



Statische elektrische en magnetische velden en gezondheid

Document opgesteld door de Belgian BioElectroMagnetics Group (BBEMG)

In de 19e eeuw, aan het begin van het elektriciteitstijdperk, haalden de voorstanders van elektriciteitstransmissie in wisselstroom (50/60 Hz) het van de voorstanders van gelijkstroom (0 Hz). Desondanks wordt voor transmissie bij zeer hoge spanning over lange afstanden nog altijd gelijkstroom gebruikt, met name onderzees en om netwerken van verschillende frequenties met elkaar te koppelen (bijvoorbeeld in Japan voor koppeling tussen de netten van 50 Hz in het noorden en 60 Hz in het zuiden).

En de situatie blijft evolueren. De noodzaak voor interconnecties tussen landen om de elektriciteit uitwisseling te verzekeren (bijvoorbeeld de interconnectie Nemo Link¹ in de Noordzee en de interconnectie ALEGrO²) evenals de decentralisatie van de stroomproductiesites (bijvoorbeeld het windmolenpark in de Noordzee), impliceert de ontwikkeling van elektrische verbindingen over lange afstand die efficiënter zijn in gelijkstroom. Daarnaast rijden in België bijvoorbeeld alle treinen (behalve de hogesnelheidstreinen) ook op gelijkstroom.

Opmerking: Meer informatie over de uitdagingen van het transport in gelijkstroom en wisselstroom vind je op de pagina [Elektriciteitsnetwerk](#).

Hoe reageert ons lichaam op statische elektrische en magnetische velden?

Statische velden

Een statisch veld is een veld dat niet van richting verandert, in tegenstelling tot velden van het elektriciteitsnetwerk (50/60 Hz) of radiofrequentievelden (GHz). Dit veld is dus elektrisch (EV) ofwel magnetisch (MV).

De sterkte van een statisch EV is afhankelijk van de spanning, terwijl de sterkte van een statisch MV afhangt van de kracht van een magneet of de sterkte van de circulerende stroom.

1 Statisch elektrisch veld (of elektrostatisch veld)

Aan het aardoppervlak is er een natuurlijk elektrostatisch veld aanwezig. Het ontstaat door het potentiaalverschil tussen de hoge atmosfeer (de ionosfeer, positief geladen) en de aarde (negatief geladen). Bij rustig weer varieert het elektrisch veld tussen **100 en 150 V/m**. Bij onweer kan het echter waarden van **15 tot 20 kV/m** bereiken (dit is 15 000 tot 20 000 V/m).

Het statisch EV ligt eveneens aan de oorsprong van wat wij elektrostatische ontlading noemen en wat we soms ervaren als we bij koud en droog weer uit onze auto stappen. Deze ontladingen zijn het gevolg van een elektrisch veld dat ontstaat tussen de auto en ons lichaam, bijvoorbeeld via de hand. Als het veld voldoende groot is, dit wil zeggen als het doorslagveld van lucht (ongeveer 300 kV/m in functie van de luchtvochtigheid, vervuiling ...) wordt overschreden, wordt de lucht geleidend en zullen de door de auto geaccumuleerde ladingen ogenblikkelijk naar de grond vloeien. Het statisch EV ter hoogte van de hand bereikt waarden hoger dan het doorslagveld van de lucht.

¹ <http://www.nemo-link.com/nl/>

² <http://www.elia.be/nl/projecten/netprojecten/alegro/alegro-content>

De statische EV die gemeten kunnen worden onder hoogspanningslijnen of bovenleidingen van treinen bedragen respectievelijk 20 tot 30 kV/m en 600 V/m. Het is belangrijk te weten dat dit maximumwaarden zijn, gemeten in afwezigheid van elk obstakel daar het EV gemakkelijk kan worden verzwakt.

Als we met de trein reizen, kunnen we statische EV aantreffen in de orde van 300 V/m (bron: ICNIRP).

2 Statisch magnetisch veld

Statische MV zijn typisch de velden die gemeten worden tussen de twee polen van een magneet. De magneten die we vandaag gebruiken hebben sterktes in de orde van 10 mT (10 000 μ T).

Onze aarde is een enorme magneet die ons dankzij de krachtlijnen van het statisch MV tussen beide polen, beschermt tegen straling uit de ruimte. Het geomagnetisch veld heeft in België sterktes in de orde van 45 μ T. Bij medische apparaten gebruikt de RMI een super magneet waarvan de sterkte kan variëren tussen 1,5 en 10 T (1 500 000 en 10 000 000 μ T).

Nabij gelijkstroominstallaties kan men velden meten in de orde van enkele tientallen μ T onder hoogspanningslijnen en in orde van 200 μ T onder bovenleidingen van treinen. Als men zich 5 meter verwijderd, zakken de waarden onder de 10 μ T voor hoogspanningslijnen en 100 μ T voor bovenleidingen.

In een trein heeft het statische MV een sterkte van rond de 40 μ T. Maximumwaarden van 120 μ T worden gemeten in de locomotieven op gelijkstroom (spanning van 3 kV DC zoals in België, metingen uitgevoerd in Russische en Italiaanse treinen).

Hoe reageert ons lichaam op statische elektrische en magnetische velden?

1 Statisch elektrisch veld (of elektrostatisch veld)

Een bijzondere eigenschap van een statisch EV is de kracht uitgeoefend op geladen deeltjes (positieve of negatieve elektrische ladingen).

Het statisch EV dringt niet in ons lichaam binnen. Integendeel: het veroorzaakt aan het lichaamsoppervlak een verplaatsing van elektrische ladingen bijvoorbeeld waargenomen worden ter hoogte van de lichaamsbehaarung of het haar. Het is eveneens verantwoordelijk voor elektrostatische ontladingen.

Een sterk statisch EV kunnen we voelen ter hoogte van de lichaamsbehaarung of het haar.

(Bron: Maison de la Science, Université de Liège)



2 Statisch magnetisch veld

Het statisch MV oefent krachten uit op metalen (cf. magneet) en op elektrische ladingen in beweging.

Als een MV inwerkt op metaal kan het de werking van een medisch implantaat dat metaal bevat, bijvoorbeeld een pacemaker, verstoren. Bovendien bevat hemoglobine, een eiwit in onze rode bloedcellen nuttig voor het zuurstoftransport in ons lichaam, ijzer. Dit geldt ook voor ferritine, een ander eiwit dat ijzer in ons lichaam opslaat (de dosering van ferritine maakt opsporing van ijzertekort of -overschot mogelijk). Deze eiwitten kunnen gevoelig zijn voor een statisch magnetisch veld, maar hun kleine omvang maakt de kans op een effect onwaarschijnlijk. Zo wordt ook magnetiet (ijzeroxide Fe_3O_4) aangetroffen bij bepaalde dieren. Het zou een rol spelen bij het migrerende gedrag van verschillende onder hen. De aanwezigheid bij de mens is tot op heden nog niet bewezen (zie bijlage hieronder).

Magnetische sensibiliteit - Ons lichaam is altijd al onderhevig geweest aan het geomagnetisch veld van de aarde. Zijn we er gevoelig voor?

De capaciteit om het geomagnetisch veld te detecteren is één van de elementen die de migratie van bepaalde dieren (vogels, vissen ...) verklaren. Deze magneto-ontvangst zou enerzijds veroorzaakt worden door de aanwezigheid van magnetietkristallen en anderzijds door eiwitten die we cryptochromen noemen en vooral in het netvlies zitten.

Magnetietkristallen worden gedetecteerd bij tal van dieren, al dan niet migrerende soorten, maar hun aanwezigheid werd niet bewezen bij de mens. Ze reageren als naalden van een kompas en kunnen zich dus oriënteren op het geomagnetisch veld.

Uit tal van experimenten blijkt dat magnetiet niet de enige factor is die invloed heeft op het migratiegedrag. Het netvlies bevat eveneens een lichtgevoelig eiwit (cryptochroom) dat bij bepaalde dieren werkt als magneto-ontvanger. Dit eiwit is ook aanwezig bij de mens. Het heeft een invloed op de regulering van het bioritme en zou geen of geen andere functie hebben in verband met het aardmagnetisme.

Bepaalde diersoorten zijn gevoelig voor het geomagnetisch veld zonder daarom migrerend te zijn. De magnetische richting kan dus ook meer algemeen een rol spelen in ruimtelijke herkenning (J Vanderstraeten, 2013).

Laten we nu bij de tweede bijzondere eigenschap van statische MV halhouden: namelijk hun effect op ladingen in beweging. Twee situaties werden grondig bestudeerd:

- **Als we niet bewegen in een sterk statisch MV** zullen elektrische deeltjes desondanks toch in ons lichaam bewegen, namelijk de ladingen aanwezig in onze bloedbaan. De interacties zijn extreem zwak, maar modellen toonden een verandering aan van de verplaatsingssnelheid van het bloed in de grote bloedvaten onderworpen aan een loodrecht statisch veld.
- **Als we ons verplaatsen in een sterk magnetisch veld** gebeurt het omgekeerde: het statisch MV kan dan inwerken op statische vloeistoffen in ons lichaam, bijvoorbeeld de vloeistoffen in het binnenoor die het evenwicht helpen regelen. Deze interacties kan leiden tot duizeligheid of misselijkheid (WHO, 2006).

Dergelijke effecten komen enkel voor bij aanwezigheid van zeer sterke statische MV, sterker dan enkele tesla. Ze zijn tijdelijk, wat betekent dat ze verdwijnen naarmate de afstand tot de bron groter wordt.

Wat zeggen studies over de effecten van statische velden op de gezondheid?

Er is relatief weinig onderzoek gedaan naar de blootstelling aan statische velden. De studies concluderen algemeen dat er geen effect is op de gezondheid.

1 Statisch elektrisch veld (of elektrostatisch veld)

De enige aangenomen effecten zijn de waarnemingen van bewegende lichaamsbehaaring en elektrostatische ontlading in aanwezigheid van intense velden. Het gaat om effecten die verband houden met een acute blootstelling. Tot op heden werd geen studie uitgevoerd naar de langetermijneffecten van statische EV.

2 Statisch magnetisch veld

De onderzoekers hebben tal van potentiële effecten op de gezondheid bestudeerd, zoals effecten op de vruchtbaarheid, de groei en de ontwikkeling, op kanker, op het cardiovasculaire systeem, op het zenuwstelsel, op de cognitieve functie ... (Health Protection Agency, 2008). Ze werkten op cellen en dieren en voerden ook experimenteel of epidemiologisch onderzoek uit bij mensen.

Buiten de tijdelijke effecten, zoals duizeligheid en misselijkheid, de voorbijgaande prestatieverminderingen... gerapporteerd door personen die zich in sterke statische MV verplaatsen, konden de studies geen effecten op de gezondheid aantonen. Deze tijdelijke effecten worden vaak aangehaald, omdat ze ongerustheid kunnen opwekken bij de getroffen.

De resultaten konden geen uitsluitsel geven over langetermijneffecten zoals kanker. Er is nog onderzoek nodig om de effecten van zeer sterke statische MV en langdurige blootstelling te kunnen bepalen.

Recommendations

1 Statisch elektrisch veld (of elektrostatisch veld)

De huidige richtlijnen geven geen aanbevelingen voor het beperken van de niveaus van statische EV.

2 Statisch magnetisch veld

De ICNIRP (2009) raadt volgende beperkingen aan:

- voor werknemers: 2T voor het hoofd en de romp, 8T voor de ledematen
- voor de algemene populatie: 400 mT voor alle lichaamsdelen

Voor geïmplanteerde medische elektronische apparaten bedraagt de limiet 0,5 mT.

De Europese Richtlijn 2013/35/EU voor de bescherming van werknemers beveelt dezelfde waarden als die van de ICNIRP aan. Bovendien wordt blootstelling tot 8T getolereerd voor het hele lichaam in professionele omgevingen als de omgeving onder controle is en de arbeid aangepast is om desnelheid van uitvoeren de verplaatsing in dergelijke velden te beperken.

Referenties

Contessa GM, Falsaperla R, Brugaletta V, Rossi P. Exposure to magnetic fields of railway engine drivers: a case study in Italy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010 Dec;142(2-4):160-7. doi: 10.1093/rpd/ncq270. Epub 2010 Nov 11.

Health Protection Agency (2008). Static magnetic fields, Report of the independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. Documents of the Health Protection Agency – Radiation, Chemical and Environmental Hazards.

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/335120/RCE-6_for_Web_16-05-08.pdf

Directive 2013/35/UE du parlement européen et du conseil du 26 juin 2013

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:FR:PDF>

International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. *Health Physics* 96(4):504-514; 2009.

<http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPstatgdl.pdf>

Leitgeb N. Limiting electric fields of HVDC overhead power lines. *Radiat Environ Biophys*. 2014 May;53(2):461-8. doi: 10.1007/s00411-014-0520-2. Epub 2014 Feb 27.

Perrin A, Souques M (2010). Champs électromagnétiques, environnement et santé. Paris, France : Springer Paris.

http://books.google.be/books/about/Champs_%C3%A9lectromagn%C3%A9tiques_environnemen.html?id=VuhxH24C2GEC&redir_esc=y

Ptitsyna NG1, Kopytenko YA, Villoresi G, Pfluger DH, Ismaguilov V, Iucci N, Kopytenko EA, Zaitzev DB, Voronov PM, Tyasto MI. Waveform magnetic field survey in Russian DC and Swiss AC powered trains: a basis for biologically relevant exposure assessment. *Bioelectromagnetics*. 2003 Dec;24(8):546-56.

Vanderstraeten J. (2013). Analyse de l'hypothèse de la perturbation des biorythmes par les champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence Mécanismes possibles, impact en santé publique, protocoles de mise à l'épreuve. Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de Docteur en Sciences de la Santé Publique

http://theses.ulb.ac.be/ETD-db/collection/submitted/ULBetd-05152013-002823/restricted/Vanderstraeten_THESE.pdf

Greenfacts, Champs statiques

<http://www.greenfacts.org/fr/champs-statiques/index.htm#1>

ICNIRP, Static electric fields 0 Hz

<http://www.icnirp.org/en/frequencies/static-electric-fields-0-hz/index.html>

ICNIRP, Static magnetic fields 0 Hz

<http://www.icnirp.org/en/frequencies/static-magnetic-fields-0-hz/index.html>

Organisation Mondiale de la Santé, Champs électromagnétiques et santé publique, Champs électriques et magnétiques statiques

<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs299/fr/>

Association Française pour l'Information Scientifique, Science... & pseudo-sciences, Comment les animaux perçoivent les champs magnétiques

<http://www.pseudo-sciences.org/spip.php?article1154>