

RAPPORT

Onderwerp: Blootstellingswaarden laagfrequent magnetische velden Qbuzz
laadstation Tielweg Gouda

Aan: Dhr. J. Ruiten Batenburg Installatietechniek B.V.

Van: C.F. Post Lambda Engineering B.V.

Onze referentie: LE24/P121/CP

Uw referentie: IK55015456

Document history

Rev.	Date	Description
0.1	27-05-2024	Concept rapport

1. Inleiding

In het kader van de realisatie van het Qbuzz laadstation aan de Tielweg te Gouda is een beoordeling uitgevoerd van de te verwachten magnetische veldsterkten welke worden geproduceerd door de elektrische installatie van het laadstation. De te verwachten veldsterkten in de directe omgeving en nabijgelegen terreinen en gebouwen worden uitgedrukt in de zogenaamde magnetische fluxdichtheid¹ en dienen te worden getoetst aan de waarde van $0,4\mu\text{T}$ welke in Nederland volgens het voorzorgsprincipe als grenswaarde wordt gehanteerd voor langdurige blootstelling van algemeen publiek.

Dit rapport geeft op basis van de opstelling van de diverse onderdelen van het laadstation en de elektrische vermogens een overzicht van de te verwachten veldsterkten evenals de contouren van het gebied waar de $0,4\mu\text{T}$ grenswaarde optreedt. Tevens worden mogelijke maatregelen beschreven om de veldsterkten op een aantal locaties te beperken.

2. Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het vaststellen van de magnetische veldsterkten, welke door de elektrische installatie van het Qbuzz laadstation aan de Tielweg te Gouda in de directe omgeving en nabijgelegen terreinen en gebouwen rondom het laadstation worden geproduceerd. De veldsterkte dient te worden getoetst aan de magnetische fluxdichtheidswaarde van $0,4\mu\text{T}$ welke in Nederland volgens het voorzorgsprincipe als grenswaarde wordt gehanteerd voor langdurige blootstelling van algemeen publiek.

3. Uitgangspunten

3.1. Technische gegevens

In figuur 1 is een plattegrond van het laadstation getoond met de relevante elektrische onderdelen. In figuur 2 is een schematisch overzicht gegeven van de onderdelen van het laadstation vanaf het HS inkoopstation tot en met de DC aansluitingen op de bussen. Dit overzicht bevat alle relevante onderdelen die laagfrequent magnetisch veld produceren.

Onderscheid wordt gemaakt tussen het 50Hz deel van de installatie en het gelijkstroom (DC) deel. Voor de beoordeling van de blootstellingswaarde van $0,4\mu\text{T}$ op basis van het voorzorgsprincipe is de 50Hz installatie van belang, bestaande uit het HS inkoopstation, het transformatorstation, de laagspanningsaansluitingen naar de laadomvormers en naar de laagspannings- (LS²) onderverdelers LK1 t/m LK3.

De 50 Hz magnetische veldsterkten zijn bepaald op basis van elektrische vermogens c.q. stromen, de configuratie van de kabelverbindingen (met name de onderlinge afstand tussen fasegeleiders) en de onderlinge afstand tussen de elektrische installatie en het waarnemingspunt. Voor de belasting van de transformator en de te verwachten stromen in de bekabeling is uitgegaan van de tekeningen en specificaties

¹ De eenheid voor de magnetische fluxdichtheid is de Tesla. De relatie tussen het magnetische veld H [A/m] en de magnetische fluxdichtheid B [T] wordt gegeven door: $B = \mu_r H = \mu_0 \mu_r H$. Voor lucht geldt: $\mu_r = 1$, ofwel B [T] = $\mu_0 H = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot H$ [A/m].

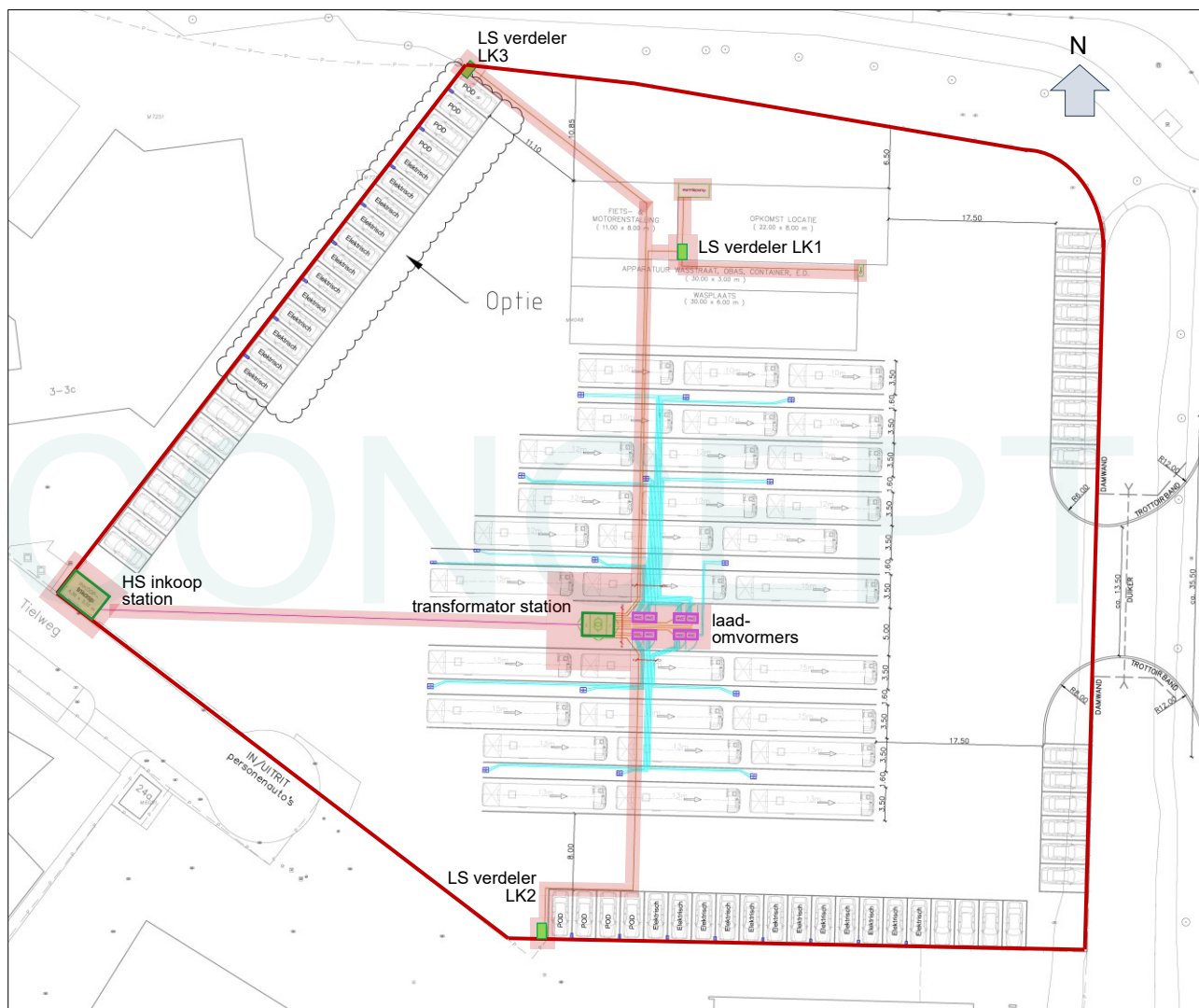
² LS = Laagspanning



zoals opgesomd in hoofdstuk 7, Referenties.

Vanwege de lage harmonische vervorming van de laadomvormers (THDi < 5%) zoals gespecificeerd in [4] wordt geen rekening gehouden met de magnetische velden van harmonische stromen.

Voor het gelijkstroom (DC) deel van de laadinstallatie, bestaande uit de bekabeling tussen de laadomvormers, de laadpalen en de laadkabels naar de bussen is het 0,4 μT criterium niet van toepassing. Voor DC velden gelden eisen met veel hogere fluxdichtheidswaarden. De te verwachten waarden zijn overigens op basis van de technische specificaties wel uitgerekend, maar liggen ruim onder het niveau van het aardmagnetisch veld zijnde ca. 50 μT in Nederland.



Figuur 1 Elektrische installatie Qbuzz laadstation Tielweg

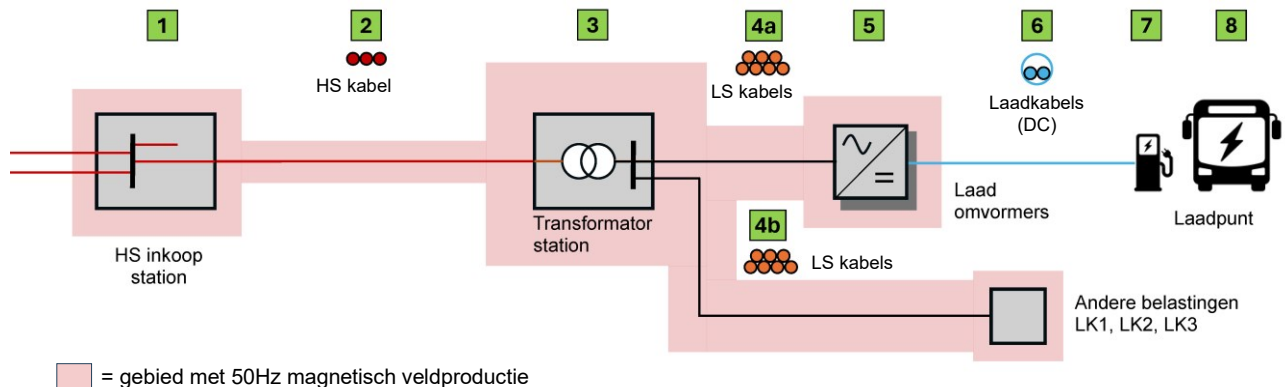
Voor ieder van de onderdelen van het laadstation is in Bijlage 1 een technische beschrijving gegeven inclusief de uitgangspunten, waarop de magnetisch veldproductie is gebaseerd.

Voor de laagspanningskabelverbindingen is uitgegaan van de kabelsleuf doorsneden A1-A2, B1-B2 en C1-C2, zoals weergegeven in [1]. Hierbij is de afstand tussen de fasegeleiders 5cm. Opgemerkt wordt dat deze afstand bepalend is voor de magnetische velden: hoe groter de onderlinge afstand, des te sterker het magnetisch veld. Tevens is ervan uitgegaan dat de positie van de fasegeleiders (rangschikking L1, L2 en L3) willekeurig is. Wanneer de fasegeleiders dicht tegen elkaar liggen en onderling qua fasevolgorde worden gebalanceerd, zal de veldsterkte significant lager zijn.

Ten aanzien van het elektrische vermogen is voor de berekening van de magnetische velden uitgegaan van de vollast situatie, d.w.z. op volledige belasting van de 2500 kVA transformator en van de onderverdelers LK1 t/m LK3. Deze situatie kan met name gedurende de nacht optreden tijdens het opladen van de bussen.



Overdag zullen de vermogens aanzienlijk lager zijn. De $0,4\mu\text{T}$ contouren zijn derhalve worst case gebieden. De gemiddelde blootstellingswaarden, gebaseerd op de jaargemiddelde stroomsterkte, zullen aanzienlijk lager liggen.



Figuur 2 Onderverdeling magnetisch veldbronnen

Tevens wordt opgemerkt dat de veldsterkte afhankelijk is van de oriëntatie van de geleiders en dat de magnetisch veldbijdragen van de individuele bronnen elkaar (afhankelijk van de oriëntatie) kunnen versterken of verzwakken. Bij de bepaling van de veldsterkten is uitgegaan van de worst case oriëntatie van de geleiders d.w.z. de maximale bijdrage per bron.

3.2. Toetsingscriteria voor blootstelling aan ELF³ magnetische velden

Referentieniveaus voor blootstellingswaarden aan magnetische velden zijn internationaal en nationaal vastgelegd door ICNIRP⁴ [5] respectievelijk het RIVM⁵ [6].

Naast bovenvermelde ICNIRP- en RIVM referentiewaarden voor 50Hz magnetisch veld wordt door de Nederlandse overheid op basis van wetenschappelijke studies, waarin een mogelijk correlatie tussen de aanwezigheid van laagfrequent magnetische velden met een waarde van $0,4\mu\text{T}$ en leukemie bij kinderen wordt genoemd [7], voor nieuwbouw het voorzorgsprincipe gehanteerd. Dit principe is tevens beschreven in voetnoot 17 bij de RIVM eisen in Bijlage 2: Aanbeveling van het ministerie: creëer geen nieuwe situaties van langdurig verblijf van kinderen in magnetische fluxdichtheid van meer dan $0,4\mu\text{T}$ rond bovengrondse hoogspanningslijnen, anders is het referentieniveau in 1999/519/EG van toepassing.

Nederland: Een ministeriële aanbeveling adviseert lokaal autoriteiten en netbedrijven om voor zover redelijkerwijs te vermijden om geen nieuwe situaties te creëren met langdurig verblijf van kinderen in de buurt van bovengrondse hoogspanningsleidingen met een jaarlijks gemiddelde magnetische fluxdichtheid groter dan $0,4$ microtesla. Het advies is van toepassing bij het maken ruimtelijke plannen en het bepalen van het traject van hoogspanningsleidingen, of bij het wijzigen van bestaande plannen of bestaande bovengrondse hoogspanningsleidingen. Voor bestaande situaties geldt het referentieniveau in de EU-aanbeveling ($100\mu\text{T}$ [5]).

4. Verwachte magnetische veldsterkten

Op basis van de elektrische gegevens zoals gegeven in paragraaf 3.1 en Bijlage 1 zijn de magnetische veldsterkten van de verschillende bronnen berekend als functie van de afstand.

In Bijlage 2 zijn de afstandsafhankelijke magnetische fluxdichtheidswaarden in μT weergegeven. In Bijlage 2 zijn tevens de afstanden waarvoor de $0,4\mu\text{T}$ waarde optreedt, weergegeven. De waarden zijn samengevat in tabel 1.

Nr.	Magnetisch veld bron	Afstand B = $0,4\mu\text{T}$
1	HS railsysteem inkoopstation	d = 3,5 m
2	HS kabel	d = 2,5 m
3	Transformator, waarvan de LS aansluiting dominant is	d = 26 m

³ ELF = Extremely Low Frequency (1-300 Hz)

⁴ ICNIRP = International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

⁵ RIVM = Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu



Nr.	Magnetisch veld bron	Afstand B = 0,4 μ T
4a	LS kabels transformator - laadomvormer	d = 5 m
4b	LS kabels transformator - onderverdelers	d = 6 m
5	Laadomvormers (interne LS verdeling) + LS onderverdelers	d = 5 m
6,7,8	DC kabels omvormer – laadpaal - laadkabels bussen	d = 2,2 m (DC). Niet relevant vanwege waarde $\ll B_A = 50 \mu T$

Tabel 1 Samenvatting verwacht 0,4 μT contouren laadstation

5. Conclusies

Op basis van de berekening van de worst case magnetische veldsterkten van het laadstation worden de volgende conclusies worden getrokken:

1. De dominante magnetisch veld bron is het transformatorstation, in het bijzonder de laagspannings-aansluitingen van de transformator. Dit station bevindt zich echter op grote afstand van de omringende gebouwen.
2. Rondom de laagspanningskabels tussen het transformatorstation en de laadomvormers c.q. de onderverdelers ligt de 0,4 μT contour op zo'n 5 meter van de kabelsleuf. Deze bevinden zich echter binnen het hekwerk van het laadstation.
3. Locaties buiten het hekwerk waar magnetische fluxdichtheidswaarden $B \geq 0,4 \mu T$ kunnen optreden zijn:
 - a. nabij de wand van het HS inkoopstation,
 - b. binnen enkele meters rondom onderverdeler LK2 aan de zuidzijde van het terrein,
 - c. binnen enkele meters rondom onderverdeler LK3 aan de noordzijde van het terrein.

Ter plaatse bevinden zich geen gebouwen c.q. locaties waar algemeen publiek langdurig verblijft.

4. Bovengenoemde conclusies gelden voor worst case belastingscondities. Op basis van de jaargemiddelde elektrische belasting zullen de gemiddelde magnetische veldsterkten significant lager liggen.
5. De DC kabels vanaf de laadomvormers naar de laadpalen en de aansluitingen op de bussen produceren een DC veld dat algemeen lager is dan het aardmagnetisch veld.

6. Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

1. Aanbevolen wordt om de onderverdelers LK2 en LK3 enkele meters binnen het hekwerk te plaatsen.
2. De LS kabelverbindingen die bestaan uit groepen van enkelfase geleiders dienen bij voorkeur met de geleiders tegen elkaar en in een gebalanceerde driehoek/trefoil opstelling te worden aangelegd, zie figuur 3.
3. Hiermee kan het geproduceerde magnetisch veld worden beperkt.



Figuur 3 Opstelling enkelfase geleiders voor LS verbindingen

7. Referenties

- [1] Tekeningen, Qbuzz- depot Gouda-Civiel, , Projectnummer PA55000319, Voorlopig Ontwerp, Situatie, Situatie Kempower, Positie inkoopstation (3037), 20-11-2023
- [2] Tekening Stedin Inkoop Compact Station Mzb1 18-02-2021
- [3] Gegevens transformatorstation: Compactstation-4000A_3800x2600mm_Mzb2 10-2500-3_ang ZR-W



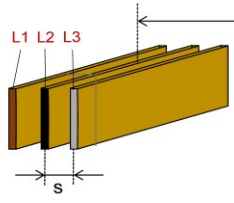
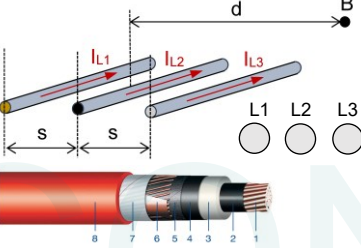
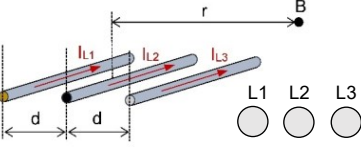
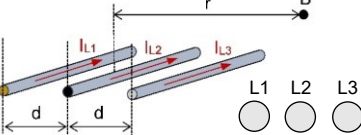
- [4] Kempower Power Uit C800 Power Cabinet V3 Power Module V2 Datasheet, Rev. 1.00 02-2024 EN
- [5] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz – 100kHz) published in Health Phys 99(6): 818-836; 2010, November 2010.
- [6] Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport: Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields), RIVM January 2018.
- [7] Kennisplatform Elektromagnetische velden, Hoogspanningslijnen en kinderleukemie, Kennisbericht 2009-004 - 1 / (14).
- [8] RIVM, Rapport 609300011/2009, A. Dusseldorp, M.J.M Pruppers, J.F.B. Bolte, A.E.M. Franssen, N.M. van Kuijeren, Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen, Literatuur en metingen.
- [9] Distribution Transformers and EMC, Dipl.-Eng. (FH) Bernd Hofmann, E T TR DK R&D, Head of Research and Development, Oil_Distribution_Transformers_Cast_Resin_Drytype_Transformers
- [10] Low Frequency Magnetic Interference in High-rise Buildings, John Barnett and Yaping Du, Hong Kong Polytechnic University, 7th International IBPSA Conference, Brazil, 2001
- [11] NKT N2XSy 12/20 Middenspanningskabel met XLPE isolatie
- [12] Atlas Catalogue ENG 2020, specificatie 2,5 MVA transformator

CONCEPT

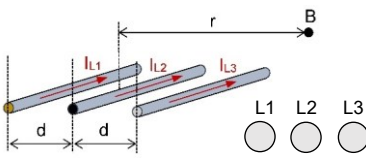
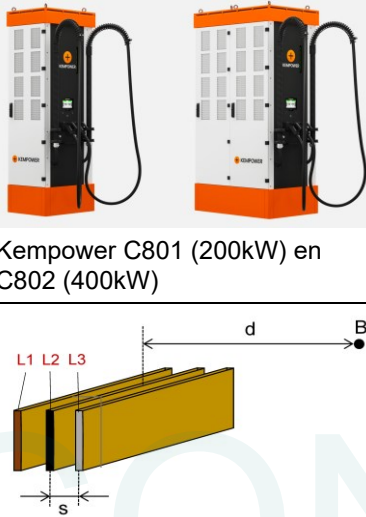
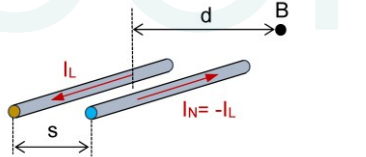


Bijlage 1 Magnetisch fluxdichtheid geproduceerd door verschillende bronnen

In onderstaande tabel zijn de verschillende magnetisch veldbronnen weergegeven evenals de formules voor berekening van de magnetische fluxdichtheid als functie van vermogen, stroom en afstand.

Nr.	Magnetisch veld bron	Berekening magnetisch veld/formule	Parameters, gehanteerde waarden
1	 Railsysteem inkoopstation 3-4 velds Siemens 8DJH, ABB CCV in Xiria KKV(m) frame	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_L = 135A$ bij S = 2500kVA d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,1 m
2	 HS/MS kabel 3x1C N2XSXY 50mm²	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_L = 135A$ bij S = 2500kVA d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,05 m
3	 Transformator Atlas 2,5MVA, 10,75/0,42kV in stalen behuizing, $u_k = 6\%$.	$B = 1,7 \mu T \cdot \frac{u_k}{6\%} \cdot \sqrt{\frac{S_r}{630kVA}} \cdot \left(\frac{3m}{d}\right)^{2.8} \quad [9]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] u_k = kortsluitspanning in [%], 6% op basis van [12] S_r = schijnbaar vermogen [2500kVA] d = afstand [m] Opmerking: De formule is gebaseerd op de magnetische fluxdichtheid van een droge harskern transformator van 630kVA met een kortsluitspanning van 6% op een afstand van 3m [9], waarbij een afschermfactor van 3 is gehanteerd voor de stalen omhulling van een olie-gekoelde transformator.
	 Aansluiting LS zijde transformator	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_L = 3400 A$ bij S = 2500kVA d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,25 m
4a	 LS kabel, 3 fase geleiders plat, 2x3x1C 185mm² + 1xPE 185mm²	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_L = 580A$ voor C802 d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,05 m

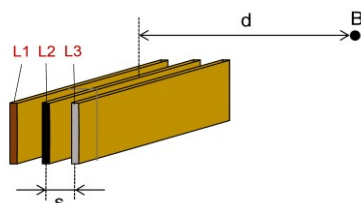
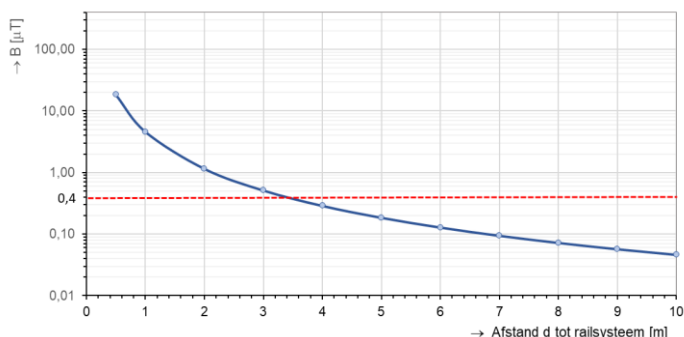
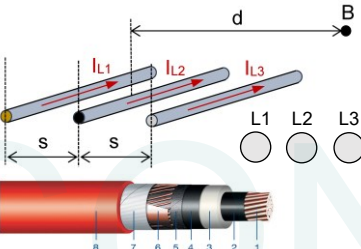
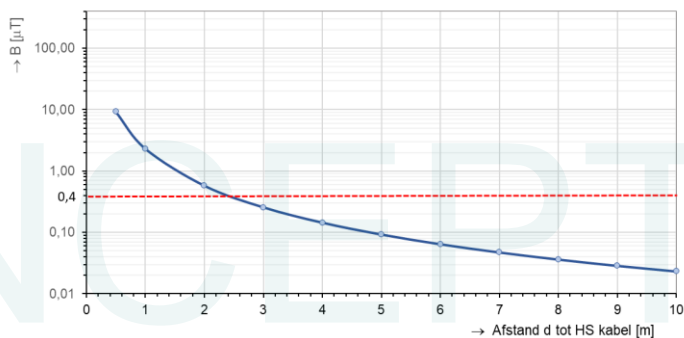
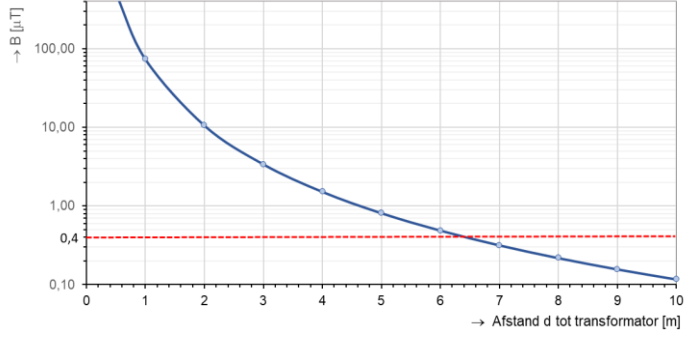
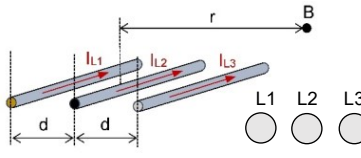
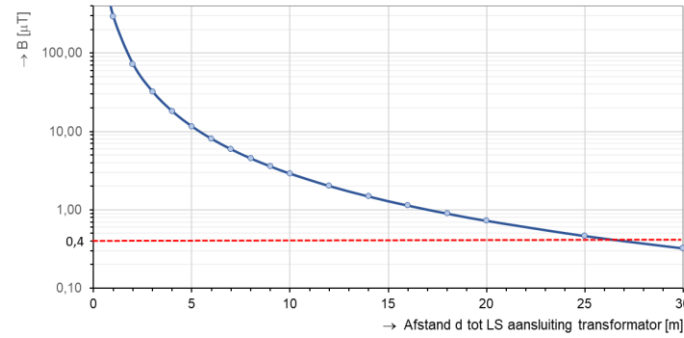


Nr.	Magnetisch veld bron	Berekening magnetisch veld/formule	Parameters, gehanteerde waarden
4b	 LS kabel, 3 fase geleiders plat, 2x3x1C 185mm² + 1xPE 185mm²	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_{Lmax} = 630A$ d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,05 m
5	 Kempower C801 (200kW) en C802 (400kW) Railsysteem laadomvormer	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_{Lmax} = 580A$, THDi < 5% d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,05 m
6	 DC kabel omvormer satellite/aansluitkast, 2 x 1C 240mm² in mantelbuis	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_L \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_{DC} = 200A$ d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,05 m
7,8	 Laadkabel bus, samengestelde kabel	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_L \cdot s}{d^2} \quad [10]$	B = magnetische fluxdichtheid in [T] μ_0 = absolute magnetische permeabiliteit in [N/A²] I = Stroom door fasegeleiders in [A], $I_{DC} = 200A$ d = afstand in [m] s = onderlinge afstand tussen fasegeleiders in [m], s = 0,025 m

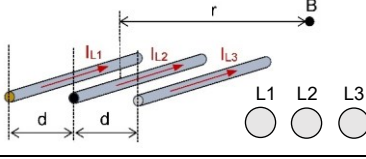
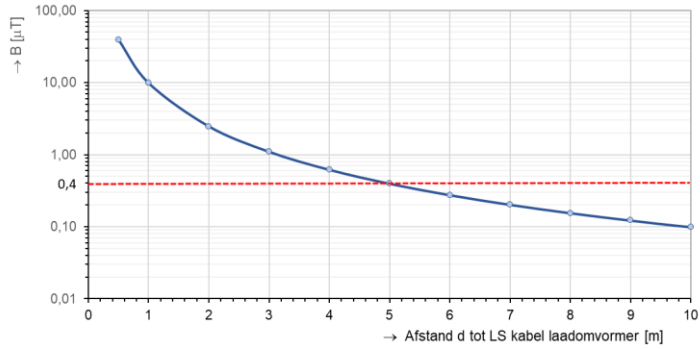
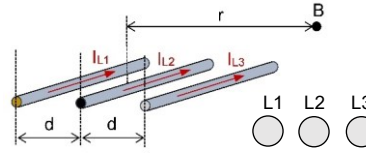
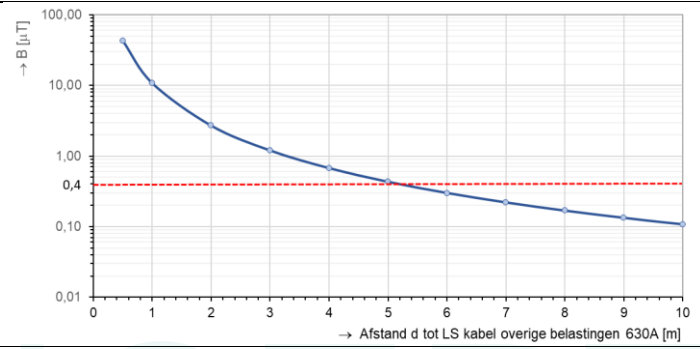
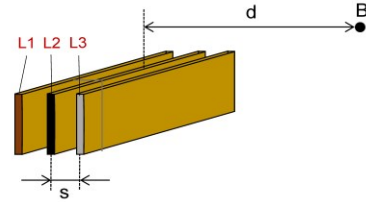
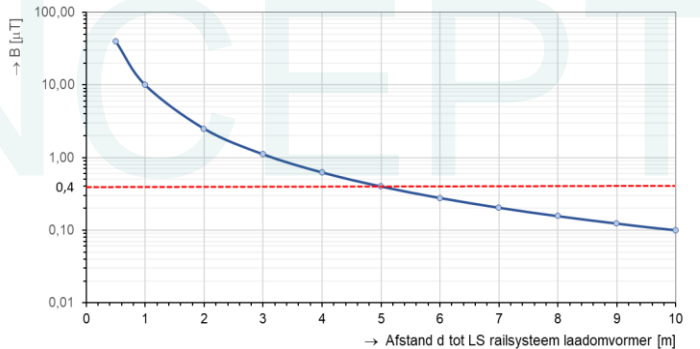
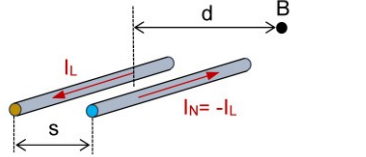
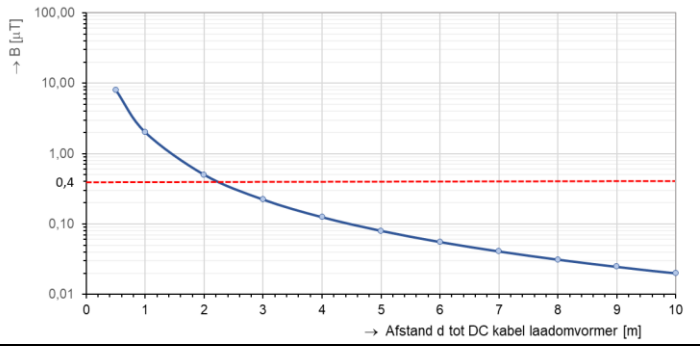


Bijlage 2 Verwachte magnetische fluxdichtheid per bron

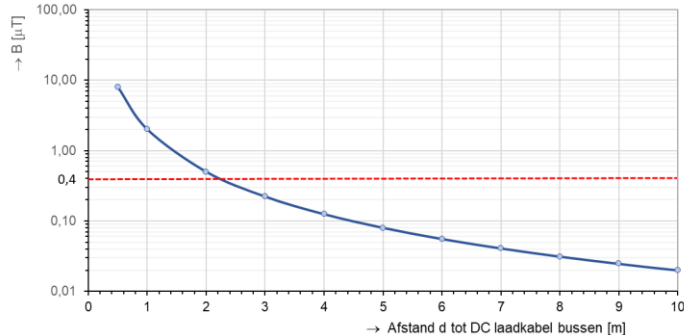
In onderstaande tabel zijn de te verwachten fluxdichtheden per bron weergegeven op basis van maximale stromen/vermogens volgens Bijlage 1 en als functie van de afstand. In de grafieken is tevens aangegeven op welke afstand de grenswaarde van $B = 0,4 \mu\text{T}$ wordt bereikt.

Nr.	Magnetisch veld bron	Magnetische fluxdichtheid als functie van de afstand	Afstand $B=0,4\mu\text{T}$
1	 HS railsysteem inkoopstation 3-4 velds Siemens 8DJH, ABB CCV in Xiria KKV(m) frame		$d = 3,5 \text{ m}$
2	 HS/MS kabel 3x1C N2XSY 50mm²		$d = 2,5 \text{ m}$
3	 Transformator Atlas 2,5MVA, 10,75/0,42kV in stalen behuizing, $u_k = 6\%$.		$d = 6,5 \text{ m}$
	 Aansluiting singles LS zijde transformator		$d = 26 \text{ m}$



Nr.	Magnetisch veld bron	Magnetische fluxdichtheid als functie van de afstand	Afstand $B=0,4\mu T$
4a	 LS kabel, 3 fase geleiders plat, 2x3x1C 185mm² + 1xPE 185mm²	 → Afstand d tot LS kabel laadomvormer [m]	d = 5 m
4b	 LS kabel, 3 fase geleiders plat, 2x3x1C 185mm² + 1xPE 185mm²	 → Afstand d tot LS kabel overige belastingen 630A [m]	d = 6 m
5	 Kempower C801 (200kW) en C802 (400kW)  LS railsysteem laadomvormer	 → Afstand d tot LS railsysteem laadomvormer [m]	D = 5 m
6	 DC kabel omvormer satellite/aansluitkast, 2 x 1C 240mm² in mantelbuis	 → Afstand d tot DC kabel laadomvormer [m]	d = 2,2 m (DC). Niet relevant vanwege waarde << $B_A = 50 \mu T$



Nr.	Magnetisch veld bron	Magnetische fluxdichtheid als functie van de afstand	Afstand $B=0,4\mu T$																								
7,8	 Laadpaal, laadkabel bus aansluiting, samengestelde kabel	 <table><caption>Data points estimated from the graph</caption><tr><th>Afstand d tot DC laadkabel bussen [m]</th><th>Magnetische fluxdichtheid B [μT]</th></tr><tr><td>0.5</td><td>10.00</td></tr><tr><td>1.0</td><td>2.00</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.40</td></tr><tr><td>3.0</td><td>0.20</td></tr><tr><td>4.0</td><td>0.12</td></tr><tr><td>5.0</td><td>0.08</td></tr><tr><td>6.0</td><td>0.06</td></tr><tr><td>7.0</td><td>0.04</td></tr><tr><td>8.0</td><td>0.03</td></tr><tr><td>9.0</td><td>0.02</td></tr><tr><td>10.0</td><td>0.02</td></tr></table>	Afstand d tot DC laadkabel bussen [m]	Magnetische fluxdichtheid B [μT]	0.5	10.00	1.0	2.00	2.0	0.40	3.0	0.20	4.0	0.12	5.0	0.08	6.0	0.06	7.0	0.04	8.0	0.03	9.0	0.02	10.0	0.02	d = 2,2 m (DC). Niet relevant vanwege waarde << $B_A = 50 \mu T$
Afstand d tot DC laadkabel bussen [m]	Magnetische fluxdichtheid B [μT]																										
0.5	10.00																										
1.0	2.00																										
2.0	0.40																										
3.0	0.20																										
4.0	0.12																										
5.0	0.08																										
6.0	0.06																										
7.0	0.04																										
8.0	0.03																										
9.0	0.02																										
10.0	0.02																										

CONCEPT