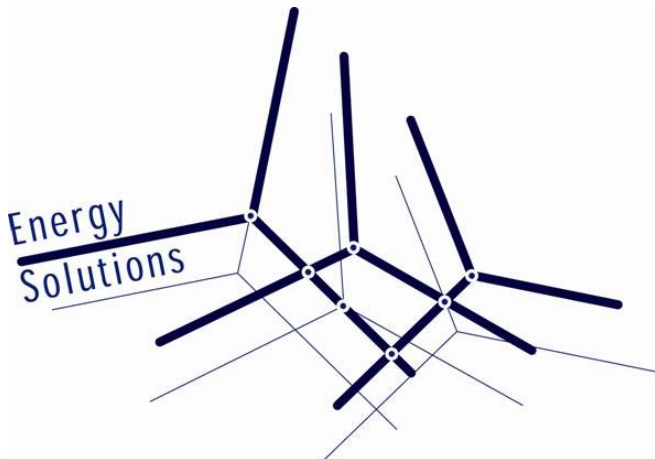




Magneetveldberekeningen
TenneT HKN

Berekening specifieke magneetveldzone

Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

Revisietabel

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
1.3	13-9-2018	J.W. van Doeland	Review TenneT verwerkt
1.2	6-9-2018	J.W. van Doeland	Review TenneT verwerkt
1.1	20-7-2018	J.W. van Doeland	Opmerkingen TenneT verwerkt. Strand situatie aangepast
1	8-6-2018	V.Gevers / J.W. van Doeland	Definitief

Documentnummer: ENSOL-RPT-2018.048
Auteur: V .Gevers / J.W. van Doeland
Revisie: 1.3
Datum: 19 september 2018
Gecontroleerd: S. Blanken



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	2
1.1	PROJECT BESCHRIJVING	2
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	UITGANGSPUNTEN	6
3.2	INVOER GEGEVENS EN BEREKENDE SITUATIES	6
	220kV ZEEKABEL	6
	220kV LAND TRACÉ	7
	380kV LAND TRACÉ	8
4	RESULTATEN BEREKENINGEN	10
4.1	RESULTATEN	10
4.1.1	220kV zeekabel ligging zee	10
4.1.2	220kV zeekabel ligging op het strand	11
4.1.3	220kV kabel ligging op het strand op de moflocatie (zee- en landkabel)	12
4.1.4	220kV landkabel strand HDD	12
4.1.5	220kV landkabel ligging in platvlak	13
4.1.6	220kV Landkabel HDD	14
4.1.7	380kV Landkabel ligging in platvlak	15
4.1.8	380kV landkabel ligging in driehoek	15
4.1.9	380kV landkabel HDD	16
5	GRAFISCHE WEERGAVE	17
6	BIJLAGEN	18

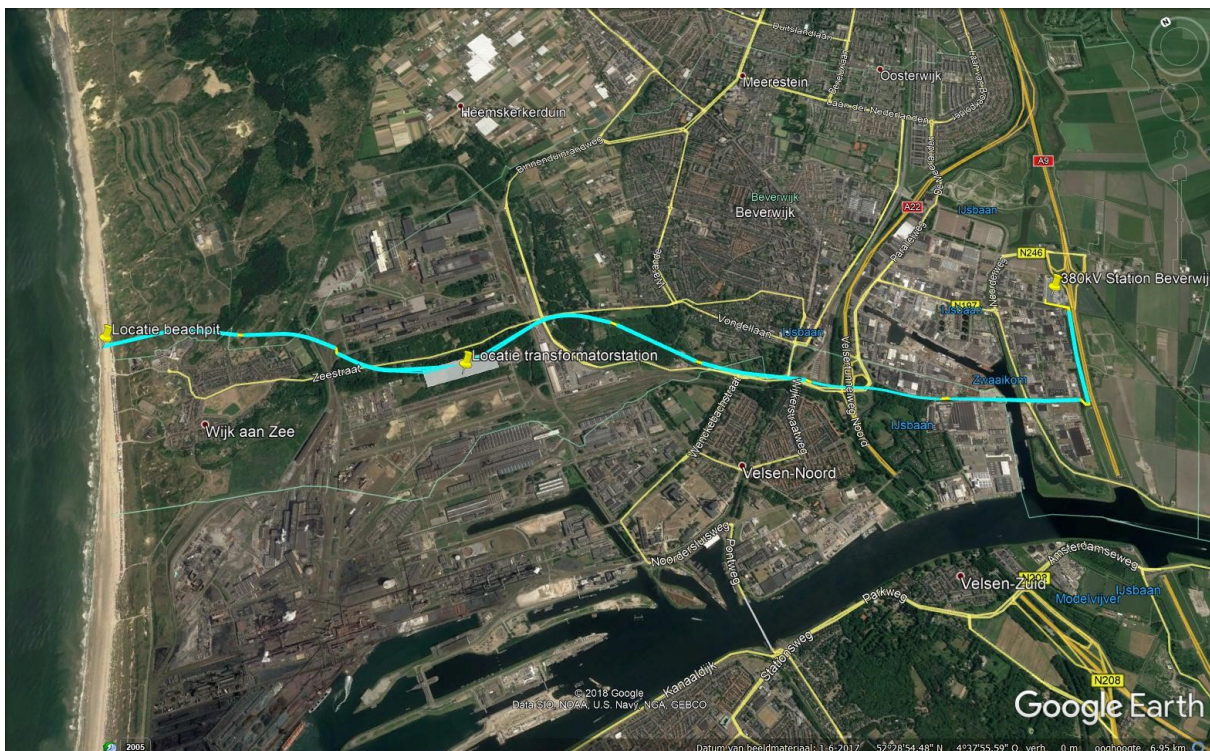
1 Inleiding

1.1 Project beschrijving

Energy Solutions heeft van TenneT opdracht gekregen om de specifieke magneetveldzone te berekenen rond het 380kV en 220kV tracé van de verbinding Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha).

Dit tracé bestaat uit 2 delen, namelijk een 220kV (off- en onshore) en een 380kV (onshore) deel. Het 220kV (off- en onshore) gedeelte is er voor de verbinding met het net op zee en het 380kV (onshore) gedeelte is er voor de verbinding met het net op land. Het 220kV gedeelte off- en onshore is geschikt voor 4 circuits. Het 380kV onshore gedeelte zijn er 3 circuits nodig, er is ruimte gereserveerd voor 4 circuits. Uit berekening en volgens de opgave van TenneT blijkt dat 3 circuits (in vergelijking met 4 circuits) ten aanzien van de magneetveldcontouren de "worst-case" scenario is, zie hiervoor bijlage 1.

Het 380kV landtracé en het 220kV tracé tot aan de kust is in onderstaande afbeelding ingetekend. De blauwe lijnen zijn Horizontaal gestuurde boringen (HDD) en de gele lijnen zijn locaties waar de kabel in open ontgraving is aangelegd.



Figuur 1: Tracé overzicht landkabelverbinding Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

In onderstaande afbeelding is een overzicht weergegeven van het volledige tracé naar Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha).



Figuur 2: Tracé overzicht offshore Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

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 wordt in 2018 geëvalueerd.

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 gebruik gemaakt van de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

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 specifieke magneetveldzone zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- “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.
- De specifieke magneetveldzone is berekend op een hoogte van 1 meter boven het maaiveld of zeebodembodem en weergegeven ten opzichte van de hartlijn van de hoogspanningskabels.
- Bij de berekening wordt uitgegaan van symmetrische fasestromen.
- De stationslocatie is in dit rapport niet berekend. Hiervoor verwijzen wij naar de laatste versie van het rapport ENSOL-RPT-2018.057 TenneT - Magneetveldzone 220-380 kV station HKN - HKW Alpha

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.

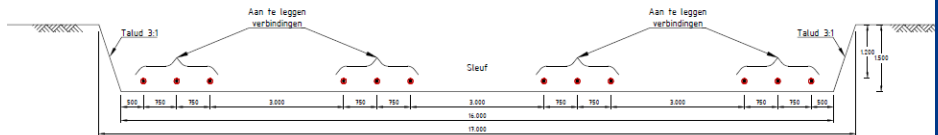
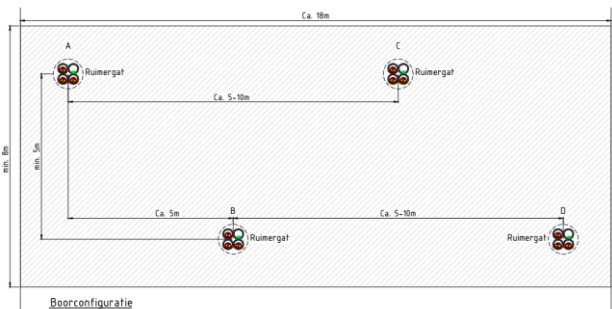
220kV Zeekabel

Tabel 1: Gegevens 220kV verbinding HKN zeekabel

Algemeen	
Naam totaal verbinding	220kV Zeekabel HKN
Onderzochte locaties	Open ontgraving
Kabeltype	1x3x1600mm ² Cu
Aantal circuits	4
Aantal kabels per fase	1
Benaming circuits	A, B, C & D
Spanning	220 kV
Ontwerpstroom	1010A
Langdurig gemiddelde belasting	60% (dit is het lange duur gemiddelde op basis van de wind)
Rekenstroom per circuit	606A
Configuratie	Ligging op de zeebodembodem
Klokgetal	S R T
Afstand tussen de geleiders	106mm
Liggingdiepte (zeebodembodem)	1 – 3m
Afstand tussen de kabels	200m
Configuratie	Ligging strand
Liggingdiepte	5 - 8m
Afstand tussen de kabels	30m

220kV Land tracé

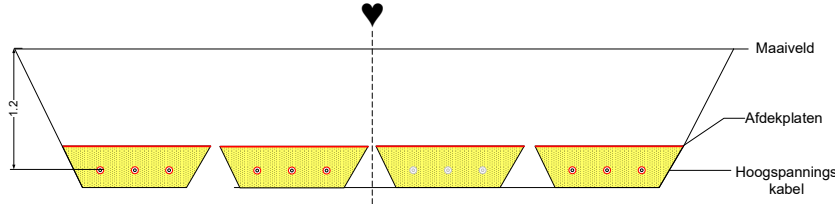
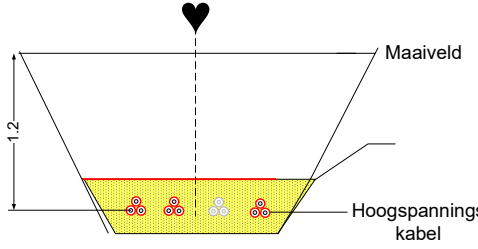
Tabel 2: Gegevens 220kV verbinding HKN landkabel

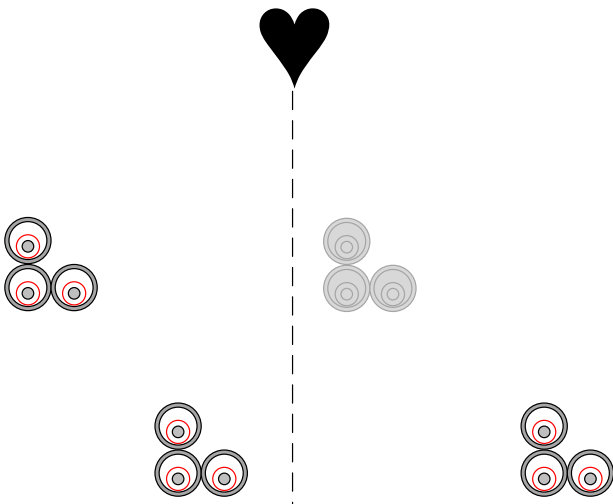
Algemeen	
Naam totaal verbinding	220kV Land tracé HKN
Onderzochte locaties	Open ontgraving, HDD 101 A, B, C & D
Kabeltype	3x1x2500mm ² Cu
Aantal circuits	4
Aantal kabels per fase	1
Benaming circuits	A, B, C & D
Spanning	220 kV
Ontwerpstroom	1010A
Langdurig gemiddelde belasting	60% (dit is het lange duur gemiddelde op basis van de wind)
Rekenstroom per circuit	606A
Configuratie	Open ontgraving
Positie geleiders	
Klokgetal	R-S-T T-S-R T-S-R R-S-T
Liggingdiepte (maaiveld)	1,2 m & 5 m
Hartafstand tussen de kabels	0,75 m
Hartafstand tussen de circuits	4,5 m
Configuratie	Boring
Ontwerp Boring	482.18.1.006-101-A-B revisie 0 482.18.1.006-101-C-D revisie 0
Type mantelbuis boring	4 x HDPE 250 SDR9
Aantal circuits per boring	1 circuit per boring
Intrede/uittredehoek boring	16 ° / 16 °
Klokgetal	R T T R S T S R S R S T
Afstand tussen boringen	2,5 m onderlinge afstand horizontaal (h-o-h) / 30m (strandboring zijde strand) 5 m onderlinge afstand vertikaal (h-o-h)
Positie geleiders	

380kV Land tracé

In de onderstaande tabellen zijn de uitgangspunten voor de situatie met drie circuits weergegeven. In de doorsneden is het circuit waar wel meegenomen is in het tracéontwerp, maar niet wordt aangelegd, grijs weergegeven.

Tabel 3: Gegevens 380kV verbinding HKN

Algemeen	
Naam totaal verbinding	380kV Land tracé HKN
Onderzochte locaties	Open ontgraving: platvlak & driehoek; HDD
Kabeltype	3x1x2500mm ² Cu
Aantal circuits	3 (het grijs gemarkeerde circuit is niet mee berekend)
Aantal kabels per fase	1
Spanning	380 kV
Ontwerpstroom	1.600A
Langdurig gemiddelde belasting	40%
Rekenstroom per circuit	640A
Configuratie	Open ontgraving
Positie geleiders 	
Klokgetal	R-S-T T-S-R R-S-T
Ligingsdiepte (maaiveld)	1,2 m
Afstand tussen de kabels	0,75 m
Afstand tussen de kabelcircuits	3 m
Configuratie	Open ontgraving driehoek (alleen op station Beverwijk)
Positie geleiders 	
Klokgetal	S S S R T T R R T
Ligingsdiepte (maaiveld)	1,2 m
Afstand tussen de kabels	2,5 m
Afstand tussen de kabelbundels	2,5 m

Configuratie	Boring
Type mantelbuis boring	3 x HDPE 315 SDR9
Aantal circuits per boring	1 circuit per boring
Intrede/uittredehoek boring	16 ° / 17 °
Klokgetal	R T T R S T S R S R S T
Afstand tussen boringen	2,5 m onderlinge afstand horizontaal (h-o-h) 5 m onderlinge afstand vertikaal (h-o-h)
Positie geleiders 	

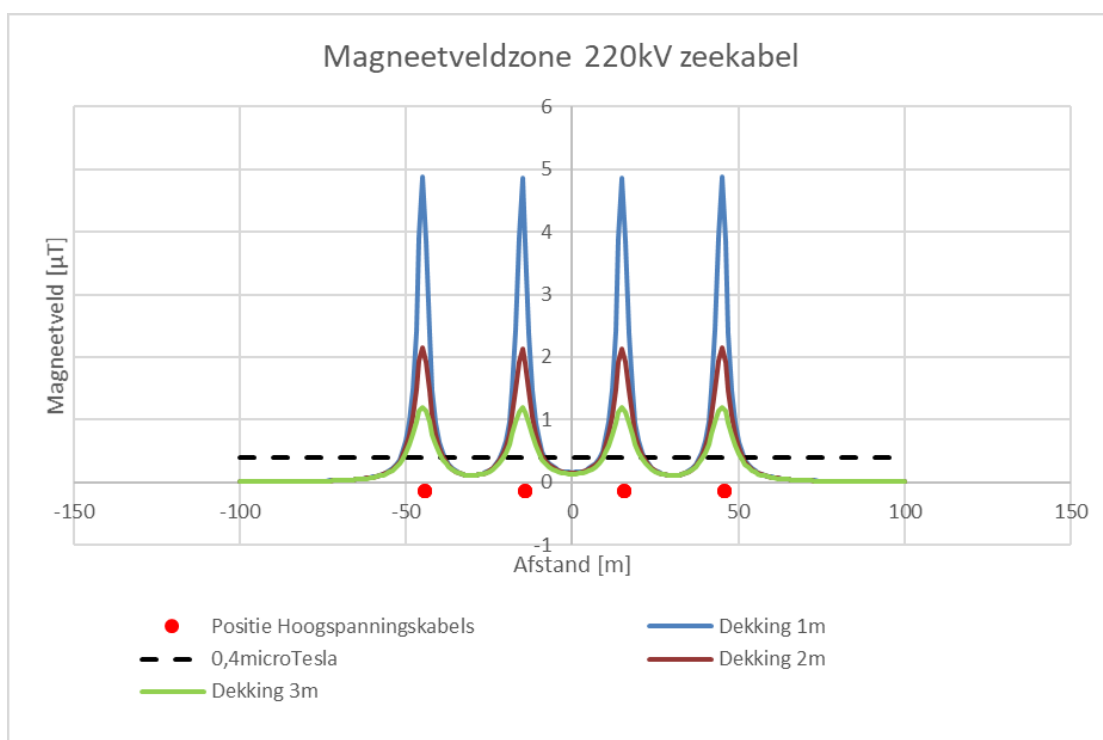
4 Resultaten berekeningen

4.1 Resultaten

De specifieke magneetveldzone[†] 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.

4.1.1 220kV zeekabel ligging zee

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



Figuur 3: Magneetveld zone 220kV zeekabel in de zee

Uit de grafiek blijkt dat elke kabel haar eigen magneetveld heeft. In de tabel hieronder is de zone per kabel weergegeven.

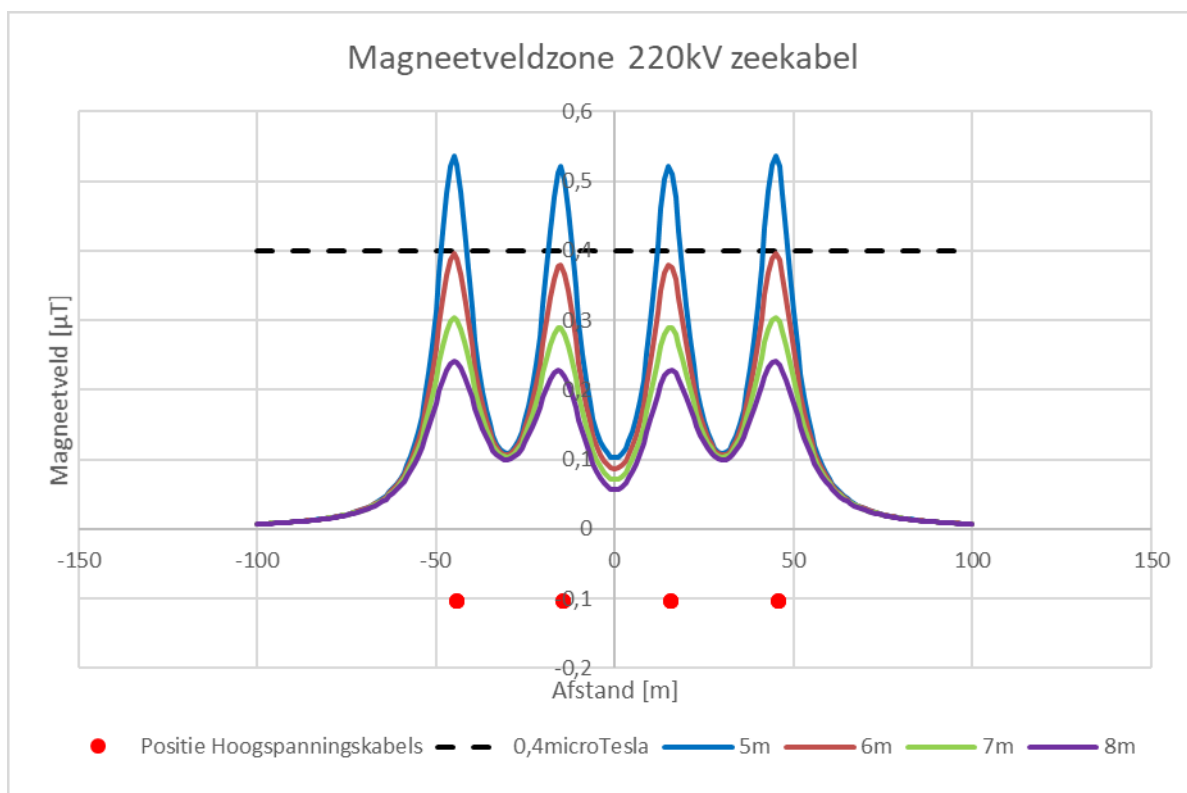
Tabel 4: Magneetveldzone 220kV per zeekabel in de zee (bron: ENSOL-MFC-2018-001)

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

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

4.1.2 220kV zeekabel ligging op het strand

In de onderstaande figuur is het resultaat van de berekening voor de 220kV 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 8m. Op het strand zal de hartafstand tussen de circuits 30m bedragen.



Figuur 4: Magneetveldzone 220kV zeekabel ligging strand

Uit de grafiek blijkt dat elke kabel haar eigen magneetveld heeft. In de tabel hieronder is de zone per kabel weergegeven.

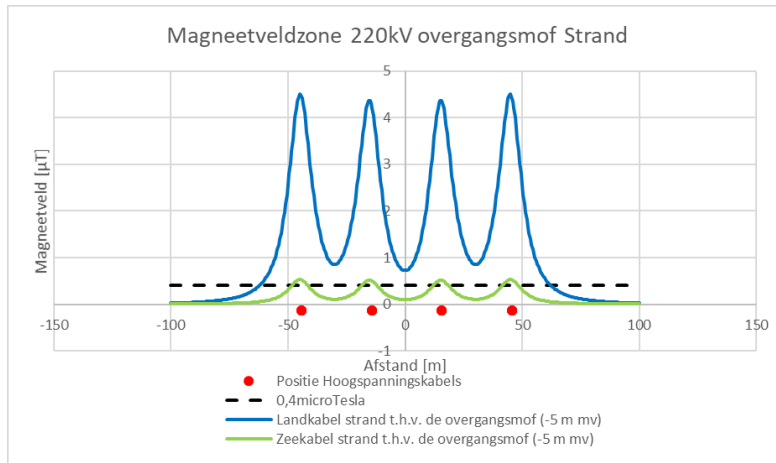
Tabel 5: Magneetveldzone 220kV per zeekabel op het strand (bron: ENSOL-MFC-2018-001)

Liggingdiepte	Stroom [A]	0,4 μ T contour Links	0,4 μ T 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 6m is het magneetveld boven de verbindingen lager dan 0,4 μ T.

4.1.3 220kV 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 weergegeven is in tabel 5, liggingsdiepte 5m. Voor de landkabel is de situatie berekend en weergegeven in onderstaande grafiek.



Figuur 5: Magneetveldzone 220kV zee- en landkabel bij de overgangsmof

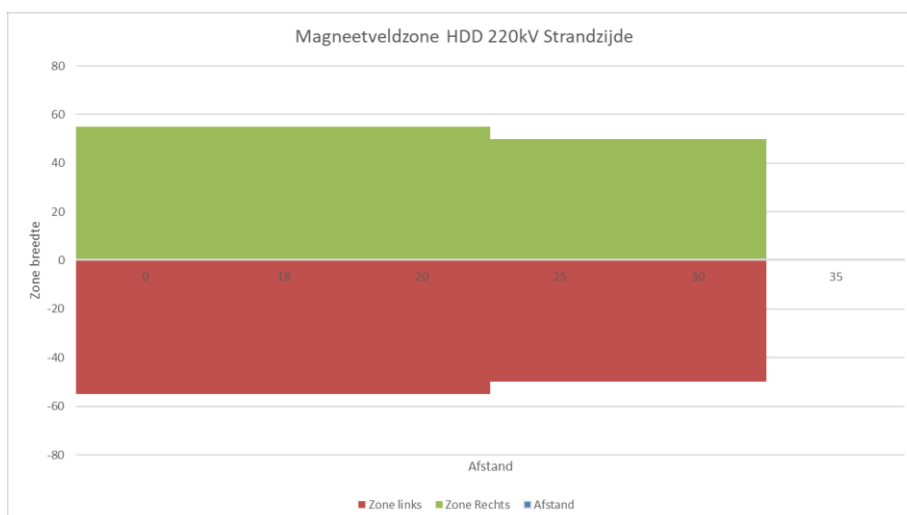
De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven. De breedte van het magneetveld wordt bepaald door de landkabelzijde.

Tabel 6: Magneetveldzone 220kV landkabel op het strand bij overgangsmof (bron: ENSOL-MFC-2018-014)

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	65 m	65 m

4.1.4 220kV landkabel strand HDD

Omdat de boring naar het strand afwijkt van de standaard boring is deze apart berekend. Aan de zijde van het strand waaien de boorstrengen uit naar een onderlinge afstand van 30m (gelijk aan de zeekabel). Daarnaast worden de buizen op een diepte van 5m (-mv) opgepakt. Vanaf hier lopen de landkabels naar de overgangsmof. In de onderstaande figuur zijn de berekeningsresultaten weergegeven.



Figuur 6: Magneetveldzone 220kV landkabel HDD strandzijde

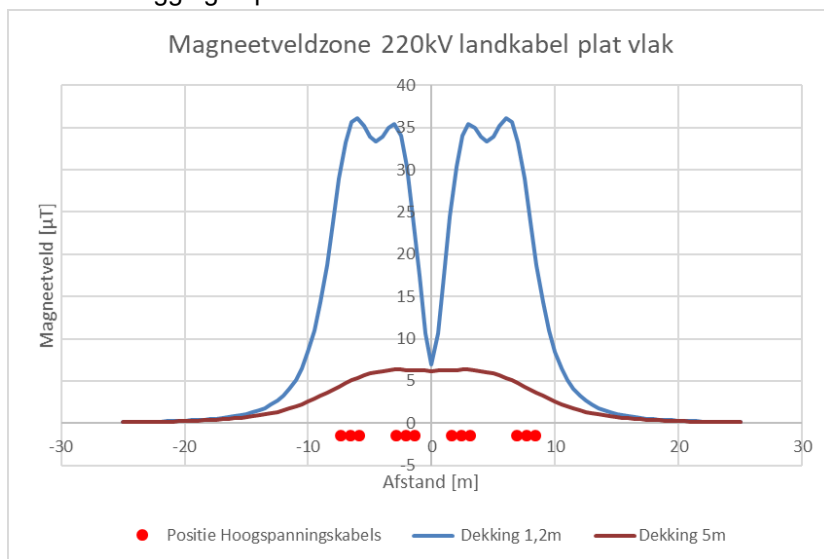
Tabel 7: Magneetveldzone 220kV landkabel HDD (bron: ENSOL-MFC-2018-015)

Liggingdiepte bovenste HDD	Afstand vanaf in/uittredepunt	Stroom [A]	0,4 μ T contour Links	0,4 μ T contour Rechts
5 m	0 m	606	55 m	55 m
5 m	18 m	606	55 m	55 m
5,7 m	20 m	606	55 m	55 m
7,2 m	25 m	606	50 m	50 m
8,6 m	30 m	606	50 m	50 m
10 m	35 m	606	0 m	0 m

Uit de tabel blijkt dat wanneer de boring op een diepte van 10m -mv bevindt het magneetveld lager is dan 0,4 μ T.

4.1.5 220kV landkabel ligging in platvlak

Op het strand zal er een overgangsmof tussen zee- en landkabel gemaakt worden. Vanaf deze mof zullen de 220kV verbindingen bestaan uit landkabel. Voor deze situatie is de magneetveldzone berekend bij een dekking van 5m (strand) en 1,2m (overige locaties in het tracé). De configuratie van de kabel is ligging in plat vlak met een hartafstand tussen de circuits van 4,5m .


Figuur 7: Magneetveldzone 220kV landkabel in plat vlak

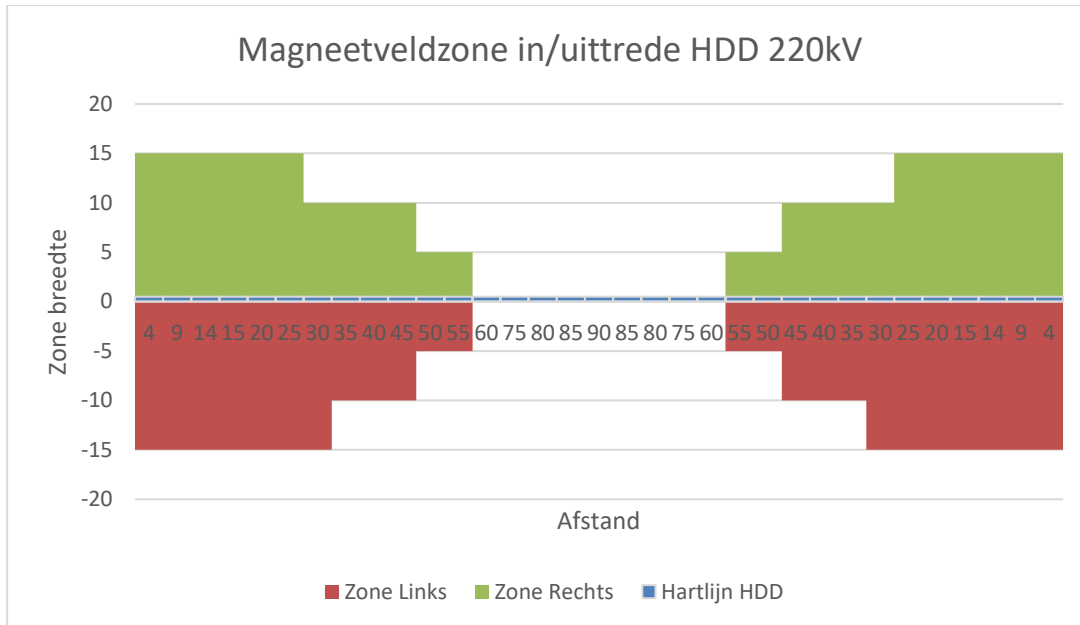
De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 8: Magneetveldzone 220kV landkabel in platvlak (bron: ENSOL-MFC-2018-002)

Liggingdiepte	Stroom [A]	0,4 μ T contour Links	0,4 μ T contour Rechts
1,2m	606	20 m	20 m
5m	606	15 m	15 m

4.1.6 220kV Landkabel HDD

Een eigenschap van een horizontaal gestuurde boring (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 magneetveld boven de 0,4 μT aanwezig en daarom niet ingetekend.



Figuur 8: Magneetveldzone in/uittrede HDD 220kV

De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven.

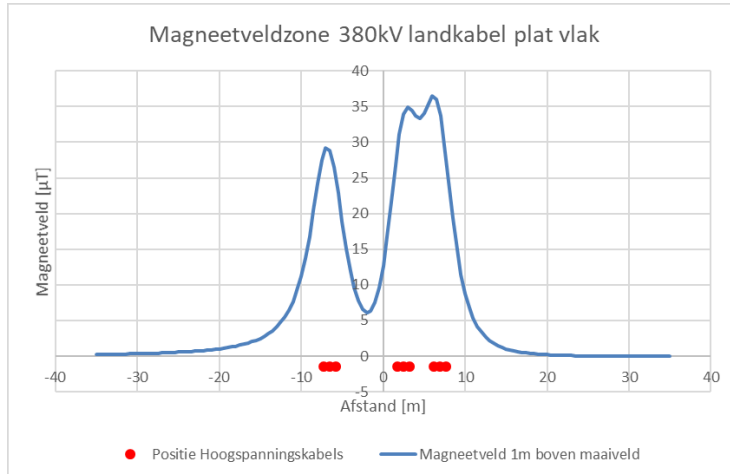
Tabel 9: Magneetveldzone 220kV landkabel HDD (bron: ENSOL-MFC-2018-004)

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

Uit de tabel blijkt dat wanneer de boring op een diepte van 12m -mv bevindt het magneetveld lager is dan 0,4 μT .

4.1.7 380kV Landkabel ligging in platvlak

Onderstaande figuur geeft het magneetveld weer voor 380kV landkabel. Hierbij zijn er drie circuits in bedrijf. De liggingsdiepte van deze verbindingen bedraagt 1,2m. De kabels liggen in plat vlak met een hartafstand tussen de circuits van 4,5m aan de rechterzijde van de grafiek. Het derde circuit ligt 9 m uit het middelste circuit (zie ook de uitgangspunten in paragraaf 3.2).



Figuur 9: Magneetveldzone 380kV landkabel platvlak

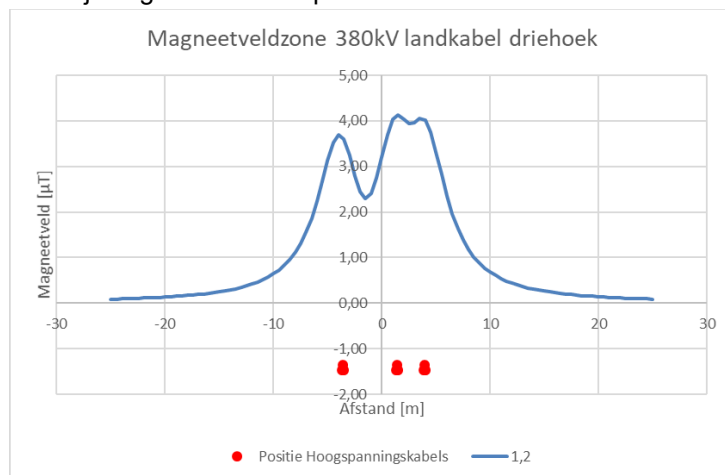
De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 10: Magneetveldzone 380kV landkabel in platvlak (bron: ENSOL-MFC-2018-008)

Liggingsdiepte	Stroom [A]	0,4 μT contour Links	0,4 μT contour Rechts
1,2m	640	30 m	20 m

4.1.8 380kV landkabel ligging in driehoek

Onderstaande figuur geeft het magneetveld weer voor 380kV landkabel van het project waarbij drie circuits in bedrijf zijn. Er liggen twee circuits aan de rechterzijde met een hartafstand van 2,5m. Aan de linkerzijde ligt één circuit op 5m afstand van het middelste circuit.



Figuur 10: Magneetveldzone 380kV landkabel in driehoek

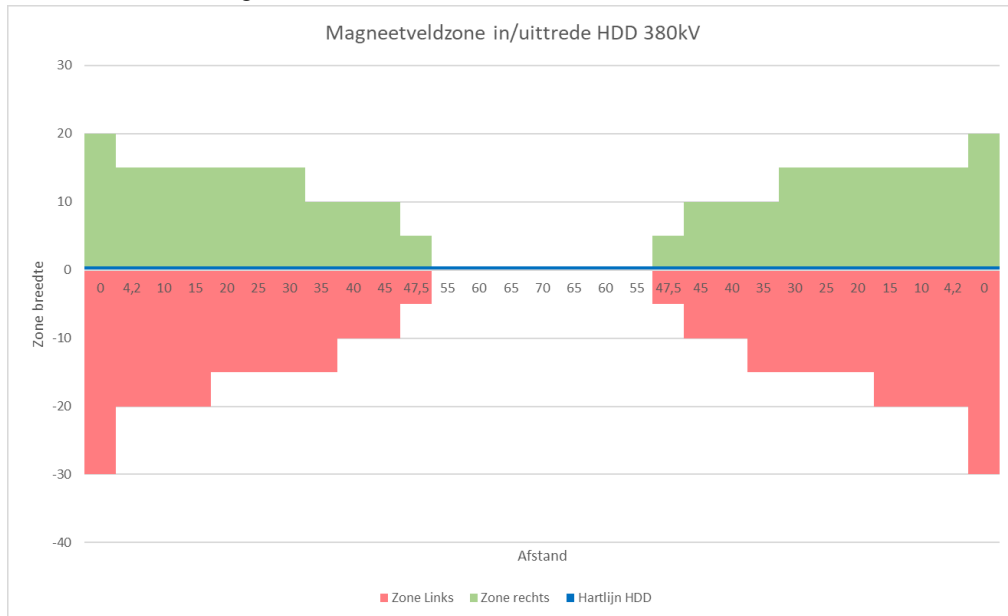
De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 11: Magneetveldzone 380kV landkabel in driehoek (bron: ENSOL-MFC-2018-009)

Liggingsdiepte	Stroom [A]	0,4 μT contour Links	0,4 μT contour Rechts
1,2m	640	10 m	10 m

4.1.9 380kV landkabel HDD

Ook voor deze boring geldt dat alleen de in- en uittredepunten berekend zijn omdat het magneetveld dempt naarmate de dekking van de boring toeneemt. De zone is in onderstaande grafiek weergegeven voor het in en uittrede punt, de overige lengte van de boring valt onder de $0,4 \mu\text{T}$ grens en is daarom niet ingetekend.



Figuur 11: Magneetveldzone in/uittrede HDD 380kV

De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 12: Magneetveldzone 380kV landkabel HDD (bron: ENSOL-MFC-2018-010)

Liggingdiepte bovenste HDD	Afstand vanaf in/uittredepunt	Stroom [A]	$0,4 \mu\text{T}$ contour Links	$0,4 \mu\text{T}$ contour Rechts
1,2 m*)	0 m	640	30 m	20 m
1,2 m	4,2 m	640	20 m	15 m
2,8 m	10 m	640	20 m	15 m
4,3 m	15 m	640	20 m	15 m
5,7 m	20 m	640	15 m	15 m
7,2 m	25 m	640	15 m	15 m
8,6 m	30 m	640	15 m	15 m
10,0 m	35 m	640	15 m	10 m
11,4 m	40 m	640	15 m	10 m
12,7 m	45 m	640	15 m	10 m
13,3 m	45 m	640	5 m	5 m
14,3 m	50 m	640	0 m	0 m

*) Situatie waarbij de buizen in plat vlak weggelegd zijn conform de plat vlak configuratie paragraaf 4.1.5

Uit de tabel blijkt dat wanneer de boring op een diepte van 14,5m -mv bevindt het magneetveld lager is dan $0,4 \mu\text{T}$.



5 Grafische weergave

De specifieke magneetveldcontour is ingetekend in de aangeleverde tracé tekening, deze zijn apart als bijlage toegevoegd. Hierbij gelden de volgende opmerkingen:

1. De ingetekende contouren zijn gebaseerd op de in deze rapportage beschreven en berekende contouren voor de verschillende situaties.
2. De situaties op de stations zijn buiten beschouwing gelaten.



6 Bijlagen

Bijlage 1: Gegevens

Bijlage 2: Tekeningen magneetvelden 220kV landkabel, inclusief situatie op het strand

Bijlage 3: Tekeningen magneetvelden 380kV landkabel



Bijlage 1

Gegevens hoogspanningsverbinding

Ontvangen gegevens van TenneT:

Naar aanleiding van de vraag voor de beïnvloedingsberekeningen op Kabels en Leidingen en op het Spoor van vanochtend stuur ik je bijgaand de mogelijke bijlagen toe.

- Shape file (niet bijgevoegd) van het off- en onshore tracé;
- Voor onshore tracé betreft dit een 220 kV en 380 kV kabelsysteem voor HKN en HKW alpha (4 circuits);
- Voor het offshore tracé betreft dit een 220 kV kabelsysteem voor HKN en HKW alpha (4 circuits);
- Het 220 kV onshore tracé bestaat uit 4 circuits vanaf strand tot aan het landstation Tata Steel, lengte van het 220 kV land tracé = ca. 4 km;
- Het offshore tracé bestaat uit een 220 kV offshore gedeelte met 4 circuits vanaf windplatform tot strand, lengte van het 220 kV offshore tracé is resp. HKN = ca. 36,9 km en HKW alpha = ca. 76,1km;

More detail information of the 220 kV off- and onshore cable is:

- | | |
|--|---|
| ○ Standards | : NEN 3654 |
| ○ Phase to phase voltage U_{nom} | : 220 kV |
| ○ Nominal frequency | : 50 Hz |
| ○ Total installed power (MW) | : 2x700 MW (1x700 MW for HKN and 1x700 MW for HKW alpha) |
| ○ Power with overplanting | : 2x760 MW (1x760 MW for HKN and 1x760 MW for HKW alpha) |
| ○ 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 | : 4 (2 for HKN and 2 for HKW alpha) |
| ○ 3-phase short-circuit current | : 10 kA for 100 ms |
| ○ 1-phase short-circuit current | : 10 kA for 100 ms |

Specific information of the 220 kV offshore cable is:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| ○ Length 220 kV offshore cable route to HKN | : 36.900 m |
| ○ Length 220 kV offshore cable route to HKW alpha | : 76.100 m |
| ○ Number of circuits | : 4 (2 for HKN and 2 for HKW alpha) |
| ○ Construction width offshore | : 2 cables 1.200 m / 4 cables 1.600 m |
| ○ Earthing principle | : double sided |

Specific information of the 220 kV onshore cable is:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| ○ Length 220 kV onshore cable route | : 2.500 m |
| ○ Construction width onshore | : 4 cables 17 m |
| ○ Earthing principle | : cross bonding |
| ○ Number of major and minor sections | : 1 major section and 3 minor sections |
| ○ Earthing locaties | : beach and land station Tata Steel |
| ○ Location open excavation | : cables in flat positions between the joints |
| ○ Number of open excavations | : 4 (beach / P-place Oldenborghweg / Tata Steel nearby the railroad / Landstation) |



We willen voor de vergunningaanvraag voor de 380 kV circuits uitgaan van de "worst case benadering", dus 4 circuits aanhouden.

Binnen het project Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) zal de eerste aanleg 1.400 MW zijn.

De uiteindelijke situatie is dat er 3 windparken aangesloten zullen worden, hiervoor dienen alle onshore circuits uitgelegd te zijn voor 1.050 MW (geschikt voor 2.100 MW).

Het aantal aan te brengen circuits is 3 stuks, deze worden zoals eerder aangegeven uitgelegd voor 1.050 MW. De HDD boringen bereiden wij wel voor, voor het 4^e circuit.

Het 4^e circuit wordt alleen maar aangebracht als de waterstoffabriek op Tata Steel aangesloten wordt en de rail voor de windparken wordt gescheiden door langs koppelingen.

Dan geldt ervoor de kabelcircuits n-1 veilig bij onderhoud, dit betekend dat er 4 circuits aangebracht moeten worden.

Als het 4^e circuit is aangebracht, dan zal de belasting zich verdelen over de 4 circuits en zullen de stromen aanzienlijk lager zijn en daarmee ook de EM velden.

Vanuit de operationele fase houden wij alleen rekening met de belasting over 3 circuits.

380 kV onshore kabelsysteem: 2.100MW

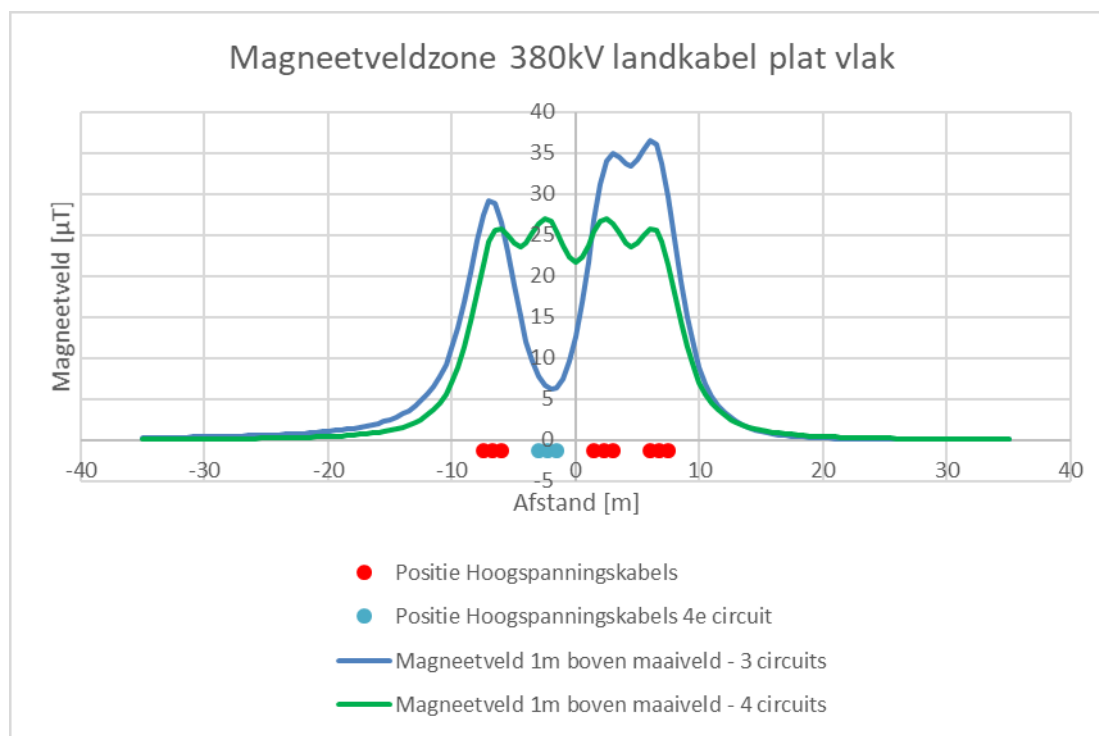
- Installed cables suitable for 1.050 MW for each circuit
- Number of circuits: : 3
- Design power : 1.050 MW for each cable circuit
- Design current : 1.600 A for each cable circuit
- 3-phase short-circuit current : 63 kA for 100 ms
- 1-phase short-circuit current : 50 kA for 100 ms
- Long term average current (load factor) : 640 A (40 % of design current at 3 circuits)

Effect 3 vs. 4 circuits 380kV

Onderstaande figuur geeft het magneetveld weer voor 380kV landkabel waarbij 3 en 4 circuits in bedrijf zijn. De liggingdiepte van deze verbindingen bedraagt 1,2m. De kabels liggen in plat vlak met een hartafstand tussen de circuits van 4,5m. De uitgangspunten voor de berekeningen zijn dan:

380 kV onshore kabelsysteem: 2.100MW

- Aantal circuits: : 3 of 4
- Nominaal vermogen : 1.050 MW per kabel circuit
- Ontwerpstroom : 1.600 A per kabel circuit
- Langdurig gemiddelde : 640 A (40 % van ontwerpstroom bij 3 circuits)
: 480 A (30 %³ van ontwerpstroom bij 4 circuits)



Figuur 12: Magneetveldzone 380kV landkabel platvlak 3 of 4 circuits

De magneetveldzone breedte is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 13: Magneetveldzone 380kV landkabel in platvlak 3 of 4 circuits

(bron: ENSOL-MFC-2018-008 en ENSOL-MFC-2018-018)

Aantal circuits	Liggingdiepte	Stroom [A]	0,4 µT contour Links	0,4 µT contour Rechts
3	1,2m	640	30 m	20 m
4	1,2m	480	20 m	20 m

³ Volgens: "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



Bijlage 2

Tekeningen magneetvelden 220kV landkabel

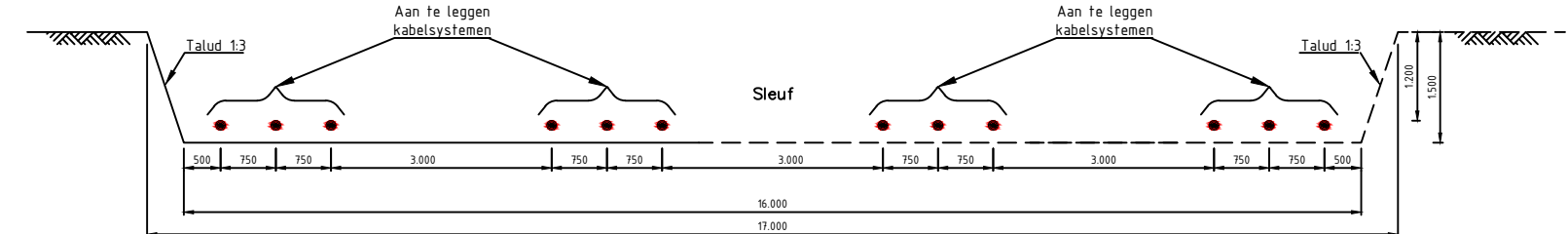


Zie tek. 482.18.1.006-001

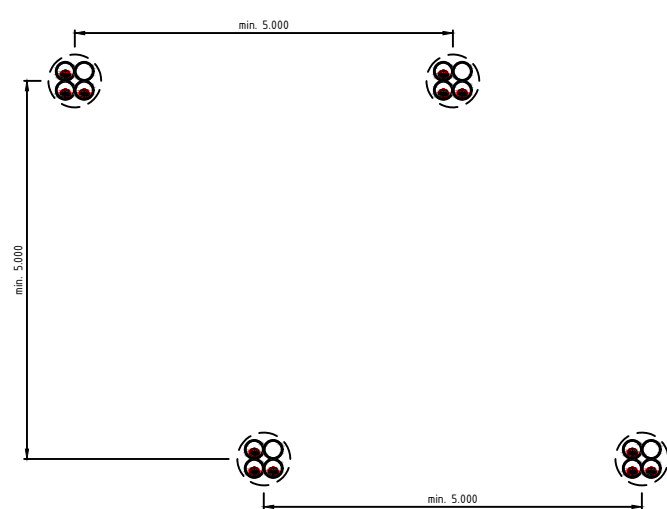
Zie tek. 482.18.1.006-003



Bladindeling



Doorsnede A-A, Open ontgravingconfiguratie

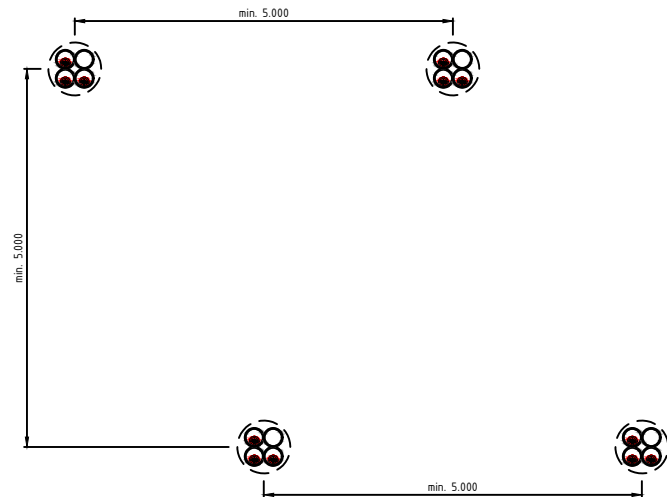
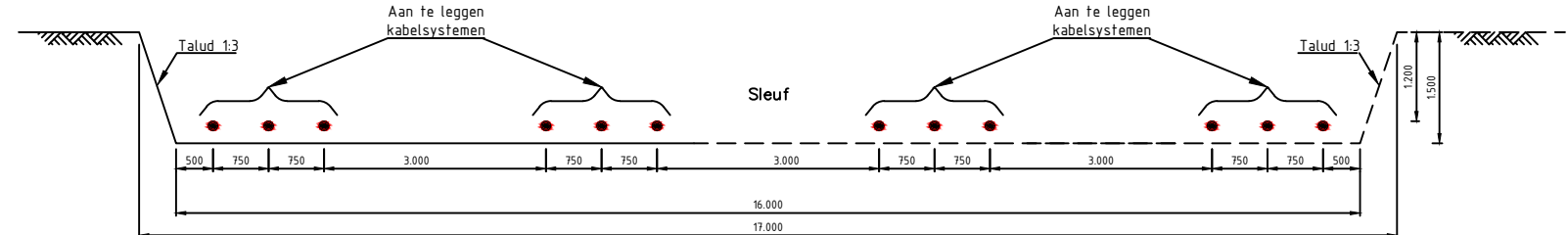


Doorsnede B-B, Boorconfiguratie

Legenda			
—	Open ontgraving	—	Boring
—	Hot	—	Hot
X	Kadastraal perceel	—	Zakelijk rechtstrook
X	Magneetveldzone 220kV kabel	X	Magneetveldzone 380kV kabel fase 2

OPDRACHTGEVER			
ONTWERP : R. Berger	GETEKEND : A. Lammersen	DATUM : 16-05-2018	Joulz Energy Solutions BV
PROJIAN : 482.18.1.006	SCHAAL : 1:1000	FORMAAT : A2	Profiel: 10000
PROJECT : Windpark Hollandse Kust Noord en West (Alpha)			200 100 Meter
Wijk aan Zee/ Bevenwijk			TEKENING NR. : 482.18.1.006-002
ONDERWERP : Te leggen 4x 220kV verbindingen, magneetvelden			

Deze tekening is eigendom van Joulz B.V. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gekopieerd of aan derden ter beschikking worden gesteld.

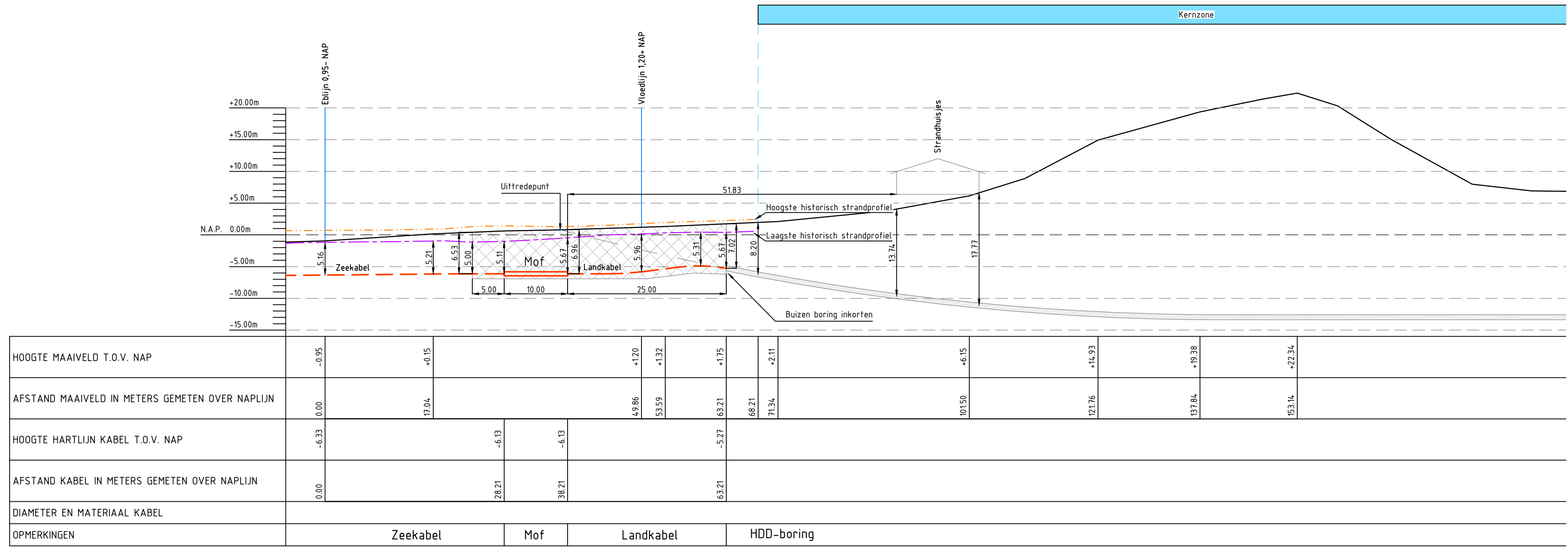


Legenda			
Open ontgraving	Boring	Roof	Kadastraal perceel
Zakelijk rechtstrook	Magneetveldzone 220kV kabel	Magneetveldzone 380kV kabel fase 2	

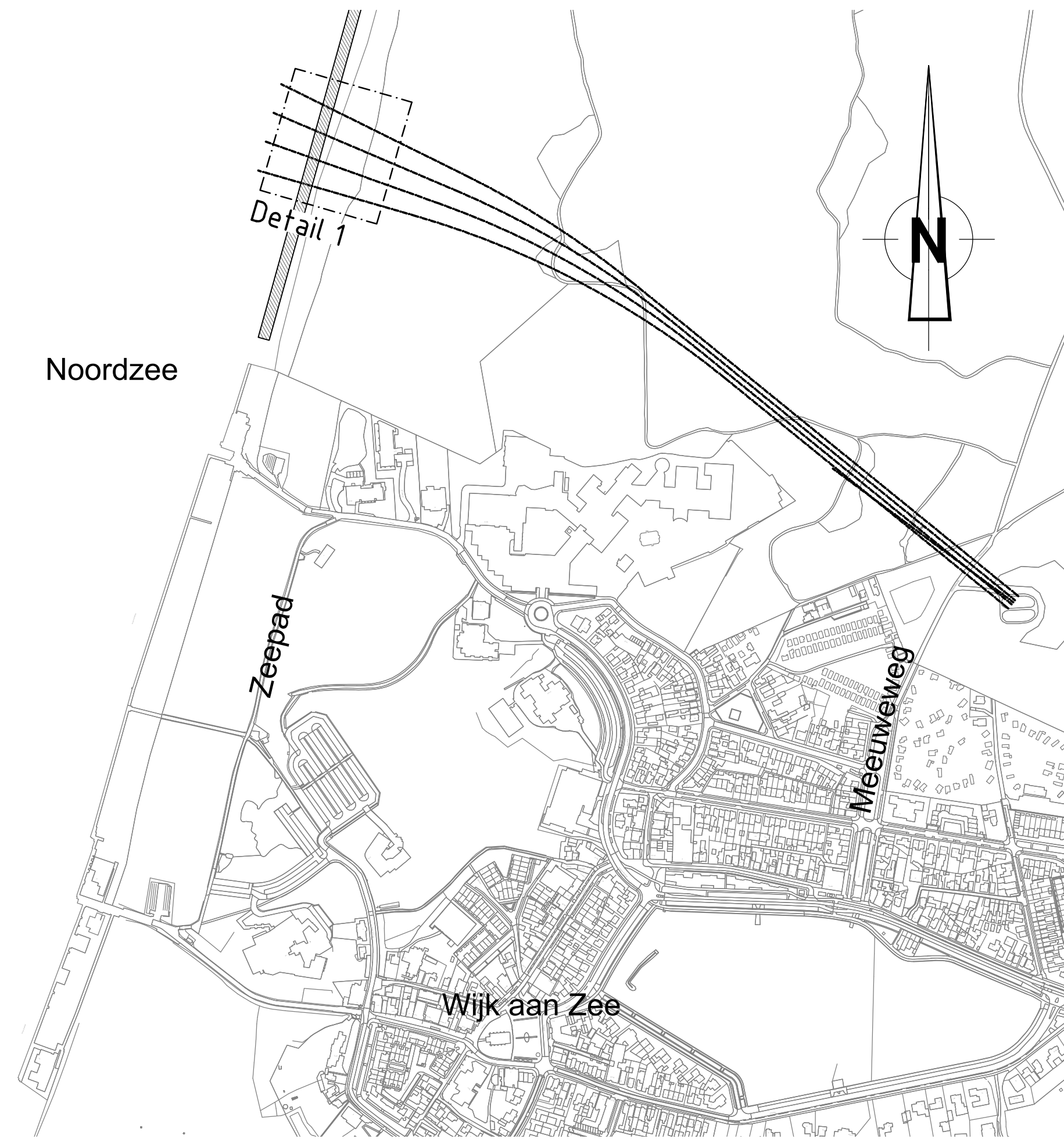
OPDRACHTGEVER			
ONTWERP : R. Berger	GETEKEND : A. Lamersen	DATUM : 16-05-2018	Joulz Energy Solutions BV
PROJIAN : 482 18.1.006	SCHAAL : 1:1000	FORMAAT : A2	Profiel 10201
PROJECT : Windpark Hollandse Kust Noord en West (Alpha)			
Wijk aan Zee/ Bevenwijk			
ONDERWERP : Te leggen 4x 220kV en 4x 380kV verbindingen, magneetvelden			
482 18.1.006-003			
Tekenning nr. 482 18.1.006-003			

Deze tekening is eigendom van Joulz E.V. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gepubliceerd of aan derden ter beschikking worden gesteld.

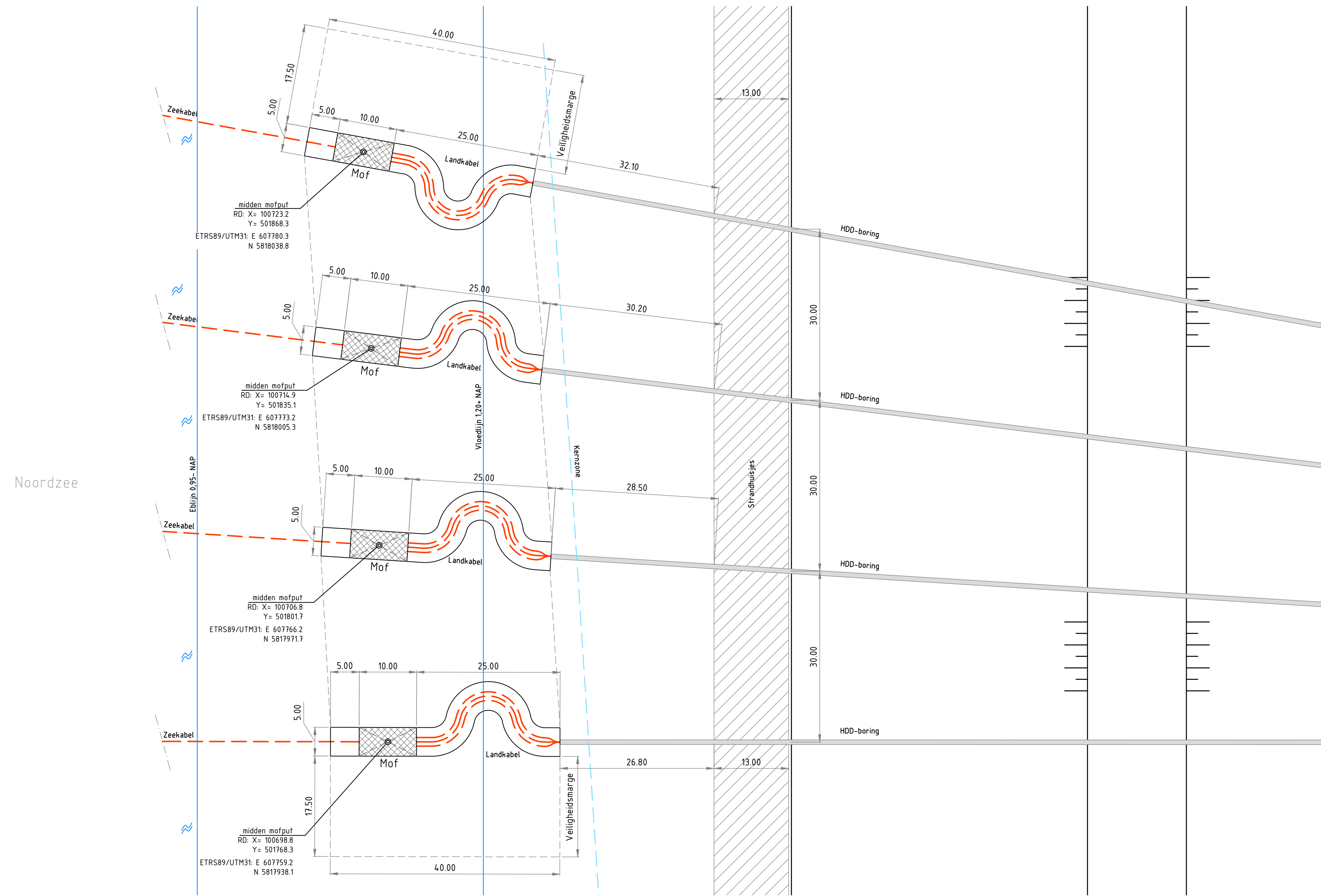
Alle opgegeven diepten zeewaarts vanaf de voet van de duinen zijn indicatief en zullen worden aangepast naar aanleiding van de mobiliteitsanalyse van het strand. Kabels en moffen zullen worden geïnstalleerd t.o.v. het laagste bekende historische strandprofiel.



Lengte profiel
schaal 1:500



Overzicht
schaal 1:5000



Detail 1 moflocaties
schaal 1:500

4	31-08-2018	AL	RB	Opmerkingen verwerkt	
3	31-08-2018	AL	RB	Op- en aanmerkingen verwerkt	
2	28-08-2018	AL	RB	Uittredepunten HDD boringen gewijzigd	
1	30-05-2018	JS	RB	Opmerkingen verwerkt	
0	30-05-2018	JS	RB	Voor vergunningaanvraag	
Rev	Datum	Get.	Gez.	WIJZIGING	
Tennet Taking power further Joulz OPDRACHTGEVER : ONTWERP : R. Berger PROJ.NR. : 482.18.1.006 PROJECT : Windpark Hollandse Kust Noorden West (Alpha) Wijk aan Zee/ Bovenwijk ONDERWERP : Moflocatie strand verbinding zeekabel / landkabel					DAATUM : 30-08-2018 SCHAAAL : 1:5000 / 1:500 FORMAAT : A1 Joulz Energy Solutions BV Postbus 19230 3001 BE Rotterdam TEKENING NR. : 482.18.1.006-500

Deze tekening is eigendom van Joulz B.V. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gekopieerd of aan derden ter beschikking worden gesteld.



Bijlage 3

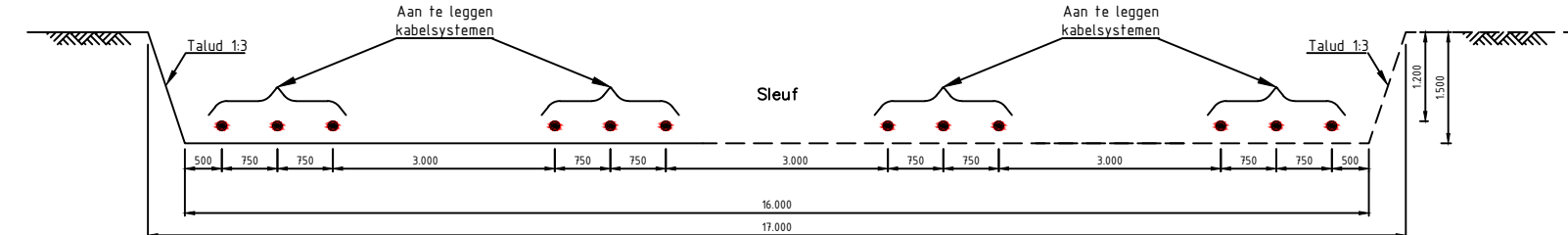
Tekeningen magneetvelden 380kV landkabel

Zie tek. 482.18.1.006-003

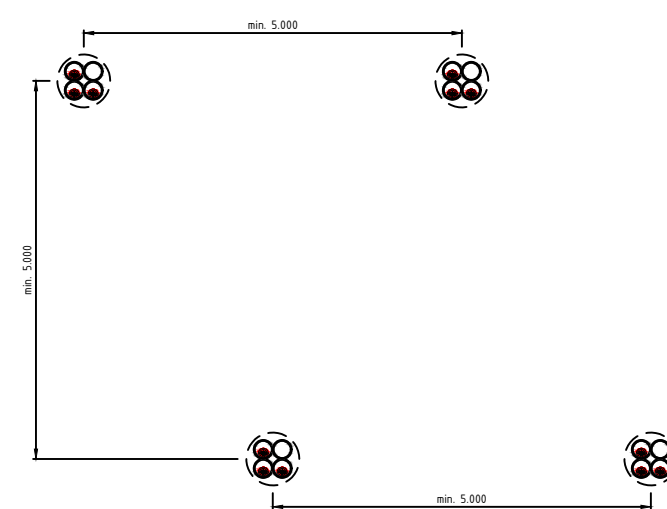
Zie tek. 482.18.1.006-005



Bladindeling
schaal 1:1



Doorsnede A-A, Open ontgravingconfiguratie
schaal 1:100

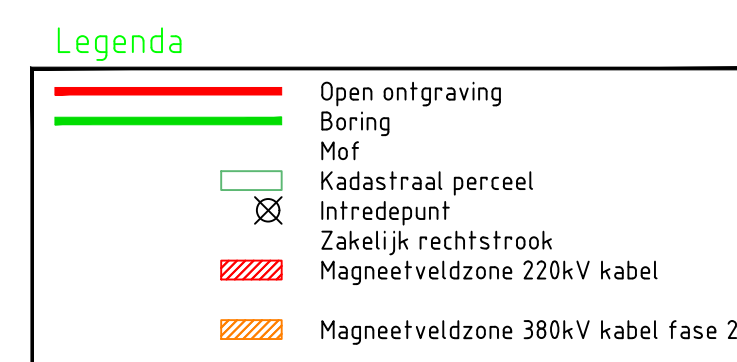
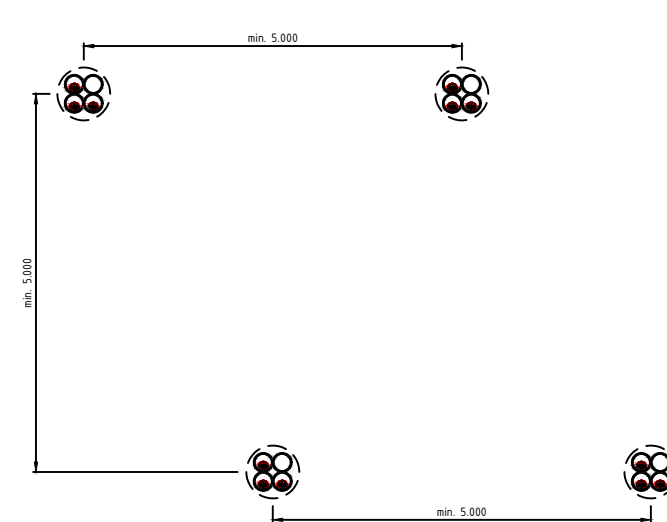
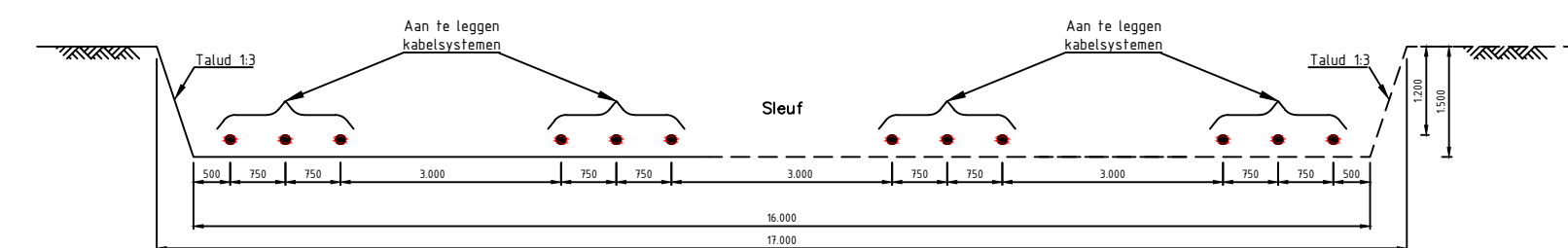
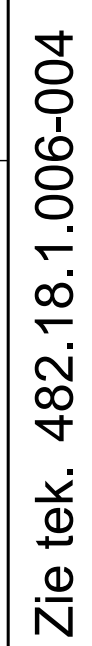


Doorsnede B-B, Boorconfiguratie
schaal 1:100

Legenda			
—	Open ontgraving	—	Boring
—	Hot	—	Kadastraal perceel
—	Inleidepunt	—	Zakelijk rechtstrook
—	Magneetveldzone 220kV kabel	—	Magneetveldzone 380kV kabel fase 2

0		16-05-2018		AL	AR	Eerste ontwerp	
Rev.	Datum:		Get	Gez.		wijziging	
 Taking power further Joulz Joulz Energy Solutions Profiel: 10230 2001 BE Antwerpen							
OPDRACHTGEVER :				ONTWERP : R. Berger		GETEKEND : A. Lamersen	
				PROJIAN : 482.18.1.006		DATUM : 16-05-2018	
PROJECT :				SCHAAL : 1:1000		FORMAAT : A2	
Windpark Hollandse Kust Noord en West (Alpha) Wijk aan Zee/ Beverwijk							
TEKENING NR. : 482.18.1.006-004							
ONDERWERP :				Te leggen 380kV verbindingen magneetvelden			

Deze tekening is eigendom van Joulz B.V. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gepubliceerd of aan derden ter beschikking worden gesteld.



0	16-05-2018	AL	RB	Eerste ontwerp
Rev.	Datum	Get	Get	Wijziging

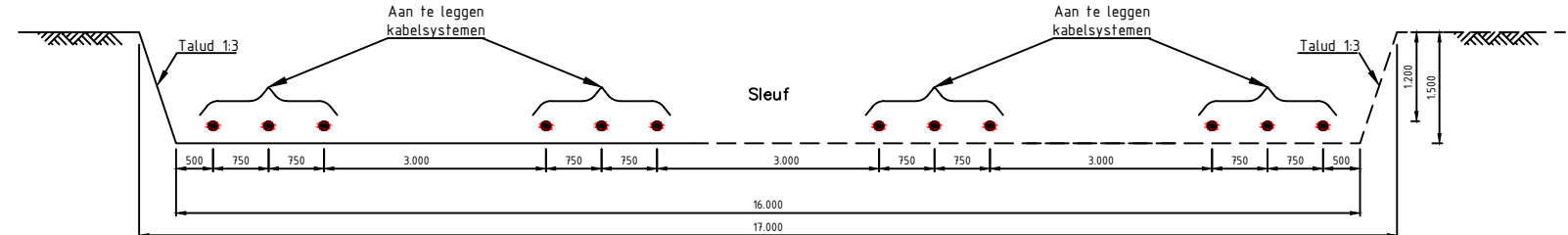
			
OPDRACHTGEVER: DITWISPEL : A. Beger PROJECT : 442-N-1506 PROJECT : Windpark Hollandse Kuust Noord en West (Alpha) Wijk aan Zee/ Beverwijk		GETEKEND : A. Lammensen SCHIJKAL : 1/1000 DATUM : 16-05-2018 FORMAAT : A2 TEKENING NR. : 442.181.006-005	
ONDERWERP : Te leggen 380kV verbindingen, magneetvelden			

Zie tek. 482.18.1.006-005

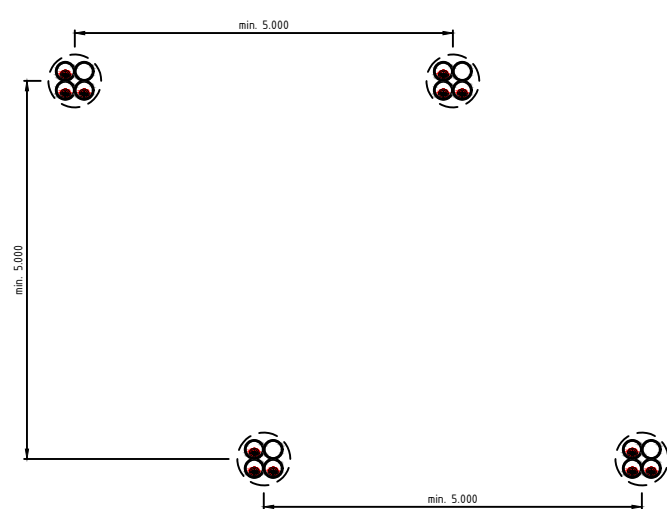
Zie tek. 482.18.1.006-007



Bladindeling
schaal 1:100



Doorsnede A-A, Open ontgravingconfiguratie
schaal 1:100



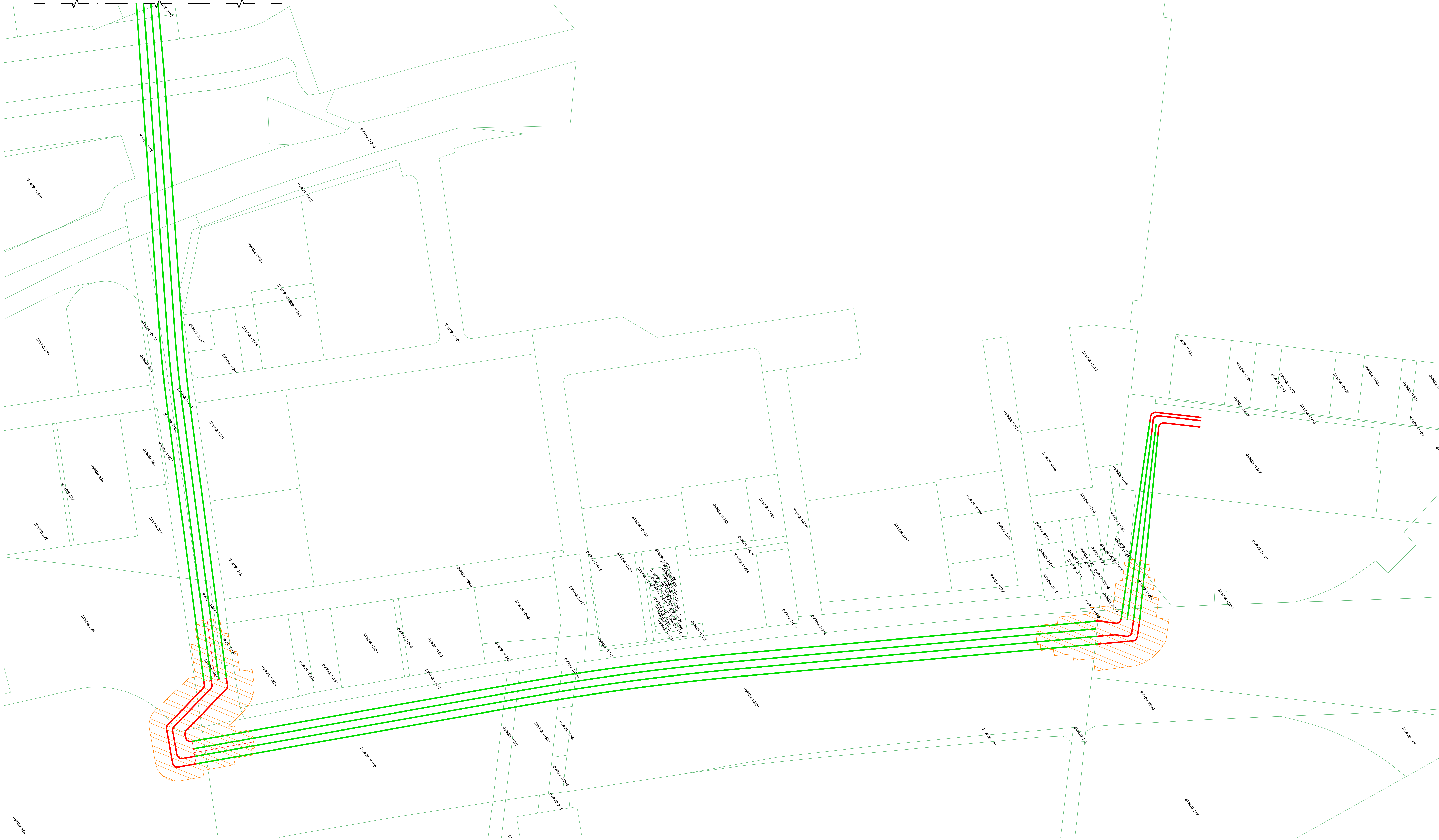
Doorsnede B-B, Boorconfiguratie
schaal 1:100

Legenda			
—	Open ontgraving	—	Boring
—	Hot	—	Kadastraal perceel
—	Inleidepunt	—	Zakelijk rechtstrook
—	Magneetveldzone 220kV kabel	—	Magneetveldzone 380kV kabel fase 2

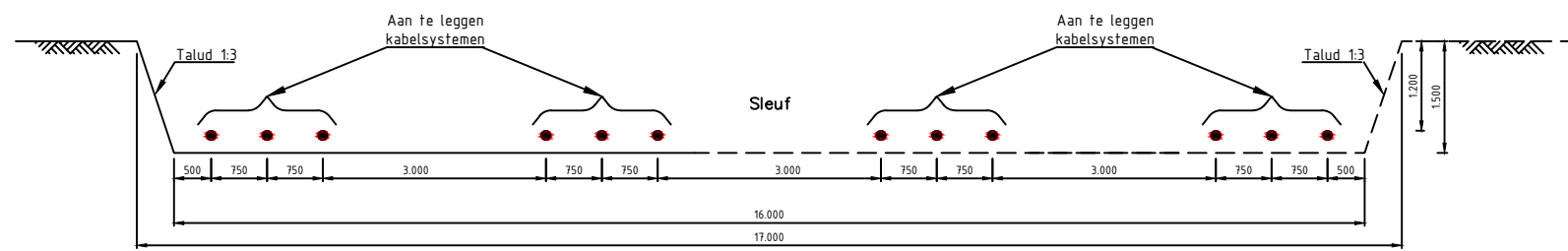
OPDRACHTGEVER			
ONTWERP : R. Berger	GETEKEND : A. Lamersen	DATUM : 16-05-2018	Joulz Energy Solutions BV
PROJ.NR. : 482.18.1.006	SCHAAL : 1:1000	FORMAAT : A2	Profiel 10230
PROJECT : Windpark Hollandse Kust Noord en West (Alpha)			200 000 Meteren
Wijk aan Zee/ Bevenwijk			TEKENING NR. : 482.18.1.006-006
ONDERWERP : Te leggen 380kV verbindingen, magneetvelden			

Deze tekening is eigendom van Joulz B.V. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gepubliceerd of aan derden ter beschikking worden gesteld.

Zie tek. 482.18.1.006-006

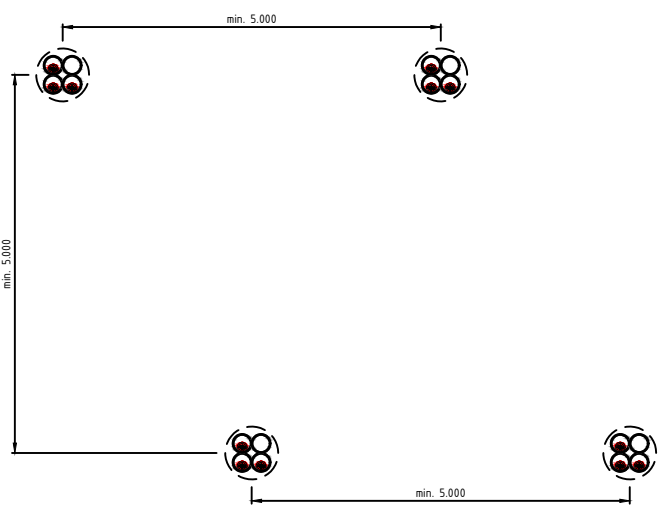


Bladindeling
schaal 1:1



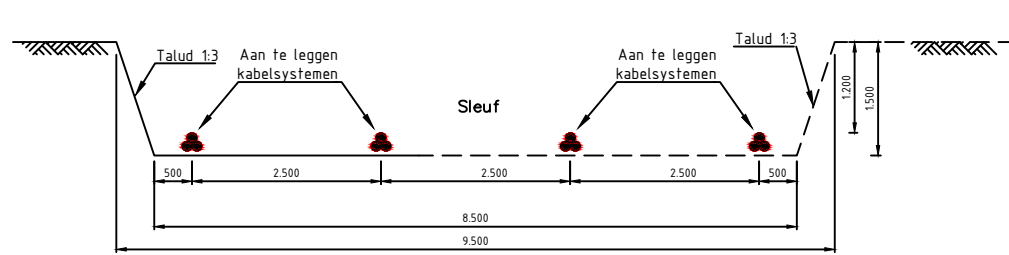
Doorsnede A-A, Open ontgravingconfiguratie

schaal 1:50



Doorsnede B-B, Boorconfiguratie

schaal 1:50



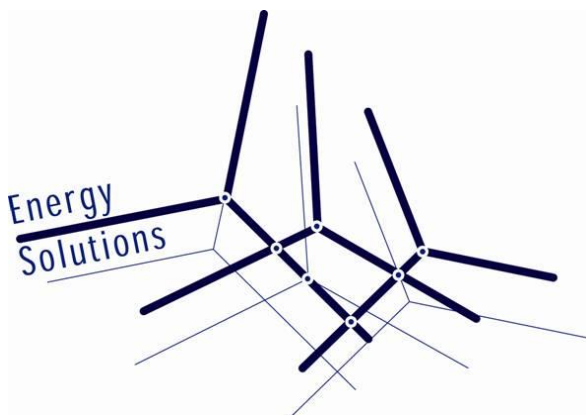
Doorsnede C-C, Open ontgravingconfiguratie

schaal 1:50

Legenda			
—	Open ontgraving	—	Boring
—	Stoof	—	Kadastraal perceel
—	Zakelijk rechtstrook	—	Magneetveldzone 220kV kabel
—	Magneetveldzone 380kV kabel fase 2		

0		16-05-2018	AL	RB	Eerste ontwerp	
Rev.	Datum	Get.	Gez.	WIZ/GONG		
OPDRACHTGEVER: ONTWERP : R. Berger PROJECT : Windpark Hollandse Kust Noord en West (Alpha) ONDERWERP : Te leggen 380kV verbindingen magneetvelden GETEKEND : A. Lamersen SCHAAL : 1:5000 TEKENING NR.: 482.18.1.006-007 DATUM : 16-05-2018 FORMAAT : A2 482.18.1.006-007 Joulz Energy Solutions BV Postbus 16020 2400 BE Rotterdam Joulz Taking power further						

Deze tekening is eigendom van Joulz E.V. Zonder haar toestemming mag niets uit deze tekening worden gebruikt, gepubliceerd of aan derden ter beschikking worden gesteld.



TenneT

Berekening magneetveldcontour
220-380 kV hoogspanningsstation Hollandse Kust Noord (HKN) en
Hollandse Kust West Alpha (HKW Alpha)

Revisie gegevens

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
1.1	6 september 2018	S. Blanken	Update na commentaar TenneT
1.0	27 juli 2018	S. Blanken	Extern concept
0.1	27 juli 2018	S. Blanken	Intern concept

Documentnummer: ENSOL-RPT-2018.057
Auteur: S. Blanken
Revisie: 1.1
Datum: 6 september 2018
Gecontroleerd: J.A. van Oosterom



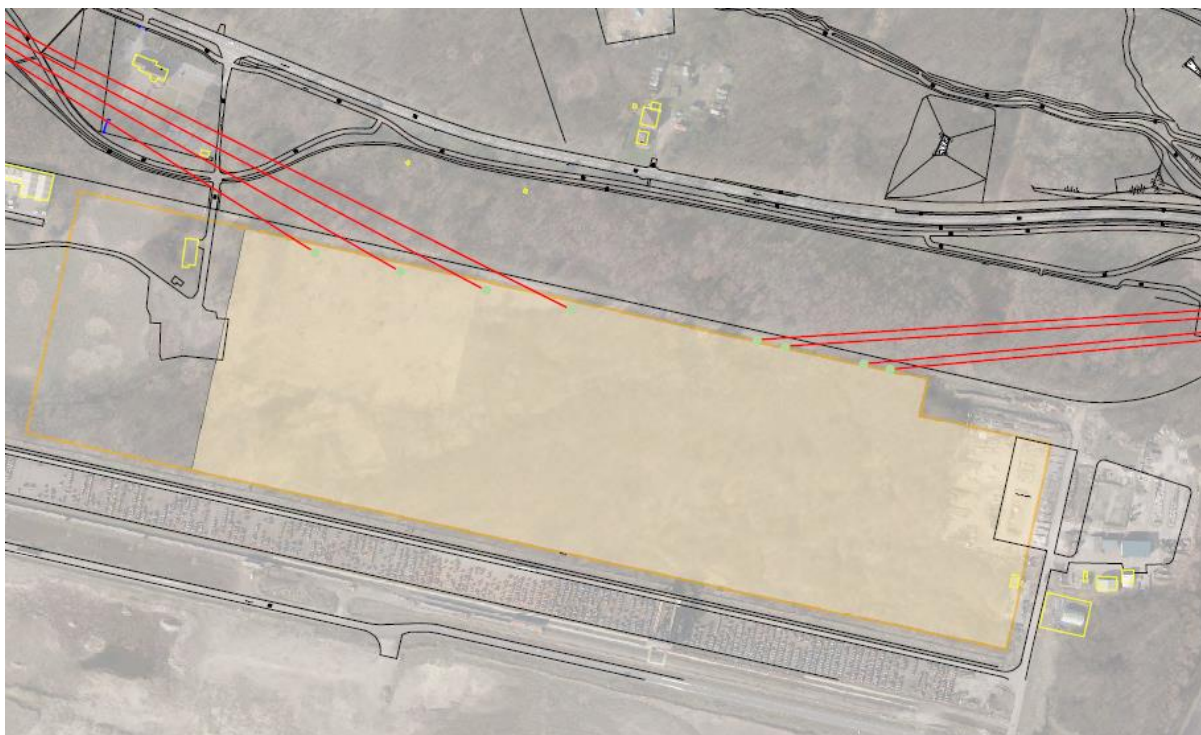
Inhoud

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	220 & 380 kV kabeltracé	8
3.2.2	220 & 380 kV horizontaal gestuurde boringen	8
3.2.3	220 kV / 380 kV velden	9
3.2.4	380 kV velden en railsysteem	10
4	RESULTATEN BEREKENINGEN	11
5	REFERENTIES	12
6	BIJLAGEN	13
BIJLAGE A: TEKENING HOOGSPANNINGSSTATION HKN / HKW ALPHA UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN		A—1
BIJLAGE B: MAGNEETVELD CONTOUR HOOGSPANNINGSSTATION HKN / HKW ALPHAB—1		

1 Inleiding

Energy Solutions heeft van TenneT opdracht gekregen om de magneetveldcontour te berekenen rond het onshore 220 / 380 kV hoogspanningsstation Hollandse Kunst Noord (HKN) en Hollandse Kust West Alpha (HKW Alpha). Het hoogspanningsstation zal gebouwd worden op het terrein dat TenneT van TATA steel gaat verwerven.

In onderstaand figuur is met het oranje gearceerde blok de locatie van het hoogspanningsstation weergegeven. De rode lijnen naar het westen zijn 4 boringen voor de 220 kV kabelverbindingen richting de zee en het offshore platform. De rode lijnen naar het oosten zijn 4 boringen voor de 380 kV kabelverbindingen richting station Beverwijk.



Figuur 1: Locatie 220/380 kV transformatorstation HKN / HKW Alpha

In dit rapport zijn de achtergronden, uitgangspunten en invoergegevens van de magneetveld berekeningen voor het transformatorstation HKN / HKW Alpha 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 wordt in 2018 geëvalueerd.

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 bliksemadraden (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 voor zover toepasbaar gebruik gemaakt van de notitie “Afspraken over de berekening van de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding”, RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl) en 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 uitgangspunten gehanteerd:

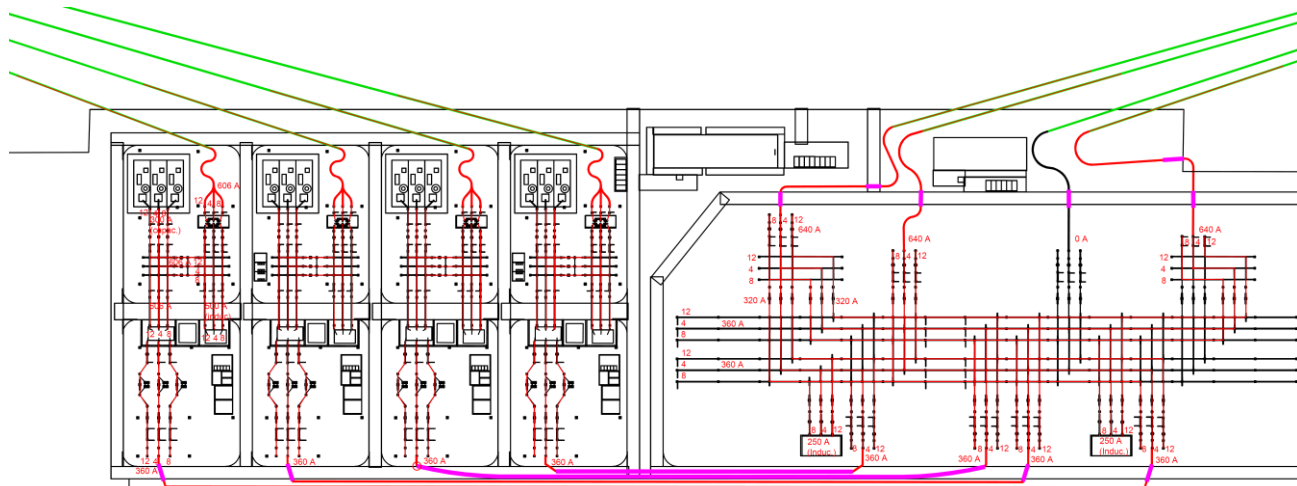
- “Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen”, G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers, RIVM, versie 4.1, 26 oktober 2015 [1].
- Document “Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations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

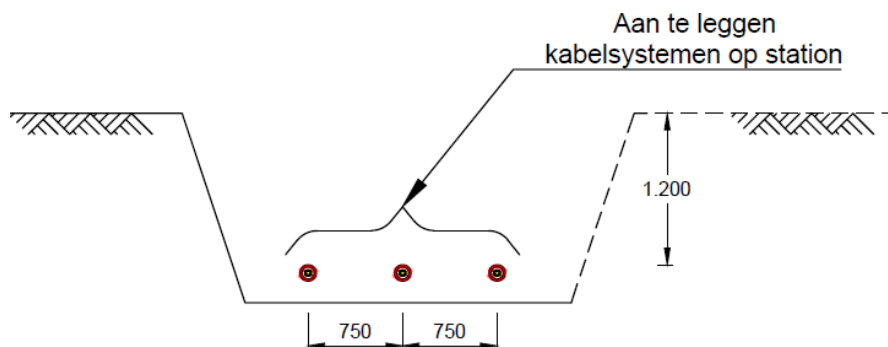
Op de linkerzijde van de tekening zijn de vier binnenkomende 220 kV circuits vanaf offshore te zien en aan de rechterzijde de vier 380 kV circuits welke op het landelijke hoogspanningsnet zullen worden aangesloten. Het tweede circuit van rechts van de 380 kV verbindingen is niet meegenomen in de berekeningen omdat deze momenteel nog optioneel is en pas in de toekomst mogelijk benut wordt.



Figuur 2: Tekening hoogspanningsstation HKN / HKW Alpha 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 ligingsdiepte van 1,2m en een onderlinge hartafstand tussen de kabels van 750mm conform Figuur 3.



Figuur 3: Ligingsconfiguratie kabels op station

De volgende gemiddelde stromen worden toegepast in de magneetveld berekeningen:

- 220 kV kabels richting de kust (4 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

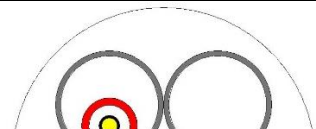
3.2.2 220 & 380 kV horizontaal gestuurde boringen

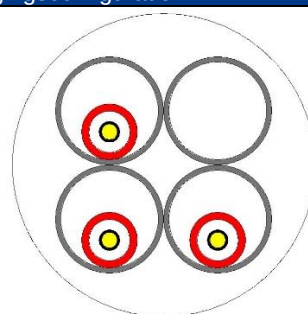
Vanaf het station zijn er 4 horizontaal gestuurde boringen (HDD's) richting de kust t.b.v. 4x220 kV kabelverbindingen voor de windparken HKN en HKW. Ook zijn er 4 HDD's richting station Beverwijk waar in de beginsituatie 3 HDD's gebruikt zullen worden voor 3x380 kV kabelverbindingen.

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 Noord zijn uitgevoerd in rapport "ENSOL-RPT-2018.048". Voor de HDD's zijn de uitgangspunten gehanteerd zoals weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Uitgangspunten HDD's vanaf het hoogspanningsstation HKN / HKW Alpha

220 kV boringen richting de kust		Ligingsconfiguratie
Aantal circuits in bedrijf	4	
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

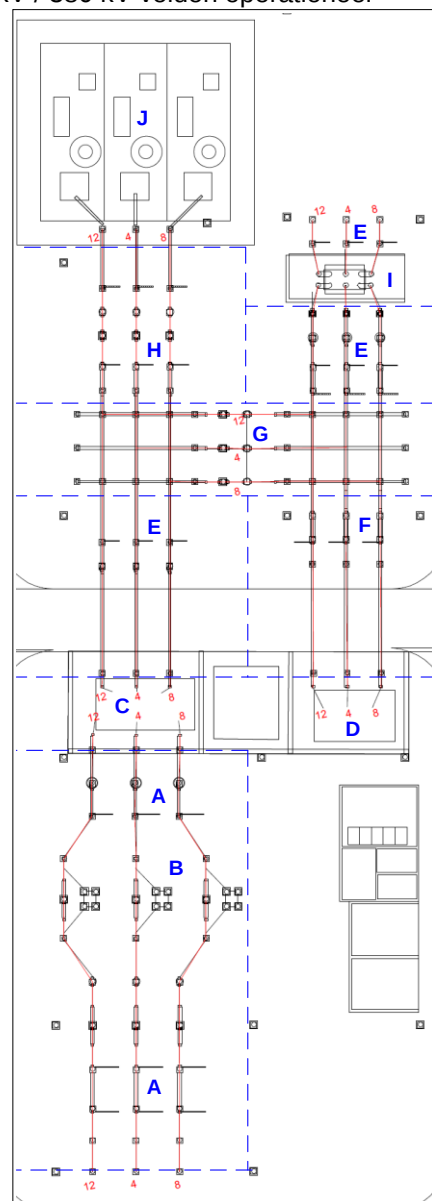
De beginsituatie van het hoogspanningsstation is dat er vier 220 kV / 380 kV velden operationeel zullen zijn waar de vier 220 kV kabelverbindingen vanuit het offshore platform op aangesloten zullen worden. Er dient opgemerkt te worden dat dit de beginsituatie is en er op het station al ruimte is voorzien om in de toekomst nog 2 extra velden bij te bouwen. De beginsituatie met 4 velden is het uitgangspunt voor de magneetveldberekeningen.

In figuur 2 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

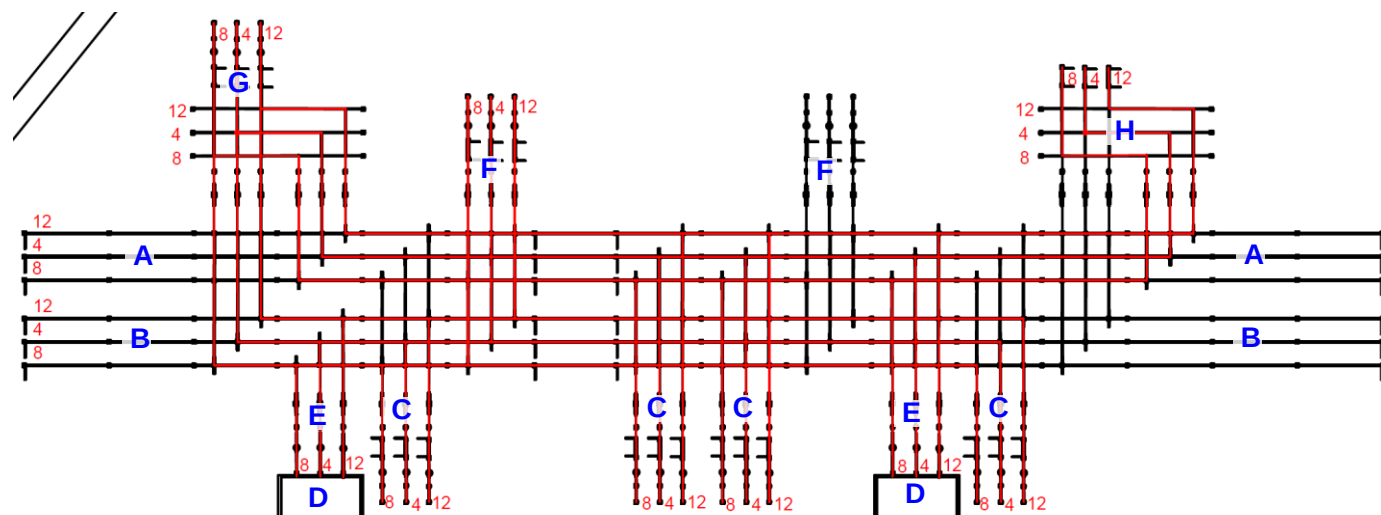
Op het 380 kV railsysteem ten oosten van het hoogspanningsstation zijn aan de zuidzijde 4 afgaande velden aanwezig waarop 4x380 kV kabelverbinding richting de west zijde van het hoogspanningsstation zijn aangesloten. Verder zijn aan de zuidzijde van het 380 kV railsysteem 2 velden waarop 380 kV reactoren 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 $0,4 \mu\text{T}$.

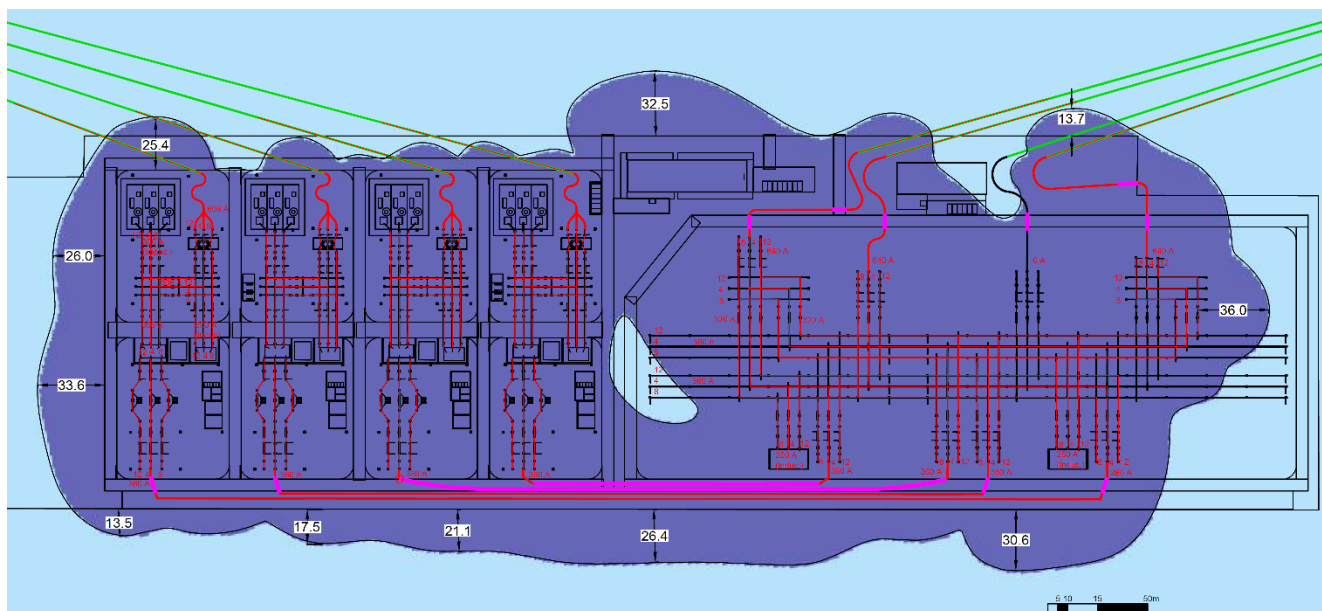
Als hetzelfde beleid wordt aangehouden voor dit hoogspanningsstation als voor bovengrondse hoogspanningslijnen dan is het advies om binnen de $0,4 \mu\text{T}$ geen gevoelige bestemmingen te realiseren. Het begrip “gevoelige bestemmingen” is omschreven in de brief van het VROM (tegenwoordig het ministerie 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.”



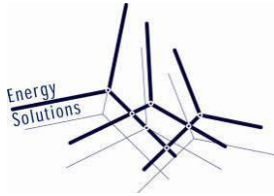
Figuur 6: Resultaten magneetveldberekeningen - $0,4 \mu\text{T}$ contour

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



5 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.



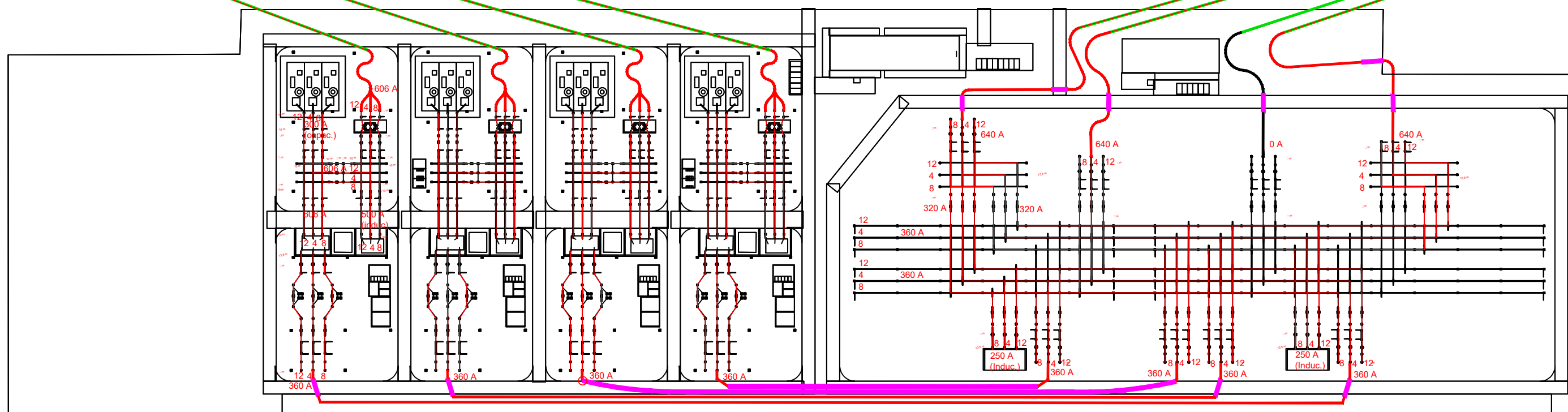
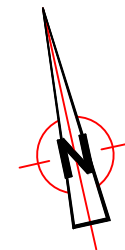
6 Bijlagen

- Bijlage A: Tekening hoogspanningsstation HKN / HKW Alpha uitgangspunten berekeningen
Bijlage B: Magneetveld contour hoogspanningsstation HKN / HKW Alpha

Bijlage A: Tekening

hoogspanningsstation HKN / HKW Alpha

uitgangspunten berekeningen



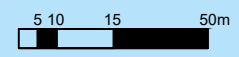
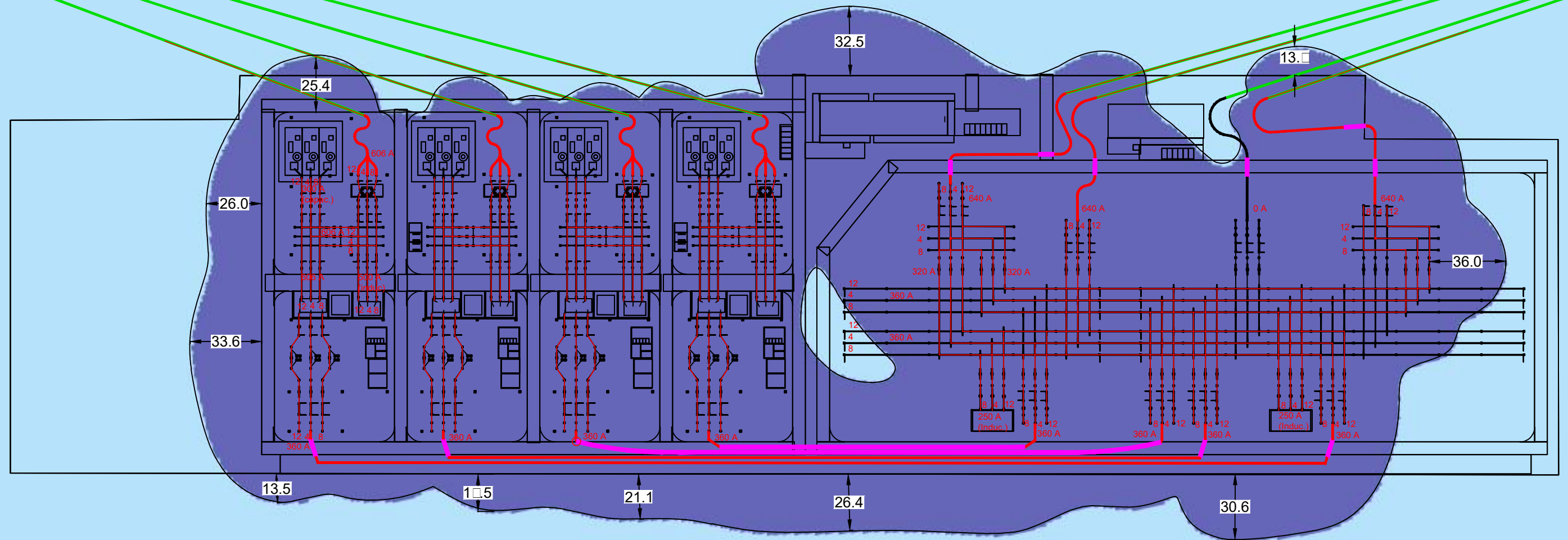
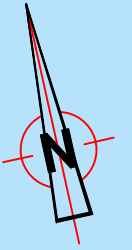
Aan te leggen
kabelsystemen op station

Boring 220 kV circuits
- 4x mantelbuis 250mm
- Intredehoek 16°

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

B	06/09/2018	S. Blanken	Lettertype klokgetallen vergroot / Wijziging naar buitenste 380 kV veld
A	24/07/2018	S. Blanken	itgangspunten voor magnetveld berekeningen
REV. LABEL	REV. DATE	ISS. ED BY	DESCRIPTION
STATE: Definitief			
PROJECT: Wind op Zee Transformatorstation Hollandse Kust Noord (HKN)			
SUBJECT: Berekening Magnetveldzone Input rekenmodel itgangspunten en stroomverdeling			
 TenneT TSO B.V. Trechtersweg 310 Postbus 18 6800 AS Arnhem		ISS. ED BY: S. Blanken	DATE: 20-07-2018
 Energy Solutions Amperweg 2 2627 BQ Delft tel.: 31 (0)15 550 54 60		FORMAT: A3	WORK N.UMBER: 04.494-DRW-20180001 SHEET N.UMBER:

Bijlage B: Magneetveld contour hoogspanningsstation HKN / HKW Alpha



B	06-09-2018	S. Blanken	Wijz. buitenste 380 kV veld / Afmetingen toegevoegd / klokgetallen vergroot
A	26-01-2018	S. Blanken	0,4 uT magneetveld contour
REV. LABEL	REV. DATE	ISS-ED BY	DESCRIPTION
STATE: Definitief			
PROJECT: Wind op Zee Transformatorstation Hollandse Kust Noord (HKN)			
SUBJECT: 0,4 uT contour Magneetveld zone			
 TenneT TSO B.V. Trachtweg 310 Postbus 118 6800 AS Arnhem		ISS-ED BY: S. Blanken	DATE: 26-01-2018
		SCALE: 1:2000	
 Energy Solutions Amperweg 2 2622 BG Delft tel.: 031 (0)15 50 54 60		FORMAT: A3	SHEET NUMBER: 04.494-DRW-20180002