s

EM-VELDEN EN GEZONDHEID

Veldsterkteberekening 150 kV-kabel nabij onderstation Klaprozenbuurt

Gemeente Amsterdam, Grond en Ontwikkeling

Rapport nr.: 23-0343, Rev. 1.00
Datum: 2 maart 2023



Projectnaam:	EM-velden en gezondheid	Energy Systems
Rapport titel:	Veldsterkteberekening 150 kV-kabel nabij onderstation Klaprozenbuurt	DNV Netherlands B.V. Utrechtseweg 310-B50
Klant:	Gemeente Amsterdam, Grond en Ontwikkeling, Postbus 2602, 1000 CP Amsterdam	6812 AR Arnhem
Contactpersoon klant:	Bas van Rossum en Maartje Dingemans	Tel: 026 356 9111
Datum uitgave:	2 maart 2023	Handelsregister Arnhem 09006404
Project nr.:	10428008	
Organisatie unit:	Transmission & Distribution Technology (TDT)	
Rapport nr.:	23-0343, Rev. 1.00	

Geschreven door:	Beoordeeld door:	Goedgekeurd door:
Pjotr Stoevelaar Medior consultant	Fred Koenis Senior consultant	Edward Nagel Head of department TDT

Copyright © DNV 2023. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV Distributie:

☐ Open

☒ Intern

☐ Commercieel vertrouwelijk

☐ Vertrouwelijk

☐ Geheim

*Specificatie distributie: --

Trefwoorden:
elektromagnetische velden, EU-aanbeveling 1999/519/EG, elektriciteitsinfrastructuur, transformatorstation, gezondheidseffecten, veldsterkteberekeningen, voorzorgsbeleid, 0,4 microteslazone

Rev.	Datum	Reden van uitgave	Auteur	Beoordelaar	Goedgekeurd
0.95	25-02-2023	Eerste concept ter review opdrachtgever	P. Stoevelaar	F. Koenis	
1.00	02-03-2023	Definitief	P. Stoelevaar	F. Koenis	E. Nagel

Inhoudsopgave

1 INLEIDING 1
1.1 Vraagstelling Gemeente Amsterdam 1
1.2 Leeswijzer 1

2 EFFECTEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN 2
2.1 Elektromagnetische velden 2
2.2 Blootstellingslimieten bij magnetische velden 3
2.3 Voorzorgsbeleid in Nederland 4
2.4 Nieuwe ontwikkelingen rond het voorzorgsbeleid 5
2.5 Elektrogevoeligheid 6
2.6 Samenvatting 7

3 WERKWIJZE BIJ DE BEREKENINGEN 8

4 RESULTATEN VAN BEREKENINGEN 10
4.1 Algemeen 10
4.2 Resultaten 10

5 SAMENVATTING 12

Appendix A Technische gegevens

1 INLEIDING

1.1 Vraagstelling Gemeente Amsterdam

In het westelijk deel van de Klaprozenbuurt in Amsterdam, tussen de GVB-remise en Zijkanaal I, beheert landelijk elektriciteitsnetbeheerder TenneT een onderstation. Onderstations, ook wel 'hoogspanningsstations' genoemd, zijn knooppunten in de elektriciteitsvoorziening. Ze sluiten hoogspanningsverbindingen op elkaar aan en/of transformeren een elektrische spanning naar een ander niveau. In Nederland zijn honderden van dergelijke stations.

De Gemeente Amsterdam wil de Klaprozenbuurt herinrichten. In de toekomst komen er in de Klaprozenbuurt ruim 2000 nieuwe woningen, voor diverse doelgroepen. De Klaprozenbuurt ligt tussen de Noordelijke IJ-oevers en de oudere buurten van Amsterdam-Noord. Recent is de gemeente gestart met de voorbereiding. Als onderdeel hiervan moet een nieuw bestemmingsplan worden opgesteld. De verwachte start van de bouw is gepland voor het einde van 2023.

Bij het gebruik van elektrische infrastructuur, zoals hoogspanningslijnen, hoogspanningskabels en transformatorstations, ontstaan altijd magnetische velden. Sterke magnetische velden kunnen bij mensen biologische effecten (zoals effecten op zintuigen) en gezondheidseffecten veroorzaken. Om mensen te beschermen tegen de mogelijke effecten van magnetische velden zijn er internationaal vastgestelde blootstellingslimieten, gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek. Voor magnetische velden in de elektriciteitssector, het gaat dan om elektriciteitstransport van wisselspanning bij een frequentie van 50 hertz, is de blootstellingslimiet vastgesteld op 100 microtesla (zie Europese aanbeveling met nummer 1999/519/EC). Nederland volgt deze aanbeveling. Concreet betekent dit dat de magnetische veldsterkte in de openbare ruimte altijd lager moet zijn dan 100 microtesla.

Bovendien hanteert de Nederlandse rijksoverheid voor bovengrondse hoogspanningslijnen een zogenoemd voorzorgsbeleid. Dit beleid houdt in dat zo veel als redelijkerwijs mogelijk is vermeden moet worden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig kunnen verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla. Dit voorzorgsbeleid wordt binnenkort naar alle waarschijnlijkheid uitgebreid, zodat ook transformatorstations en andere bronnen van langdurige blootstelling aan magnetische velden uit het elektriciteitsnetwerk, zoals kabels en opstijgpunten, eronder vallen.

Vanuit het onderstation lopen hoogspanningskabels naar andere delen van de stad. De Gemeente Amsterdam wil door berekening laten vaststellen hoe hoog de magnetische veldsterkte van deze kabels is en waar de grenswaarde uit de adviezen voor blootstelling wordt bereikt. De resultaten worden gebruikt ten behoeve van het bestemmingsplan.

In dit rapport wordt hier nader op ingegaan.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat algemene informatie over elektromagnetische velden. Onder meer wordt ingegaan op de internationaal vastgestelde blootstellingslimieten en op het Nederlandse voorzorgsbeleid. In hoofdstuk 3 is de werkwijze toegelicht die DNV bij de berekening heeft gehanteerd. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van de berekening vermeld. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies.

2 EFFECTEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN

2.1 Elektromagnetische velden

Elektromagnetische velden bevinden zich overal om ons heen. Er zijn velden die van nature aanwezig zijn, zoals het aardmagnetisch veld, de bliksem, het licht van de zon en de statische elektriciteit die men ervaart bij het uittrekken van een trui. Er zijn ook velden die door de mens worden opgewekt. Voorbeelden van elektromagnetische velden die door de mens worden opgewekt, zijn de velden die ontstaan bij de opwekking en het transport van elektriciteit en bij het gebruik van elektrische apparaten. Hier zijn de velden een 'bijproduct' van de elektrische stroom. Soms worden elektromagnetische velden bewust opgewekt, zoals wanneer informatie draadloos moet worden verzonden (bijvoorbeeld via mobiele telefonie of wifi).

Een elektromagnetisch veld bestaat uit een elektrisch veld en een magnetisch veld. Een elektrisch veld ontstaat door de aanwezigheid van elektrische lading. Als elektrische lading in beweging komt, bijvoorbeeld door het aanzetten van een apparaat, gaat er in de stroomdraden van het apparaat een elektrische stroom lopen. Daardoor ontstaat ook een magnetisch veld. Een magnetisch veld ontstaat als de elektrische lading beweegt. Een elektrisch veld dat in beweging is, veroorzaakt altijd een magnetisch veld, en ook omgekeerd. Elektrische en magnetische velden worden ook wel als elektromagnetische golf of als elektromagnetische velden aangeduid.

Soms wordt in plaats van de term elektromagnetische velden het woord 'straling' gebruikt. Dit is echter niet juist als het gaat om de elektromagnetische velden afkomstig van infrastructuur voor de energievoorziening. Bij straling gaat het om elektromagnetische velden met een hoge frequentie (bijvoorbeeld röntgenstraling of gammastraling). Dergelijke straling bezit heel veel energie, vaak zo veel dat door de straling elektronen uit de buitenste schil van een atoom weggeslagen kunnen worden, waardoor bijvoorbeeld DNA in een celkern beschadigd kan worden. De elektromagnetische velden waar het in de energievoorziening om gaat hebben een extreem lage frequentie (50 hertz) en kunnen dit niet.

Bij het onderzoeken van gezondheidseffecten van de velden van elektrische apparaten en het elektriciteitsnetwerk zijn alleen de magnetische velden van belang. Elektrische velden worden afgezwakt of tegengehouden door hindernissen, zoals de coating van stroomkabels, bouwmaterialen, huizen en bomen. Het elektrisch veld van een ondergrondse hoogspanningskabel wordt volledig afgeschermd door de mantel van de kabel. Magneetvelden dringen hier wel doorheen. Als iemand wordt blootgesteld aan een elektromagnetisch veld met een frequentie van 50 hertz van een bovengrondse hoogspanningslijn of een ondergrondse hoogspanningskabel, gaat het dus om het magnetisch veld.

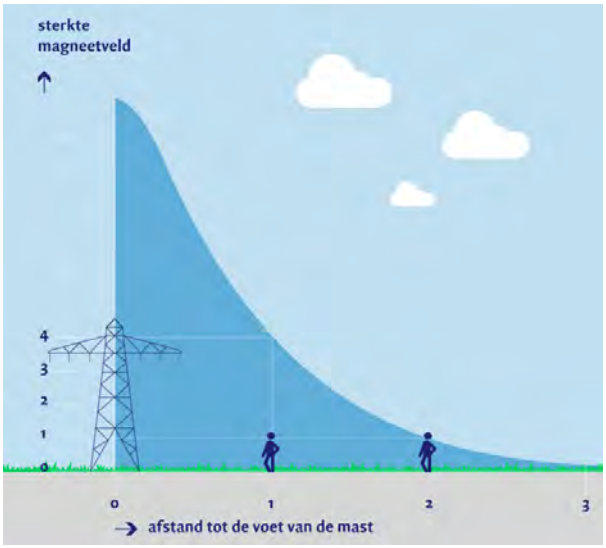
Een magnetisch veld heeft een bepaalde kracht: de veldsterkte. Magnetische veldsterkte wordt doorgaans uitgedrukt in de eenheid ampère per meter (A/m). In artikelen over gezondheidsrisico's van elektromagnetische velden wordt echter meestal de eenheid *tesla* (T) gebruikt. Eigenlijk is dit de eenheid die bij een andere grootheid, de magnetische fluxdichtheid, hoort. Magnetische veldsterkte en de magnetische fluxdichtheid zijn in elkaar om te rekenen. Omdat dit gebruikelijk is in literatuur over de gezondheidseffecten van magnetische velden, wordt in dit rapport verder de eenheid tesla gebruikt voor de magnetische veldsterkte. Omdat een magnetisch veld van 1 tesla heel erg sterk is, gebruikt men meestal de eenheid *micro*tesla. Een microtesla is een-miljoenste tesla, vaak afgekort als µT.

De jaargemiddelde magnetische veldsterkte in een gemiddelde Nederlandse woning bedraagt ongeveer 0,1 microtesla. Deze veldsterkte wordt veroorzaakt door de 'eigen installatie'. Hiermee wordt de elektriciteitsvoorziening bedoeld in een woning. Dit is dus het geheel aan elektriciteitskabels in een woning, inclusief alle apparaten die ermee verbonden zijn, zoals koelkasten, wasmachines, routers, omvormers van zonnepanelen, enzovoorts. De waarde van 0,1 microtesla wordt het 'achtergrondniveau' genoemd.

Een voorbeeld van een bron van magnetische velden is een hoogspanningslijn. Bepalend voor de magnetische veldsterkte van een hoogspanningslijn op een bepaalde plaats zijn:

- De sterkte van de stroom door de hoogspanningslijn; en
- De afstand vanaf die plaats tot de hoogspanningslijn.

De magnetische veldsterkte is recht evenredig met de stroomsterkte in de hoogspanningslijn. Dit wil zeggen dat een tweemaal zo hoge stroom, een tweemaal zo hoge magnetische veldsterkte geeft. Maar de magnetische veldsterkte is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de hoogspanningslijn: als de afstand tot de hoogspanningslijn tweemaal zo groot wordt, wordt de veldsterkte viermaal zo klein. De magnetische veldsterkte neemt dus zeer snel af als de afstand tot de hoogspanningslijn wordt vergroot. Zie ook Figuur 2-1.[1] Dit laatste is algemeen en geldt ook voor ondergrondse kabels en transformatorstations. Hoe groter de afstand, hoe lager het magnetisch veld.



Figuur 2-1 **De sterkte van het magneetveld neemt kwadratisch af met de afstand. Een twee keer zo grote afstand tot de bron geeft een vier keer kleinere veldsterkte.**

2.2 Blootstellingslimieten bij magnetische velden

Bij het gebruik van elektrische infrastructuur, zoals bovengrondse hoogspanningslijnen, ondergrondse hoogspanningskabels en transformatoren, ontstaan dus magnetische velden. Sterke magnetische velden kunnen bij mensen biologische effecten (zoals effecten op zintuigen) en gezondheidseffecten veroorzaken.

Elektromagnetische velden met een frequentie tussen 0 tot 10 megahertz (hierbinnen valt de '50 hertz' van de energievoorziening), kunnen elektrische velden en stromen in het lichaam opwekken, die zenuwcellen of spieren kunnen prikkelen. Als de velden en stromen in het lichaam sterk genoeg zijn, kan dat leiden tot tintelingen, pijn, spiersamentrekkingen of tot het zien van lichtflitsen. Bij heel hoge veldsterkten kan de hartfunctie verstoord worden.

Elektromagnetische velden met frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz (deze noemt men 'radiofrequenties') kan een menselijk lichaam, of een deel daarvan, opwarmen. Dit proces is vergelijkbaar met het opwarmen van voedsel in een magnetron. Een geringe opwarming kan het lichaam probleemloos aan. Net zoals bij het zitten in de zon kan het lichaam een beperkte temperatuurstijging aan en die warmte afvoeren. Een te grote hoeveelheid in het lichaam opgewekte warmte kan echter tot gezondheidsschade leiden. Zolang de toename van de lichaamstemperatuur niet te groot is, leidt dit ook bij langdurige blootstelling niet tot gezondheidsproblemen.

Om mensen te beschermen tegen de mogelijke effecten van magnetische velden zijn er internationaal vastgestelde blootstellingslimieten, gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek. Met betrekking tot de energiesector is in het verleden de aandacht hierbij vooral gericht geweest op magnetische velden van bovengrondse hoogspanningslijnen, die elektriciteit transporteren via wisselspanning van 50 hertz.

[1] Zie de website van het *Kennisplatform EMV*: https://www.kennisplatform.nl/de-sterkte-van-elektromagnetische-velden/. DNV is deelnemer aan dit platform.

In 1998 heeft ICNIRP, de International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection, de blootstellingslimiet voor velden van 50 hertz vastgelegd op 100 microtesla.[2] Deze limiet geldt op voor publiek toegankelijke plaatsen. Hierin is met een veiligheidsmarge rekening gehouden met de onzekerheden die in wetenschappelijk onderzoek zitten. De Europese Unie heeft deze blootstellingslimiet in 1999 overgenomen in een Europese aanbeveling (1999/519/EG).[3] Nederland volgt deze aanbeveling. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat buiten een 'transformatorhuisje' dat in de openbare ruimte staat de magnetische veldsterkte altijd lager dient te zijn dan 100 microtesla. Volgens het RIVM blijft de magnetische veldsterkte van bovengrondse hoogspanningslijnen, ondergrondse hoogspanningskabels en hoogspanningsstations op voor het publiek toegankelijke plaatsen ruim onder deze limiet.[4]

Voor werknemers, mensen die beroepsmatig blootgesteld kunnen worden, gelden minder strenge eisen. De blootstellingslimieten voor werknemers liggen hoger, omdat zij verondersteld worden de gevaren beter te kennen, beter getraind zijn en de omstandigheden waaronder ze mogelijk worden blootgesteld gecontroleerd zijn. In 2013 heeft de Europese Unie een nieuwe richtlijn aangenomen (2013/35/EU).[5] De blootstellingslimiet voor beroepsmatige blootstelling voor velden van 50 hertz is hierin vastgelegd op 1000 microtesla. Nederland heeft deze richtlijn geïmplementeerd door een wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit.

2.3 Voorzorgsbeleid in Nederland

Er wordt ook al tientallen jaren veel onderzoek gedaan naar effecten van langdurige blootstelling aan magnetische velden in de woon- en werkomgeving, bij veldsterkten die veel lager zijn dan de maximale grenswaarde van 100 microtesla. Hierbij wordt gekeken naar het vóórkomen van een uiteenlopende reeks van effecten, ziekten of aandoeningen, variërend van het voelen van tintelingen tot neurodegeneratieve ziekten en kanker.

Er zijn diverse manieren om onderzoek naar de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden uit te voeren. Meestal is epidemiologisch onderzoek het startpunt. In een epidemiologisch onderzoek worden statistische gegevens over de verspreiding van een bepaalde ziekte onderzocht, zodat men beter kan begrijpen welke risicofactoren een rol spelen. Kennis van risicofactoren kan de verspreiding van een ziekte tegengaan. Bij epidemiologie speelt statistiek een belangrijke rol. Met behulp van statistiek kunnen *correlaties* (samenhangen) tussen grootheden worden aangetoond. Een correlatie is een statistische samenhang, maar geeft geen uitsluitsel over een mogelijk oorzakelijk (causaal) verband. Meestal ontstaan als gevolg van een epidemiologisch onderzoek werkbare veronderstellingen voor vervolgonderzoek naar de eventuele mechanismes achter een causaal verband.

Uit dergelijk wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat er een zwakke, maar statistisch significante relatie is tussen langdurig verblijven in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen en het vóórkomen van leukemie bij kinderen. Er is daarbij géén causaal (oorzakelijk) verband aangetoond, en ook geen 'dosis-effect-relatie'. De waarde voor de magnetische veldsterkte waarboven dit verband bij langdurige blootstelling toeneemt, ligt rond 0,4 microtesla, een veel kleinere waarde dan de eerdergenoemde blootstellingslimiet van 100 microtesla. Het is echter niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is: zijn het de magnetische velden van de hoogspanningslijnen of is het iets anders? Het is mogelijk dat de samenhang het gevolg is van iets anders dat met bovengrondse hoogspanningslijnen samenhangt, of dat dit het gevolg is van de manier van onderzoeken, of 'gewoon toeval'. Uit onderzoek naar de oorzaak is geen biologische verklaring of causaal verband gevonden voor de gevonden samenhang.

[2] Zie: "ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", gepubliceerd in *Health Physics* (volume 74, nr. 4, pp. 494-522, april 1998).

[3] Zie: Aanbeveling 1999/519/EG "betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz - 300 GHz", van 12 juli 1999.

[4] Zie: RIVM, "Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen; literatuur en metingen", te vinden op https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609300011.pdf.

[5] Zie: Richtlijn 2013/35/EU "betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden)", van 26 juni 2013.

Om risico's te vermijden hanteert de Nederlandse rijksoverheid sinds 2005 voor bovengrondse hoogspanningslijnen een zogenoemd voorzorgsbeleid.[6] Dit beleid houdt in dat zo veel als redelijkerwijs mogelijk is vermeden moet worden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig kunnen verblijven in het gebied rond hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla. Dit gebied noemt men de *magneetveldzone*, de strook grond van een bepaalde breedte die zich aan beide zijden langs de bovengrondse hoogspanningslijn bevindt, waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla.

Het voorzorgsbeleid richt zich op zogenoemde 'gevoelige bestemmingen', dit zijn plaatsen waar kinderen gedurende langere perioden vrijwel dagelijks langdurig aanwezig kunnen zijn: woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen. Benadrukt wordt nog dat het voorzorgsbeleid betrekking heeft op *nieuwe* situaties; voorbeelden hiervan zijn nieuw te bouwen gevoelige bestemmingen in de nabijheid van bestaande bovengrondse hoogspanningslijnen, nieuw te bouwen bovengrondse hoogspanningslijnen in de nabijheid van bestaande gevoelige bestemmingen en reconstructies van bestaande bovengrondse hoogspanningslijnen in de nabijheid van bestaande gevoelige bestemmingen.

De gemeente Amsterdam past het voorzorgsbeginsel (dat van toepassing is op hoogspanningslijnen) ook toe op andere delen van de elektriciteitsinfrastructuur, zoals bij uitbreidingen van onderstations. Het uitgangspunt daarbij is dat de gemeente zoveel mogelijk wil voorkomen dat kinderen tot en met 15 jaar langdurig in een magneetveld hoger dan 0,4 microtesla verblijven.[7]

2.4 Nieuwe ontwikkelingen rond het voorzorgsbeleid

In 2018 heeft de Nederlandse Gezondheidsraad een grote hoeveelheid wetenschappelijke gegevens over de gezondheidseffecten van magnetische velden herbeoordeeld. De raad ziet in de huidige stand van wetenschap geen aanleiding de overheid 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 raad vanuit gezondheidskundig oogpunt de overheid in overweging om het beleid *uit te breiden* naar ondergrondse elektriciteitskabels en andere bronnen van langdurige blootstelling aan magnetische velden uit het elektriciteitsnetwerk, zoals ondergrondse hoogspanningskabels, onderstations en transformatorhuisjes.[8]

Op verzoek van de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft oud-staatssecretaris Co Verdaas vervolgens onderzoek gedaan over het voorzorgsbeleid en advies uitgebracht. Verdaas trekt hierin de conclusie dat het voorzorgbeleid niet noodzakelijk maar wel nuttig is, vooral om maatschappelijke onrust en disproportionele maatregelen te voorkomen. Hij adviseert om geen onderscheid meer te maken tussen nieuwe en bestaande situaties, tussen hoogspanningslijnen en andere bronnen van magneetvelden en om de advieswaarde van 0,4 microtesla (jaargemiddeld) te schrappen. Het schrappen van die advieswaarde moet bijdragen aan een bredere afweging per situatie. In oktober 2019 heeft de minister van EZK dit advies aan de Tweede Kamer gestuurd.[9]

Verdaas adviseerde ook om voor een nieuw voorzorgbeleid een lijst met maatregelen op te stellen, die 'redelijk' en 'proportioneel' zijn uit oogpunt van onder meer gezondheidsrisico's en kosten, waarbij de blootstelling zo laag als redelijkerwijs haalbaar is (ook wel 'ALARA' genoemd: As Low As Reasonably Achievable). De kosten van dergelijke maatregelen dienen volgens Verdaas ten laste te komen van de initiatiefnemer van de nieuwe ontwikkelingen.

[6] Het voorzorgsbeleid voor bovengrondse hoogspanningslijnen wordt verder toegelicht op een algemene website van de Nederlandse overheid. Zie https://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/functies/bovengrondse-0/beleid/.

[7] Zie: "Ontwikkelingskader Elektriciteitsvoorziening Amsterdam 2035 – Ruimtelijk kader voor de uitbreiding van de hoofd-elektriciteitsinfrastructuur", versie 1.4, Gemeente Amsterdam, Liander en TenneT, februari 2022. Te vinden op https://www.amsterdam.nl/wonen-leefomgeving/elektriciteitsvoorziening-amsterdam/ontwikkelingskader/.

[8] Zie: https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2018/04/18/hoogspanningslijnen-en-gezondheid-deel-i-kanker-bij-kinderen.

[9] *Kamerstukken II* 2019/20, 29023, nr. 250. De brief en de bijlagen zijn ook te vinden op https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/ (bij zoeken intypen '2019D38554').

Het advies van de commissie Verdaas is in 2020 verder uitgewerkt, in samenwerking met de belangrijkste stakeholders (zoals netbeheerders en gemeenten) en met kennisinstellingen (zoals GGD GHOR Nederland, het RIVM en het Kennisplatform EMV). Het advies is bedoeld als uitgangspunt voor vervolgacties en ter voorbereiding op de vaststelling van nieuw voorzorgbeleid. Op 23 maart 2021 heeft de minister van EZK de hoofdlijnen van dit advies aan de Tweede Kamer gestuurd.[10] Dit bestaat in hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- *Bronmaatregelen*: Deze (technische) maatregelen zorgen er voor dat de magneetvelden rondom de elektriciteitsvoorzieningen daadwerkelijk verminderd worden. Zowel in nieuwe situaties (bij de aanleg van nieuwe hoogspanningslijnen, hoogspanningsstations, kabels, opstijgpunten en transformatorhuisjes) als in bestaande situaties (op natuurlijke momenten van aanpassing en reconstructie), treffen de netbeheerders, wanneer dit mogelijk is, bronmaatregelen die het magneetveld reduceren.
- *Maatregelen bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen*: Deze zijn gericht op het “zo veel als redelijkerwijs mogelijk is” creëren van een bepaalde afstand tussen elektriciteitsvoorzieningen en nieuwe bestemmingen waarin kinderen onder de 15 jaar langdurig verblijven (woningen, scholen, kinderdagverblijven en crèches). Het is aan het bevoegd gezag op het gebied van de ruimtelijk ordening om hierin een afweging te maken en hieraan uitvoering te geven.

Op 16 november 2022 heeft de minister van Klimaat in een volgende brief de Tweede Kamer geïnformeerd over het herijkte voorzorgbeleid rond magneetvelden van de elektriciteitsvoorziening.[11] In deze brief worden de maatregelen concreter gemaakt. De twee belangrijkste veranderingen in het herijkte voorzorgbeleid zijn:

- *Voor wat betreft de bronmaatregelen:* Netbeheerders dienen bepaalde technische maatregelen te nemen bij alle nieuwe netcomponenten en bij wijziging van bestaande netcomponenten. Dit geldt voor zowel hoogspanningslijnen maar ook voor hoogspanningsstations, ondergrondse kabels en voor transformatorhuisjes.
- *Voor wat betreft de maatregelen bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen:* Afstandsmaatregelen blijven beperkt tot alleen de bovengrondse hoogspanningslijnen. Voor de andere componenten wordt geen afstand geadviseerd.

Door het nemen van technische maatregelen aan alle netcomponenten, zo redeneert de minister, worden op de langere termijn de sterkten van magneetvelden afkomstig van het elektriciteitsnetwerk lager. Binnenkort wordt de Tweede Kamer verder geïnformeerd over de wijze waarop het kabinet het voorzorgbeleid met betrekking tot magneetvelden bij elektriciteitsvoorzieningen wil herijken. Het bestaande voorzorgbeleid voor hoogspanningslijnen blijft van toepassing totdat nieuw beleid van kracht wordt. Het nieuwe herijkte voorzorgbeleid zal nog steeds als advies blijven gelden (dus niet als wetgeving).

2.5 Elektrogevoeligheid

Sommige mensen ervaren gezondheidsklachten als zij in de buurt komen van bronnen die elektromagnetische velden produceren, ook bij blootstelling aan elektromagnetische velden ver beneden de geldende limieten. Dit wordt ‘elektrogevoeligheid’ genoemd. Het gaat hierbij om bronnen binnenshuis en buitenshuis, zoals huishoudelijke apparaten, mobiele telefoons, hoogspanningslijnen en zendmasten. Voorbeelden van gezondheidsklachten die mensen melden zijn hoofd-, spier- en gewrichtspijn, hartritmestoringen, huidproblemen, moeheid en concentratieproblemen.

De klachten die elektrogevoeligen ervaren, zijn reëel en kunnen ernstig zijn en de kwaliteit van leven nadelig beïnvloeden. De oorzaak van de klachten is wetenschappelijk nog niet duidelijk.

[10] *Kamerstukken II* 2020/21, 29023, nr. 267. De brief en de bijlage zijn te vinden op https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/ (bij zoeken intypen ‘2021D10772’).

[11] *Kamerstukken II* 2022/23, 29023, nr. 356. De brief en de bijlagen zijn ook te vinden op https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/ (bij zoeken intypen ‘2022D47827’).

2.6 Samenvatting

Om mensen te beschermen tegen effecten van sterke magnetische velden gelden er limieten voor de blootstelling aan die velden. Deze waarden zijn opgesteld op basis van een grote hoeveelheid wetenschappelijk onderzoek naar de mogelijke effecten en de blootstelling. In Nederland geldt voor blootstelling aan magnetische velden van de elektriciteitsvoorziening:

- Voor algemene bevolking: maximale veldsterkte 100 microtesla;
- Voor blootstelling op werkplekken: maximale veldsterkte 1000 microtesla.

Nederland volgt hiermee de Europese richtlijnen en adviezen.

Daarnaast heeft de Nederlandse overheid besloten om vanwege de onduidelijkheden die er zijn over een *mogelijke* samenhang tussen het wonen bij bovengrondse hoogspanningslijnen en de kans op kinderleukemie een voorzorgbeleid te hanteren. De overheid adviseert te voorkomen dat kinderen langdurig boven 0,4 microtesla worden blootgesteld in *nieuwe situaties* bij een *combinatie* van:

- Bovengrondse hoogspanningslijnen *en*
- Gevoelige bestemmingen: woningen, scholen en kinderopvangplaatsen en gebieden waar kinderen gedurende langere perioden vrijwel dagelijks langdurig aanwezig zullen zijn.

Er wordt in Nederland bij bovengrondse hoogspanningslijnen dus niet alleen naar de maximale veldsterkte van 100 microtesla gekeken, maar ook naar de langdurig gemiddelde veldsterkte (bijvoorbeeld gemiddeld over een heel jaar). Dit betekent dat *in alle situaties* het basisadvies van toepassing is: de blootstelling mag niet boven 100 microtesla komen.

Voor *nieuwe* situaties van gevoelige bestemmingen bij bovengrondse hoogspanningslijnen is daarnaast ook het voorzorgadvies van toepassing: de jaargemiddelde blootstelling mag niet boven de 0,4 microtesla komen. Dat betekent dat in nieuwe situaties de magnetische veldsterkte gedurende enige tijd wel hoger mag zijn dan 0,4 microtesla, zolang het gemiddelde over een jaar maar lager is dan 0,4 microtesla. Voor de bepaling van de waarde van 0,4 microtesla gaan men altijd uit van een hoogte van 1 meter boven het maaiveld. Eén en ander is samengevat in Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van geldende limieten voor magnetische velden van 50 hertz.

Basisadvies – geldt voor alle situaties

Groep	Limiet	Toelichting	Bron
Beroepsbevolking (*)	1000 µT	maximale veldsterkte, op ieder moment	EU-richtlijn 2013/35/EU
Algemene bevolking	100 µT	maximale veldsterkte, op ieder moment	EU-aanbeveling 1999/519/EG

(*) De tijd die werkenden in deze velden mogen doorbrengen is beperkt tot ‘werktijd’.

Voorzorgsadvies – geldt voor nieuwe situaties, bij bovengrondse lijnen en langdurige blootstelling van kinderen

Groep	Limiet	Toelichting	Bron
Kinderen t/m 14 jaar	0,4 µT	langdurig gemiddelde veldsterkte (over 24 uur per dag gedurende 1 jaar)	Advies Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat

Geen zwart-wit situatie

Het voorzorgbeleid suggereert mogelijk dat buiten de 0,4 microteslazone geen en binnen de zone wel een verhoogd risico is op kinderleukemie. De wetenschap trekt niet deze grens niet zo strak en heeft het over een indicatie van een verhoogd risico op kinderleukemie boven een jaargemiddelde blootstelling tussen 0,3 en 0,4 microtesla. Er is ook geen wetenschappelijk bewijs dat de magnetische veldsterkte de veroorzaker is van de verhoogde kans op kinderleukemie (er is wel een *correlatie*, maar géén *causaal verband*).

3 WERKWIJZE BIJ DE BEREKENINGEN

In het westelijk deel van de Klaprozenbuurt in Amsterdam, tussen de GVB-remise en Zijkanaal I, beheert landelijk elektriciteitsnetbeheerder TenneT een onderstation. Vanuit dit onderstation van TenneT lopen diverse 150 kV-hoogspanningskabels naar andere delen van de stad, zie ook Figuur 1.[12] Onderstations, ook wel 'hoogspanningsstations' genoemd, zijn knooppunten in de elektriciteitsvoorziening. Ze sluiten hoogspanningsverbindingen op elkaar aan en/of transformeren een elektrische spanning naar een ander niveau. In Nederland zijn honderden van dergelijke stations.



Figuur 1 **Loop van de kabels vanaf het onderstation. De 150 kV-kabels zijn hier blauw gekleurd. Het nieuwe plangebied Klaprozenbuurt is globaal aangegeven in lichtrood.**

Van bedrijfsmiddelen in de elektriciteitssector, zoals hoogspanningsstations, ondergrondse hoogspanningskabels en bovengrondse hoogspanningslijnen, kan bepaald worden hoeveel magnetische velden hierbij gegenereerd worden. Dit kan zowel door meting als door berekening. Doorgaans wordt de zogenoemde 'magneetveldzone' van het bedrijfsmiddel berekend. De magneetveldzone is de afstand tot het bedrijfsmiddel waarbinnen het magnetisch veld jaargemiddeld hoger is dan 0,4 microtesla.

Voor bovengrondse hoogspanningslijnen gebeurt dit volgens een vaste methode die is vastgelegd in de Handreiking van het RIVM.[13] DNV hanteert bij berekeningen van magneetveldzones voor hoogspanningslijnen altijd de werkwijze van deze Handreiking. DNV is opgenomen in de lijst van het RIVM met "Adviesbureaus waarvan bekend is dat ze ervaring hebben met zoneberekeningen volgens de RIVM-handreiking".

[12] Deze afbeelding is afkomstig van de netkaart van www.hoogspanningsnet.com, een niet-commerciële website onderhouden door 'liefhebbers' van hoogspanning en hoogspanningsmasten (zie: https://webkaart.hoogspanningsnet.com/index2.php#16/52.4010/4.9047).

[13] Zie: "Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen", versie 4.1, RIVM, 26 oktober 2015 (te vinden op www.rivm.nl).

Ook voor onderstations en ondergrondse kabels kan de magneetveldzone worden berekend. Dit gebeurt meestal op basis van vastgelegde rekenregels, die in overleg met het RIVM gemaakt zijn.[14] Deze set van rekenregels is 'minder officieel' dan de berekening van de magneetveldzone voor bovengrondse hoogspanningslijnen (uit de Handreiking), maar wordt wel door veel partijen gebruikt. De reden dat de methode voor hoogspanningslijnen 'officiëler' is dan de methode voor onderstations en ondergrondse kabels, is dat het voorzorgsbeleid van de overheid momenteel alleen voor bovengrondse hoogspanningslijnen geldt.

De Gemeente Amsterdam heeft DNV gevraagd om de magnetische veldsterkte te bepalen van het deel van de 150 kV-kabel aan de noordzijde van het in Figuur 1 in lichtrood aangegeven plangebied. Deze kabel loopt daar evenwijdig aan de Metaalbewerkerweg en wordt door TenneT 'Verbinding Klaprozenweg-Hoogte Kadijk' genoemd. Om de magneetveldzone van deze kabel te kunnen bepalen, heeft DNV de volgende stapsgewijze werkwijze gehanteerd:

1. *Onderzoek naar de locatie.* Eerst is een informatieverzoek aan TenneT verstuurd. Aan TenneT is gevraagd hoe de exacte geografische loop van de kabel is (dus: locatie en diepte). Verder zijn diverse elektrotechnische gegevens opgevraagd, zoals het aantal circuits, de ontwerpbelasting, de jaargemiddelde stroom en de stroomrichting. TenneT heeft dergelijke gegevens in een register vastgelegd en heeft deze gegevens aan DNV verstrekt.
2. *Modelleren van de kabel.* Op basis van de verkregen gegevens heeft DNV een model ontworpen van de ondergrondse hoogspanningskabel. Dit model bevat de juiste geografische afmetingen en de diverse elektrotechnische parameters.
3. *Uitvoeren van de berekeningen.* Het zojuist ontwikkelde model is vervolgens ingevoerd in een computerprogramma waarmee magneetveldberekeningen uitgevoerd kunnen worden. DNV beschikt hiervoor over speciale software. De basis van dit computerprogramma is commercieel.[15] DNV heeft deze software verder ontwikkeld om de gevraagde berekeningen te kunnen maken. Op basis van bovengenoemde rekenregels, die in overleg met het RIVM gemaakt zijn, is de 0,4 microteslazone van de ondergrondse hoogspanningskabels bepaald.
4. *Opstellen rapportage*: De resultaten van de berekeningen zijn vermeld in (onderhavige) rapportage.

[14] Het gaat om de notitie: "Afspraken over de rekenmethodiek voor de 'magneetveldzone' bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV-verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM).

[15] EFC-400 software van Narda Safety Test Solutions (zie: https://www.narda-sts.com/en/wideband-emf/efc-400-software/).

4 RESULTATEN VAN BEREKENINGEN

4.1 Algemeen

DNV heeft de magnetische veldsterkte berekend van het deel van de ondergrondse 150 kV-kabel van de verbinding 'Klaprozenweg-Hoogte Kadijk', evenwijdig aan de Metaalbewerkerweg en heeft bepaald waar advieswaarden worden overschreden. De resultaten zijn getoetst aan de grens van 0,4 microtesla, uit het Nederlandse voorzorgsbeleid.

De magneetveldzone is bepaald voor een jaargemiddelde belasting van 247 A (dit is 50% van de ontwerpbelasting en conform de rekenregels van het RIVM) en voor een jaargemiddelde belasting van 163 A (dit is 33% van de ontwerpbelasting. Deze laatste waarde is gekozen omdat op dit moment de werkelijke jaargemiddelde belasting van deze kabelverbinding 33% van de ontwerpbelasting is.

De kabelverbinding bestaat uit drie circuits.[16] De drie geleiders in elk circuit zijn in driehoeksformatie op korte afstand van elkaar gelegd. Dit heeft al een verminderend effect op de magneetveldzone, vergeleken met een situatie waarbij de drie geleiders van een circuit naast elkaar liggen. De faseconfiguraties van de drie circuits en de diepte waarop de kabels onder het maaiveld liggen zijn te vinden in Appendix A.

In deze berekening wordt ervan uit gegaan dat de stroom voor alle drie circuits in deze verbinding in dezelfde richting loopt.

4.2 Resultaten

Uit de berekeningen blijkt dat de magneetveldzone voor zowel 50% belasting als voor 33% belasting buiten de toekomstige percelen met bebouwing blijft. Dit is afgebeeld in Figuur 2.

Nadat aan de noordzijde van het onderstation de kabels onder de Metaalbewerkersweg door gaan, blijft de zuidelijke grens van de zone binnen de afmetingen van de weg. De versmalling van de zone nabij de kruising van de weg komt door een diepere kabelligging op die locatie. De totale breedte van de zone bedraagt ongeveer 6 meter (bij een belasting van 33%) en ongeveer 8 meter (bij een belasting van 50%). De afstand tussen de contour die de grens van 0,4 microtesla aangeeft en de toekomstige bebouwing is minimaal 2 meter.

[16] Een verbinding op één spanningsniveau bestaat altijd één of meer circuits. Een circuit omvat één driefasen-systeem van drie geleiders (drie 'stroomkabels') op hetzelfde spanningsniveau.



Figuur 2 **Magneetveldzone 150 kV-verbinding 'Klaprozenweg-Hoogte Kadijk', bij de Metaalbewerkerweg.**

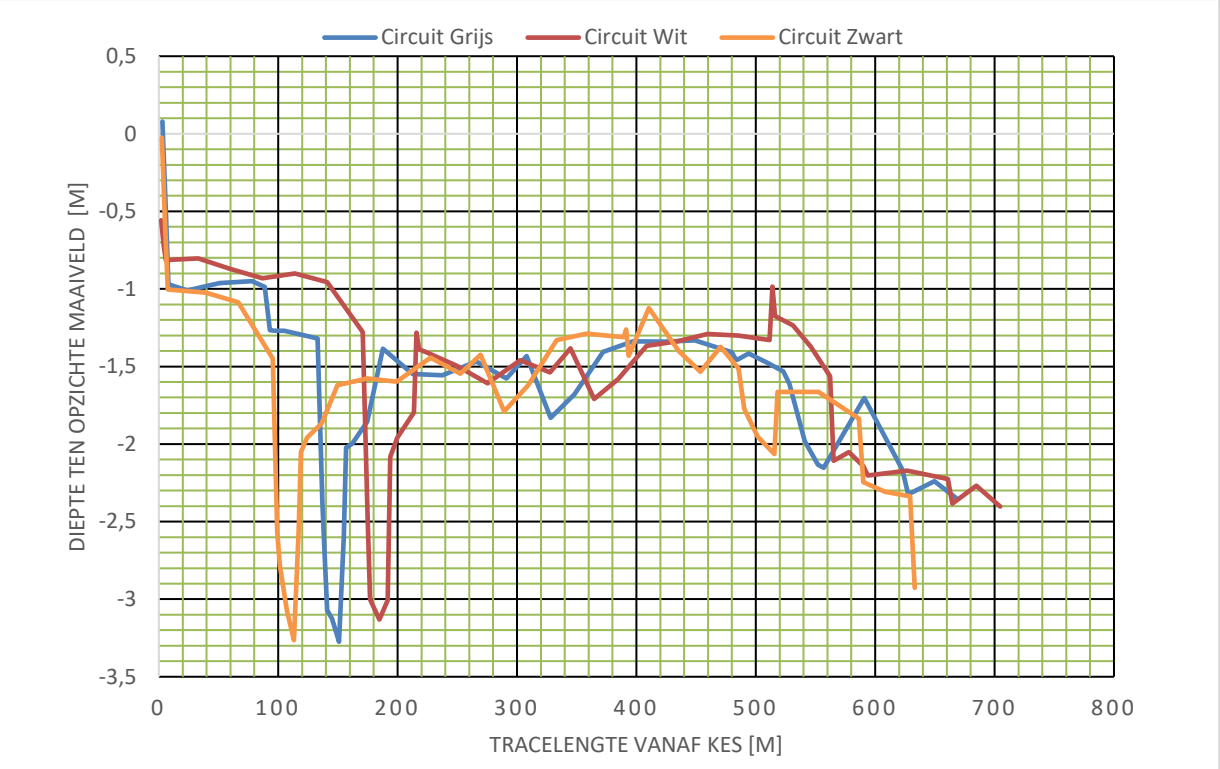
5 SAMENVATTING

In dit onderzoek heeft DNV de magnetische veldsterkte berekend van een 150 kV-hoogspanningskabel die vanuit een onderstation van TenneT langs de Klaprozenbuurt loopt. De berekende magnetische veldsterkte is getoetst aan de grens van 0,4 microtesla uit het Nederlandse voorzorgsbeleid.

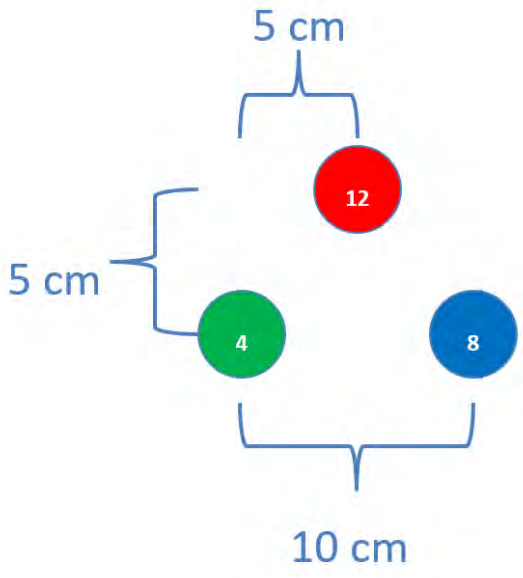
Uit de resultaten blijkt dat de toekomstige bebouwing buiten de 0,4 microteslazone van de hoogspanningskabel ligt. De afstand tussen de contour die de grens van 0,4 microtesla aangeeft en de toekomstige bebouwing is minimaal 2 meter.

APPENDIX A
Technische gegevens

A1 Tracé



A2 Bundelconfiguratie





About DNV

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.