



**Vlaanderen**  
is omgeving

# Validatie van een rekenmodel voor de berekening van magnetische velden nabij hoogspanningslijnen

## **Validatie van een rekenmodel voor de berekening van magnetische velden nabij hoogspanningslijnen**

Departement omgeving wil op een onafhankelijke manier inzicht geven in de blootstelling aan magnetische golven die afkomstig zijn van hoogspanningslijnen. Hiervoor gebruikt Departement Omgeving (DOMG) een rekenmodel dat werd geïntegreerd in twee implementaties. In het huidige onderzoek wordt de blootstelling berekend met dat model en worden de resultaten vergeleken met (1) metingen op het terrein nabij hoogspanningslijnen en (2) berekeningen van een ander, commercieel model.

De resultaten uit de metingen en uit de berekeningen met de DOMG rekenimplementaties stemmen in voldoende mate wanneer we rekening houden met de onzekerheden die intrinsiek zijn aan de uitvoering van dergelijke metingen en berekeningen.

De overeenkomst tussen de berekening door de DOMG rekenimplementaties en door een commercieel beschikbaar rekenmodel is ook goed.

Het rekenmodel dat Departement Omgeving gebruikt voor de berekening van magnetische velden nabij hoogspanningslijnen in Vlaanderen is bijgevolg succesvol gevalideerd ten opzichte van gemeten veldwaarden en onafhankelijk berekende veldwaarden.

---

Dit rapport bevat de mening van externe auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse overheid.

---

## **COLOFON**

### **Verantwoordelijke uitgever**

Peter Cabus  
Departement Omgeving  
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel  
[www.omgevingvlaanderen.be](http://www.omgevingvlaanderen.be)

Een uitgave van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
[vpo.omgeving@vlaanderen.be](mailto:vpo.omgeving@vlaanderen.be)

### **Auteurs**

Mart Verlaek - Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Liesbeth Gommé - Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Michel Goethals - Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Tine Van Hoof - Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Niels De Kempeneer - Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Sophie Van Mulder - Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Karen Van Campenhout – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Met dank aan Elsie Fauconnier (Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving) voor de opmaak van de figuren in QGIS.

### **Publicatiedatum**

06/07/2023

**Depotnummer**  
D/2023/3241/255

**Wijze van citeren**

Verlaek M., Gommé L., Goethals M., Van Hoof T., De Kempeneer N., De Mulder S., Van Campenhout K. (2023), *Validatie van het rekenmodel voor de berekening van magnetische velden nabij hoogspanningslijnen.*

**PARTNERS**



# INHOUDSTAFEL

Afkortingen .....	5
Opbouw van het rapport .....	6
<b>1</b> Inleiding .....	<b>7</b>
1.1 Aanleiding .....	7
1.2 Aanpak .....	7
1.3 Wat zijn Magnetische velden en limietwaarden voor blootstelling .....	8
<b>2</b> Rekenimplementaties van Departement Omgeving voor de magnetische veld berekening	<b>10</b>
<b>3</b> Vergelijking tussen model en metingen .....	<b>11</b>
3.1 Introductie .....	11
3.2 Opzetten van de veldmetingen .....	11
3.2.1 Selectie van de meetsites .....	11
3.2.2 Meetapparatuur .....	14
3.2.3 Meetmethode .....	15
3.3 Onzekerheden in de vergelijking tussen model en meting .....	16
3.3.1 Vergelijking tussen de twee meettoestellen voor magnetische velden .....	16
3.3.2 Onzekerheden te wijten aan locatiebepaling met behulp van GPS .....	17
3.3.3 Onzekerheden te wijten aan geometrische karakteristieken .....	18
3.3.4 Onzekerheden te wijten aan de gerapporteerde stroombelasting .....	18
3.3.5 Conclusie inzake onzekerheden in de vergelijking tussen model en meting .....	18
3.4 Vergelijking tussen de gemeten en de gemodelleerde veldwaarden .....	19
3.4.1 Metingen en berekeningen voor Damme (380kV Stevin lijn) .....	19
3.4.2 Metingen en berekeningen voor Harelbeke (380kV lijn Avelgem-Izegem) .....	21
3.4.3 Metingen en berekeningen voor Evergem (150kV lijn tussen Langerbrugge-Brugge) .....	24
3.5 Conclusie vergelijking van gemeten en gemodelleerde veldwaarden .....	25
<b>4</b> Vergelijking met een onafhankelijk model .....	<b>26</b>
4.1 Introductie .....	26
4.2 Vergelijking tussen de gemodelleerde veldwaarden .....	26
4.2.1 De compacte vakwerkmast .....	27
4.2.2 De CompactLine .....	28
4.2.3 De wintrack .....	29
4.2.4 Vergelijking tussen alle berekende masttypes .....	30
4.3 Conclusie modelvalidatie met behulp van onafhankelijk model .....	31
<b>5</b> Besluit .....	<b>32</b>
Referenties .....	33

## AFKORTINGEN

CAD	Computer Aided Design
DOMG	Departement Omgeving
EHP	Electric and Magnetic Field Probe Analyzer
ELF	Extreem Lage Frequentie
ELT	Exposure Level Tester
EMF	Electro Magnetic Field
EPRI	Electric Power Research Institute
GIS	Geografisch Informatie Systeem
Gmsh	Open source mesh generator
GPS	Global positioning system
GRB	Grootschalig Referentiebestand
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
QGIS	Quantum-GIS: open source geografisch informatiesysteem (GIS)
Vlarem	Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning



## OPBOUW VAN HET RAPPORT

Dit rapport bestaat uit 5 delen. Het **inleidende deel** bespreekt het nut van deze studie, namelijk nagaan of het rekenmodel dat Departement Omgeving gebruikt, de werkelijke blootstelling voldoende nauwkeurig benadert. Daarnaast geeft het kort de globale aanpak weer en biedt het achtergrondinformatie over magnetische golven afkomstig van hoogspanningslijnen.

Het **tweede deel** behandelt het rekenmodel dat Departement Omgeving gebruikt, met een bespreking van de twee verschillende implementaties. Met deze implementaties is Departement Omgeving in staat om de blootstelling langs volledige trajecten met hoogspanningslijnen te berekenen.

**Deel drie** gaat over de vergelijking van het rekenmodel van Departement Omgeving en de veldmetingen op drie aparte locaties, die een gevarieerde set aan meetlocaties opleverde en die het hoogspanningsnet in Vlaanderen gepast vertegenwoordigen. Naast de bespreking van het opzetten van de veldmetingen, en resultaten, gaat er ook aandacht naar de onzekerheden in bepaalde omstandigheden en input-gegevens. Hierdoor kunnen er verklaarbare en aanvaardbare verschillen optreden tussen de resultaten van het model en de metingen.

**Deel vier** vertrekt van de berekeningen van een commercieel rekenmodel en vergelijkt die met de berekeningen van het rekenmodel dat bij Departement Omgeving gebruikt wordt. Er worden 7 verschillende masttypes vergeleken.

Tot slot eindigen we **in deel vijf** met een aantal conclusies.

# 1 INLEIDING

## 1.1 AANLEIDING

Hoogspanningslijnen vervoeren elektriciteit van productiecentrales naar grote industriële verbruikers en distributienetbeheerders, die uiteindelijk de elektriciteit verder verdelen naar de huishoudens en andere vragers. Wanneer er elektrische stroom door de geleiders van hoogspanningslijnen loopt, ontstaan er magnetische en elektrische golven met een extreem lage frequentie (ELF).

Doorheen de jaren krijgt Departement Omgeving regelmatig vragen over de blootstelling aan magnetische velden. Daarom is Departement Omgeving (DOMG) in 2017 gestart met de ontwikkeling van een rekentoepassing voor de magnetische velden die afkomstig zijn van hoogspanningslijnen. Aangezien het niet haalbaar is om voor Vlaanderen de blootstelling op te meten in de buurt van alle hoogspanningslijnen biedt een rekenmodel een degelijk alternatief.

De mogelijkheid om de blootstelling te berekenen laat Departement Omgeving toe om onderbouwd en transparant te communiceren. Zo kunnen we op vragen van burgers en andere betrokken actoren antwoorden, wat bijdraagt tot het wegnemen van ongerustheid. Wanneer omwonenden van een hoogspanningslijn willen weten wat de blootstelling aan magnetische velden is, kunnen ze een berekening bij Departement Omgeving aanvragen. Die blootstelling wordt met behulp van het rekenmodel bepaald. Op een onafhankelijke manier maakt Departement Omgeving de blootstelling voor omwonenden op deze manier inzichtelijk.

## 1.2 AANPAK

Het doel van deze studie is om na te gaan of de berekeningen van magnetische velden door hoogspanningslijnen aan de hand van het rekenmodel gebruikt bij DOMG voldoende nauwkeurig de werkelijke blootstelling benaderen. Wanneer het rekenmodel succesvol gevalideerd wordt, kan Departement Omgeving het inzetten voor nauwkeurige blootstellingsbepaling aan ELF daar waar metingen niet altijd mogelijk zijn.

Om te onderzoeken of de berekeningen van het rekenmodel een degelijk alternatief bieden voor veldmetingen, worden verschillende vergelijkingen gemaakt via: (1) metingen van het veld nabij hoogspanningslijnen en (2) berekeningen door een ander en onafhankelijk rekenmodel. Dankzij deze tweeledige vergelijking zal het rekenmodel gebruikt bij DOMG op een solide wijze geëvalueerd worden. Dit opzet wordt geschetst in de schematische voorstelling in **Figuur 1**. Het rekenmodel, dat we wensen te vergelijken, werd geïntegreerd in 2 rekenimplementaties, nl. de Gmsh implementatie en de Geografisch Informatie Systeem (GIS) implementatie. Deze twee implementaties gebruikt DOMG om magnetische velden te berekenen nabij hoogspanningslijnen.

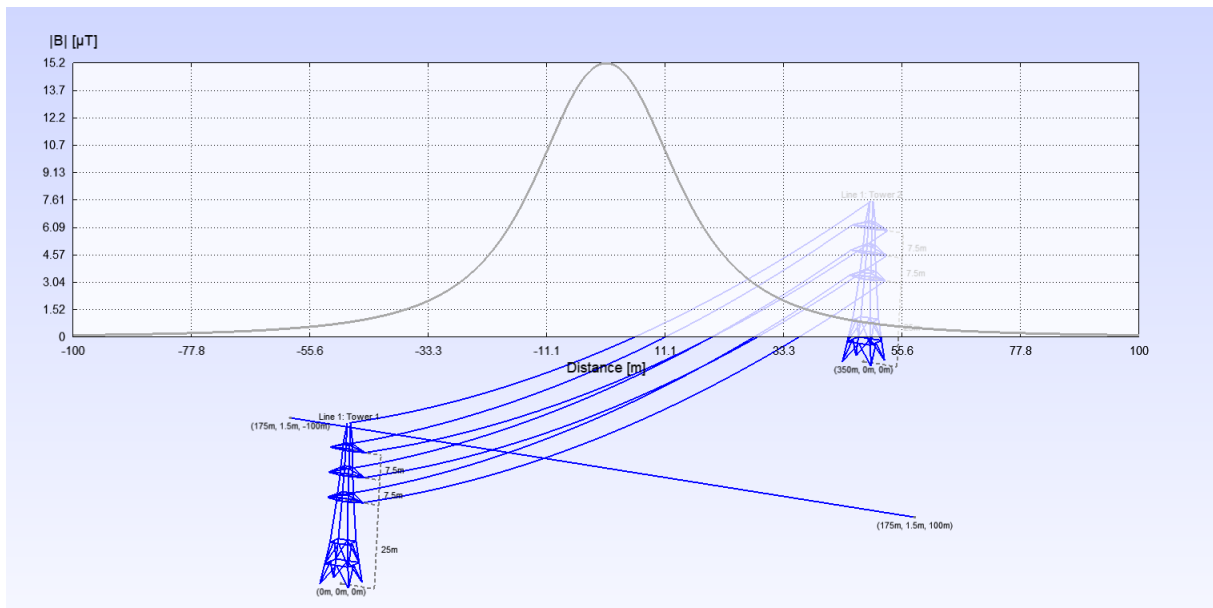
We starten met de vergelijking tussen de berekeningen door het rekenmodel dat DOMG gebruikt en de metingen. We selecteren daarvoor drie meetsites in Vlaanderen waar de WAVES onderzoeksgroep van het departement Informatie Technologie van de Universiteit Gent en IMEC veldmetingen hebben uitgevoerd. Het gaat om locaties in Damme, Harelbeke-Deerlijk en Evergem.

Omdat de stroombelasting een onontbeerlijke inputparameter is voor het rekenmodel maken we hiervoor gebruik van metingen van de stroombelasting op de dag van de meting voor de opgemeten hoogspanningslijnen. Netbeheerder Elia stelde deze gegevens ter beschikking. Ook volgende gegevens worden ingevoerd in het rekenmodel: geometrieën (configuratie hoogspanningsmasten,





Het magnetisch veld dat gegenereerd wordt op een punt in de omgeving van de hoogspanningslijn, is afhankelijk van de sterkte van de stroom die door de geleiders vloeit, de afstand tot de geleiders en de configuratie van masten en geleiders. De waarde van het magnetisch veld neemt snel af naarmate de afstand tot de geleiders toeneemt (**Figuur 2**).



**Figuur 2:** Simulatievoorbeeld ter illustratie van de afname van het magnetisch veld  $B[\mu\text{T}]$  onder een hoogspanningslijn, berekend door DOMG met behulp van de gmsH rekenimplementatie van de Universit  de Liège (Geuzaine and Remacle 2009; Geuzaine et al. 2012).

Er gelden richtlijnen en aanbevelingen om de grootte van het magnetisch veld, die de elektrische stroom veroorzaakt, te beperken. Deze situeren zich zowel op internationaal, Europees en gewestelijk vlak **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, [4][5].

In Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk is de limietwaarde voor acute blootstelling gelijk aan  $100 \mu\text{T}$ . Dit is in lijn met de Europese aanbeveling 1999/519 die gebaseerd is op de aanbevelingen van ICNIRP in 1998. In Nederland zijn er geen bindende nationale grenswaarden voor magnetische velden.

In Vlaanderen loopt er op dit moment een wetgevingstraject om een norm van  $100 \mu\text{T}$  voor acute blootstelling op te nemen in Vlarem. Er wordt een bindend afsprakenkader uitgewerkt om langdurige (chronische) blootstelling aan magnetische velden van meer dan  $0,4 \mu\text{T}$  zoveel mogelijk te beperken.

#### Eenheden en prefixen

V	Volt	Elektrische spanning
E	Volt/m	Elektrisch veld

k	kilo	$10^3$
$\mu$	micro	$10^{-6}$

A	Ampère	Stroomsterkte
A/m	Ampère/m	Magnetische veldsterkte
T	Tesla	Magnetische inductie

Hz	Hertz	Frequentie
----	-------	------------



## 3 VERGELIJING TUSSEN MODEL EN METINGEN

### 3.1 INTRODUCTIE

In dit hoofdstuk bespreken we de eerste vergelijking tussen de berekeningen van het magnetische veld aan de hand van het rekenmodel dat DOMG gebruikt en de metingen van het veld nabij hoogspanningslijnen. We schetsen eerst het opzetten van de veldmetingen met de selectie van drie meetsites in Vlaanderen, de keuze van de meetapparatuur en de gevolgde meetmethode. Vervolgens overlopen we de onzekerheden in de vergelijking tussen model en meting waarmee we rekening moeten houden. Tenslotte maken we de vergelijking tussen de gemodelleerde en gemeten waarden en bespreken we de resultaten.

### 3.2 OPZETTEN VAN DE VELDMETINGEN

Op drie locaties in Vlaanderen werden metingen nabij hoogspanningslijnen uitgevoerd door de WAVES onderzoeksgroep van het departement Informatie Technologie van de Universiteit Gent en IMEC.

De locaties worden in detail besproken in paragraaf 3.2.1. De metingen werden uitgevoerd met de apparatuur beschreven in paragraaf 0 en volgens de meetprocedure in paragraaf 0.

#### 3.2.1 Selectie van de meetsites

Er werden op volgende drie locaties in Vlaanderen metingen uitgevoerd: Damme (3.2.1.1), Harelbeke - Deerlijk (3.2.1.2) en Evergem (3.2.1.3).

Voor de opgemeten hoogspanningslijnen is de configuratie van de masten digitaal beschikbaar bij DOMG. Met deze digitale gegevens kunnen de rekenimplementaties achteraf de velden berekenen. Verder werden meetsites geselecteerd nabij zowel 380kV als 150kV hoogspanningslijnen zodat trajecten met verschillende stroombelasting meegenomen worden in deze studie, alsook trajecten die al dan niet uitgerust zijn met de nieuwste types geleiders en met fasen in transpositie<sup>3</sup>. Op deze manier komen we tot een gevarieerde set meetlocaties die het hoogspanningsnet in Vlaanderen gepast vertegenwoordigen. Ook de toegankelijkheid van de meetlocatie speelde een rol in de selectie van de meetsites aangezien de meetopstelling vlot geplaatst moet worden op verschillende afstanden tot de lijn. De metingen werden uitgevoerd tijdens de kantooruren op werkdagen.

Bovendien worden metingen van de stroombelasting op de dag van de meting voor de opgemeten hoogspanningslijnen ter beschikking gesteld door de netbeheerder omdat deze noodzakelijk zijn om in te voeren in het rekenmodel.

Het [Grootschalig Referentiebestand](#) (GRB) is een digitale topografische referentiekaart van Vlaanderen en wordt gebruikt als geografische basis bij de berekeningen. Een kaartlaag in GIS met de hoogspanningslijnen in Vlaanderen wordt ons ter beschikking gesteld door de netbeheerder.

---

<sup>3</sup> Transpositie is de optimalisering van de fasen in de verschillende circuits van een hoogspanningslijn om de magneetveldzone te verminderen.

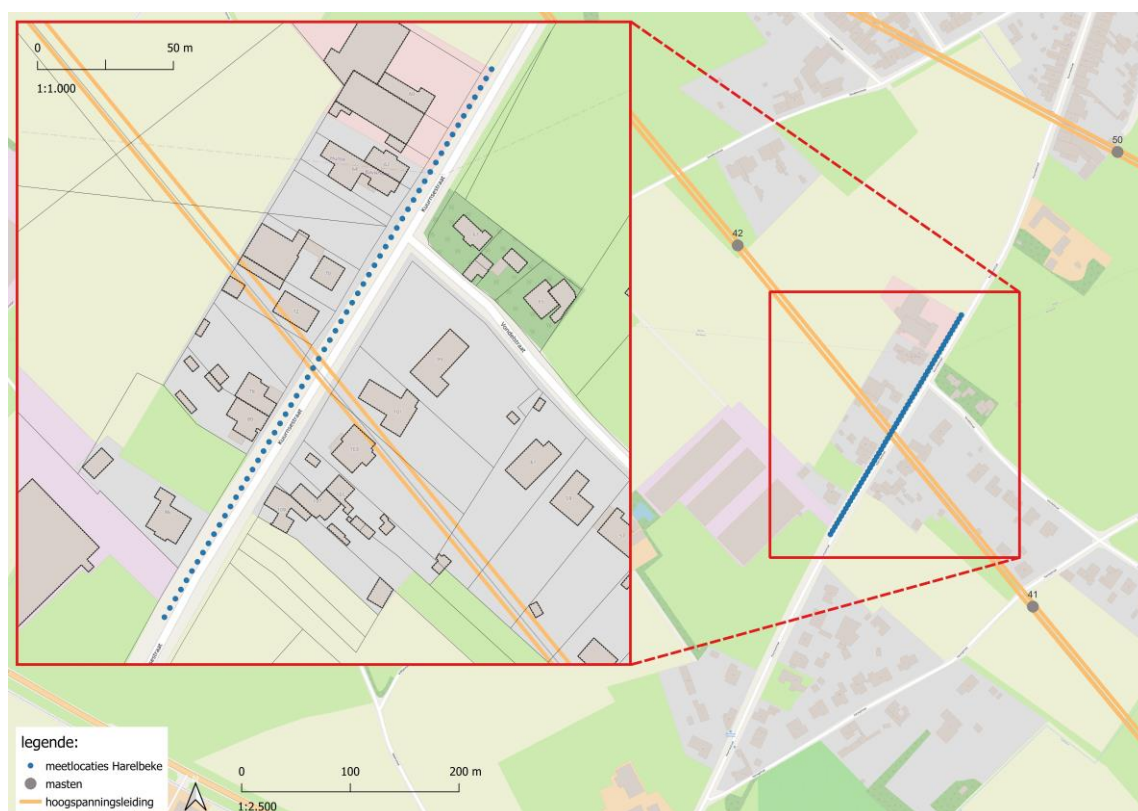


### 3.2.1.2 Harelbeke en Deerlijk (380kV lijn Avelgem-Izegem)

Ook hier wordt in de meetdata gezocht naar een sequentie aan posities waarvoor de gerapporteerde stroombelasting geen grote fluctuaties vertoont. Dit leidt tot de selectie van metingen langs de Kuurnestraat in Harelbeke tussen mast 41 en 42 in **Figuur 4** waarvoor de stroombelasting constant is tijdens het onderzochte meetvenster.

Bovendien varieerde de stroombelasting tussen de circuits onderling voor hetzelfde meetvenster minder dan 1%.

De sequentie aan posities is - in de mate van het mogelijke - ook zo gekozen dat de posities quasi loodrecht op de richting van de hoogspanningslijn liggen om het verloop van hoge naar lage veldwaarden mee te nemen in de vergelijking. De weerhouden metingen worden opgesteld in **Tabel 2**.



**Figuur 4:** 380kV lijn tussen Avelgem-Izegem ter hoogte van de meetlocaties in Harelbeke en Deerlijk

	Harelbeke en Deerlijk (380kV lijn Avelgem-Izegem)	
	Harelbeke – Kuurnestraat in noordoostelijke richting	Harelbeke – Kuurnestraat in zuidwestelijke richting
Aantal posities	28	32
Gemeten tijdstip	11:34 - 11:47	11:47 - 11:55
Stroombelasting per circuit (Ampère)	147.9/147.9	147.9/147.9

**Tabel 2:** Weerhouden metingen bij 380kV lijn tussen Avelgem-Izegem



#### Breedbandige magnetische veldprobe

- Type: Narda ELT-400 met 100 cm<sup>2</sup> probe [8]
- Dynamisch bereik magnetisch veld: 60 nT tot 80 mT (4,8 mA/m tot 64 kA/m)
- Frequentiebereik: 1 Hz – 400 kHz

#### H-veld analyzer

- Type: Narda EHP-50 [9]
- Dynamisch bereik magnetisch veld: 1 nT tot 10 mT (0,79 mA/m tot 8 kA/m)
- Frequentiebereik: 5 Hz – 100 kHz
- Dimensies probe: 92 x 92 x 109 mm<sup>3</sup>

#### Locatiebepaling

- Applicatie 'GPS logger' op een Oppo smartphone
- Lasermeter Leica Disto D810 en rolmeter

### 3.2.3 Meetmethode

De meetprobes worden telkens gepositioneerd op een houder op 1,5 m boven het maaiveld.

Met de EHP-50 probe kan eerst frequentie-selectief gemeten worden om na te gaan welke frequentiecomponenten significant aanwezig zijn binnen het relevante laagfrequente spectrum. Voor hoogspanningslijnen vindt men de 50 Hz component en zijn harmonischen terug bij meting in een frequentiebereik van 5 tot en met 500 Hz.

Indien uit de EHP-50 meting blijkt dat het magnetisch veld gegenereerd door de hoogspanningslijn dominant is t.o.v. achtergrondsignalen en de harmonischen, dan kan de breedbandige ELT-400 probe gebruikt worden om het magnetische veld te bepalen op deze meetpositie.

De toestellen zijn uitgerust met RMS-detector en de metingen werden met deze instelling uitgevoerd. De aflezing gebeurde in 'maximum hold mode' waarbij de maximale waarde genomen wordt gedurende een in te stellen 'maximum hold tijd'.

De positie van de meetlocaties wordt zo nauwkeurig mogelijk bepaald zodat voor elke locatie nadien het meetresultaat kan vergeleken worden met de berekening op deze locatie aan de hand van de GIS- en gms-h- implementatie. Voor de bepaling van de meetlocatie wordt gebruik gemaakt van de applicatie 'GPS logger' op een Oppo smartphone, in combinatie met een rolmeter en een lasermeter (Leica Disto D810) voor afstandsmetingen tot referentiepunten. Bij de data verwerking nadien worden de GPS-coördinaten geverifieerd met de werkelijke positie zoals te zien op de GRB-kaart (incl. laag van de luchtfoto's) en indien nodig gecorrigeerd.

Afhankelijk van de stroomvraag door gebruikers en de stroomproductie door elektriciteitsproducenten kunnen er pieken optreden in de vervoerde stroom door de geleiders van hoogspanningslijnen. Door deze wisselende stroombelasting in de geleiders treden er bijgevolg ook variaties in het magnetisch veld op. Met de meetprobes worden de veldwaarden op een bepaald tijdstip van de dag opgemeten en van de netbeheerder ontvangen we daarom de stroombelasting van de lijn per gemeten kwartier op de dag van de meting.

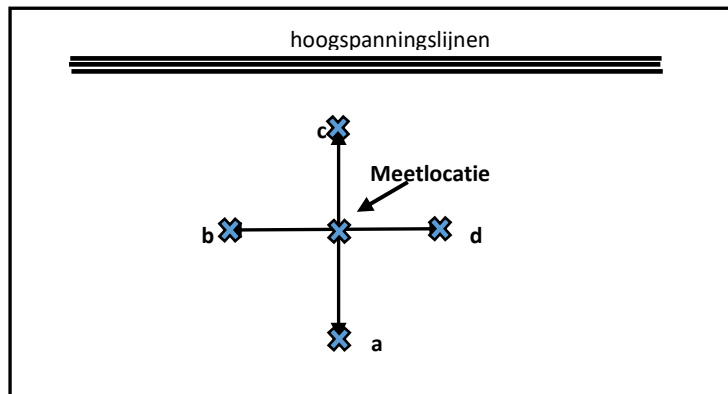




### 3.3.2 Onzekerheden te wijten aan locatiebepaling met behulp van GPS

Daarnaast worden meetwaarden, die vlakbij elkaar liggen, vergeleken om de meetonzekerheid die te wijten is aan onnauwkeurige GPS-locatiebepaling te schatten.

Deze meetwaarden werden gecapteerd met de ELT400 probe op de blauwe markers op de afbeelding hieronder (**Figuur 7**). De magnetische veldsterkte wordt dus gemeten op vijf coördinaten: op de meetlocatie zelf, en op de vier uiteinden van een kruis (a, b, c en d) met armen van 1 meter met de oorspronkelijke meetlocatie als middelpunt.



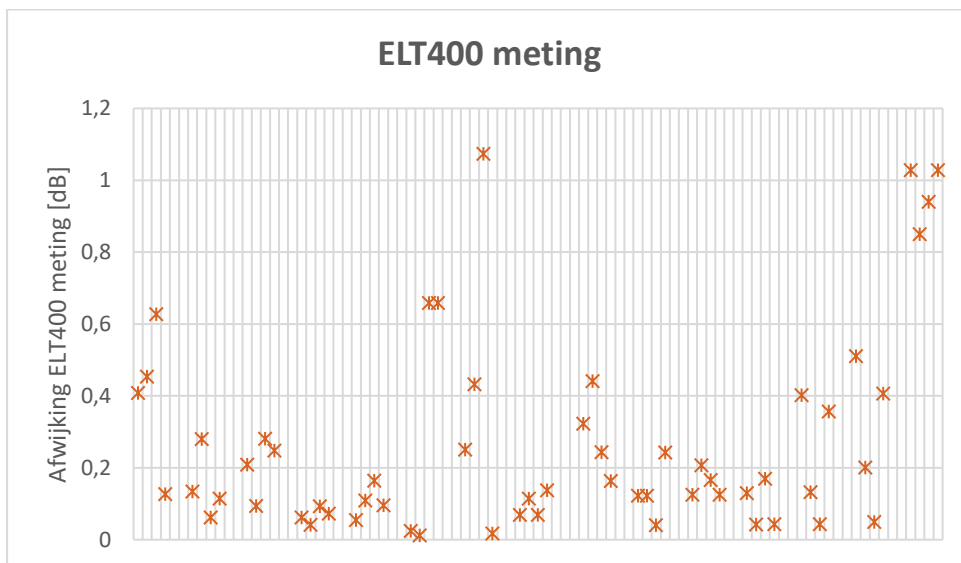
**Figuur 7:** Meting volgens op vijf punten volgens een kruis met armen van 1 m met de meetlocatie als middelpunt.

Het verschil tussen elk van de 4 meetwaarden op a, b, c en d en de centerpositie zelf wordt hieronder afgebeeld als een afwijking in dB,

$$Afwijking [dB] = \left| 20 \log_{10} \left( \frac{B_x}{B_{center}} \right) \right|$$

Waarbij  $B_x$  de veldwaarde is gemeten op positie a, b, c en d en  $B_{center}$  op de centerpositie. De resultaten werden voor de 3 meetsites in 3.2.1 gegroepeerd in **Figuur 8**. De maximale afwijking tussen de 4 locaties op 1m van elkaar verwijderd bedraagt 1.1dB.

De nauwkeurigheid waarmee de locatie bepaald wordt aan de hand van de smartphone app 'GPS logger' kan echter enkele meters i.p.v. 1m bedragen. De afwijking op de meetwaarde die te wijten is aan de bepaling van de locatie (waarop nadien ook de berekening gebeurt) zal minstens 1.1dB bedragen.































### 4.3 CONCLUSIE MODELVALIDATIE MET BEHULP VAN ONAFHANKELIJK MODEL

Het rekenmodel dat door Departement Omgeving wordt gebruikt, werd in dit hoofdstuk gevalideerd ten opzichte van een ander onafhankelijk ontwikkeld rekenmodel: EMF-workstation van [EPRI](#).

De afwijking tussen gemodelleerde blootstelling met beide modellen werd bepaald voor 7 verschillende masttypes.

Globaal genomen over deze masttypes heen zien we dat de afwijking tussen beide rekenmodellen bij nominale stroombelasting gemiddeld 0.6dB bedraagt wat op een goede overeenkomst tussen de modellen duidt.







## REFERENTIES

- [1] EMF Workstation van Electric Power Research Institute (EPRI), Product ID 1018310, 5 November 2008, <https://www.epri.com/research/products/1018310>
- [2] ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys. 2020 May; 118(5):483-524. doi: 10.1097/HP.0000000000001210.
- [3] ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz) Health Phys. 1998 April, 74(4), 494-522.
- [4] 1999/519/EG: Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0Hz - 300GHz, [EUR-Lex - 31999H0519 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)
- [5] [Hoogspanning | Departement Omgeving - Vlaamse overheid \(vlaanderen.be\)](#)
- [6] Geuzaine C., Remacle J.-F. (2009). Gmsh, a three-dimensional finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 79(11), 1309-1331.
- [7] Geuzaine C., Henrotte F., Remacle J.-F., Dular P., Sabariego R. (2012). ONELAB: Open Numerical Engineering LABORatory, Proceedings of the 7<sup>th</sup> European Conference on Numerical Methods in Electromagnetism (NUMELEC2012), July 3-5, 2012.
- [8] ELT-400 Exposure Level Tester, 1Hz-400kHz, ELT-400 (narda-sts.com)
- [9] EHP-50C Compact field analyzer 1Hz-100kHz, opvolger EHP-50F (2404/104) (narda-sts.com)