatuur maakt onderscheid in eenvoudige, complexe, onzekere en ambigue risicoproblemen. Door de onderzoekers is op basis van de literatuurbeschrijvingen van de risico's van het risicodomein en de activiteiten een beoordeling gemaakt van het type risicoprobleem dat het risicodomein of onderliggende -activiteit kenmerkt.

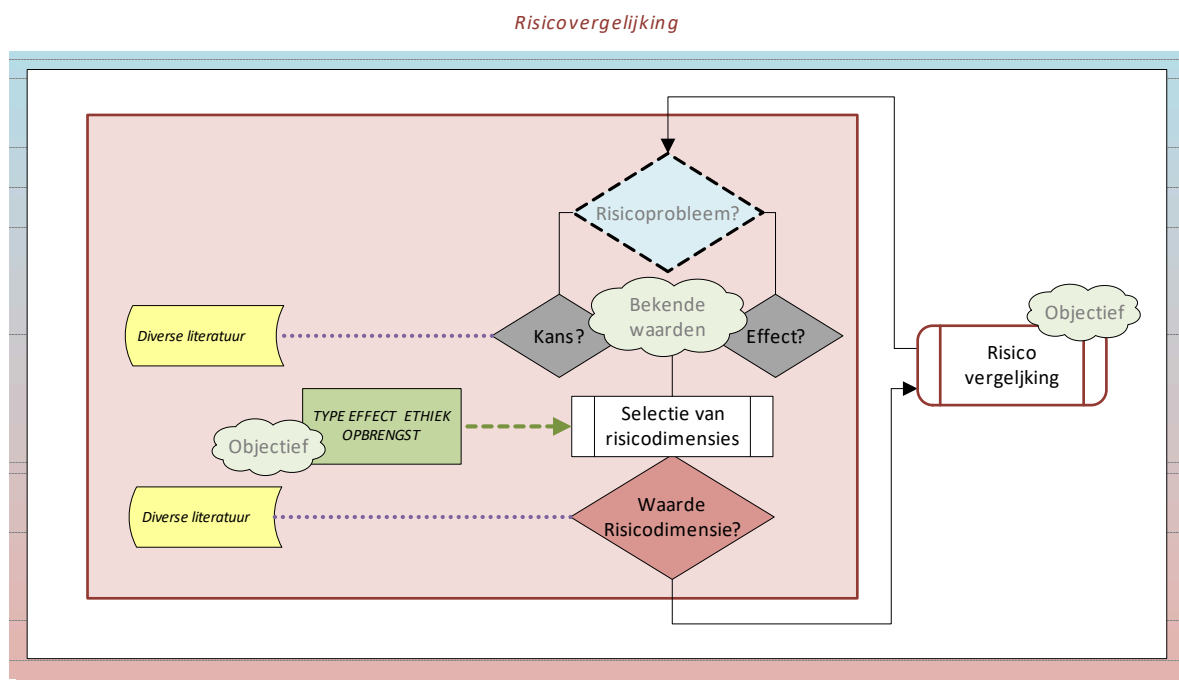
De categorisering in risicoproblemen is de basis om de verschillende gezondheidsrisico's in te delen en vervolgens te selecteren. Ten behoeve van een effectieve risicovergelijking is gestuurd op het creëren van diversiteit in risicoproblemen. Vanuit de voorwaarde dat alle typen risicoproblemen worden meegenomen en een diversiteit van risico's wordt beschouwd, zijn uiteindelijk 23 gezondheidsrisico's geselecteerd uit zoveel mogelijk verschillende risicodomeinen. Totaal betreft het 19 risicodomeinen.

Tabel 1 Overzicht van geselecteerde gezondheidsrisico's (risicodomeinen en activiteiten)

Risicodomein	Risicovolle activiteiten
(1) Waterkwaliteit	Consumeren van water met resten van geneesmiddelen
(2) Waterkwaliteit	Consumeren van water met resten van bestrijdingsmiddelen
(3) Waterveiligheid	Wonen in laaggelegen gebied met gevaar van overstromingen
(4) Externe veiligheid	Wonen binnen het invloedsgebied van een Brzo-inrichting
(5) Verkeersveiligheid voor weg	Personenverkeer: inzittende of bestuurder van auto of vrachtwagen
(8) Luchtverkeersveiligheid	Wonen nabij een luchthaven
(9) Straling in de woning	Wonen in een stenen/betonnen huis waarbij radon vrijkomt
(10) Luchtkwaliteit	Wonen nabij een snelweg (fijnstof)
(10) Luchtkwaliteit	Wonen nabij veehouderij (geuroverlast)
(11) Geluid	Wonen nabij een snelweg
(12) Bodem	Wonen op verontreinigde grond
(14) Stoffen	Blootstelling aan gevaarlijke stoffen in de leefomgeving
(14) Stoffen	Blootstelling aan ZZS/HVS in de leefomgeving
(16) Nanomaterialen	Gebruiken van producten met nanomaterialen
(17) Zelfrijdende auto's	Rijden in een zelfrijdende auto
(21) Uv-straling	Blootstelling aan Uv-straling veroorzaakt door de zon
(22) ELF-magneetvelden	Blootstelling aan ELF-magneetvelden, veroorzaakt door elektrische apparaten in de leefomgeving
(22) ELF-magneetvelden	Wonen nabij hoogspanningslijnen
(22) ELF-magneetvelden	Wonen nabij andere bronnen van ELF-magneetvelden in het elektriciteitsdistributiesysteem
(23) Schaliegas	Wonen nabij schaliegas winning
(25) Nucleaire installaties	Binnen het invloedsgebied van een kernreactor wonen
(A) Besmetting door Zoönosen	Contact met dieren (Zoönosen)/
(E) Levensstijl/gezondheid	Actief roken

4.4 Risicovergelijking

Figuur 9 licht de gevolgde werkwijze bij de uitvoering van de risicovergelijking toe.



Figuur 9 Uitvoering risicovergelijking

Selectie van risicodimensies

Naast het 'getalsmatige' risico, ofwel kans x effect, beoordeelt het onderzoek voor de geselecteerde gezondheidsrisico's een aantal aanvullende risicodimensies. Voorwaarde is dat deze dimensies objectief te beoordelen zijn. De risicovergelijking dient zoveel mogelijk "waardenvrij" te zijn. De onderzoekers hebben dit ingevuld door in het beoordelingskader definities en criteria op te nemen.

Inzicht in mogelijke risicodimensies geven de zogenaamde 'fright factors' ([2] pagina 15). Van deze fright factors is in Tabel 2 aangegeven in hoeverre deze naar mening van de onderzoekers objectief of min of meer objectief te beoordelen zijn (*expert judgement* onderzoekers). De gemarkeerde dimensies (X) zijn meegenomen in het onderzoek.

NB (2x)

De beoordeling van de mate van objectiviteit is per definitie subjectief, én

Een vergelijking vergt per definitie een subjectief oordeel van de persoon die de vergelijking maakt.

Tabel 2 Risicodimensies en mate van objectiviteit

Risicodimensie	Beschrijving/ sub-aspecten	Mate van objectiviteit		
		Objectief	Beide	Subjectief
Kans	Mate van waarschijnlijkheid	X		
Effect	Rampzaligheid in zin van de mogelijke omvang van de ramp	X		
Type effect	Acuut/zichtbaar versus verborgen of uitgestelde schade	X		
	De (veronderstelde) beheersbaarheid van optreden of gevolgen Mate van persoonlijke invloed		X	
Ethiek	Mate van (on)vrijwilligheid		X	
	Mate van bekendheid (nieuw of niet vertrouwd)		X	
	Mogelijkheid tot identificatie met de slachtoffers			-
	Gebrek aan vertrouwen in of openheid van de verantwoordelijke instanties Schadelijke intentie veroorzakers			-
	Onbillijkheid (wie profiteert, wie draagt de gevolgen?)			-
Opbrengsten	Mate van collectieve individuele opbrengsten Mate van collectieve opbrengsten		X	
	Onhelderheid over maatschappelijke opbrengsten			-

Beoordeling van de risicodimensies

De beschikbare informatie en de informatiebehoefte zijn bepalend voor het gewenste detailniveau van de risicovergelijking. De keuze van de schaal van de risicovergelijking is belangrijk. Betreft het de waarde voor een individu, voor een specifieke blootgestelde groep of voor de gehele populatie van een stad of land? Voor de beoordeling is het ook belangrijk inzicht te hebben wie de risicodragers is. Is dit bijvoorbeeld de automobilist of de toevallige voorbijganger? [1, 3]. Met dit inzicht wordt bijvoorbeeld de mate van vrijwilligheid of de eventuele beheersbaarheid van het risico duidelijk. Het formuleren van concrete risicovolle activiteiten is noodzakelijk voor de beoordeling.

Tabel 3 geeft op hoofdlijnen weer hoe met de beoordeling van de risicodimensies is omgegaan. In het rapport "Beoordelingskader, uitgangspunten en factsheets ten behoeve van onderzoek hoogspanningslijnen", dat een bijlage vormt van dit rapport, is het beoordelingskader uitgewerkt. Ook zijn hierin de factsheets opgenomen waarin per gezondheidsrisico de beoordeling is onderbouwd.

Tabel 3 Beoordeling risicodimensies op hoofdlijnen

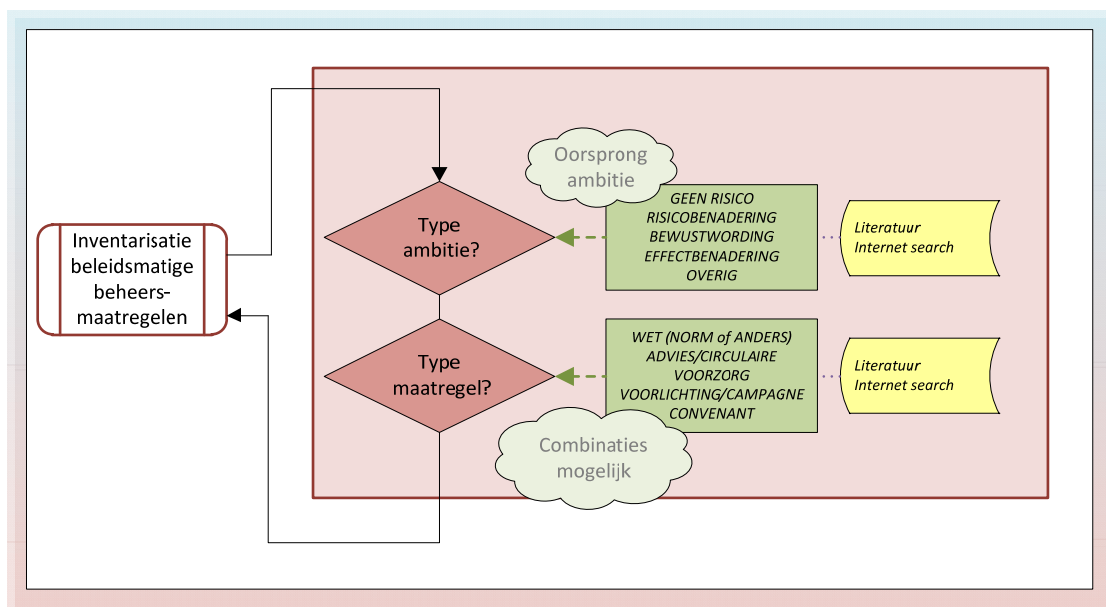
Risicodimensie	Basis	Aandachtspunten	Eindoordeel
Kans Effect	Kwantitatieve literatuurgegevens	Diverse eenheden, o.a. kans/jaar/NL; sterftes/jaar etc. Door onderzoekers zijn afbakeningen gedefinieerd. Risico x Effect geeft oordeel over "feitelijk" risico	Waardering: 1 (Laag) tot en met 5 (Hoog)
(On)vrijwilligheid Beheersbaarheid Opbrengsten (individueel en maatschappelijk) Bekendheid	Kwalitatieve literatuurgegevens	De beoordeling hiervan heeft op basis van <i>expert judgement</i> plaatsgevonden	Waardering: Groot – Midden - Klein

Er zijn duidelijke beperkingen aan de beschikbare gegevens over de risicodimensies en daarmee aan de risicovergelijking. Gegeven deze onzekerheden zijn de waarderingen grofmazig. Binnen de scope van dit onderzoek is daar niks aan te veranderen: Het onderzoek maakt gebruik van bestaande data en vergelijkt deze.

4.5 Inventarisatie van ambities en beleidsmatige beheersmaatregelen

Het onderzoek richt zich op de samenhang tussen risicoproblemen en -domeinen enerzijds en ambities en -beheersmaatregelen anderzijds. Naast de selectie van gezondheidsrisico's op basis van risicoproblemen en de risicovergelijking aan de hand van specifieke risicodimensies, is de inventarisatie van de ambities en beheersmaatregelen bij de geselecteerde gezondheidsrisico's onderdeel van het onderzoek. Figuur 10 geeft een samenvattend overzicht van deze inventarisatie, specifiek de indeling in type ambities en beheersmaatregelen.

Inventarisatie beheersmaatregelen



Figuur 10 Inventarisatie ambities en beheersmaatregelen

Vergelijking van ambities

De formulering van beleidsmaatregelen is afhankelijk van welke ambitie hiermee is beoogd. We onderscheiden de volgende typen ambities:

- Volledig wegnemen van alle risico's (nul-risico: effectbenadering)
- Gezondheidseffecten beperken (effectbenadering)
- Maximaal risico/ beschermingsniveau (risicobenadering: hanteren van normen)
- Bewustwording.

Ambities kunnen een verschillende oorsprong hebben. De tijdgeest en publieke opinie kunnen ambities voeden. Sommige ambities komen voort uit de risicoregelreflex na incidenten, andere niet. Er kan gekozen zijn voor het wegnemen van publieke onrust, of bijvoorbeeld voor kosteneffectiviteit. Voor zover herleidbaar is deze oorsprong benoemd.

Vergelijking van beheersmaatregelen

De beleidskeuzes zijn divers van aard. Vaak is een combinatie van beleidsmatige beheersmaatregelen aan de orde. Zo gaat bijvoorbeeld wetgeving over gevaarlijke stoffen samen met campagnes over veilig omgaan met stoffen. De volgende typen beheersmaatregelen zijn door de onderzoekers onderscheiden:

- Wetgeving (normatief en/of algemeen)
- Circulaires/adviezen
- Voorzorg
- Voorlichting/campagnes
- Convenanten/afspraken

Indicatief, niet-limitatief overzicht

De inventarisatie van ambities en beheersmaatregelen is indicatief. Een uitputtende uitwerking is binnen de scope van het onderzoek niet mogelijk. De informatie komt uit de rapporten aangedragen door de begeleidingscommissie en uit een indicatieve internetsearch van overheid-sites en wetenschappelijke instellingen. De factsheets in het rapport "Beoordelingskader, uitgangspunten en factsheets ten behoeve van onderzoek hoogspanningslijnen", geven per gezondheidsrisico een samenvattend overzicht van de geïnterviewde informatie.

5 Resultaten en analyse

Dit hoofdstuk geeft de belangrijkste resultaten van de vergelijking van de ELF-magneetvelden, de risicovergelijking en de analyses. De volledige verantwoording van de beoordeling en inventarisatie is opgenomen in het rapport “Beoordelingskader, uitgangspunten en factsheets ten behoeve van onderzoek hoogspanningslijnen”. Hierin zijn ook alle relevante literatuurreferenties opgenomen. Algemeen geldt dat alle informatie is gebaseerd op literatuurgegevens, tenzij expliciet anders is aangegeven.

5.1 ELF-magneetvelden: resultaat en analyse

Resultaten

Tabel 4 geeft een overzicht van de resultaten van de vergelijking van de ELF-magneetvelden. De tabel geeft inzicht in eventuele verschillen (groter/kleiner) of overeenkomsten van deze velden. De volledige tabel is opgenomen in het rapport “Beoordelingskader, uitgangspunten en factsheets ten behoeve van onderzoek hoogspanningslijnen”

In de tabel zijn voor de drie groepen van verschillende bronnen van ELF-magneetvelden de volgende gegevens naast elkaar gezet:

- Ter beoordeling van de sterkte van het ELF-magneetveld in de leefomgeving:
 - ✓ De initiële sterkte van het veld bij de bron (in μT)
 - ✓ De afstand waar de magnetische veldsterkte $0,4 \mu\text{T}$ bedraagt
 - ✓ De (gemiddelde) afstand van de leefomgeving¹¹ tot de bron
 - ✓ De sterkte van het veld op deze (gemiddelde) afstand.
- De duur van het optreden van het veld

Niet alle bovengenoemde gegevens blijken voor de verschillende bronnen van ELF-magneetvelden beschikbaar:

- De hoeveelheid beschikbare informatie over de ELF-magneetvelden van andere bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem is beperkt.
- De initiële veldsterkte is voor veel bronnen niet of onnauwkeurig bekend.
- De duur van het optreden van het veld is veelal niet exact bekend en, bij het gebruik van elektrische apparaten, persoonsafhankelijk. De onderzoekers hebben de duur kwalitatief benoemd op basis van *expert judgement*.

¹¹Onder leefomgeving wordt in dit verband verstaan de locatie waar de ontvangers van de ELF-magneetvelden zich overwegend bevinden. In het geval van hoogspanningslijnen zijn dit de woningen of andere verblijfsgebouwen. In het geval van elektrische apparaten voor dagelijks gebruik is dit de “gemiddelde” ingeschatte locatie ten opzichte van het betreffende apparaat.

Tabel 4 Overzicht resultaten vergelijking ELF-magneetvelden

ELF-magneetveld (bron)	Sterkte van het ELF-magneetveld		Opmerkingen ten aanzien van ELF-magneetveld sterkte	Duur van het optreden (kwalitatief, expert judgement)
Hoogspanningslijnen Gegevens beschikbaar van hoogspanningslijnen tussen 50 kV en 380 kV; combilijnen	Initiële veldsterkte [μT]	?	Onvoldoende informatie	Permanent
	Afstand van de bron waar de veldsterkte $0,4 \mu T$ bedraagt	25 meter (50 kV) tot 200 meter (combi-lijnen)	In bestaande situaties kunnen in de leefomgeving ELF-magneetvelden $> 0,4 \mu T$ optreden. In nieuwe situatie is het voorzorgbeleid van toepassing en is de strekte $< 0,4 \mu T$:	
	Afstand ontvanger (leefomgeving) [m]	Afhankelijk van: Bestaand of nieuw; Type hoogspanning		
	Sterkte veld in de leefomgeving [μT]	Afhankelijk van: Bestaand of nieuw		
Overige bronnen in het elektriciteits-distributie systeem: Beperkt gegevens beschikbaar m.b.t.: Transformatorhuisjes Ondergrondse kabels Transformator zonneparken	Initiële veldsterkte [μT]	15-40 (transformatorhuisjes) 60 (transformator zonnepark)	Gegevens zijn slechts beperkt beschikbaar. RIVM heeft t.b.v. GGD enkele indicatieve metingen uitgevoerd.	Permanent
	Afstand van de bron waar de veldsterkte $0,4 \mu T$ bedraagt [m]	Tot 30 meter bij ondergrondse kabels Enkele meters bij transformatorhuisjes	Harde conclusies mogen niet worden getrokken. Op basis van de beschikbare gegevens zijn er aanwijzingen dat in de leefomgeving mogelijk ELF-magneetvelden $> 0,4 \mu T$ aanwezig kunnen zijn.	
	Afstand ontvanger (leefomgeving) [m]	De leefomgeving (woningen, verblijfslocaties) kunnen zich mogelijk tot op enkele meters afstand bevinden		
	Sterkte veld in de leefomgeving [μT]	Afhankelijk van bron		
Elektrische apparaten ten behoeve van huishoudelijk gebruik Voorbeelden zijn babyfoons, laptops, koelkast, inductiekookplaat etc.	Initiële veldsterkte [μT]	Sterk variërend, vb.: Ca 500 (boormachine) Ca 50 (stofzuiger) Ca 2,5 (inductieplaat)	In diverse literatuur is een verscheidenheid aan meetgegevens gevonden Deels zijn deze al oud (> 20 jaar). Het algemene beeld is dat de ELF-magneetvelden een geringe sterkte hebben en dat de waarde van $0,4 \mu T$ tot op maximaal enkele tientallen centimeters kan voorkomen. Gemiddeld is de blootstelling $\ll 0,4 \mu T$.	De duur van de blootstelling is variabel. Per apparaat is deze beperkt van enkele minuten (bv mixer) tot maximaal circa een uur (bv strijkijzer). In de leefomgeving bevinden zich meerdere apparaten, waaraan mensen gedurende de dag worden blootgesteld.
	Afstand van de bron waar de veldsterkte $0,4 \mu T$ bedraagt [m]	Variërend, overwegend $< 0,5$ meter		
	Afstand ontvanger (leefomgeving) [m]	Variërend, overwegend $> 0,5$ meter		
	Sterkte veld in de leefomgeving [μT]	$< 0,4 \mu T$; gemeten waarden tussen $0,01$ en $0,1 \mu T$		

Analyse ELF-magneetvelden

De drie groepen van bronnen van ELF-magneetvelden uit Tabel 4 zijn met elkaar vergeleken. De resultaten zijn geanalyseerd en beoordeeld aan de hand van de volgende drie vragen:

1. Is de veldsterkte kleiner/groter/vergelijkbaar op de locatie van de woon/leefomgeving?
2. Is de duur van de blootstelling kleiner/vergelijkbaar in de woon/leefomgeving?
3. Is de initiële veldsterkte kleiner/vergelijkbaar/groter?

De laatste vraag is lastig te beantwoorden. Hier zijn niet voor alle groepen voldoende gegevens beschikbaar en de beschikbare gegevens variëren sterk. De eerste twee vragen kunnen alleen indicatief en kwalitatief worden beantwoord.

ELF-magneetvelden veroorzaakt door elektrische apparaten binnen- en buitenshuis zijn over het algemeen kleiner en treden gedurende kortere tijd op dan de ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanningslijnen en andere permanente bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem. De beperkte informatie beschikbaar over ELF-magneetvelden van andere permanente bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem geeft de aanwijzing dat deze in de leefomgeving mogelijk een vergelijkbare sterkte kunnen hebben als het veld van hoogspanningslijnen.

5.2 Vergelijking van gezondheidsrisico's: resultaat en analyse

Resultaten

Tabel 5 is het geaggregeerde overzicht van de beoordeling van de risicoproblemen en risicodimensies van de geselecteerde gezondheidsrisico's en de inventarisatie van de bijbehorende ambities en beleidsmaatregelen. De volledige verantwoording van de beoordeling en inventarisatie is opgenomen in het rapport "Beoordelingskader, uitgangspunten en factsheets ten behoeve van onderzoek hoogspanningslijnen".

Deze tabel is de basis van de analyse.

Tabel 5 Overzicht van beoordeling van type risicoprobleem en risicodimensies, en geïnventariseerde ambities en beheersmaatregelen per gezondheidsrisico

Risicodomein	Risicovolle activiteiten	Eenvoudig	Complex	Onzeker	Ambigu	Risico (kans effect)	Locatiespecifiek	Aard effect	Beheersbaarheid	(On)vrijwilligheid	Opbrengst individueel	Opbrengst Maatschappij	Nuisrisico	Effenadering	Risicobedering	Bewustwording	Wel	CirculaireAdvies	Voorzorg	Voorlichting/Campagne	Convenantactie programma	
(1) Waterkwaliteit	Consumeren van water met resten van geneesmiddelen		X	X(c)		2	n	LT	H	O	H	H		X							X	X
(2) Waterkwaliteit	Consumeren van water met resten van bestrijdingsmiddelen		X	X(c)	X	2	n	LT	L	O	M	M			X		X(n)				X	
(3) Waterveiligheid	Wonen in laaggelegen gebied met gevaar van overstromingen	X			X	3	j	A	M	N	M	H		X	X	X	X(n)				X	X
(4) Externe veiligheid	Wonen binnen het invloedgebied van een Brzo-inrichting		X			2	j	A	M	O	M	H			X		X(n) X(a)				X(p)	
(5) Verkeersveiligheid voor weg	Personen verkeer: inlittende of bestuurder van auto of vrachtwagen	X				3	n	A	M	V	H	H		X	X	X	X(n) X(a)				X	X
(6) Luchtverkeersveiligheid	Wonen nabij een luchthaven	X				2	j	A	L	O	M	H			X		X(n)					
(9) Straling in de woning	Wonen in een stenen/betonnen huis waarbij radon vrijkomt	X				2	n	LT	H	O	H	H		X		X	X(n)					X
(10) Luchtkwaliteit	Wonen nabij een snelweg (fijnstof)	X	X		X	4	j	LT	L	O	M	H		X	X	X	X(n)				X	X
(10) Luchtkwaliteit	Wonen nabij veehouderij (geuroverlast)	X		X		1	j	A	H	O	M	H		X			X(n)	X				
(11) Geluid	Wonen nabij een snelweg	X				2	j	M	H	N	M	H		X			X(n)	X				
(12) Bodem	Wonen op verontreinigde grond		X	X(c)		1	j	LT	H	O	M	L		X			X(n)	X				X
(14) Stoffen	Blootstelling aan gevaarlijke stoffen in de leefomgeving		X	X(c)	X	1	n	M	M	O	M	H		X	X	X	X(n)				X	
(14) Stoffen	Blootstelling aan ZSW/HVS in de leefomgeving		X	X		2	n	LT	L	O	L	L		X	X		X(a)	X	X	X	X	X
(16) Nanomaterialen	gebruiken van producten met nanomaterialen		X	X	X	?	n	LT	L	O	M	H			X			X				
(17) Zelfrijdende auto's	Rijden in een zelfrijdende auto	X		X	X	1	n	A	M	V	H	H		X	X					X		
(21) UV-straling	Blootstelling aan UV straling veroorzaakt door de zon	X				3	n	LT	H	V	H	M		X		X	X(a)				X	
(22) Elektromagnetische velden	Wonen nabij hoogspanningslijnen		X	X	X	1	j	LT	M	O	H	M		X				X	X		X(p)	X
(22) Elektromagnetische velden	Overige permanente bronnen van ELF magneetvelden buitenshuis		X	X	X	?	j	LT	M	O	H	M						X				
(22) Elektromagnetische velden	Aanwezigheid van elektrische apparatuur in de woning		X	X	X	1	n	LT	L	O	H	M		X			X(n)					
(23) Schaliegas	Wonen nabij schaliegas winning			X	X	?	j	?	?	O	M	H		X						X		
(25) Nucleaire installaties	Binnen het invloedgebied van een kernsectoer wonen	X			X	3	j	M	L	O	M	M		X	X		X(n)				X	
(A) Besmetting door Zoonosen	Contact met dieren (Zoonosen) verblijven in de natuur (Lyme)		X	X		3	n	M	M	O	H	M		X		X	X(a)				X	X
(E) Roken	Actief roken	X				4	n	LT	H	V	H	L		X		X	X(n)				X	X

LEGENDA

Dimensie	Afkorting	Betekenis
Aard effect	A	Acuut (< 24 uur)
	M	Middellang (24 uur tot circa 1 jaar)
	LT	Langetermijn (> 1 jaar)
Beheersbaarheid	H	Hoog: eenvoudig/goed te beheersen
	M	Middel: Enigszins, niet volledig beheersbaar
	L	Laag: (vrijwel) geen effectbeheersing mogelijk
(On)vrijwilligheid	O	Onvrijwillig risico
		Vrijwillig risico
Opbrengst	H	De activiteit waarmee het risico samenhangt leidt tot een hoge individuele/maatschappelijke opbrengst (geld of welzijn)
	M	De activiteit waarmee het risico samenhangt kent zowel kosten als baten voor individu/maatschappij.
	L	De activiteit waarmee het risico samenhangt kent voornamelijk nadelen voor het individu/ maatschappij.

Analyse van gezondheidsrisico's versus ambities en beheersmaatregelen

In paragraaf 4.1.2 zijn twee onderzoekshypothesen geformuleerd:

Hypothese 1

Het type risicoprobleem bepaalt de beleidsambities en -maatregelen [68].

Hypothese 2

De waarde van specifieke risicodimensies heeft invloed op de beleidsambities en -maatregelen [2].

De analyse onderzoekt de hypothesen door verschillende 'botsproeven' uit te voeren. De verbanden zijn in twee richtingen geanalyseerd. Enerzijds is geanalyseerd of een specifiek risicoprobleem en/of de waarde van een risicodimensie gerelateerd is aan een bepaald type ambitie en/of beleidsmatige beheersmaatregel. Anderzijds is het omgekeerde verband bestudeerd, namelijk of een bepaald type ambitie en/of beheersmaatregel gerelateerd is aan een specifiek risicoprobleem of waarde van een risicodimensie.

Identificatie van de rode draden

Een **rode** draad betekent dat de hypothesen bevestigd worden: een specifiek type risicoprobleem en/of waarde van een risicodimensie hangt consequent samen met een specifieke ambitie en/of beheersmaatregel. Een **rode** draad is van toepassing bij een sterk verband en wanneer de inverse relatie niet het tegendeel bewijst.

Beoordelen van een sterk verband

Voor de analyse is in dit rapport ervan uitgegaan dat een sterk verband bestaat als twee categorieën voor minimaal 70% samenhangen (afronding wordt toegepast). Een mogelijk verband bestaat als twee categorieën voor minimaal 60% samenhangen.

Voorbeeld:

Er zijn 10 eenvoudige risicoproblemen geïdentificeerd in de selectie van 23 risicovolle activiteiten. Uit de analyse blijkt dat in 7 gevallen een risicobenadering is toegepast als beleidsambitie, ofwel 70% (7 uit 10). Het oordeel is een sterk verband. In 5 van de gevallen is een voorlichtingscampagne opgezet, ofwel 50% (5 uit 10). Dit is geen sterk verband.

Controle van de inverse relatie

Een **rode** draad is afwezig als een bepaalde ambitie of beheersmaatregel ook voor andere typen risicoproblemen en/of waarden van risicodimensies wordt toegepast. Dit duidt namelijk op een generalistische – one-size-fits-all – benadering.

Voorbeeld:

*De analyse toont aan dat een complex risicoprobleem samenhangt met de ambitie risicobenadering. Om er zeker van te zijn dat er een sterk verband – i.e. een **rode** draad – is, wordt onderzocht of bij de afwezigheid van het complexe risicoprobleem – ofwel aanwezigheid van een ander type probleem - risicobenadering geen ambitie is.*

Tabel 6 geeft een overzicht van de geconstateerde **rode** draden:

- A. Typen risicoproblemen en risicodimensies leidend tot specifieke ambities en beleidsmaatregelen
- B. Specifieke ambities of beheersmaatregelen kenmerkend voor een bepaald type risicoprobleem of een bepaalde risicodimensie.

Bij de aangegeven **rode** draden **DX** geldt dat er sprake is van een sterk verband en de inverse relatie deze niet tegenspreekt. Tevens zijn de mogelijke **rode** draden aangegeven (minimaal 60% samenhang, [mogelijk])

Tabel 6. Analyse risicoprobleem en -dimensie vs. Ambities en Beheersmaatregelen (twee richtingen)

Richting 1: Analyse risicoprobleem en -dimensie vs. Ambities en Beheersmaatregelen . Resultaat: inzicht in welke ambities/beheersmaatregelen bij een specifiek risicoprobleem/risicodimensie consequent voorkomen.

Type Risicoprobleem of risicodimensie	heeft een consequente samenhang met								
	Ambitie				Beheersmaatregel				
	Nutrisico	Effect benadering	Risico benadering	Bewust wording	Wet	Circulaire/ advies	Voorzorg	Voorlichting/ campagne	Convenant/ Actie programma
Type risicoprobleem									
Eenvoudig		X			X				
Complex								X	
Onzeker	Geen rode draden geconstateerd								
Ambigu			mogelijk						
Risicodimensie									
Risico Midden				X (M)				X (M)	X (M)
Risico Laag/ Hoog	Geen rode draden geconstateerd								
Locatie-specifiek					X				
Niet locatiespecifiek								X	
Acute/ Middellangetermijneffecten			X						
Langetermijneffecten	Geen rode draden geconstateerd								
Beheersbaarheid: Laag en Midden			X					X	
Beheersbaarheid: Hoog	Geen rode draden geconstateerd								
Vrijwillige risico's				X				X	
Onvrijwillige risico's	Geen rode draden geconstateerd								
Hoge individuele opbrengst		X						mogelijk	mogelijk
Middelgrote individuele opbrengst			X						
Lage individuele opbrengst	Geen rode draden geconstateerd								
Lage en middel maatsch. opbrengst								X	
Hoge maatschappelijke opbrengst			mogelijk						

Richting 2: Analyse Ambities en Beheersmaatregelen vs Risicoprobleem en -dimensie. Resultaat: inzicht in waar specifieke ambities/beheersmaatregelen worden toegepast

Type ambitie/ beheersmaatregel heeft een consequente samenhang met:	Ambitie				Beheersmaatregel					
	Nutrisico	Effect benadering	Risico benadering	Bewust wording	Wet	Circulaire/ advies	Voorzorg	Voorlichting/ campagne	Convenant/ Actie programma	
Type risicoprobleem										
Eenvoudig			mogelijk	X	X					
Complex	X	Geen rode draden				X		mogelijk	mogelijk	
Onzeker	X					X	X			
Ambigu	X		X				X			
Risicodimensie										
Risico Midden/ Groot	Geen rode draden			X				mogelijk		
Risico Laag/ Midden		X				L mogelijk	X (L)	X (L)		
Locatie-specifiek		X					X			
Acute/ Middellangetermijneffecten			X							
Middel en Langetermijneffecten		X					X (L)		X (L)	
Beheersbaarheid: Laag en Midden				X						
Hoge individuele opbrengst					mogelijk					
Middelgrote individuele opbrengst				X						
Lage en middel maatsch. opbrengst						X	mogelijk		X	mogelijk
Hoge maatschappelijke opbrengst				X		mogelijk				

Analyse van de rode draden in relatie tot ELF-magneetvelden en specifiek hoogspanning

Toets Hypothese 1: Het type risicoprobleem bepaalt de beleidsambities en -maatregelen

Het gezondheidsrisico van ELF-magneetvelden afkomstig van bovengrondse hoogspanningslijnen is te definiëren als een complex, onzeker en ambigu risicoprobleem. Voor dit type risicoproblemen gelden enkele rode draden:

- Voor complexe risicoproblemen wordt de beheersmaatregel “voorlichting” consequent toegepast
- Ambigue risico's leiden (mogelijk) tot de ambitie “risicobenadering”.
- Nulrisico wordt als ambitie consequent toegepast bij complexe, onzekere en ambigue risicoproblemen
- Risicobenadering wordt eveneens als ambitie consequent toegepast bij ambigue risicoproblemen
- Voorzorg wordt als beheersmaatregel consequent toegepast bij onzekere en ambigue risicoproblemen
- De beheersmaatregelen “voorlichting” en “convenanten” komen relatief (60 tot 70%) vaak voor bij complexe risico's.

Deze geconstateerde “rode” draden gelden slechts beperkt voor hoogspanningslijnen:

- Voorlichting (passief en actief) wordt niet meer actief ingezet als separaat beleidsinstrument bij hoogspanningslijnen. Voorlichting (actief) wordt wel ingezet bij realisatie van nieuwe hoogspanningslijnen.
- Bij hoogspanning is geen sprake van een risicobenadering of nulrisico. Vanwege de onzekere gezondheidsrisico's is gekozen voor het beperken van mogelijke negatieve effecten (effectbenadering). Deze ambitie wordt breed toegepast, ook bij andere type risicoproblemen.

Voorzorg wordt ingezet bij hoogspanningslijnen. De verwachting van de onderzoekers was een duidelijke rode draad te vinden tussen onzekere risico's en voorzorg. Deze rode draad is in één richting geconstateerd: voorzorg wordt toegepast op onzekere en ambigue risicoproblemen. Onzekere en/of ambigue risico's worden echter niet alleen met voorzorg beheerst. Andere maatregelen worden ook toegepast.

Ondanks het geconstateerde verband tussen voorlichting en complexe risico's; tussen risicobenadering en ambigue risico's; en tussen nulrisico en complexe, onzekere en ambigue risico's, is dit verband grotendeels afwezig bij gezondheidsrisico's als gevolg van hoogspanningslijnen. Voorzorg wordt wel ingezet bij gezondheidsrisico's als gevolg van hoogspanningslijnen.

Toets Hypothese 2: De waarde van specifieke risicodimensies heeft invloed op de beleidsambities en -maatregelen

ELF-magneetvelden en hoogspanning kennen een langetermijneffect, zijn onvrijwillig, kennen een hoge individuele opbrengst, zijn locatie-specifiek, kennen een middelhoge tot hoge maatschappelijke opbrengst en zijn matig tot goed beheersbaar (door middel van afstand bewaren). Voor deze risicodimensies gelden de volgende rode draden:

- Voor risico's met een hoge individuele opbrengst is bewustwording een mogelijke rode draad
- Voor locatie-specifieke risico's is wetgeving een consequent toegepaste beheersmaatregel
- Voor risico's met een hoge maatschappelijke opbrengst is een consequente ambitie de risicobenadering
- Effectbenadering als ambitie is vaak van toepassing voor lage risico's, risico's met een langetermijneffect en locatiespecifieke risico's
- Beleid middels een circulaire/advies en voorzorg is vaak van toepassing bij lage risico's, locatie-specifieke risico's en langetermijneffecten.

Deze geconstateerde rode draden gelden voor een belangrijk deel ook voor hoogspanningslijnen:

- Effectbenadering is de ambitie van het gekozen voorzorgbeleid/advies met betrekking tot hoogspanning
- Het voorzorgbeleid is van toepassing. Het is qua uitvoering vergelijkbaar met de uitvoering van beleid dat onder de noemer circulaire/advies is beoordeeld.

De effectbenadering die bij hoogspanningslijnen wordt toegepast, is logisch gezien het feit dat sprake is van een laag risico, locatiespecifiek en met een langetermijneffect. De onvrijwilligheid van het risico. De uitwerking van het voorzorgbeleid, namelijk het advies om zoveel als redelijkerwijs mogelijk te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen met een jaargemiddeld magneetveld hoger is dan 0,4 μ T, is vergelijkbaar met het beleid dat voor andere lage, locatiespecifieke en langetermijneffect gezondheidsrisico's wordt gehanteerd.

Opmerkingen ten aanzien van voorzorg als rode draad

Vorzorg wordt ingezet bij hoogspanningslijnen. De verwachting van de onderzoekers was een duidelijke rode draad te vinden tussen onzekere risico's en voorzorg. Deze rode draad is in één richting geconstateerd: voorzorg wordt toegepast op onzekere en ambigue risicoproblemen. Onzekere en/of ambigue risico's worden echter niet consequent alleen met voorzorg beheerst. In plaats daarvan worden andere maatregelen ook toegepast.

Vorzorg als beheersmaatregel is consequent van toepassing bij onzekere risico's waarover nog geen wetenschappelijke consensus bestaat. Naast ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanning is voorzorg van toepassing op ZZS-stoffen, zelfrijdende auto's en schaliegas. De resultaten van het onderzoek geven daarmee een indicatie voor een mogelijke "rode" draad. Vanuit de optiek van onzeker risico is voorzorg passend voor ELF-magneetvelden afkomstig van hoogspanningslijnen.

Het toepassen van voorzorg past ook bij de risicodimensie "klein/midden risico" van het gezondheidsrisico als gevolg van hoogspanningslijnen. Voor andere ELF-magneetvelden dan hoogspanningslijnen – met mogelijk vergelijkbare veldsterkte en blootstellingsduur - wordt geen voorzorgbeleid toegepast. Dit lijkt een inconsistente beleidsaanpak.

De mate/volledigheid van voorzorg lijkt afhankelijk van de mate waarin een bepaalde technologie is ingesloten in onze maatschappij. De uitvoering van de voorzorg bij nieuwe en onzekere risico's is algemeen compleet (nul-risico). Het winnen van schaliegas is bijvoorbeeld nog geen onderdeel van onze maatschappij, dus complete voorzorg is makkelijk te bewerkstelligen. Hoogspanningslijnen zijn onderdeel van de maatschappij en complete voorzorg is niet meer opportuun.

6 Conclusies

Het gezondheidsrisico van ELF-magneetvelden is onzeker

Het gezondheidsrisico van ELF-magneetvelden is onzeker. Magneetvelden dringen door in materialen en het menselijk lichaam. Er is geen oorzakelijke verband aangetoond tussen ELF-magneetvelden die op publiek toegankelijke plaatsen rond het elektriciteitsnetwerk voorkomen, en een verhoogd risico voor de gezondheid. Wel is er volgens de wetenschap sprake van (redelijk consistente) associaties tussen leukemie bij kinderen en aanwezigheid van hoogspanningslijnen.

Het mogelijke gezondheidsrisico van andere ELF-magneetvelden van het elektriciteitsdistributiesysteem is mogelijk vergelijkbaar met dat van hoogspanningslijnen

De hoeveelheid beschikbare informatie over de ELF-magneetvelden van andere bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem, zoals ondergrondse leidingen en transformatorhuisjes, is beperkt. Deze informatie geeft een aanwijzing dat deze in de leefomgeving mogelijk een vergelijkbare sterkte kunnen hebben als het veld van hoogspanningslijnen. Ook de blootstellingsduur is vergelijkbaar, ofwel permanent. ELF-magneetvelden veroorzaakt door elektrische apparaten binnen- en buitenshuis zijn over het algemeen kleiner. Ook treden zij gedurende kortere tijd op dan de ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanningslijnen en andere permanente bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem.

Het mogelijke gezondheidsrisico van bovengrondse hoogspanningslijnen is laag vergeleken met andere gezondheidsrisico's

Het mogelijke gezondheidsrisico van wonen nabij hoogspanningslijnen is op nationale schaal laag vergeleken met de andere geselecteerde gezondheidsrisico's. Er is berekend dat in Nederland ongeveer een kind per twee jaar leukemie zou krijgen door de aanwezigheid van hoogspanningslijnen en dat ongeveer één kind in de tien jaar daaraan sterft. Gezondheidsrisico's van bijvoorbeeld blootstelling aan radon door het wonen in een stenen/betonnen huis (800 sterfgevallen per jaar in Nederland), zeer zorgwekkende stoffen (1-100 sterfgevallen per jaar in Nederland) en fijnstof door verkeer (1.300 – 16.000 sterfgevallen per jaar) worden in de literatuur hoger ingeschat. Dit zijn allen onvrijwillige risico's.

Voorzorg wordt consequent toegepast op het type risicoprobleem gerelateerd aan ELF-magneetvelden

Het risico van blootstelling aan ELF-magneetvelden is een complex, onzeker en ambigu risicoprobleem. Als voorzorg als beheersmaatregel wordt toegepast, betreft dit consequent onzekere en ambigu risicoproblemen. Vanuit de optiek van onzekere en ambigu risico's is voorzorg passend voor ELF-magneetvelden afkomstig van hoogspanningslijnen. Onzekere en/of ambigu risico's worden echter niet uitsluitend met voorzorg beheerst. Andere maatregelen worden ook toegepast.

Ondanks het geconstateerde consequente verband (>70% van de onderzochte gezondheidsrisico's) tussen voorlichting en complexe risico's en tussen risicobenadering en ambigu risico's, is dit verband afwezig bij gezondheidsrisico's als gevolg van hoogspanningslijnen. Daarmee vormt hoogspanning een uitzondering op dit verband. Passieve voorlichting, zoals informatie op het internet, wordt ingezet bij ELF-magneetvelden binnenshuis.

Effectbenadering, voorzorg en (niet-wettelijk) advies passen bij de risicodimensies van ELF-magneetvelden

Vergeleken met de andere geselecteerde gezondheidsrisico's, is (als je op nationale schaal kijkt) het risico van het ELF-magneetveld als gevolg van hoogspanning laag. Het risico verbonden aan bovengronds transport van elektriciteit gaat samen met een langetermijneffect, is onvrijwillig en is niet volledig beheersbaar. Transport en gebruik van elektriciteit, heeft een hoge individuele opbrengst.

Bij lage risico's, locatie-specifieke risico's en risico's met een lange termijn effect is effectbenadering [12] een veel voorkomende beleidsambitie. Voorzorg komt consequent voor bij lage risico's. Het voorzorgbeleid ten aanzien van hoogspanningslijnen is een effectbenadering en sluit hierbij aan.

Voor lage risico's wordt in de praktijk vaak (niet-wettelijk) beleid, zoals een circulaire of advies als beleidsmatige beheersmaatregel toegepast. Voor ELF-magneetvelden als gevolg van hoogspanning wordt deze aanpak ook gehanteerd.

Voorzorgbeleid is passend voor risico's zonder wetenschappelijke consensus

Voorzorg als principe is algemeen van toepassing op onzekere risico's waarover geen wetenschappelijke consensus bestaat. Vanuit deze optiek is voorzorg passend voor ELF-magneetvelden veroorzaakt door hoogspanningslijnen. Voor andere ELF-magneetvelden veroorzaakt door bronnen in het elektriciteitsdistributiesysteem – met mogelijk vergelijkbare veldsterkte in de leefomgeving en blootstellingsduur - wordt geen voorzorgbeleid toegepast. Dit kan duiden op een inconsistente beleidsaanpak voor de risico's van ELF-magneetvelden.

Slotopmerking

Er zijn duidelijke beperkingen aan de beschikbare gegevens over de sterkten van ELF-magneetvelden, de risicodimensies en daarmee aan de uitgevoerde vergelijkingen. Ook de benoeming van het type risicoprobleem is subjectief. Gegeven deze onzekerheden zijn de waarderingen grofmazig. Binnen de scope van dit onderzoek is dit niet te veranderen: Het onderzoek maakt gebruik van bestaande data en vergelijkt deze.

¹² Bij een effectbenadering wordt vooral rekening gehouden met de het voorkomen van negatieve effecten, en wordt niet expliciet rekening gehouden met de kans op een bepaald effect

7 Overzicht literatuur

Algemeen: Bronnen met betrekking tot algemene gezondheidsrisico's

1. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2014). Consistent maatwerk – handreikingen voor dossier overstijgend risico- en veiligheidsbeleid. Retrieved from: <https://www.wrr.nl/publicaties/brieven/2014/06/26/consistent-maatwerk---handreikingen-voor-dossieroverstijgend-risico--en-veiligheidsbeleid>
2. Helsloot, I., Van Melick, G., Vlagsma, J., Blokvoort, J., & Blokvoort, R. (2016). Proportionaliteit bij de omgang met conventionele explosieven Bouwstenen voor een CE-beleid dat de toets van een maatschappelijke kosten- en batenanalyse kan doorstaan. Retrieved from: <http://crisislab.nl/wordpress/wp-content/uploads/Proportionaliteit-bij-de-omgang-met-conventionele-explosieven.pdf>
3. Royal HaskoningDHV (2014). Risico's in perspectief - risicovergelijking. Rapport voor Ministerie BZK. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2015/01/21/risico-s-in-perspectief-ricicovergelijking>
4. Zijverden, M. van, Maas, R.J.M., Mennen, M.G., & Montforts, M.H.M.M. (2017). Een scan van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving. RIVM Briefrapport 2017-0030. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/scan-van-veiligheid-en-kwaliteit-van-onze-leefomgeving>
5. Hollander, A.E.M. de, & Hanemaaijer, A.H. (2003). Nuchter Omgaan met Risico's. RIVM-rapport 251701047/2003. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/nuchter-omgaan-met-ricos>
6. Roels, J.M., Verweij, W., Engelen, J.G.M. van, Maas, R.J.M., Lebet, E., Houthuijs, D.J.M., & Wezenbeek, J.M. (2014). Gezondheid en veiligheid in de Omgevingswet. Doelen, normen en afwegingen bij de kwaliteit van de leefomgeving. RIVM Rapport 2014-0138, hoofdrapport. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/gezondheid-en-veiligheid-in-omgevingswet-doelen-normen-en-afwegingen-bij-kwaliteit-van>
7. Roels, J.M., Walhout, A.M., Westra, J. Kloosterboer, H.E., & Wezenbeek, J.M. (2018). Bewust omgaan met veiligheid: doelen en effectmaten in het risico- en veiligheidsbeleid. RIVM Briefrapport 2018-0029 Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/07/04/rivm-rapport-bewust-omgaan-met-veiligheid-doelen-en-effect-maten-in-het-risico-en-veiligheidsbeleid>
8. Hollander, A.E.M. de. (2004). Assessing and evaluating the health impact of environmental exposures. Deaths, DALYs or Dollars?
9. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2018). Bewust omgaan met veiligheid. Op weg naar een schone, gezonde en veilige leefomgeving. Eindrapportage. Retrieved from: <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2018Z13368&did=2018D38171>
10. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2012). Nieuwe perspectieven bij het omgaan met risico's en verantwoordelijkheden. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2012/12/06/nieuwe-perspectieven-bij-het-omgaan-met-risico-s-en-verantwoordelijkheden>
11. Flinterman, M., Weger, D. de, Luijk, K. van, & Plas, M. van der. (2006). Veiligheidsbeleid doorgelicht. Een globale beschrijving, vergelijking en verklaring van het veiligheidsbeleid op verschillende terreinen. Eindrapport
12. Roels, J.M., Verweij, W., Engelen, J.G.M. van, Maas, R.J.M., Lebet, E., Houthuijs, D.J.M., & Wezenbeek, J.M. (2014). Gezondheid en veiligheid in de omgevingswet. Ratio en onderbouwing huidige normen omgevingskwaliteit. Bijlagenrapport. RIVM Rapport 2014-0138. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/gezondheid-en-veiligheid-in-omgevingswet-ratio-en-onderbouwing-huidige-normen-omgevings>
13. Gezondheidsraad. (2016). Meewegen van gezondheid in omgevingsbeleid. Evenwichtig en rechtvaardig omgaan met risico's en kansen. Retrieved from: <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2016/07/20/meewegen-van-gezondheid-in-omgevingsbeleid>
14. Gezondheidsraad. (2008). Voorzorg met rede. Publicatienummer 2008/18. Den Haag: Gezondheidsraad. Retrieved from: <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2008/09/26/voorzorg-met-rede>
15. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2014). Bewust omgaan met veiligheid: Rode draden. Een proeve van een lenM-breed afwegingskader veiligheid.

- <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2014/08/18/bewust-omgaan-met-veiligheid-rode-draden-een-proeve-van-ienm-breed-afwegingskader-veiligheid>
16. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2018). Beleidsgerie - Handreikingen voor risico- en veiligheidsvraagstukken. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/05/11/beleidsgerie---handreikingen-voor-risico--en-veiligheidsvraagstukken>
 17. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. (2008). Onzekere veiligheid. Verantwoordelijkheden rond fysieke veiligheid. Rapportnr. 82, 2008. Retrieved from: <https://www.wrr.nl/publicaties/rapporten/2008/10/01/onzekere-veiligheid>

Bronnen met betrekking tot ELF-magneetvelden

18. Bolte, J.F.B., Baliatsas, C., Eikelboom, T., & Kamp, I. van. (2015). Everyday exposure to power frequency magnetic fields and associations with non-specific physical symptoms. *Environmental Pollution*, 196, 224-229.
19. Dusseldorp, A., Pruppers, M.J.M., Bolte, J.F.B., Franssen, A.E.M., & Kuijeren, N.M. van. (2009). Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen. Literatuur en metingen. Rapport 609300011/2009. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/verkenning-van-extreem-laagfrequente-elf-magnetische-velden-bij-verschillende-bronnen>
20. Dusseldorp, A., Pruppers, M.J.M., Putten, E.M. van. (2018). Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen. Een aanvulling op eerdere metingen. RIVM Briefrapport 2018-0015 Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/verkenning-van-extreem-laagfrequente-elf-magneetvelden-bij-verschillende-bronnen>
21. Gezondheidsraad. (2000). Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Rapport nr. 2000/6. Den Haag: Gezondheidsraad
22. Gezondheidsraad. (2018). Literatuurevaluatie hoogspanningslijnen en gezondheid deel 1: Kanker bij kinderen. Achtergronddocument. Nr. 2018/08. Den Haag: Gezondheidsraad. Retrieved from: <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2018/04/18/hoogspanningslijnen-en-gezondheid-deel-i-kanker-bij-kinderen>
23. Gezondheidsraad. (2018). Hoogspanningslijnen en gezondheid deel 1: kanker bij kinderen. Nr. 2018/08. Den Haag: Gezondheidsraad. Retrieved from: <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2018/04/18/hoogspan>
24. Grellier, J., Ravazzani, P., & Cardis, E. (2014). Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe. *Environment International*, 62, 55-63
25. Kelfkens, G., & Pruppers, M.J.M. (2005). Extreem-laagfrequente elektrische en magnetische velden van huishoudelijke apparatuur. RIVM Rapport 300010001/2005. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/extreem-laagfrequente-elektrische-en-magnetische-velden-van-huishoudelijke-apparatuur>
26. Plas, M. van der, Houthuijs, D.J.M., Dusseldorp, A., Pennders, & Pruppers., M.J.M. (2001). Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM-rapport 610050 007
27. Stam, R., Pruppers, M.J.M., & Bolte, J.F.B. (2014). Bronnen van elektromagnetische velden en blootstelling van burgers. RIVM-rapport 2014-0132. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/bronnen-van-elektromagnetische-velden-en-blootstelling-van-burgers>

Websites

28. Kenniscentrum InfoMil (2019, 4 februari). *Waterveiligheid en ruimtelijke ordening*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/waterveiligheid-0/waterveiligheid/>
29. Kenniscentrum InfoMil (2019, 4 februari). *Geur veehouderij en ruimtelijke planvorming*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/omgevingsthema/geurvee/>
30. Deltacommissaris (2019, 4 februari). *Deltaprogramma 2019 - online publicatie*. Retrieved from: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/>
31. Helpdesk Water (2019, 4 februari). *Nieuwe normering*. Retrieved from: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/nieuwe-normering/>

32. Kenniscentrum Infomil (2019, 4 februari). *Externe veiligheid en ruimtelijke planvorming*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/omgevingsthema/externe-veiligheid/>
33. Kenniscentrum Infomil (2019, 4 februari). *Zeer Zorgwekkende Stoffen*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/zeer-zorgwekkende/water/>
34. Kenniscentrum Infomil (2019, 4 februari). *Wet bodembescherming*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/wetgeving/wet-bodembescherming/>
35. Rijksoverheid (2019, 4 februari). *Maatregelen verkeersveiligheid*. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/verkeersveiligheid/maatregelen-verkeersveiligheid>
36. Rijkswaterstaat (2019, 4 februari). *Wetten, regels en vergunningen*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wetten-regels-en-vergunningen/index.aspx>
37. RIVM (2019, 4 februari). *Wet- en regelgeving radon en thoron*. <https://www.rivm.nl/radon-en-thoron/wet-en-regelgeving-radon-en-thoron>
38. Compendium voor de leefomgeving (2019, 4 februari). *Niet-ioniserende straling: bronnen, effecten en beleid*. Retrieved from: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0317-niet-ioniserende-straling-bronnen-effecten-en-beleid>
39. Rijksoverheid (2019, 4 februari). *Roken*. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/roken/>
40. RIVM (2019, 4 februari). *Kennis- en informatiepunt risico's (KIR) Nanotechnologie*. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/nanotechnologie/kennis-en-informatiepunt-risico-s-kir-nanotechnologie>
41. Rijksoverheid (2019, 4 februari). *Zelfrijdende auto's en vrachtwagens*. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/mobiliteit-nu-en-in-de-toekomst/zelfrijdende-autos>
42. Trimbos Instituut (2019, 4 februari). *Rokeninfo*. Retrieved from: <https://www.rokeninfo.nl/professionals/wet-en-beleid>
43. RIVM (2019, 5 februari). *Richtlijn Industriële Emissies*. Retrieved from: <https://rvs.rivm.nl/stoffenlijsten/richtlijn-Industriële-Emissies>
44. RIVM (2019, 5 februari). *Zeer Zorgwekkende Stoffen*. Retrieved from: <https://rvs.rivm.nl/stoffenlijsten/Ze-Zorgwekkende-Stoffen>
45. Rijksoverheid. (2015). *Beslisnotitie aanpak ZZS in water*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/zeer-zorgwekkende/water/>
46. EU-OSHA (2019, 5 februari). *Blootstelling aan chemische agentia en chemische veiligheid*. Retrieved from: <https://osha.europa.eu/nl/legislation/directives/exposure-to-chemical-agents-and-chemical-safety/>
47. Reachinfo.nl (2019, 5 februari). *Wat is REACH?* Retrieved from: http://www.reachinfo.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=49
48. Nu.nl (2019, 5 februari). *Campagne van start over omgaan met gevaarlijke stoffen op het werk*. Retrieved from: <https://www.nu.nl/economie--ondernemen--nieuws/5264342/campagne-van-start-omgaan-met-gevaarlijke-stoffen-werk.html>
49. Ministerie van SZW (2019, 5 februari). *Veilig werken met [gevaarlijke] stoffen*. Retrieved from: <https://www.arboportaal.nl/campagnes/veilig-werken-met-gevaarlijke-stoffen>
50. Infomil (2019, 5 februari). *Grenswaarden en andere luchtkwaliteitsnormen*. Retrieved from: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/grenswaarden/>
51. Natuur en milieufederatie Noord-Holland (2019, 5 februari). *Luchtkwaliteit: wat kan uw gemeente doen*. Retrieved from: <https://www.mnh.nl/wat-we-doen/duurzame-leefomgeving/luchtkwaliteitkaart/luchtkwaliteit-wat-kan-uw-gemeente-doen/>
52. Rijksoverheid (2019, 5 februari). *Programma Slimme en Gezonde Stad werkt aan kwaliteit leefomgeving*. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/slimme-en-gezonde-stad>
53. RIVM (2019, 5 februari). *Lymeziekte - maatregelen*. Retrieved from: https://lci.rivm.nl/richtlijnen/lymeziekte#index_Maatregelen
54. Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (2019, 5 februari). *Nucleaire installaties*. Retrieved from: <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/nucleaire-installaties>
55. Rijksoverheid (2019, 5 februari). *Wat is externe veiligheid en hoe weet ik of er risico's zijn in mijn woonomgeving?* Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gevaarlijke-stoffen/vraag-en-antwoord/wat-is-externe-veiligheid-en-hoe-weet-ik-of-er-risico-s-zijn-in-mijn-woonomgeving>

56. Bodemplus.nl (2019, 5 februari). *Bodembeleid*. Retrieved from: <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodembeleid/>
57. RIVM (2019, 5 februari). *Zoönosen*. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/zo-nosen>
58. RIVM (2019, 5 februari). *Staat van Zoönosen 2017*. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/publicaties/staat-van-zoonosen-2017>
59. ZLTO (2019, 5 februari). *SaMeDi: Samenwerking Medici en Dierenartsen*. Retrieved from: <https://www.zlto.nl/samedi>
60. RIVM (2019, 20 februari). *Hoogspanningslijnen*. Retrieved from: www.rivm.nl/hoogspanningslijnen

Overige bronnen

61. Van Veldhoven-Van der Meer, S. (2018). Kamerbrief over advies Gezondheidsraad over gezondheidseffecten bij blootstelling aan magnetische velden van hoogspanningslijnen. Kenmerk: IENW/BSK-2018/75844. Retrieved from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/05/29/advies-gezondheidsraad-over-gezondheidseffecten-bij-blootstelling-aan-magnetische-velden-van-hoogspanningslijnen>
62. Kennisplatform ElektroMagnetische Velden (2019, 20 februari) Onderwerpen. Retrieved from: <https://www.kennisplatform.nl/>
63. Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (2001). *Een wereld en een wil – werken aan duurzaamheid. Nationaal Milieubeleidsplan 4*. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/VROM2001NMP4.pdf>
64. Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (2004). *Nuchter omgaan met risico's – Beslissen met gevoel voor onzekerheden. Hoofddocument*. Retrieved from: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/nds-vrom040397-b2.pdf>
65. Geel, P.L.B.A. van (2005) *Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen*. Retrieved from: <https://www.rivm.nl/documenten/beleidsadvies-vrom-2005-pdf-361-kb>
66. Raad van de Europese Unie (1999) *Advies Raad Europese Unie blootstellingslimieten*. Retrieved from: <https://www.antennebureau.nl/straling-en-gezondheid/documenten/richtlijnen/februari/maart/1/aanbeveling-raad-europese-unie-blootstellingslimieten>
67. Gezondheidsraad (1995). *Niet alle risico's zijn gelijk – Kanttekeningen bij de grondslag van de risicobenadering in het milieubeleid*. Retrieved from: <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/1995/04/20/niet-alle-risicos-zijn-gelijk-kanttekeningen-bij-de-grondslag-van-de-risicobenadering-in-het-milieubeleid>
68. Renn, O. (2008). *Risk governance: coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan.
69. Klinke, A., & Renn, O. (2002). A New Approach to Risk Evaluation and Management: Risk-Based, Precaution-Based, and Discourse-Based Strategies 1. *Risk Analysis: An International Journal*, 22(6), 1071-1094.



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.

