

TenneT

Berekening magneetveldcontour 220-380 kV hoogspanningsstation Hollandse Kust West Beta

Revisie gegevens

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
1.1	9 oktober 2020	J.A. van Oosterom	
1.0	29 september 2020	J.A. van Oosterom	

Documentnummer: ENSOL-RPT-2020.114
Auteur: J.A. van Oosterom
Revisie: 1.1
Datum: 9 oktober 2020
Gecontroleerd: A. Blanken



Inhoud

1	INLEIDING	3
2	ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN	4
2.1	MAGNEETVELDEN EN GEZONDHEID	4
2.2	BELEIDSADVIES MET BETREKKING TOT HOOGSPANNINGSLIJNEN	4
2.3	ZONEBEREKENING	4
2.4	DISCLAIMER	5
3	UITGANGSPUNTEN BIJ DE BEREKENING	6
3.1	ALGEMENE UITGANGSPUNTEN	6
3.2	SPECIFIEKE INVOERGEGEVENS	7
3.2.1	<i>220 & 380 kV kabeltracé</i>	<i>8</i>
3.2.2	<i>220 & 380 kV horizontaal gestuurde boringen</i>	<i>8</i>
3.2.3	<i>220 kV / 380 kV velden</i>	<i>9</i>
3.2.4	<i>380 kV velden en railsysteem</i>	<i>10</i>
4	RESULTATEN BEREKENINGEN	11
5	CONCLUSIE	12
6	REFERENTIES	13
7	BIJLAGEN	14
	BIJLAGE A: TEKENING HOOGSPANNINGSSTATION HKN / HKWA/ HKWB UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN	A—1
	BIJLAGE B: MAGNEETVELD CONTOUR HOOGSPANNINGSSTATION HKN / HKWA/ HKWB B—1	

1 Inleiding

Energy Solutions heeft van TenneT opdracht gekregen om de magneetveldcontour te berekenen rond het onshore 220 / 380 kV hoogspanningsstation dat gebouwd zal worden ter hoogte van het terrein van TATA Steel in IJmuiden. Dit hoogspanningsstation zal gebouwd worden om de offshore windparken Hollandse Kust Noord (HKN), Hollandse Kust West Alpha (HKWa) en Hollandse Kust West Beta (HKWb) aan te sluiten.

In 2018 is de magneetveldcontour van het gedeelte van het hoogspanningsstation voor HKN en HKWa berekend. In onderstaand figuur is met het oranje gearceerde blok de locatie van het hoogspanningsstation voor HKN en HKWa weergegeven. De kleur blauw geeft het gedeelte voor HKWb weer.

De rode lijnen naar het westen zijn 4 boringen voor de 220 kV kabelverbindingen van HKN en HKWa richting de zee en het offshore platform. De rode lijnen naar het oosten zijn 4 boringen voor de 380 kV kabelverbindingen richting station Beverwijk. De boringen voor HKWb zijn niet weergegeven op de kaart omdat de exacte ligging hiervan nog bepaald moet worden.



Figuur 1: Locatie 220/380 kV transformatorstation HKN / HKWa / HKWb

In dit rapport zijn de achtergronden, uitgangspunten en invoergegevens van de magneetveld berekeningen voor het transformatorstation HKN / HKWn / HKWb beschreven. De resultaten van de magneetveldberekeningen zijn weergegeven in de aangeleverde tracé tekening met een magneetveldcontour.



2 Achtergrond en uitgangspunten

2.1 Magneetvelden en gezondheid

Magneetvelden kunnen het functioneren van het menselijk lichaam beïnvloeden. Boven een bepaalde waarde van de veldsterkte kunnen acute effecten optreden, zoals het 'zien' van lichtflitsen en onwillekeurige spiersamentrekkingen. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om in de tijd wisselende velden met een frequentie van 50 hertz (Hz). Voor de sterkte van het magneetveld heeft de Europese Unie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla (μT) aanbevolen. Beneden het referentieniveau veroorzaakt het magneetveld geen acute effecten. Bij bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland is de sterkte van het magneetveld op voor leden van de bevolking toegankelijke plaatsen overal lager dan 100 μT .

Het is minder duidelijk wat de effecten van langdurige blootstelling aan lagere sterkte van het magneetveld zijn. Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wijst er op dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magneetveld sterker is dan verder verwijderd van de hoogspanningslijn, mogelijk extra risico op leukemie lopen. Het (mogelijk) verhoogde risico op kinderleukemie tekent zich af bij langdurige blootstelling aan magneetvelden sterker dan ergens tussen 0,2 en 0,5 μT .

2.2 Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het toenmalige ministerie van VROM in 2005 een beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden om zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 μT (de magneetveldzone). Het beleidsadvies is in 2008 verduidelijkt en is in 2018 geëvalueerd. Deze evaluatie heeft op het moment nog niet geleid tot een verandering in het voorzorgsbeleid.

2.3 Zoneberekening

De manier waarop deze magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in de Handreiking van het RIVM [1].

Om een berekeningsmethode voor de in het beleidsadvies aangegeven magneetveldzone op te kunnen stellen, zijn enkele vereenvoudigingen van het hoogspanningsnet aangenomen. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een eerste vereenvoudiging is dat er voor elk circuit met één stroom wordt gerekend. Deze rekenstroom is een schatting voor de maximale, jaargemiddelde stroom die nu of in de toekomst kan optreden. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn zoals buisleidingen, vangrails en silo's) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone, waar mogelijk, wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn. Een gevolg van deze aannames is dat een berekening volgens deze Handreiking niet de werkelijke sterkte van het magneetveld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip (zoals die met een momentane meting bepaald zou kunnen worden) weergeeft. Een berekening volgens de Handreiking legt een toekomstgerichte specifieke magneetveldzone vast die past binnen het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Energy Solutions is aangemerkt als één van de adviesbureaus waarvan bekend is dat ze ervaring hebben met zoneberekeningen volgens de RIVM handreiking.



2.4 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen.

In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 μ T zones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet (hoogspanningsstation en kabels). Bij die berekeningen is de notitie “Afspraken over de berekening van de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding” als leidraad gebruikt en gebruik gemaakt van aanvullende afspraken die met de opdrachtgever TenneT zijn gemaakt zoals beschreven in hoofdstuk 3.1.

Het feit dat in deze rapportage 0,4 μ T contouren zijn berekend, betekent niet dat er met zekerheid binnen deze contouren een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 μ T contouren geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, wanneer besloten zou worden dat het beleidsadvies ook van toepassing zou zijn op hoogspanningsstations (hetgeen bij vaststellen van de definitieve versie van dit rapport niet zo is).



3 Uitgangspunten bij de berekening

3.1 Algemene uitgangspunten

Voor het berekenen van de magneetveldzone zijn de volgende documenten als leidraad gebruikt:

- “Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen”, G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers, RIVM, versie 4.1, 26 oktober 2015 [1].
- Document “Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding”, 3 november 2011 [2].

Daarnaast zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

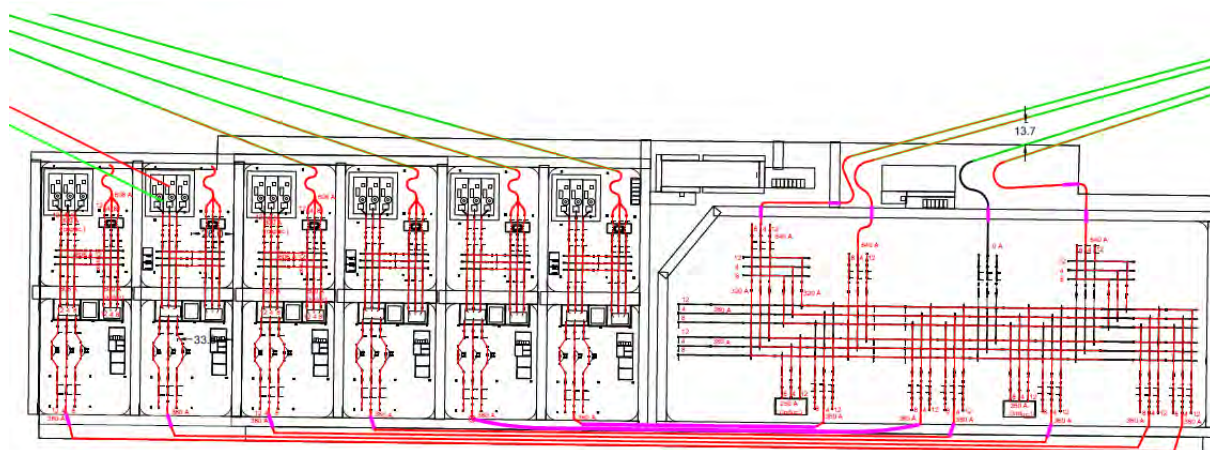
- De magneetveldcontour is berekend op een hoogte van 1 meter boven het maaiveld.
- Bij de berekening wordt uitgegaan van symmetrische fasestromen waarvan de klokgetallen en gemiddelde stromen waarvan uitgegaan wordt in de berekening zijn opgegeven door TenneT.
- De volgende componenten zijn meegenomen in de berekeningen:
 - 220 kV en 380 kV railsystemen en AIS
 - 220 kV en 380 kV hoogspanningskabels op het station en richting de inkomende en afgaande velden inclusief de kabels in de horizontaal gestuurde boringen vanaf het hoogspanningsstation.
- Van de 220 kV filter spoelen en condensator banken is nog niet bekend of deze geplaatst gaan worden en wat de specificaties zijn. Om deze reden is in overleg met TenneT besloten om deze filter spoelen en condensator banken NIET mee te nemen in de berekening. De capacitieve stromen van de bovengrondse verbindingen (railbuizen) naar de filters toe zijn wel meegenomen zoals opgegeven door TenneT op tekening [5].
- De 220 kV inschakelspoelen zijn alleen in bedrijf bij het inschakelen van een verbinding en zijn de rest van de tijd uit bedrijf en zijn om die reden NIET meegenomen in de berekening.
- Alle overige (olie gevulde) componenten zijn NIET meegenomen in de berekeningen omdat deze niet aan het magnetisch veld buiten de terreingrens bijdragen. Dit is conform document [2].
- Voor de stroomrichting is er voor gekozen om de richting van de productie te volgen omdat deze de meest realistische situatie benadert. Dit betekent dat de stroomrichting van de 220 kV zijde van offshore naar onshore verloopt en de 380 kV zijde vanuit het station naar de 380 kV kabelverbindingen richting 380 kV station Beverwijk.

3.2 Specifieke invoergegevens

De specifieke invoergegevens voor het uitvoeren van de magneetveldberekeningen voor het transformatorstation zijn verstrekt door TenneT via tekeningen en e-mails [3, 4, 5, 6, 7] en samengevat in onderliggende paragrafen.

In Figuur 2 is de tekening van het hoogspanningsstation weergegeven met in het rood aangegeven de componenten en de stromen die zijn toegepast in de magneetveld berekeningen. Deze tekening is tevens in groter format toegevoegd in bijlage A.

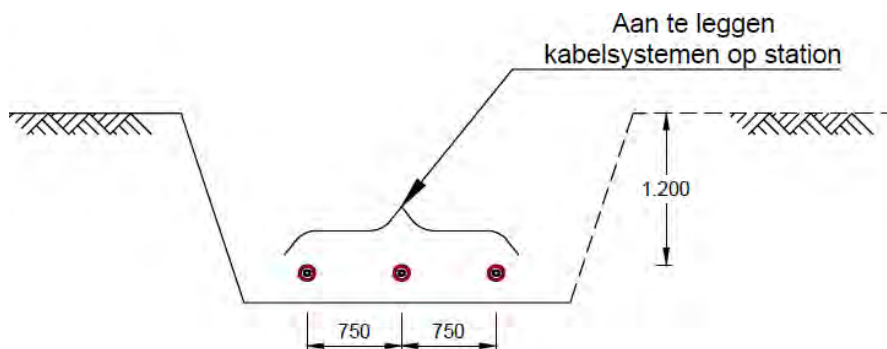
Op de linkerzijde van de tekening zijn de vier binnenkomende 220 kV circuits van HKN en HKWa vanaf offshore te zien. De ligging van de twee boringen voor HKWb is nog niet exact bekend. Daarom wordt uitgegaan van de tot nu toe bekende boorlijn. Deze sluit niet exact op dezelfde manier aan als de boringen van de andere velden. Aan de rechterzijde zijn de vier 380 kV circuits te zien welke op het landelijke hoogspanningsnet zullen worden aangesloten. Het tweede circuit van rechts van de 380 kV verbindingen is niet meegenomen in de berekeningen omdat deze momenteel nog optioneel is en pas in de toekomst mogelijk benut wordt.



Figuur 2: Tekening hoogspanningsstation HKN / HKWa / HKWb gebruikt voor magneetveldberekening

3.2.1 220 & 380 kV kabeltracé

Het kabeltracé op het station is door TenneT verstrekt via [4] en is weergegeven op de tekening in bijlage A. De kabels op het station liggen in open ontgraving of in mantelbuis. In beiden configuraties wordt uitgegaan van een liggingsdiepte van 1,2m en een onderlinge hartafstand tussen de kabels van 750mm conform Figuur 3.



Figuur 3: Liggingsconfiguratie kabels op station

De volgende gemiddelde stromen worden toegepast in de magneetveld berekeningen:

- 220 kV kabels richting de kust (6 circuits in totaal): 606 A / circuit¹
- 380 kV kabels aan de westzijde van station (4 circuits in totaal): 360 A / circuit
- 380 kV kabels richting station Beverwijk (3 circuits in totaal): 640 A / circuit²

3.2.2 220 & 380 kV horizontaal gestuurde boringen

Vanaf het station zijn er 6 horizontaal gestuurde boringen (HDD's) richting de kust t.b.v. 6x220 kV kabelverbindingen voor de windparken HKN en HKW. Verder zijn er 4 HDD's richting station Beverwijk waar in de beginsituatie 3 HDD's gebruikt zullen worden voor 3x380 kV kabelverbindingen.

Alleen de eerste 100m vanaf de intredepunten op het station van de HDD's zijn meegenomen in de magneetveldberekening aangezien het magneetveld 1m boven het maaiveld zwakker wordt naarmate de dekking van de HDD toeneemt. Dit blijkt ook uit de magneetveldberekeningen die voor het tracé van de verbinding Hollandse Kust West Beta zijn uitgevoerd in rapport "ENSOL-RPT-2020-113". Voor de HDD's zijn de uitgangspunten gehanteerd zoals weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Uitgangspunten HDD's vanaf het hoogspanningsstation HKN / HKWa / HKWb

220 kV boringen richting de kust		Liggingsconfiguratie
Aantal circuits in bedrijf	6	
Onderlinge afstand tussen circuits	Conform tracé tekening	
Type mantelbuis	HDPE 250 mm	
Aantal kabels per mantelbuis	1	
Intrede hoek boring	16°	
380 kV boringen richting station Beverwijk		
Aantal circuits in bedrijf	3	
Onderlinge afstand tussen circuits	Conform tracé tekening	
Type mantelbuis	HDPE 315 mm	
Aantal kabels per mantelbuis	1	
Intrede hoek boring	16°	

¹ Er is gerekend met 60% van 1010 A (ontwerpstroom). 60% is door TenneT bepaald als "lange duur gemiddelde" voor 220 kV wind op zee kabels.

² Er is gerekend met 40% van 1600 A (maximale ontwerpstroom). 1600 A en 40 % is gekozen om voor de 380 kV verbindingen enigszins toekomst vast te zijn als er nog een windpark bij komt en dit over drie 380 kV circuits getransporteerd wordt. In werkelijkheid ligt voor fase 1 de stroom lager dan 640 A.

3.2.3 220 kV / 380 kV velden

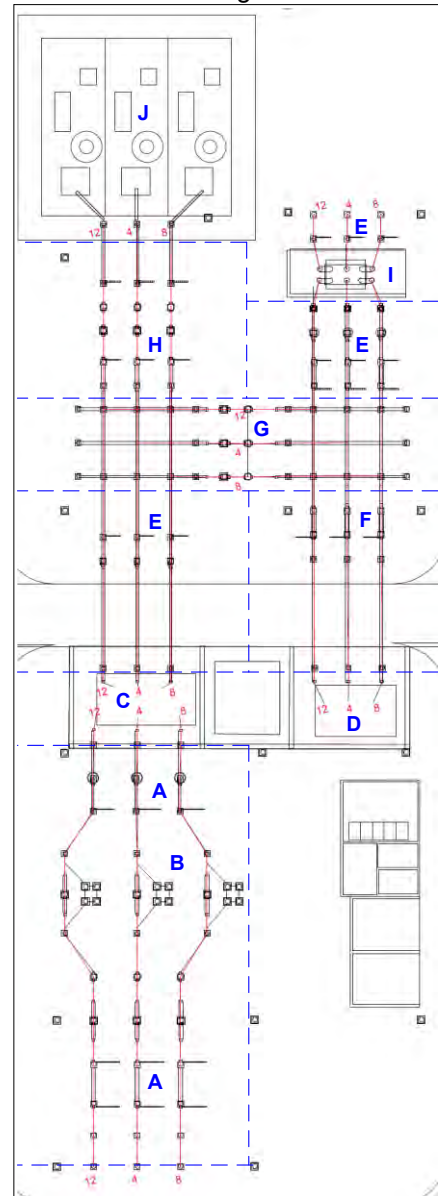
Er worden zes 220 kV / 380 kV velden ontwikkeld waar de zes 220 kV kabelverbindingen vanuit het offshore platform op aangesloten zullen worden.

In figuur 4 is de opbouw van het 220 kV / 380 kV veld weergegeven met in het rood de klokgetallen. In Tabel 2 zijn de parameters welke gebruikt zijn in de berekening weergegeven. Daar waar “niet van toepassing (NVT)” is weergegeven, is het component niet meegenomen in de berekening om de reden zoals beschreven onder hoofdstuk 3.1.

In de gegevens van TenneT is aangegeven dat de stroom vanuit de filterbank (J)/(H) capacitief is en vanuit de spoel (D)/(F) inductief. Dit wil zeggen dat de stroom 180° voor- of na-ijlt ten opzichte van de normale resistieve stroom. Bij de berekeningen is hier rekening mee gehouden. Alleen de verbindingen (railbuizen) naar de filterbank toe zijn meegenomen. Dit filterbank zelf is niet meegenomen (zoals beschreven in 3.1).

Tabel 2: Invoer parameters 220 kV / 380 kV velden

Item	Omschrijving	Gem. Stroom [A]	Hoogte [m]
A	380 kV AIS	360 A (resistief)	7 – 13,5 m
B	380 kV inschakelspoel	NVT	NVT
C	380 / 220 kV vermogenstransformator	NVT	NVT
D	220 kV reactor	NVT	NVT
E	220 kV AIS	600 A (resistief)	7 – 10m
F	220 kV AIS	500 A (inductief)	7 - 10 m
G	220 kV Rail	600 A (resistief)	7 - 10 m
H	220 kV AIS	300 A (capacitief)	7 - 10 m
I	220 kV serie reactor	NVT	NVT
J	220 kV filter	NVT	NVT



Figuur 4: 220/380 kV veld

3.2.4 380 kV velden en railsysteem

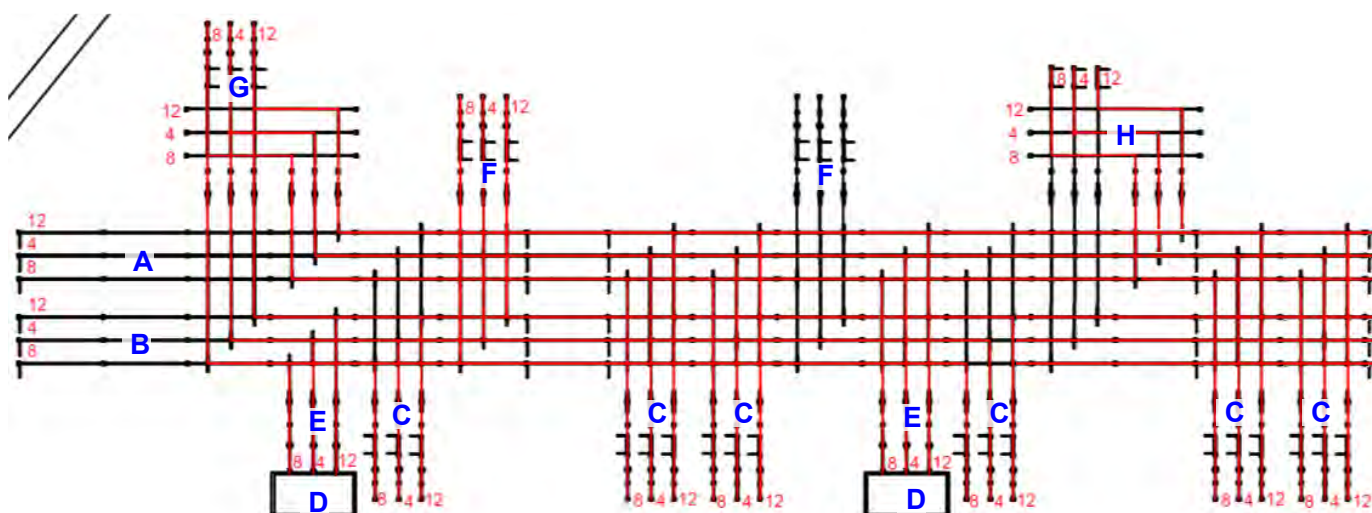
Op het 380 kV railsysteem ten oosten van het hoogspanningsstation zijn aan de zuidzijde 6 afgaande velden aanwezig waarop 6x380 kV kabelverbinding richting de west zijde van het hoogspanningsstation zijn aangesloten. Verder zijn aan de zuidzijde van het 380 kV railsysteem 2 velden waarop 380 kV reactoren zijn aangesloten.

Aan de noordzijde van het 380 kV railsysteem bevinden zich 2 inkomende velden en 2 gecombineerde koppel- en inkomende velden. Van de 2 inkomende velden wordt 1 veld in de beginsituatie al gebruikt, het andere inkomende veld wordt in deze beginsituatie nog niet gebruikt. Verder worden de 2 gecombineerde koppel- en inkomende velden ook gebruikt in de beginfase. De 3 circuits vanaf station Beverwijk zijn aangesloten op deze inkomende 380 kV velden.

In Figuur 5 is de opbouw en de verdeling van de 380 kV railsysteem inclusief aanliggende 380 kV velden weergegeven met in het rood de klokgetallen en de verdeling van de stromen op rail A en rail B. De verdeling van rail A en rail B is voor de magneetveld berekeningen zo gekozen dat deze gelijkmatig worden belast. In Tabel 3 zijn de parameters welke gebruikt zijn in de berekening weergegeven.

Tabel 3: Invoer parameters 380 kV railsysteem + aangesloten velden

Item	Omschrijving 380 kV component	Gem. Stroom [A]	Hoogte [m]
A	Rail A	360 A (resistief)	13,5 m
B	Rail B	360 A (resistief)	13,5 m
C	AIS voor velden richting westzijde	360 A (resistief)	7 m
D	Reactor	250 A (inductief)	13,5 m
E	AIS voor reactor veld	250 A (inductief)	7 – 13,5 m
F	AIS voor inkomende velden vanaf station Beverwijk	Linkse veld: 640 A (resistief) Rechtse veld: 0 A (buiten bedrijf)	7 m
G	Gecombineerd koppel- en inkomend veld	Inkomend: 640 A (resistief) Verdeling over rail A en B : 320 A	7 – 13,5 m
H	Gecombineerd koppel- en inkomend veld	640 A (resistief)	7 – 13,5 m



Figuur 5: 380 kV rail + aangesloten velden

4 Resultaten berekeningen

In onderstaand figuur is de magneetveldcontour rondom het hoogspanningsstation weergegeven. Buiten dit magneetveld contour is de veldsterkte van het magneetveld kleiner dan $0,4 \mu\text{T}$ gebaseerd op de uitgangspunten zoals beschreven in dit rapport. Omdat de uiteinden van de rail in het 380 kV gedeelte niet zijn meegenomen in de berekening is er in het midden van het hoogspanningsstation een klein gebied tussen het 220 kV en 380 kV gedeelte waar de veldsterkte van het magneetveld ook kleiner is dan $0,4 \mu\text{T}$.

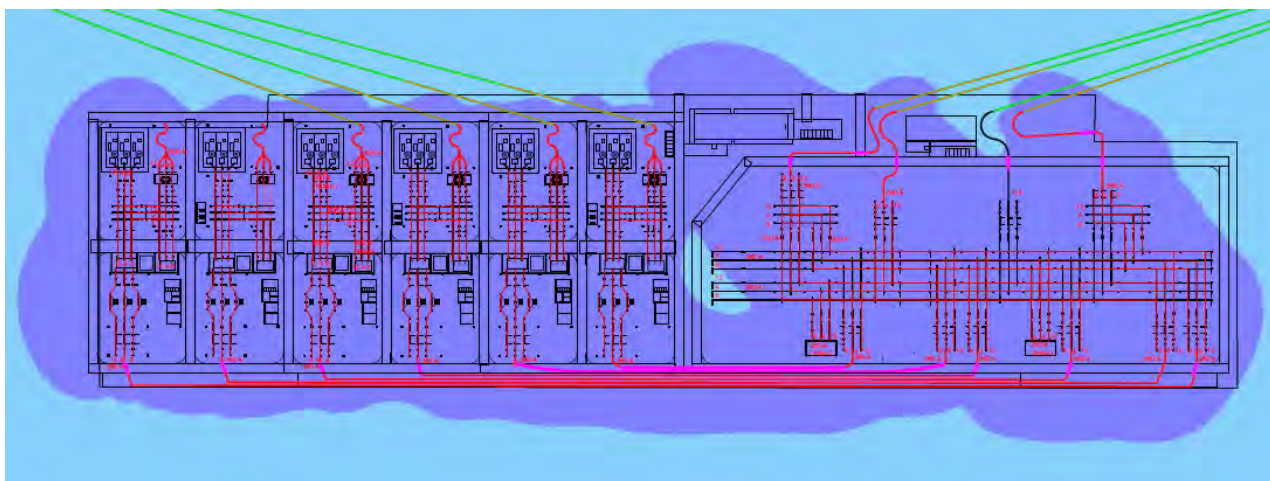
Als hetzelfde beleid wordt aangehouden voor dit hoogspanningsstation als voor bovengrondse hoogspanningslijnen dan is het advies om binnen de $0,4 \mu\text{T}$ geen gevoelige bestemmingen te realiseren. Het begrip “gevoelige bestemmingen” is omschreven in de brief van het VROM (tegenwoordig het ministerie van I&M) met kenmerk DGM/2008105664. In de brief wordt het volgende aangegeven:

“Gevoelige bestemmingen zijn:

- Woningen
- Scholen, crèches en kinderopvangplaatsen

Andere bestemmingen waar kinderen voor (nog) kortere tijd en niet dagelijks verblijven, zijn geen gevoelige bestemmingen.

Om te bepalen welke bestemming op een locatie rust, is het bestemmingsplan het uitgangspunt. De grens van een gevoelige bestemming omvat zowel het gebouw als het erbij behorende stuk grond.”



Figuur 6: Resultaten magneetveldberekeningen - $0,4 \mu\text{T}$ contour

In bijlage B is de tekening met de magneetveld contour in groot formaat toegevoegd.



5 Conclusie

Uit de resultaten van de magneetveldberekeningen blijkt dat de 0,4 μ T magneetveldcontour deels buiten het stationsterrein valt, maar dat er geen gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldcontour vallen.



6 Referenties

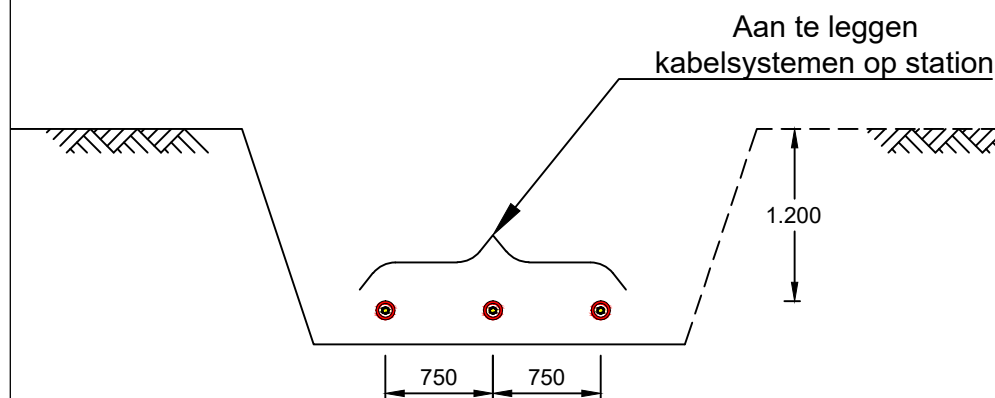
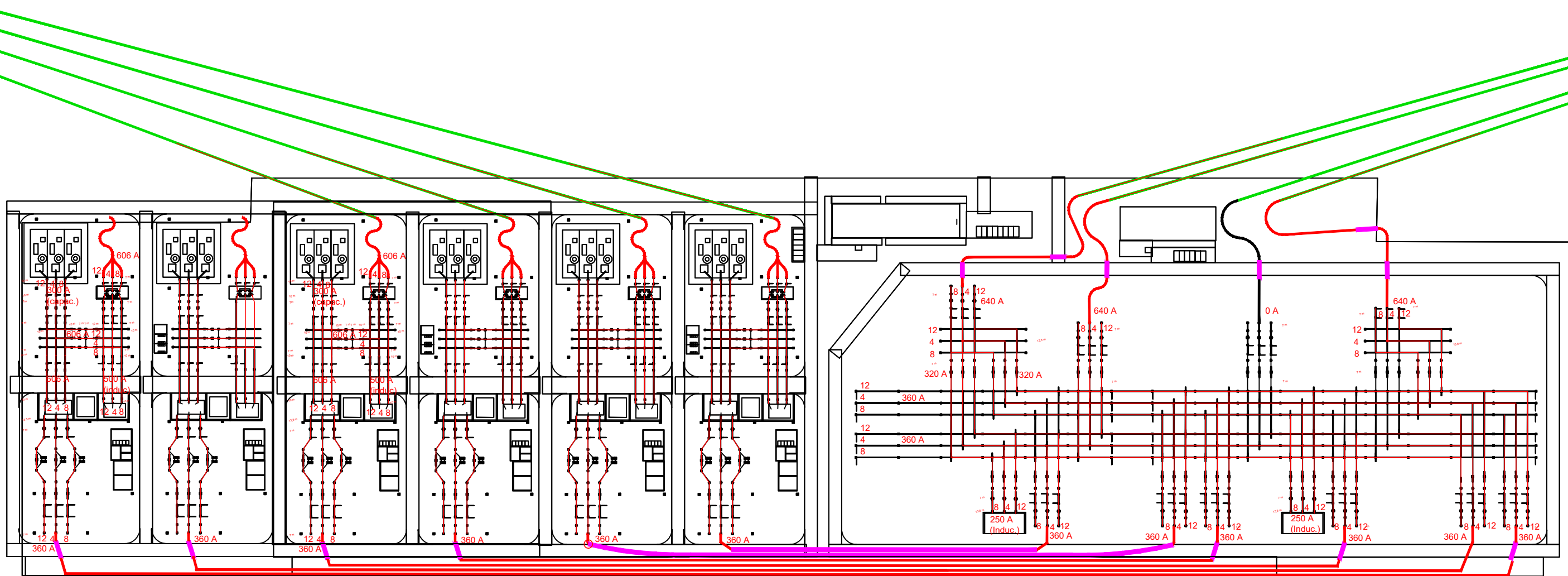
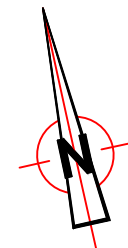
- [1] Document “Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen”, G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers, RIVM, versie 4.1, 26 oktober 2015.
- [2] Document “Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding”, 3 november 2011.
- [3] Tekening “ONL-TTB-04791 -- Lay-out Onshore Substation HKN - Tata Steel v07”, M. Kransse, versie 7, 07-06-2018.
- [4] Tekening “482.18.1.006-001-007_R4”, A. Lammersen, versie 3, 23-07-2018. Kabelloop op het station is hierop weergegeven.
- [5] Tekening “Klokgetallen 2018-06-07” met hierin weergegeven de klokgetallen en gemiddelde stromen, ontvangen per e-mail met onderwerp “RE: Transformatorstation”, 10-07-2018, P. van Velzen.
- [6] Tekening “ONL-AMO-00006 -- Side views Onshore Substation HKN - Tata Steel v02”, M. Kransse, versie 7, 31-05-2018,.
- [7] E-mail met onderwerp “FW: componenten station tata steel voor controle” inclusief bijlage “180410p_hkn_vergunning_stationsindeling_A3I_MH”, P. van Velzen, 12-4-2018.



7 Bijlagen

- Bijlage A: Tekening hoogspanningsstation HKN / HKWa / HKWb uitgangspunten berekeningen
Bijlage B: Magneetveld contour hoogspanningsstation HKN / HKWa / HKWb

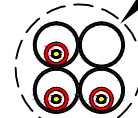
Bijlage A: Tekening
hoogspanningsstation HKN / HKWa/
HKWb uitgangspunten berekeningen



Boring 220 kV circuits:
- 6x mantelbuis 250mm
- Intredehoek 16°



Boring 380 kV circuits:
- 4x mantelbuis 315mm
- Intredehoek 16°



C	28/08/2020	JvO	Uitbreiding met HKWb
B	06/09/2018	SB	Lettertype klokgetallen vergroot / Wijziging naar buitenste 380 kV veld
A	24/07/2018	SB	Uitgangspunten voor magneetveld berekeningen
REV. LABEL	REV. DATE	ISSUED BY	DESCRIPTION

STATE: Definitief

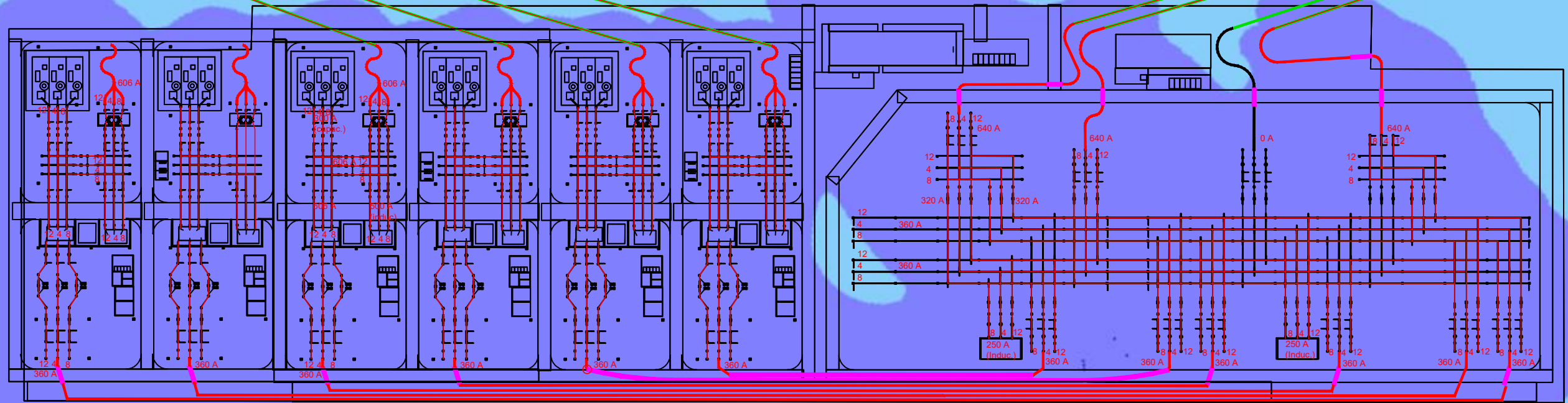
PROJECT: Wind op Zee
Transformatorstation HKN/HKWa/HKWb

SUBJECT: Berekening Magneetveldzone
Input rekenmodel
Uitgangspunten en stroomverdeling

Tennet TSO B.V. Utrechtseweg 310 Postbus 718 6800 AS Arnhem	ISSUED BY: J.A. van Oosterom	DATE: 28-09-2020	SCALE: 1:2000
----------------------------------------------------------------------	---------------------------------	---------------------	------------------

Energy Solutions Ampereweg 27 3827 SQ Delft tel: +31 (0)15 750 54 60	FORMAT: A3	WORK NUMBER: 04.661-DRW-202009001	SHEET NUMBER:
-------------------------------------------------------------------------------	---------------	--------------------------------------	---------------

Bijlage B: Magneetveld contour hoogspanningsstation HKN / HKWa/ HKWb



C	28-08-2020	JvO	Uitbreiding met HKWb
B	06-09-2018	SB	Wijz. buitenste 380 kV veld / Afmetingen toegevoegd / klokgetallen vergroot
A	26-07-2018	SB	0,4 uT magnetenveld contour
REV. LABEL	REV. DATE	ISSUED BY	DESCRIPTION

STATE: Definitief

PROJECT: Wind op Zee
 Transformatorstation Hollandse Kust Noord (HKN)

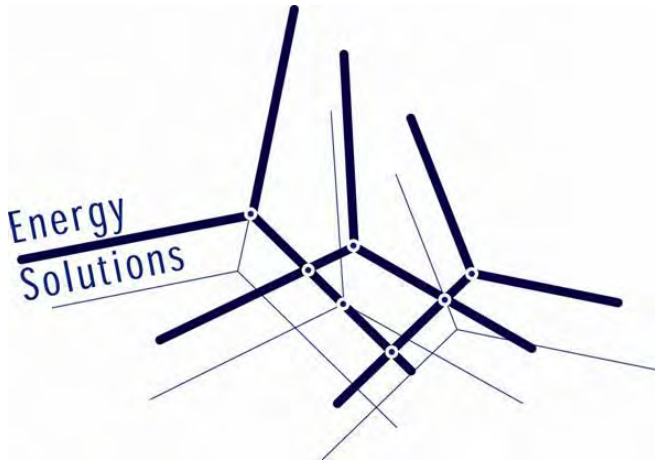
SUBJECT: 0,4 uT contour
 Magnetenveld zone

Tennet TSO B.V.
 Utrechtseweg 310
 Postbus 718
 6800 AS Arnhem

ISSUED BY: J.A. van Oosterom
 DATE: 28-08-2020
 SCALE: n.v.t.

Energy Solutions
 Ampereweg 27
 2027 SG Delft
 tel: +31 (0)15 750 54 60

FORMAT: A3
 WORK NUMBER: 04.661-DRW-202009002
 SHEET NUMBER:



TenneT

Berekening specifieke magneetveldzone

Hollandse Kust West Beta

Revisietabel

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
1.2	28-01-2021	J.A. van Oosterom	Bijlage toegevoegd, update tekst
1.1	13-10-2020	J.A. van Oosterom	Update na review
1	29-09-2020	J.A. van Oosterom	

Documentnummer: ENSOL-RPT-2020.113
Auteur: J.A. van Oosterom
Revisie: 1.2
Datum: 28 januari 2021
Gecontroleerd: A. Blanken



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	2
1.1	PROJECT BESCHRIJVING	2
2	ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN	3
2.1	MAGNEETVELDEN EN GEZONDHEID	3
2.2	BELEIDSADVIES MET BETREKKING TOT HOOGSPANNINGSLIJNEN	3
2.3	ZONEBEREKENING	3
2.4	DISCLAIMER	4
3	UITGANGSPUNTEN BIJ DE BEREKENING	5
3.1	UITGANGSPUNTEN	5
3.2	INVOER GEGEVENS EN BEREKENDE SITUATIES	6
3.2.1	220 kV Zeekabel	6
3.2.2	220 kV Land tracé	7
4	RESULTATEN BEREKENINGEN	8
4.1	RESULTATEN	8
4.1.1	220 kV zeekabel ligging zee	8
4.1.2	220kV zeekabel ligging op het strand	10
4.1.3	220 kV kabel ligging op het strand op de moflocatie (zee- en landkabel)	11
4.1.4	220 kV landkabel ligging in platvlak	12
4.1.5	220 kV Zeekabel HDD	13
4.1.6	220 kV Landkabel HDD Duinboring	15
4.1.7	220 kV Landkabel HDD	16
5	CONCLUSIE	17
6	BIJLAGEN	18



1 Inleiding

1.1 Project beschrijving

Voor het project Hollandse Kust West Beta (HKWb) heeft Energy Solutions van TenneT opdracht gekregen om de magneetveldcontour te berekenen van het 220 kV kabeltracé. Het onshore tracé start bij het 220/380 kV station in IJmuiden en eindigt op het strand waar de offshore verbinding naar het platform van HKWb gaat. Het tracé bestaat uit 2 kabelcircuits. In deze rapportage zijn de resultaten van de magneetveldberekeningen voor deze verbinding samengevat.

Het project HKWb is één van de offshore wind projecten die aangesloten zal worden op het nieuw te bouwen 220/380 kV transformatorstation in IJmuiden. In 2018 zijn er magneetveldberekeningen uitgevoerd voor de tracés van de andere verbindingen van Hollandse Kust West Alpha (HKWa) en Hollandse Kust Noord (HKN) welke op hetzelfde hoogspanningsstation worden aangesloten. Het tracé van HKWb heeft geen invloed op de magneetveldcontour van deze verbindingen. De kabels voor HKWb worden aangesloten op hetzelfde hoogspanningsstation als de verbindingen van HKWa en HKN. Hiervoor is een aparte rapportage opgesteld waarbij de magneetveldcontour van het complete transformatorstation is berekend.



2 Achtergrond en uitgangspunten

2.1 Magneetvelden en gezondheid

Magneetvelden kunnen het functioneren van het menselijk lichaam beïnvloeden. Boven een bepaalde waarde van de veldsterkte kunnen acute effecten optreden, zoals het 'zien' van lichtflitsen en onwillekeurige spiersamentrekkingen. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om in de tijd wisselende velden met een frequentie van 50 hertz (Hz). Voor de sterkte van het magneetveld heeft de Europese Unie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla (μT) aanbevolen*. Beneden het referentieniveau veroorzaakt het magneetveld geen acute effecten.

Het is minder duidelijk wat de effecten van langdurige blootstelling aan lagere sterkte van het magneetveld zijn. Het onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wijst er op dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magneetveld sterker is dan verder verwijderd van de hoogspanningslijn, mogelijk extra risico op leukemie lopen. Het (mogelijk) verhoogde risico op kinderleukemie tekent zich af bij langdurige blootstelling aan magneetvelden sterker dan ergens tussen 0,2 en 0,5 microtesla (μT).

2.2 Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het toenmalige ministerie van VROM in 2005 een beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden om zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla (μT) (de magneetveldzone). Het beleidsadvies is in 2008 verduidelijkt en is in 2018 geëvalueerd. Deze evaluatie heeft op het moment nog niet geleid tot een verandering in het voorzorgsbeleid.

2.3 Zoneberekening

De manier waarop deze magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in de Handreiking van het RIVM.

Om een berekeningsmethode voor de in het beleidsadvies aangegeven magneetveldzone op te kunnen stellen, zijn enkele vereenvoudigingen van het hoogspanningsnet aangenomen. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een eerste vereenvoudiging is dat er voor elk circuit met één stroom wordt gerekend. Deze rekenstroom is een schatting voor de maximale, jaargemiddelde stroom die nu of in de toekomst kan optreden. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningsverbinding zoals buisleidingen, vangrails en silo's) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone, waar mogelijk, wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningsverbinding. Een gevolg van deze aannames is dat een berekening volgens deze Handreiking niet de werkelijke sterkte van het magneetveld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip (zoals die met een momentane meting bepaald zou kunnen worden) weergeeft. Een berekening volgens de Handreiking legt een toekomstgerichte specifieke magneetveldzone vast die past binnen het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen.

* AANBEVELING VAN DE RAAD van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz (1999/519/EG)



2.4 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen.

In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 μ T zones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding" als leidraad gebruikt.

Het feit dat in deze rapportage 0,4 μ T zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 μ T zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.



3 Uitgangspunten bij de berekening

3.1 Uitgangspunten

Voor het berekenen van de magneetveldcontour zijn de volgende documenten als leidraad gebruikt:

- “*Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen*”, G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers, RIVM, versie 4.1, 26 oktober 2015;
- het document “*Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*”, 3 november 2011.

Daarnaast worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De magneetveldcontour is berekend op een hoogte van 1 meter boven het maaiveld of zeebodem en weergegeven ten opzichte van de hartlijn van de hoogspanningskabels.
- Bij de berekening wordt uitgegaan van symmetrische fasestromen.
- Voor het berekenen van de magneetveldcontour van de zee-kabels wordt geen rekening gehouden met de samengeslagen constructie en eventuele magnetische afscherming van staaldraadarmering. Indien hier wel rekening mee gehouden wordt, zal de berekende waarde aanzienlijk lager zijn. De in dit rapport berekende magneetveldcontour voor de zee-kabels kunnen daarom als conservatief beschouwd worden.
- Bij de ligging in open ontgraving ter hoogte van moflocaties wordt geen rekening gehouden met eventuele verbrede ligging en/of overlengte van de kabels.



3.2 Invoer gegevens en berekende situaties

Voor de berekeningen is als uitgangspunt gebruik gemaakt van de configuratie zoals die is verstrekt door TenneT. De gehanteerde uitgangspunten voor de berekeningen zijn in onderstaande tabellen weergegeven.

3.2.1 220 kV Zeekabel

Tabel 1: Gegevens 220 kV verbinding HKWb zeekabel

Algemeen	
Naam totaal verbinding	220 kV Zeekabel HKWb
Onderzochte locaties	Open ontgraving
Kabeltype	1x3x1600mm ² Cu
Aantal circuits	2
Aantal kabels per fase	1
Benaming circuits	A, B
Spanning	220 kV
Ontwerpstroom	1010 A
Langdurig gemiddelde belasting	60% (dit is het lange duur gemiddelde op basis van de wind)
Rekenstroom per circuit	606 A
Configuratie	Ligging op de zeebodem
Klokgetal	S R T
Afstand tussen de geleiders	106 mm
Liggingdiepte (zeebodem)	1 – 3 m
Configuratie	Ligging strand
Liggingdiepte	5 – 8 m
Afstand tussen de kabels	30 m
Configuratie	Ligging boring zeekabel
Type mantelbuis boring	HDPE 710 SDR 9
Aantal circuits per boring	1 circuit per boring
Intrede/uittredehoek boring	16 ° / 16 °
Afstand tussen de boringen	30 m (strandzijde) 10 m (landzijde)



3.2.2 220 kV Land tracé

Tabel 2: Gegevens 220 kV verbinding HKWb landkabel

Algemeen	
Naam totaal verbinding	220 kV Land tracé HKWb
Onderzochte locaties	Open ontgraving, HDD A, B
Kabeltype	3x1x2500mm ² Cu
Aantal circuits	2
Aantal kabels per fase	1
Benaming circuits	A, B
Spanning	220 kV
Ontwerpstroom	1010 A
Langdurig gemiddelde belasting	60% (dit is het lange duur gemiddelde op basis van de wind)
Rekenstroom per circuit	606 A
Configuratie	Open ontgraving
Klokgetal	R-S-T T-S-R
Liggingdiepte (maaiveld)	1,2 m & 5 m
Hartafstand tussen de kabels	0,75 m
Hartafstand tussen de circuits	10 m (land) 30 m (strand)
Configuratie	Boring
Type mantelbuis boring	2 x HDPE 250 SDR9
Aantal circuits per boring	1 circuit per boring
Intrede/uittredehoek boring	16 ° / 16 °
Klokgetal	R T S T S R
Afstand tussen boringen	30 m (strandzijde) 10 m (landzijde)

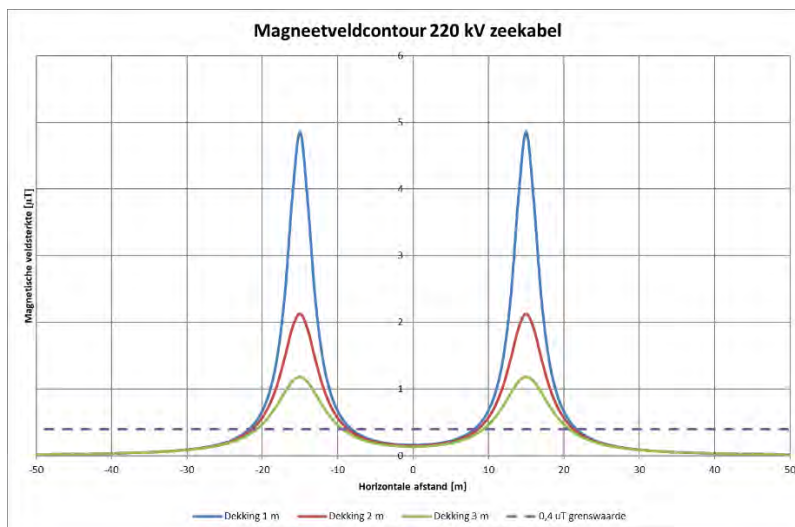
4 Resultaten berekeningen

4.1 Resultaten

De magneetveldcontour[†] is berekend op 1 meter boven het maaiveld, conform de gegeven uitgangspunten in hoofdstuk 3. In de onderstaande tabellen zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Conform de richtlijnen van het RIVM zijn deze waarden voor de zones afgerond op 5 meter. In bijlage 2 is de berekende magneetveldcontour ter hoogte van de in- en uittredepunten van de boringen weergegeven. Voor het uittredepunt aan de zijde van het transformatorstation is de magneetveldcontour van het uittredepunt berekend zonder het effect van het transformatorstation. De magneetveldberekeningen voor het transformatorstation zijn samengevat in een separate rapportage waarbij het effect van de boring is meegenomen.

4.1.1 220 kV zeekabel ligging zee

In de onderstaande figuur is het resultaat van de berekening voor de 220 kV zeekabel weergegeven, In de figuur zijn de berekeningsresultaten bij een dekking van 1, 2 en 3 m. zichtbaar. De hartafstand tussen de circuits 30 m (nabij de kust). Verder op zee zullen de circuits uitwaaien naar een maximale onderlinge afstand van 200 m. De berekening is bij 30 m onderlinge circuit afstand uitgevoerd.



Figuur 1: Magneetveldcontour 220 kV zeekabel in de zee

Uit de grafiek blijkt dat de magneetveldcontour van beide kabels elkaar niet overlappen. In de tabel hieronder is de zone per kabel weergegeven.

Tabel 3: Magneetveldzone 220 kV zeekabel per kabel

Ligingsdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
1 m	606	5 m	5 m
2 m	606	5 m	5 m
3 m	606	5 m	5 m

[†] De magneetveldcontour is de afstand vanaf het hart van de verbinding(en) waar binnen de magnetische veldsterkte groter of gelijk is aan 0,4 µT.

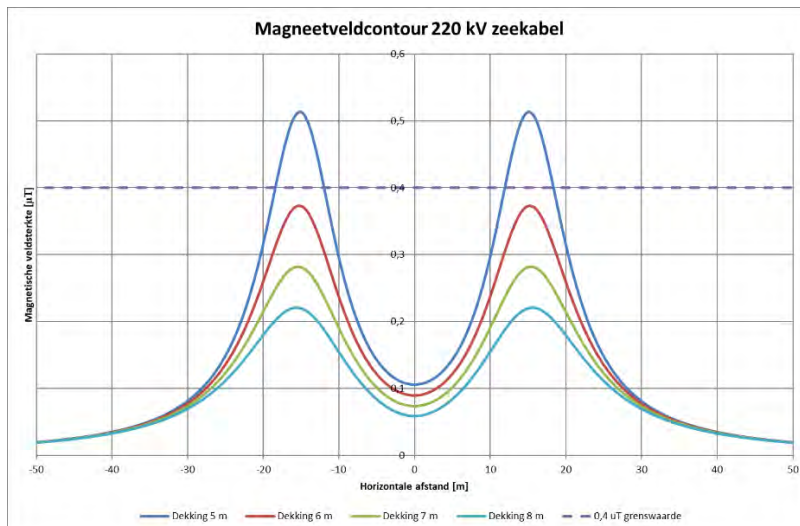


Magneetveldberekeningen TenneT HKWb

In de praktijk zal de samengeslagen constructie van de zeekabel zorgen voor een aanzienlijk lagere waarde van de magnetische veldsterkte waardoor er mogelijk geen magneetveldcontour voor de zeekabel aanwezig is.

4.1.2 220kV zeekabel ligging op het strand

In de onderstaande figuur is het resultaat van de berekening voor de 220 kV zeekabel op het strand weergegeven. De kabel zal op het strand met een grotere dekking geïnstalleerd worden. In de figuur zijn de berekeningsresultaten zichtbaar bij een ligging met een dekking van 5, 6, 7 en 8 m. Op het strand zal de hartafstand tussen de circuits 30 m bedragen.



Figuur 2: Magneetveldcontour 220 kV zeekabel ligging strand

Uit de grafiek blijkt dat de magneetveldcontour van beide kabels elkaar niet overlappen. In de tabel hieronder is de zone per kabel weergegeven.

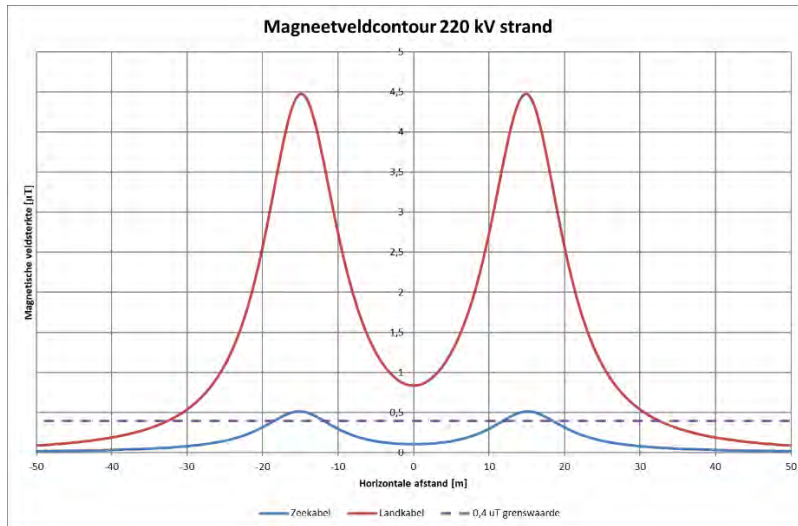
Tabel 4: Magneetveldcontour 220 kV per zeekabel op het strand

Liggingdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
5m	606	5 m	5 m
6m	606	0 m	0 m
7m	606	0 m	0 m
8m	606	0 m	0 m

Bij een liggingdiepte van 6 m is de maximale waarde van de magnetische veldsterkte lager dan 0,4 µT, waardoor er geen magneetveldcontour meer aanwezig is.

4.1.3 220 kV kabel ligging op het strand op de moflocatie (zee- en landkabel)

Ter hoogte van de moflocatie van de overgangsmof tussen zee- en landkabels geldt de berekende situatie zoals aangegeven bij de uitgangspunten met een liggingdiepte van 5 m. Voor de landkabel is de situatie berekend en weergegeven in onderstaande grafiek.



Figuur 3: Magneetveldcontour 220 kV zee- en landkabel bij de overgangsmof

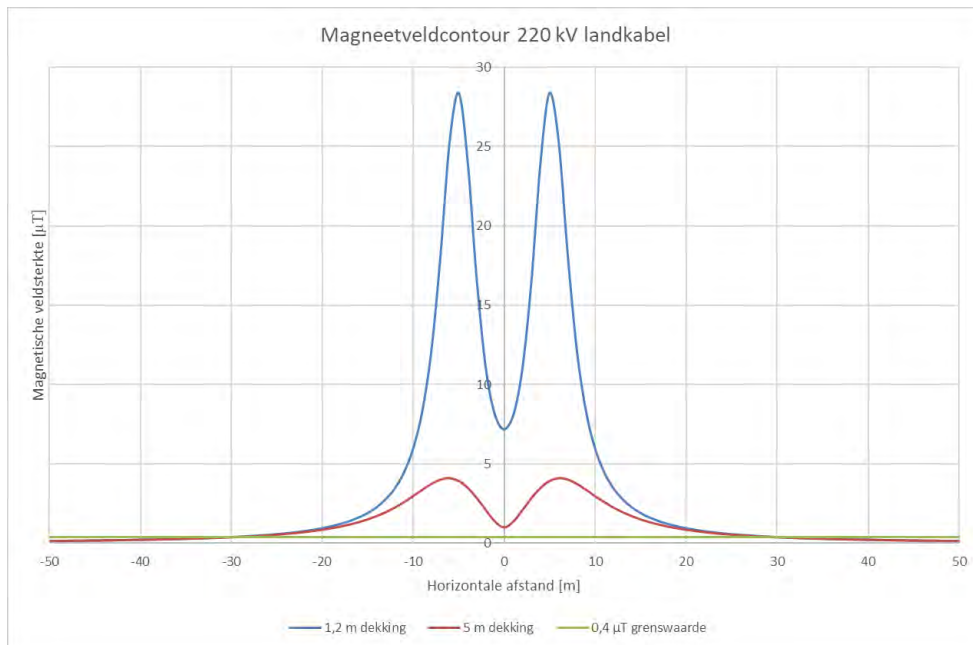
De breedte van de magneetveldcontour is in onderstaande tabel weergegeven. De breedte van de contour wordt bepaald door de landkabelzijde.

Tabel 5: Magneetveldcontour 220 kV landkabel op het strand bij overgangsmof

Liggingdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
5m (zeekabel)	606	5 m (per kabel)	5 m (per kabel)
5m (landkabel)	606	35 m	35 m

4.1.4 220 kV landkabel ligging in platvlak

Op het strand zal er een overgangsmof tussen zee- en landkabel gemaakt worden. Vanaf deze mof zullen de 220 kV verbindingen bestaan uit landkabel. Voor deze situatie is de magneetveldcontour berekend bij een dekking van 5 m (strand) en 1,2 m (overige locaties in het tracé). De configuratie van de kabel is ligging in plat vlak met een hartafstand tussen de circuits van 10 m .



Figuur 4: Magneetveldcontour 220 kV landkabel in plat vlak

De breedte van de magneetveldcontour is in onderstaande tabel weergegeven.

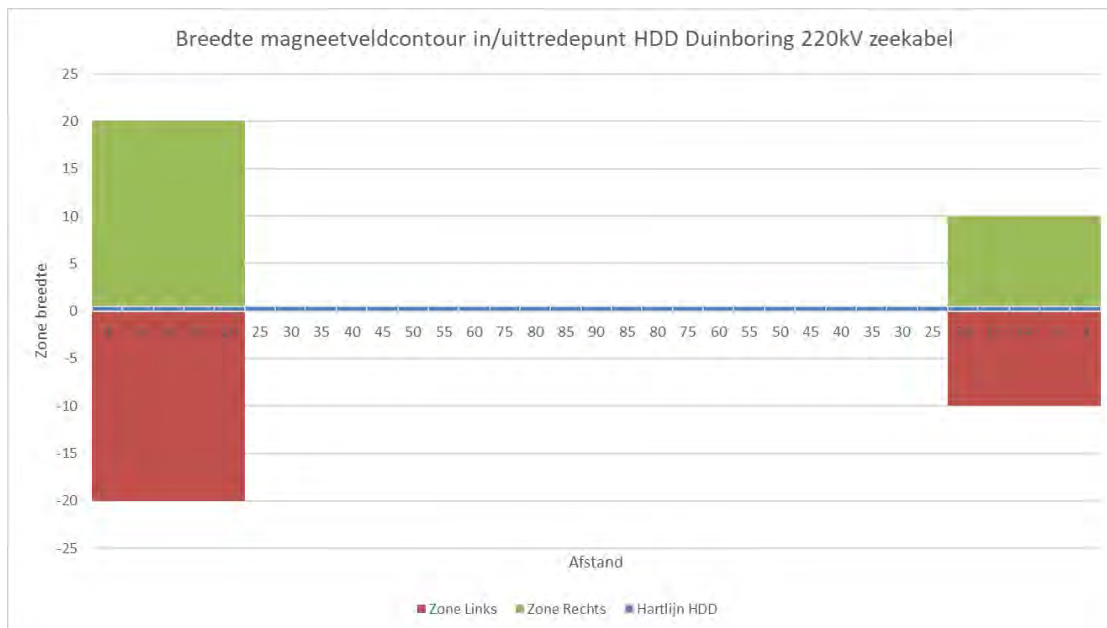
Tabel 6: Magneetveldcontour 220kV landkabel in platvlak

Ligingsdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
1,2m	606	30 m	30 m
5m	606	30 m	30 m

4.1.5 220 kV Zeekabel HDD

Voor het realiseren van de duinkruising wordt een horizontaal gestuurde boring (HDD) gemaakt. Eén van de opties hiervoor is het installeren van de zeekabel in deze boringen en de moflocatie voor de aansluiting op de landkabel aan de oostzijde van de duin te maken. Aan de strandzijde zijn de boringen 30 m uit elkaar geplaatst en aan de landzijde 10 m.

Een eigenschap van een HDD is dat het magneetveld lager wordt naarmate de dekking van de kabels toeneemt. Dit houdt in dat er alleen een magneetveld boven de 0,4 μT aanwezig is bij de in- en uittredepunten van de boringen. Dit gebied is in de onderstaande grafiek weergegeven als functie van de lengte over het maaiveld. Voor de overige lengte van de boring is er geen magneetcontour boven de 0,4 μT aanwezig en daarom niet ingetekend.

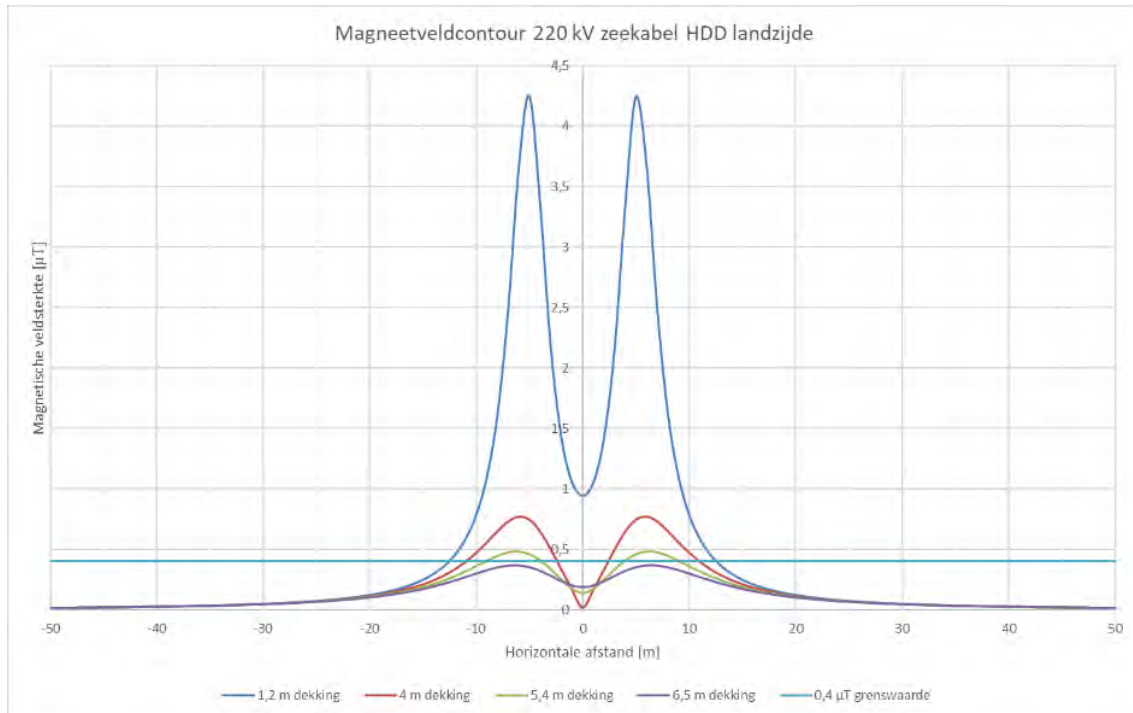


Figuur 5: Magneetveldcontour in/uittrede HDD 220 kV zeekabel

De breedte van de magneetveldcontour aan de strandzijde bedraagt 20 m aan beide zijden vanuit het hart van het tracé tussen de boringen en dempt vrij snel uit. Aan de landzijde bedraagt de breedte 10 m. De waarden zijn conform de afspraken afgerond op 5 m nauwkeurig.



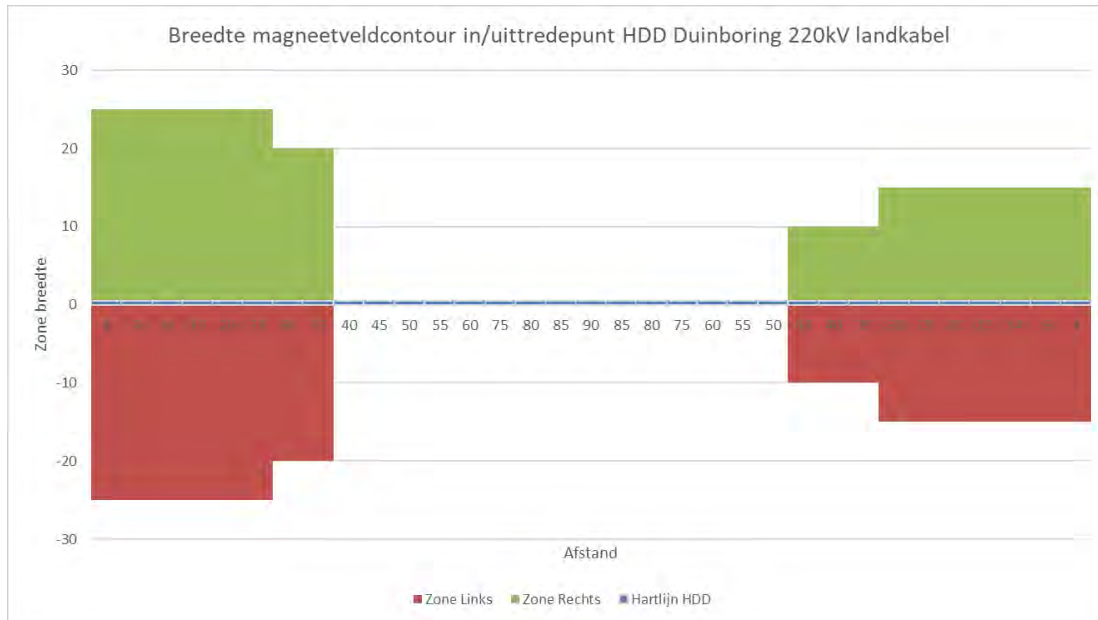
Om het effect van de snelle uitdemping te laten zien is in onderstaande figuur de magneetveldcontour voor verschillende diepten te zien.



Figuur 6: Magneetveldcontour bij verschillende diepten HDD landzijde

4.1.6 220 kV Landkabel HDD Duinboring

De tweede optie voor het kruisen van de duinen is het maken van de moflocatie op het strand en het plaatsen van landkabel in de boring onder de duinen. In onderstaande afbeelding is de breedte van de magneetveldcontour weergegeven.

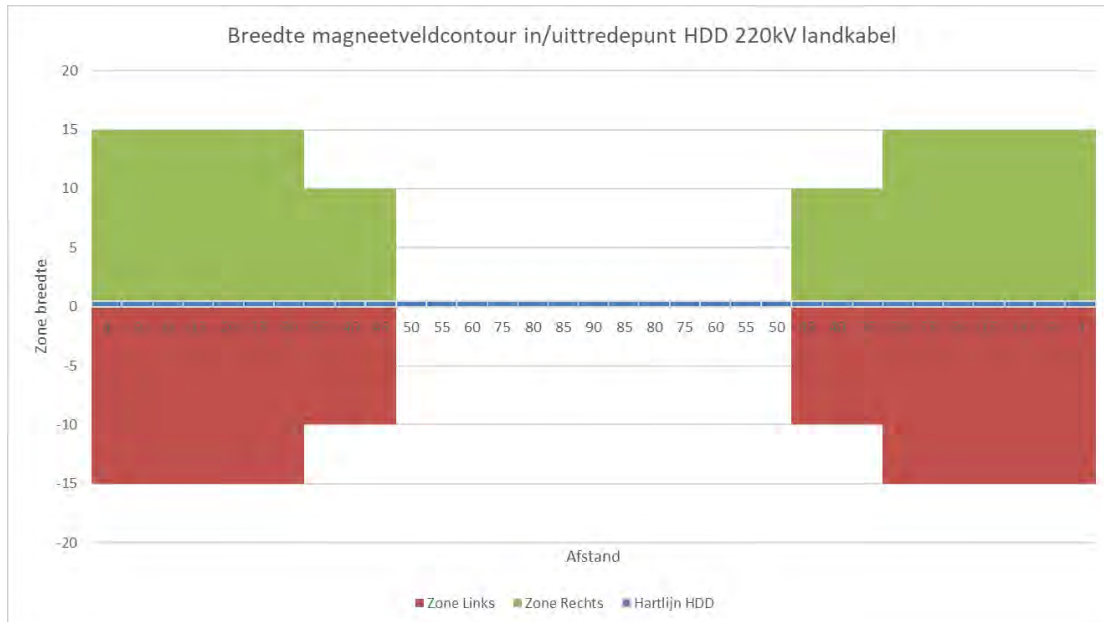


Figuur 7: Magneetveldcontour in/uittrede HDD 220 kV

De maximale breedte van de magneetveldcontour aan de strandzijde bedraagt 25 m aan beide zijden vanuit het hart van het tracé tussen de boringen en dempt vrij snel uit. Aan de landzijde bedraagt de breedte maximale breedte 15 m. De waarden zijn conform de afspraken afgerond op 5 m nauwkeurig.

4.1.7 220 kV Landkabel HDD

De boring naar het landstation wordt uitgevoerd met landkabel. In onderstaande figuur is de breedte van de magneetveldcontour voor de in- en uittredepunten van deze boringen weergegeven.



Figuur 8: Magneetveldcontour in/uittrede HDD 220 kV

De breedte van de magneetveldcontour is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 7: Magneetveldcontour 220 kV landkabel HDD

Liggingdiepte bovenste HDD	Afstand vanaf in/uittredepunt	Stroom [A]	0,4 μ T contour Links	0,4 μ T contour Rechts
1,2m	0	606	15 m	15 m
4,0m	14	606	15 m	15 m
5,4m	15	606	15 m	15 m
6,5m	20	606	15 m	15 m
7,4m	25	606	15 m	15 m
8,4m	30	606	10 m	10 m
9,2m	40	606	10 m	10 m
9,9m	45	606	10 m	10 m
11,1m	50	606	0 m	0 m
11,4m	55	606	0 m	0 m
12,0m	60	606	0 m	0 m

Uit de tabel blijkt dat wanneer de boring op een diepte van 11,1 m -mv bevindt er geen magneetveldcontour aanwezig is.



5 Conclusie

Omdat het grootste deel van het tracé door middel van horizontaal gestuurde boringen wordt gerealiseerd, is er maar op een beperkt aantal plaatsen een $0,4 \mu\text{T}$ magneetveldcontour aanwezig. Deze bevindt zich op de plaatsen waar de kabel in open ontgraving is geïnstalleerd en bij de in- en uittredepunten van de boringen. Op hogere diepten verdwijnt de magneetveldcontour volledig. Binnen de aanwezige magneetveldcontouren zijn geen gevoelige bestemmingen aanwezig.



6 Bijlagen

Bijlage 1: Gegevens

Bijlage 2: Kaart met magneetveldcontour in-uitredepunten boringen

Bijlage 3: Overzichtskaat tracé en transformatorstation



Bijlage 1

Gegevens hoogspanningsverbinding



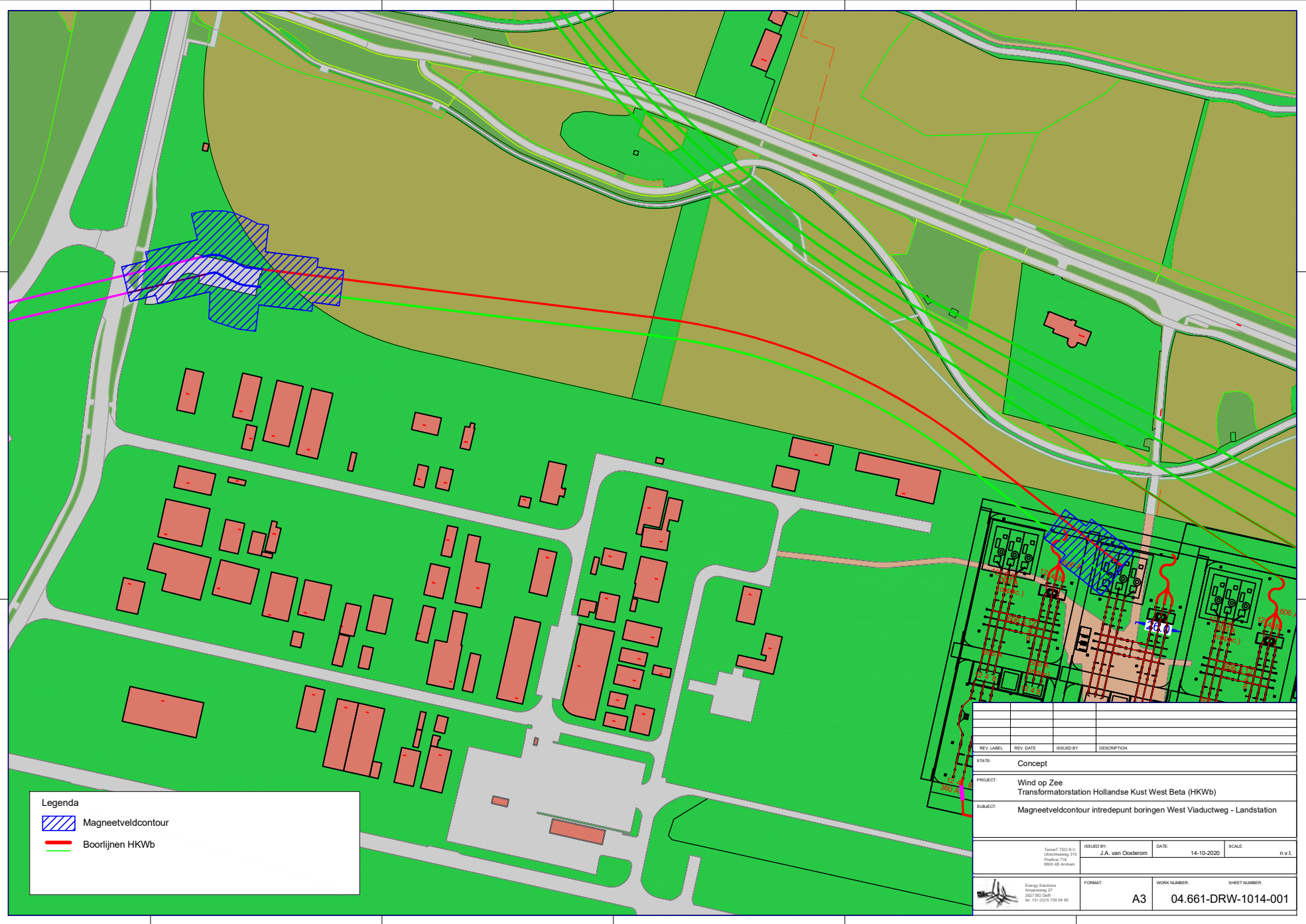
Ontvangen gegevens van TenneT:

- Phase to phase voltage U_{nom} : 220 kV
- Nominal frequency : 50 Hz
- Total installed power (MW) : 700 MW
- Power with overplanting : 760 MW
- Overplanting : 8 %
- Design power : Normal condition: 350 MW for each cable circuit
Overplanting condition: 380 MW per cable circuit
- Design current : 1.000 A for each cable circuit
- Long term average current (load factor) : 600 A (60 % of design current)
- Maximum current at worst case conditions : 1.100A for each cable circuit
- Number of circuits : 2
- 3-phase short-circuit current : 10 kA for 100 ms
- 1-phase short-circuit current : 10 kA for 100 ms






Bijlage 2

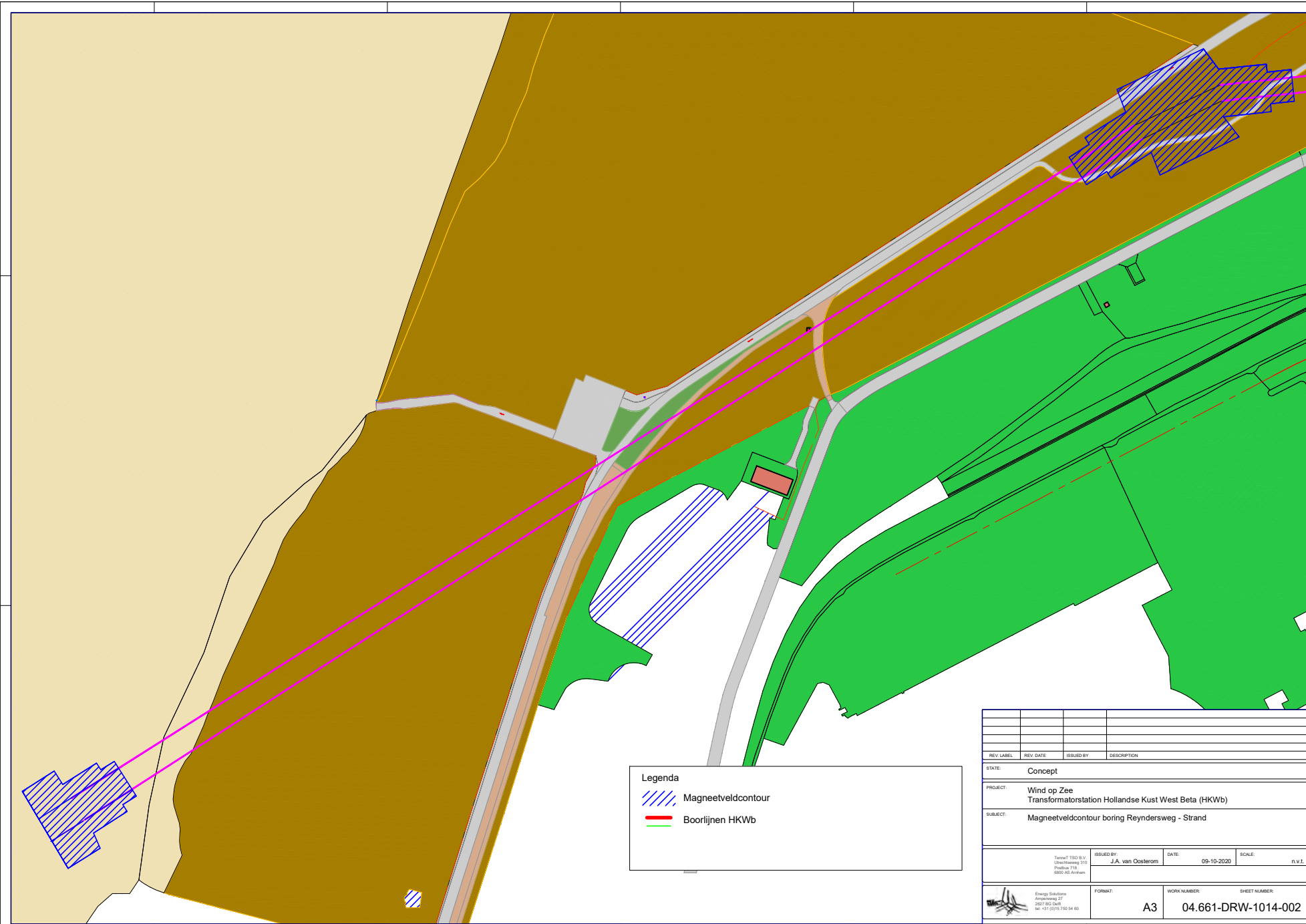
Kaart met magneetveldcontour In-uittredepunten boringen



Legenda

-  Magneetveldcontour
-  Boorlijnen HKWb

REV. LABEL	REV. DATE	ISSUED BY	DESCRIPTION
STATE: Concept			
PROJECT: Wind op Zee Transformatorstation Hollandse Kust West Beta (HKWb)			
SUBJECT: Magneetveldcontour intredepunt boringen West Viaductweg - Landstation			
Ternut TSO B.V. Ulrechtweg 310 Postbus 716 8800 AZ Arnhem		ISSUED BY: J.A. van Oosterom	DATE: 14-10-2020 SCALE: n.v.t.
 Energy Solutions Groeneweg 27 3027 HJ Dordrecht Tel: +31 (0)78 750 54 60		FORMAT: A3	WORK NUMBER: 04.661-DRW-1014-001



Legenda

- Magneetveldcontour
- Boorlijnen HKWb









REV. LABEL	REV. DATE	ISSUED BY	DESCRIPTION
STATE: Concept			
PROJECT: Wind op Zee Transformatorstation Hollandse Kust West Beta (HKWb)			
SUBJECT: Magneetveldcontour boring Reyndersweg - Strand			
TenneT TSO B.V. Ulrechtweg 310 Postbus 716 8800 AZ Arnhem	ISSUED BY: J.A. van Oosterom	DATE: 09-10-2020	SCALE: n.v.l.
Energy Solutions Postweg 27 1027 HZ Drie Tel: +31 (0)20 750 54 60	FORMAT: A3	WORK NUMBER: 04.661-DRW-1014-002	SHEET NUMBER:

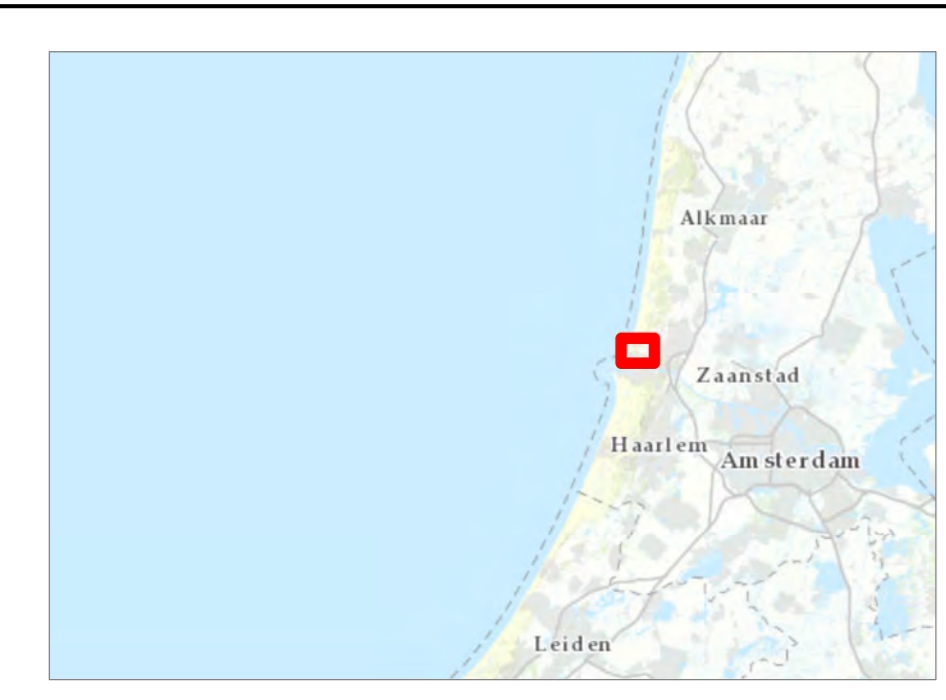


Bijlage 3

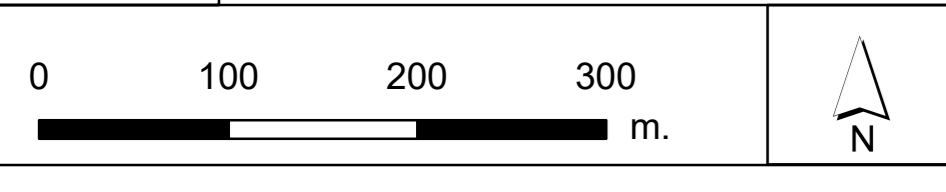
Overzichtskaart tracé en transformatorstation



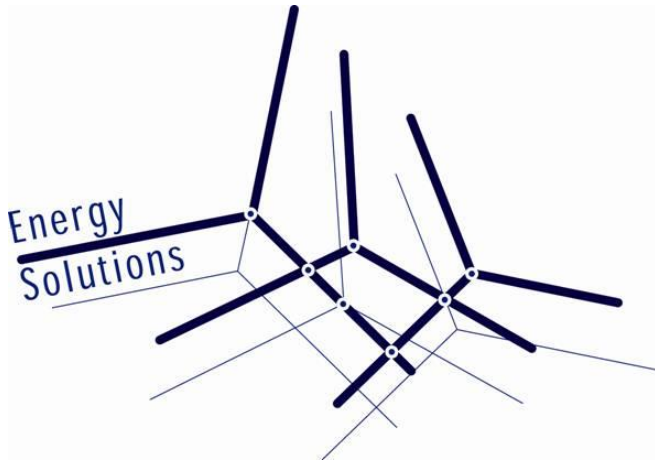
- Legenda**
-  Tracé VKA 3.0
 -  In- of uitredepunt boring
 -  Zakelijk rechtstrook VKA 3.0
 -  Grens inpassingsplan
 -  Tracé HKN/HKWA
 -  Locatie transformatorstation HKwB
 -  Transformatorstation HKN/HKwA
 -  Werkterrein



Versie	VKA 3.0	Datum	5-1-2021
Schaal	1:4.000	Formaat	A0
Kenmerk	A:\g_\offshore\hkn\w\producten\g\analogie\vka_tracés\mvd_220120\hkw_b_vka_3_0_onshore_A0.mxd		



Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.



TenneT

Berekening specifieke magneetveldzone

Hollandse Kust West Beta

Revisietabel

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
1.3	28-04-2021	J.A. van Oosterom	Update bijlage 2
1.2	28-01-2021	J.A. van Oosterom	Bijlage toegevoegd, update tekst
1.1	13-10-2020	J.A. van Oosterom	Update na review
1	29-09-2020	J.A. van Oosterom	

Documentnummer: ENSOL-RPT-2020.113
Auteur: J.A. van Oosterom
Revisie: 1.3
Datum: 28 april 2021
Gecontroleerd: A. Blanken



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	2
1.1	PROJECT BESCHRIJVING	2
2	ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN	3
2.1	MAGNEETVELDEN EN GEZONDHEID	3
2.2	BELEIDSADVIES MET BETREKKING TOT HOOGSPANNINGSLIJNEN	3
2.3	ZONEBEREKENING	3
2.4	DISCLAIMER	4
3	UITGANGSPUNTEN BIJ DE BEREKENING	5
3.1	UITGANGSPUNTEN	5
3.2	INVOER GEGEVENS EN BEREKENDE SITUATIES	6
3.2.1	220 kV Zeekabel	6
3.2.2	220 kV Land tracé	7
4	RESULTATEN BEREKENINGEN	8
4.1	RESULTATEN	8
4.1.1	220 kV zeekabel ligging zee	8
4.1.2	220kV zeekabel ligging op het strand	10
4.1.3	220 kV kabel ligging op het strand op de moflocatie (zee- en landkabel)	11
4.1.4	220 kV landkabel ligging in platvlak	12
4.1.5	220 kV Zeekabel HDD	13
4.1.6	220 kV Landkabel HDD Duinboring	15
4.1.7	220 kV Landkabel HDD	16
5	CONCLUSIE	17
6	BIJLAGEN	18



1 Inleiding

1.1 Project beschrijving

Voor het project Hollandse Kust West Beta (HKWb) heeft Energy Solutions van TenneT opdracht gekregen om de magneetveldcontour te berekenen van het 220 kV kabeltracé. Het onshore tracé start bij het 220/380 kV station in IJmuiden en eindigt op het strand waar de offshore verbinding naar het platform van HKWb gaat. Het tracé bestaat uit 2 kabelcircuits. In deze rapportage zijn de resultaten van de magneetveldberekeningen voor deze verbinding samengevat.

Het project HKWb is één van de offshore wind projecten die aangesloten zal worden op het nieuw te bouwen 220/380 kV transformatorstation in IJmuiden. In 2018 zijn er magneetveldberekeningen uitgevoerd voor de tracés van de andere verbindingen van Hollandse Kust West Alpha (HKWa) en Hollandse Kust Noord (HKN) welke op hetzelfde hoogspanningsstation worden aangesloten. Het tracé van HKWb heeft geen invloed op de magneetveldcontour van deze verbindingen. De kabels voor HKWb worden aangesloten op hetzelfde hoogspanningsstation als de verbindingen van HKWa en HKN. Hiervoor is een aparte rapportage opgesteld waarbij de magneetveldcontour van het complete transformatorstation is berekend.



2 Achtergrond en uitgangspunten

2.1 Magneetvelden en gezondheid

Magneetvelden kunnen het functioneren van het menselijk lichaam beïnvloeden. Boven een bepaalde waarde van de veldsterkte kunnen acute effecten optreden, zoals het 'zien' van lichtflitsen en onwillekeurige spiersamentrekkingen. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om in de tijd wisselende velden met een frequentie van 50 hertz (Hz). Voor de sterkte van het magneetveld heeft de Europese Unie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla (μT) aanbevolen*. Beneden het referentieniveau veroorzaakt het magneetveld geen acute effecten.

Het is minder duidelijk wat de effecten van langdurige blootstelling aan lagere sterkte van het magneetveld zijn. Het onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wijst er op dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magneetveld sterker is dan verder verwijderd van de hoogspanningslijn, mogelijk extra risico op leukemie lopen. Het (mogelijk) verhoogde risico op kinderleukemie tekent zich af bij langdurige blootstelling aan magneetvelden sterker dan ergens tussen 0,2 en 0,5 microtesla (μT).

2.2 Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het toenmalige ministerie van VROM in 2005 een beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden om zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla (μT) (de magneetveldzone). Het beleidsadvies is in 2008 verduidelijkt en is in 2018 geëvalueerd. Deze evaluatie heeft op het moment nog niet geleid tot een verandering in het voorzorgsbeleid.

2.3 Zoneberekening

De manier waarop deze magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in de Handreiking van het RIVM.

Om een berekeningsmethode voor de in het beleidsadvies aangegeven magneetveldzone op te kunnen stellen, zijn enkele vereenvoudigingen van het hoogspanningsnet aangenomen. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een eerste vereenvoudiging is dat er voor elk circuit met één stroom wordt gerekend. Deze rekenstroom is een schatting voor de maximale, jaargemiddelde stroom die nu of in de toekomst kan optreden. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningsverbinding zoals buisleidingen, vangrails en silo's) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone, waar mogelijk, wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningsverbinding. Een gevolg van deze aannames is dat een berekening volgens deze Handreiking niet de werkelijke sterkte van het magneetveld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip (zoals die met een momentane meting bepaald zou kunnen worden) weergeeft. Een berekening volgens de Handreiking legt een toekomstgerichte specifieke magneetveldzone vast die past binnen het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen.

* AANBEVELING VAN DE RAAD van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz (1999/519/EG)



2.4 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen.

In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 μT zones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is de notitie “Afspraken over de berekening van de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding” als leidraad gebruikt.

Het feit dat in deze rapportage 0,4 μT zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 μT zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.



3 Uitgangspunten bij de berekening

3.1 Uitgangspunten

Voor het berekenen van de magneetveldcontour zijn de volgende documenten als leidraad gebruikt:

- “*Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen*”, G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers, RIVM, versie 4.1, 26 oktober 2015;
- het document “*Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*”, 3 november 2011.

Daarnaast worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De magneetveldcontour is berekend op een hoogte van 1 meter boven het maaiveld of zeebodem en weergegeven ten opzichte van de hartlijn van de hoogspanningskabels.
- Bij de berekening wordt uitgegaan van symmetrische fasestromen.
- Voor het berekenen van de magneetveldcontour van de zee-kabels wordt geen rekening gehouden met de samengeslagen constructie en eventuele magnetische afscherming van staaldradermering. Indien hier wel rekening mee gehouden wordt, zal de berekende waarde aanzienlijk lager zijn. De in dit rapport berekende magneetveldcontour voor de zee-kabels kunnen daarom als conservatief beschouwd worden.
- Bij de ligging in open ontgraving ter hoogte van moflocaties wordt geen rekening gehouden met eventuele verbrede ligging en/of overlengte van de kabels.



3.2 Invoer gegevens en berekende situaties

Voor de berekeningen is als uitgangspunt gebruik gemaakt van de configuratie zoals die is verstrekt door TenneT. De gehanteerde uitgangspunten voor de berekeningen zijn in onderstaande tabellen weergegeven.

3.2.1 220 kV Zeekabel

Tabel 1: Gegevens 220 kV verbinding HKWb zeekabel

Algemeen	
Naam totaal verbinding	220 kV Zeekabel HKWb
Onderzochte locaties	Open ontgraving
Kabeltype	1x3x1600mm ² Cu
Aantal circuits	2
Aantal kabels per fase	1
Benaming circuits	A, B
Spanning	220 kV
Ontwerpstroom	1010 A
Langdurig gemiddelde belasting	60% (dit is het lange duur gemiddelde op basis van de wind)
Rekenstroom per circuit	606 A
Configuratie	Ligging op de zeebodem
Klokgetal	S R T
Afstand tussen de geleiders	106 mm
Liggingdiepte (zeebodem)	1 – 3 m
Configuratie	Ligging strand
Liggingdiepte	5 – 8 m
Afstand tussen de kabels	30 m
Configuratie	Ligging boring zeekabel
Type mantelbuis boring	HDPE 710 SDR 9
Aantal circuits per boring	1 circuit per boring
Intrede/uittredehoek boring	16 ° / 16 °
Afstand tussen de boringen	30 m (strandzijde) 10 m (landzijde)



3.2.2 220 kV Land tracé

Tabel 2: Gegevens 220 kV verbinding HKWb landkabel

Algemeen	
Naam totaal verbinding	220 kV Land tracé HKWb
Onderzochte locaties	Open ontgraving, HDD A, B
Kabeltype	3x1x2500mm ² Cu
Aantal circuits	2
Aantal kabels per fase	1
Benaming circuits	A, B
Spanning	220 kV
Ontwerpstroom	1010 A
Langdurig gemiddelde belasting	60% (dit is het lange duur gemiddelde op basis van de wind)
Rekenstroom per circuit	606 A
Configuratie	Open ontgraving
Klokgetal	R-S-T T-S-R
Liggingdiepte (maaiveld)	1,2 m & 5 m
Hartafstand tussen de kabels	0,75 m
Hartafstand tussen de circuits	10 m (land) 30 m (strand)
Configuratie	Boring
Type mantelbuis boring	2 x HDPE 250 SDR9
Aantal circuits per boring	1 circuit per boring
Intrede/uittredehoek boring	16 ° / 16 °
Klokgetal	R T S T S R
Afstand tussen boringen	30 m (strandzijde) 10 m (landzijde)

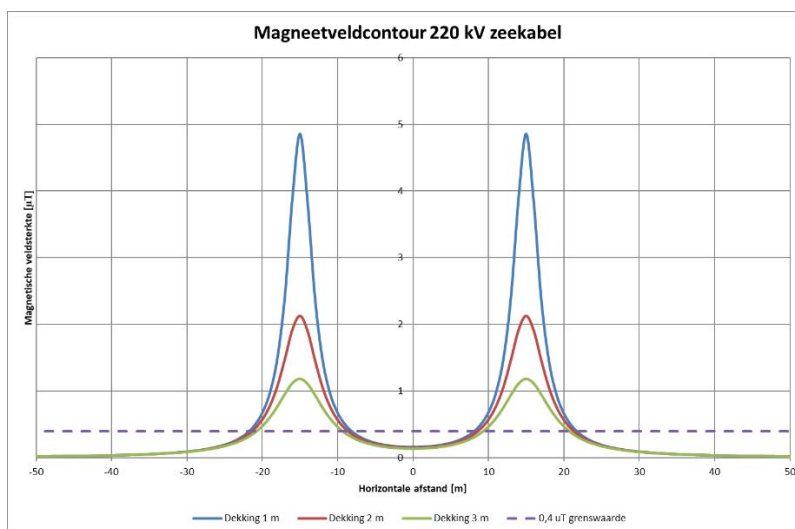
4 Resultaten berekeningen

4.1 Resultaten

De magneetveldcontour[†] is berekend op 1 meter boven het maaiveld, conform de gegeven uitgangspunten in hoofdstuk 3. In de onderstaande tabellen zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Conform de richtlijnen van het RIVM zijn deze waarden voor de zones afgerond op 5 meter. In bijlage 2 is de berekende magneetveldcontour ter hoogte van de in- en uittredepunten van de boringen weergegeven. Voor het uittredepunt aan de zijde van het transformatorstation is de magneetveldcontour van het uittredepunt berekend zonder het effect van het transformatorstation. De magneetveldberekeningen voor het transformatorstation zijn samengevat in een separate rapportage waarbij het effect van de boring is meegenomen.

4.1.1 220 kV zeekabel ligging zee

In de onderstaande figuur is het resultaat van de berekening voor de 220 kV zeekabel weergegeven, In de figuur zijn de berekeningsresultaten bij een dekking van 1, 2 en 3 m. zichtbaar. De hartafstand tussen de circuits 30 m (nabij de kust). Verder op zee zullen de circuits uitwaaien naar een maximale onderlinge afstand van 200 m. De berekening is bij 30 m onderlinge circuit afstand uitgevoerd.



Figuur 1: Magneetveldcontour 220 kV zeekabel in de zee

Uit de grafiek blijkt dat de magneetveldcontour van beide kabels elkaar niet overlappen. In de tabel hieronder is de zone per kabel weergegeven.

Tabel 3: Magneetveldzone 220 kV zeekabel per kabel

Ligingsdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
1 m	606	5 m	5 m
2 m	606	5 m	5 m
3 m	606	5 m	5 m

[†] De magneetveldcontour is de afstand vanaf het hart van de verbinding(en) waar binnen de magnetische veldsterkte groter of gelijk is aan 0,4 µT.

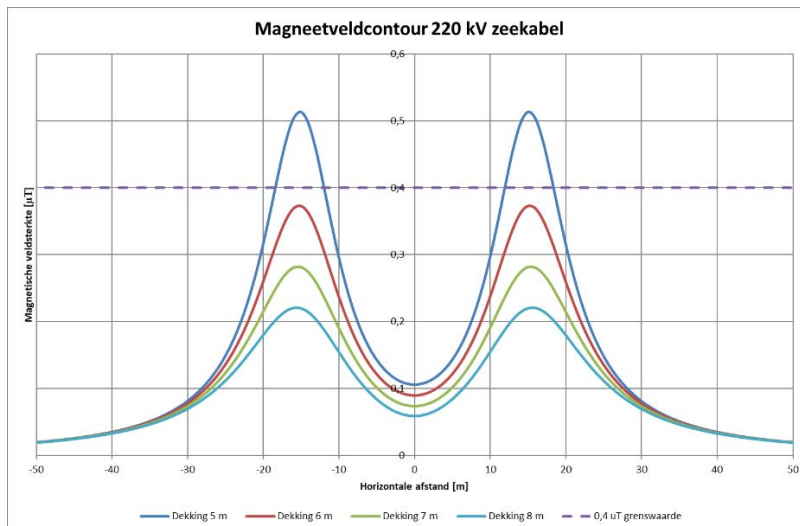


Magneetveldberekeningen TenneT HKWb

In de praktijk zal de samengeslagen constructie van de zeekabel zorgen voor een aanzienlijk lagere waarde van de magnetische veldsterkte waardoor er mogelijk geen magneetveldcontour voor de zeekabel aanwezig is.

4.1.2 220kV zeekabel ligging op het strand

In de onderstaande figuur is het resultaat van de berekening voor de 220 kV zeekabel op het strand weergegeven. De kabel zal op het strand met een grotere dekking geïnstalleerd worden. In de figuur zijn de berekeningsresultaten zichtbaar bij een ligging met een dekking van 5, 6, 7 en 8 m. Op het strand zal de hartafstand tussen de circuits 30 m bedragen.



Figuur 2: Magneetveldcontour 220 kV zeekabel ligging strand

Uit de grafiek blijkt dat de magneetveldcontour van beide kabels elkaar niet overlappen. In de tabel hieronder is de zone per kabel weergegeven.

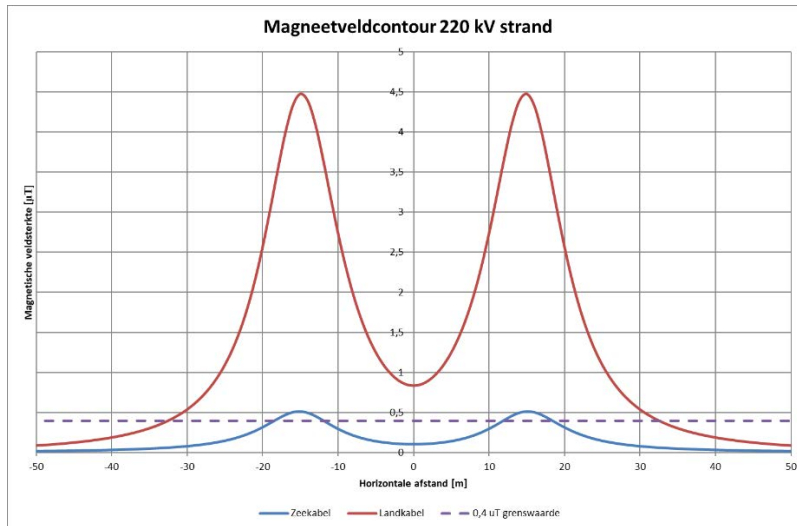
Tabel 4: Magneetveldcontour 220 kV per zeekabel op het strand

Liggingdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
5m	606	5 m	5 m
6m	606	0 m	0 m
7m	606	0 m	0 m
8m	606	0 m	0 m

Bij een liggingdiepte van 6 m is de maximale waarde van de magnetische veldsterkte lager dan 0,4 µT, waardoor er geen magneetveldcontour meer aanwezig is.

4.1.3 220 kV kabel ligging op het strand op de moflocatie (zee- en landkabel)

Ter hoogte van de moflocatie van de overgangsmof tussen zee- en landkabels geldt de berekende situatie zoals aangegeven bij de uitgangspunten met een ligingsdiepte van 5 m. Voor de landkabel is de situatie berekend en weergegeven in onderstaande grafiek.



Figuur 3: Magneetveldcontour 220 kV zee- en landkabel bij de overgangsmof

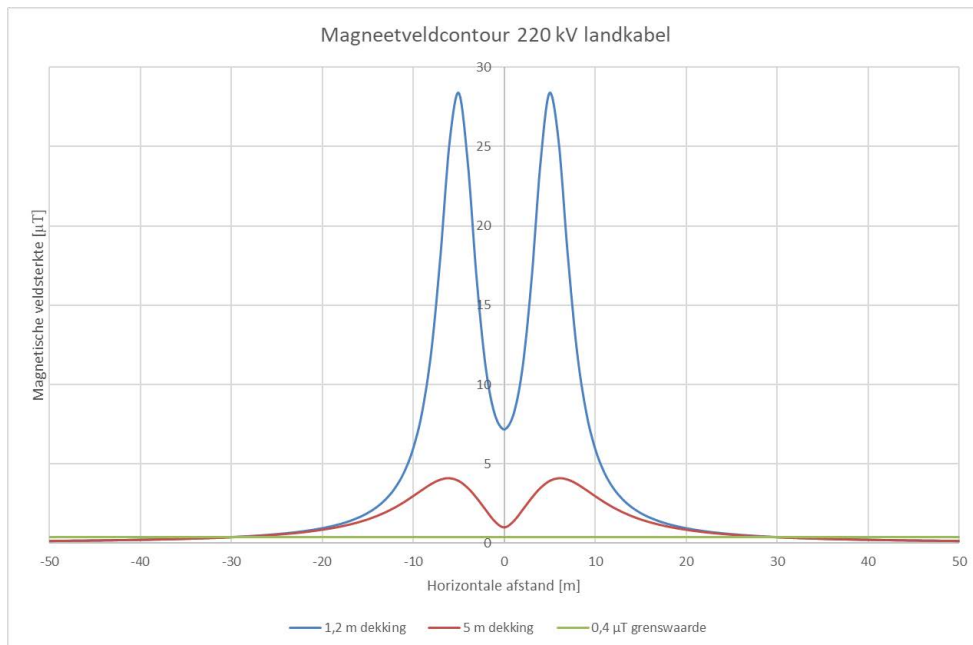
De breedte van de magneetveldcontour is in onderstaande tabel weergegeven. De breedte van de contour wordt bepaald door de landkabelzijde.

Tabel 5: Magneetveldcontour 220 kV landkabel op het strand bij overgangsmof

Ligingsdiepte	Stroom [A]	0,4 μT contour Links	0,4 μT contour Rechts
5m (zeekabel)	606	5 m (per kabel)	5 m (per kabel)
5m (landkabel)	606	35 m	35 m

4.1.4 220 kV landkabel ligging in platvlak

Op het strand zal er een overgangsmof tussen zee- en landkabel gemaakt worden. Vanaf deze mof zullen de 220 kV verbindingen bestaan uit landkabel. Voor deze situatie is de magneetveldcontour berekend bij een dekking van 5 m (strand) en 1,2 m (overige locaties in het tracé). De configuratie van de kabel is ligging in plat vlak met een hartafstand tussen de circuits van 10 m .



Figuur 4: Magneetveldcontour 220 kV landkabel in plat vlak

De breedte van de magneetveldcontour is in onderstaande tabel weergegeven.

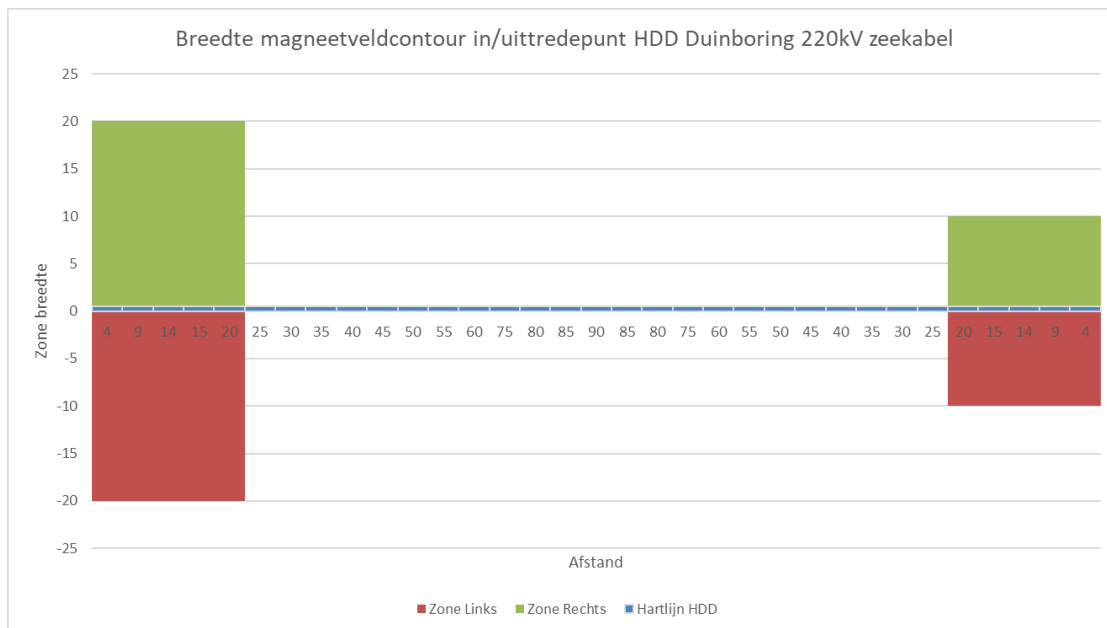
Tabel 6: Magneetveldcontour 220kV landkabel in platvlak

Ligingsdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
1,2m	606	30 m	30 m
5m	606	30 m	30 m

4.1.5 220 kV Zeekabel HDD

Voor het realiseren van de duinkruising wordt een horizontaal gestuurde boring (HDD) gemaakt. Eén van de opties hiervoor is het installeren van de zeekabel in deze boringen en de moflocatie voor de aansluiting op de landkabel aan de oostzijde van de duin te maken. Aan de strandzijde zijn de boringen 30 m uit elkaar geplaatst en aan de landzijde 10 m.

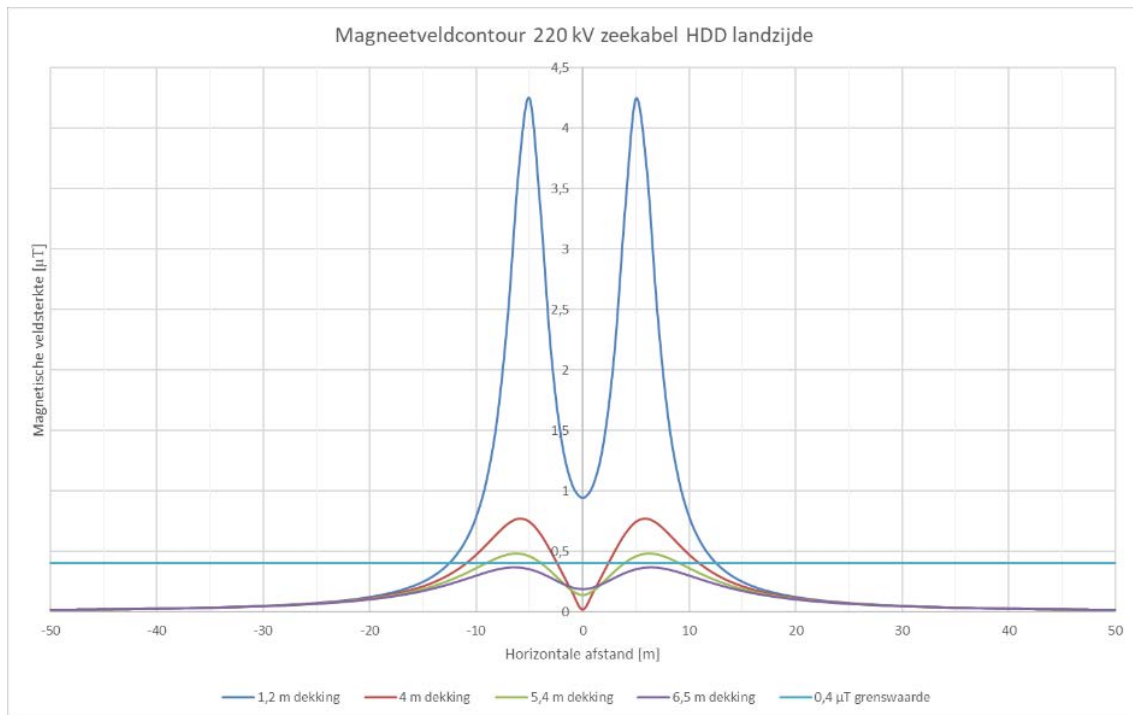
Een eigenschap van een HDD is dat het magneetveld lager wordt naarmate de dekking van de kabels toeneemt. Dit houdt in dat er alleen een magneetveld boven de 0,4 μ T aanwezig is bij de in- en uittredepunten van de boringen. Dit gebied is in de onderstaande grafiek weergegeven als functie van de lengte over het maaiveld. Voor de overige lengte van de boring is er geen magneetcontour boven de 0,4 μ T aanwezig en daarom niet ingetekend.



Figuur 5: Magneetveldcontour in/uittrede HDD 220 kV zeekabel

De breedte van de magneetveldcontour aan de strandzijde bedraagt 20 m aan beide zijden vanuit het hart van het tracé tussen de boringen en dempt vrij snel uit. Aan de landzijde bedraagt de breedte 10 m. De waarden zijn conform de afspraken afgerond op 5 m nauwkeurig.

Om het effect van de snelle uitdemping te laten zien is in onderstaande figuur de magneetveldcontour voor verschillende diepten te zien.

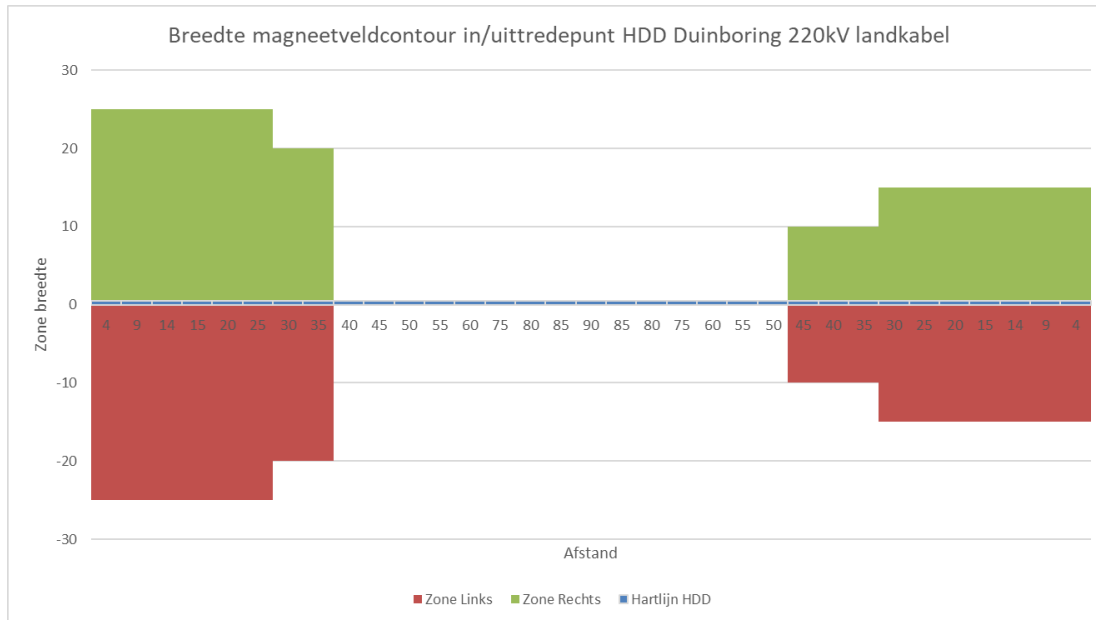


Figuur 6: Magneetveldcontour bij verschillende diepten HDD landzijde



4.1.6 220 kV Landkabel HDD Duinboring

De tweede optie voor het kruisen van de duinen is het maken van de moflocatie op het strand en het plaatsen van landkabel in de boring onder de duinen. In onderstaande afbeelding is de breedte van de magneetveldcontour weergegeven.

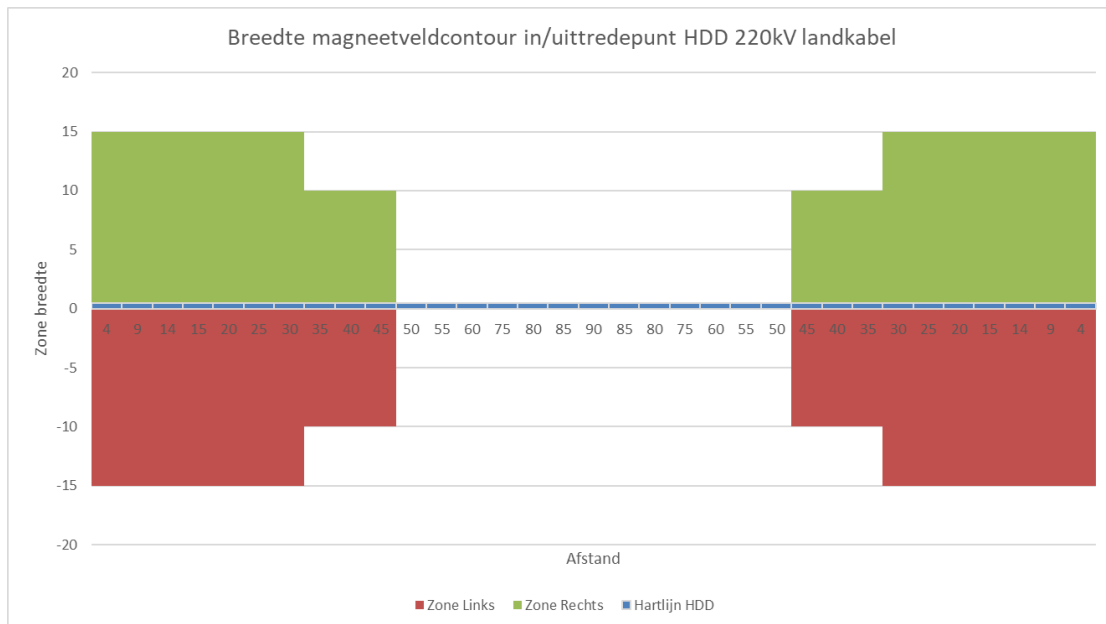


Figuur 7: Magneetveldcontour in/uitrede HDD 220 kV

De maximale breedte van de magneetveldcontour aan de strandzijde bedraagt 25 m aan beide zijden vanuit het hart van het tracé tussen de boringen en dempt vrij snel uit. Aan de landzijde bedraagt de breedte maximale breedte 15 m. De waarden zijn conform de afspraken afgerond op 5 m nauwkeurig.

4.1.7 220 kV Landkabel HDD

De boring naar het landstation wordt uitgevoerd met landkabel. In onderstaande figuur is de breedte van de magneetveldcontour voor de in- en uittredepunten van deze boringen weergegeven.



Figuur 8: Magneetveldcontour in/uittrede HDD 220 kV

De breedte van de magneetveldcontour is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 7: Magneetveldcontour 220 kV landkabel HDD

Liggingdiepte bovenste HDD	Afstand vanaf in/uittredepunt	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
1,2m	0	606	15 m	15 m
4,0m	14	606	15 m	15 m
5,4m	15	606	15 m	15 m
6,5m	20	606	15 m	15 m
7,4m	25	606	15 m	15 m
8,4m	30	606	10 m	10 m
9,2m	40	606	10 m	10 m
9,9m	45	606	10 m	10 m
11,1m	50	606	0 m	0 m
11,4m	55	606	0 m	0 m
12,0m	60	606	0 m	0 m

Uit de tabel blijkt dat wanneer de boring op een diepte van 11,1 m -mv bevindt er geen magneetveldcontour aanwezig is.



5 Conclusie

Omdat het grootste deel van het tracé door middel van horizontaal gestuurde boringen wordt gerealiseerd, is er maar op een beperkt aantal plaatsen een $0,4 \mu\text{T}$ magneetveldcontour aanwezig. Deze bevindt zich op de plaatsen waar de kabel in open ontgraving is geïnstalleerd en bij de in- en uittredepunten van de boringen. Op hogere diepten verdwijnt de magneetveldcontour volledig. Binnen de aanwezige magneetveldcontouren zijn geen gevoelige bestemmingen aanwezig.



6 Bijlagen

Bijlage 1: Gegevens

Bijlage 2: Kaart met magneetveldcontour in-uitredepunten boringen

Bijlage 3: Overzichtskaat tracé en transformatorstation



Bijlage 1

Gegevens hoogspanningsverbinding



Ontvangen gegevens van TenneT:







- Phase to phase voltage U_{nom} : 220 kV
- Nominal frequency : 50 Hz
- Total installed power (MW) : 700 MW
- Power with overplanting : 760 MW
- Overplanting : 8 %
- Design power : Normal condition: 350 MW for each cable circuit
Overplanting condition: 380 MW per cable circuit
- Design current : 1.000 A for each cable circuit
- Long term average current (load factor) : 600 A (60 % of design current)
- Maximum current at worst case conditions : 1.100A for each cable circuit
- Number of circuits : 2
- 3-phase short-circuit current : 10 kA for 100 ms
- 1-phase short-circuit current : 10 kA for 100 ms



Bijlage 2

Kaart met magneetveldcontour In-uittredepunten boringen



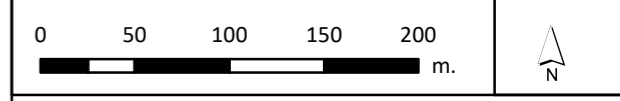
- Groen alternatief
-  Open ontgraving
 -  Boring
 -  Magneetveld contour
 -  Strandhuisjes
 -  Bouwvlak paviljoen
 -  Intheffingsgebied activiteitenstrand

Kaartblad 1



Versie	Concept	Datum	4/13/2021
Schaal	1:4,000	Formaat	A3

Kenmerk A:\p_offshore\HKWB\producten\engineering\beinvloeding\210413kn_trace_land_magneetveld_mie.txd



Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.



Groen alternatief

Open ontgraving

Boring

Magneetveld contour

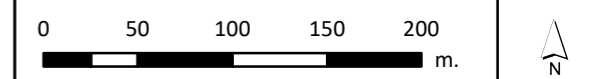
Kaartblad 2



Versie	Concept	Datum	4/13/2021
--------	---------	-------	-----------

Schaal	1:4,000	Formaat	A3
--------	---------	---------	----

Kenmerk	A:\p_offshore\HKWB\producten\engineering\beïnvloeding\210413n_trace_land_magneetveld_mie.mxd		
---------	----------------------------------------------------------------------------------------------	--	--











Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

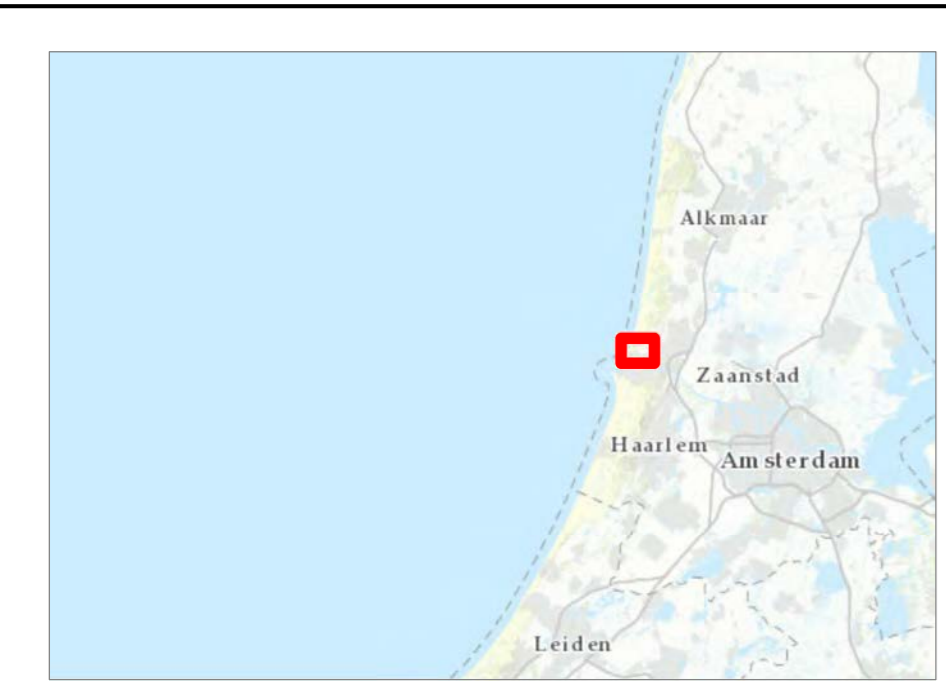


Bijlage 3

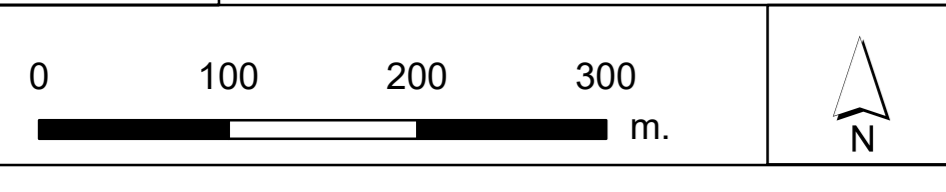
Overzichtskaart tracé en transformatorstation



- Legenda**
-  Tracé VKA 3.0
 -  In- of uitredepunt boring
 -  Zakelijk rechtstrook VKA 3.0
 -  Grens inpassingsplan
 -  Tracé HKN/HKWA
 -  Locatie transformatorstation HKwB
 -  Transformatorstation HKN/HKwA
 -  Werkterrein



Versie	VKA 3.0	Datum	5-1-2021
Schaal	1:4.000	Formaat	A0
Kenmerk	A:\p_offshore\HKwB\producten\geologie\vka_tracés\msd\220120HKwB_vka3_0_onshore_A0.mxd		



Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.