



150/20 kV Onderstation Middenmeer

Jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone

Opdrachtgever : TenneT
Uitgevoerd door : Liandon
Auteur : Frank van Minnen
Gecontroleerd door : Teunis Brand
Datum : 1 februari 2016
Documentnummer : RTO0284FM290116OS, v2.2

COLOFON

Liandon

Bij Liandon zijn de strategische kennis en kunde op het gebied van energieopwek, -opslag, energie-infrastructuren alsmede eindverbruikerstoepassingen gebundeld. Deze gebundelde kennis dient als basis voor het uitvoeren van turnkey projecten alsmede het doen van advisering en onderzoek. Daarmee wil Liandon het mogelijk maken dat haar klanten kunnen acteren als world class spelers.

Liandon BV

Dijkgraaf 2-4, 6921 RL Duiven
Postbus 50, 6920 AB Duiven
Telefoon: (088) 191 00 00
www.liandon.nl

Voltastraat 2, 1817 DD Alkmaar
Postbus 384, 1800 AJ Alkmaar
Telefoon: (072) 514 52 08

Versie log	Versie	Datum	Auteur	Opmerking
	1.0	16-02-2015	F.C. van Minnen	Definitief
	2.0	10-09-2015	F.C. van Minnen	Herberekening n.a.v. wijziging opstelling trafoboxen Liander
	2.1	29-01-2016	F.C. van Minnen	Herberekening n.a.v. locatiewijzigingen in ontwerp compensatiespoelen & 150kV installatie TenneT. Projectnr. gewijzigd van RTO0480 naar RTO0284
	2.2	01-02-2016	F.C. van Minnen	Geaccordeerde uitgangspunten bijgevoegd

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 breedtes van “magneetveldzones” 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).

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, in enige vorm of enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Liandon.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
2	Beschrijving onderstation Middenmeer.....	5
2.1	Algemeen.....	5
2.2	Componenten	5
2.2.1	Grondschemata.....	5
2.2.2	150 kV open schakelinstallatie.....	6
2.3	Lay-out.....	8
3	Uitgangspunten.....	9
3.1	Model.....	9
3.1.1	Ontwerp.....	9
3.1.2	Software	9
3.1.3	Grenzen van het model.....	9
3.1.4	Stroomrichtingen	10
3.2	Rekenstromen.....	10
4	Resultaten modellering.....	13
4.1	3D-model	13
4.2	Magneetveldzone.....	14
5	Conclusie	15
Bijlage 1	Referenties	16
Bijlage 2	Achtergrond en uitgangspunten zoneberekeningen.....	17
Bijlage 3	Uitgangspunten magneetveldberekening.....	19

1 Inleiding

ACHTERGROND

Nabij Middenmeer in de kop van Noord Holland (gemeente Hollands Kroon) is een nieuw te stichten 150 kV station gepland (150/20 kV station Middenmeer). Liandon is door TenneT gevraagd om van het voorliggende stationsontwerp de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone te berekenen.

DOELSTELLING

De doelstelling van dit rapport is inzicht geven in de ligging van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone rondom het onderstation.

ZONEBEREKENING

De uitgangspunten voor de berekening van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone zijn opgesteld aan de hand van de RIVM notitie '*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*', RIVM, 3 november 2011 (zie referentie 2 in Bijlage 1).

De rekenmethodiek zoals vastgelegd in de genoemde notitie is hier gehanteerd voor het 150 kV deel van het onderstation.

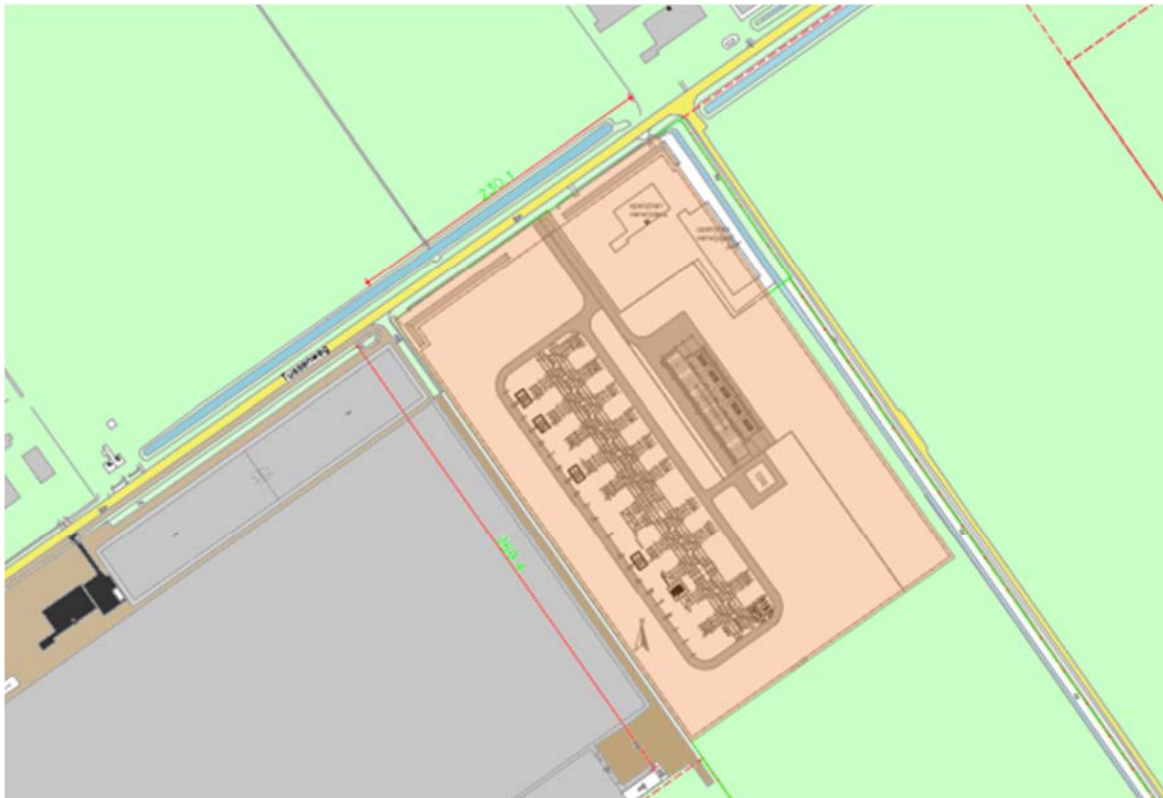
LEESWIJZER

Hoofdstuk twee geeft in hoofdlijnen een beschrijving van het onderstation Middenmeer, zoals de layout en de componenten. In hoofdstuk drie worden de uitgangspunten beschreven die gehanteerd zijn om de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone te berekenen. In hoofdstuk vier wordt het model en de resultaten van de zoneberekening getoond. Hoofdstuk vijf sluit af met een conclusie.

2 Beschrijving onderstation Middenmeer

2.1 Algemeen

Onderstation Middenmeer bestaat uit een 150 kV deel dat in eigendom van TenneT is en een 20 kV deel dat in eigendom van Liander is. In Figuur 1 is een impressie van de ligging van het onderstation weergegeven. Het onderstation wordt geprojecteerd langs de Tussenweg nabij Middenmeer, in de kop van Noord Holland (gemeente Hollands Kroon).



Figuur 1: Impressie ligging onderstation Middenmeer

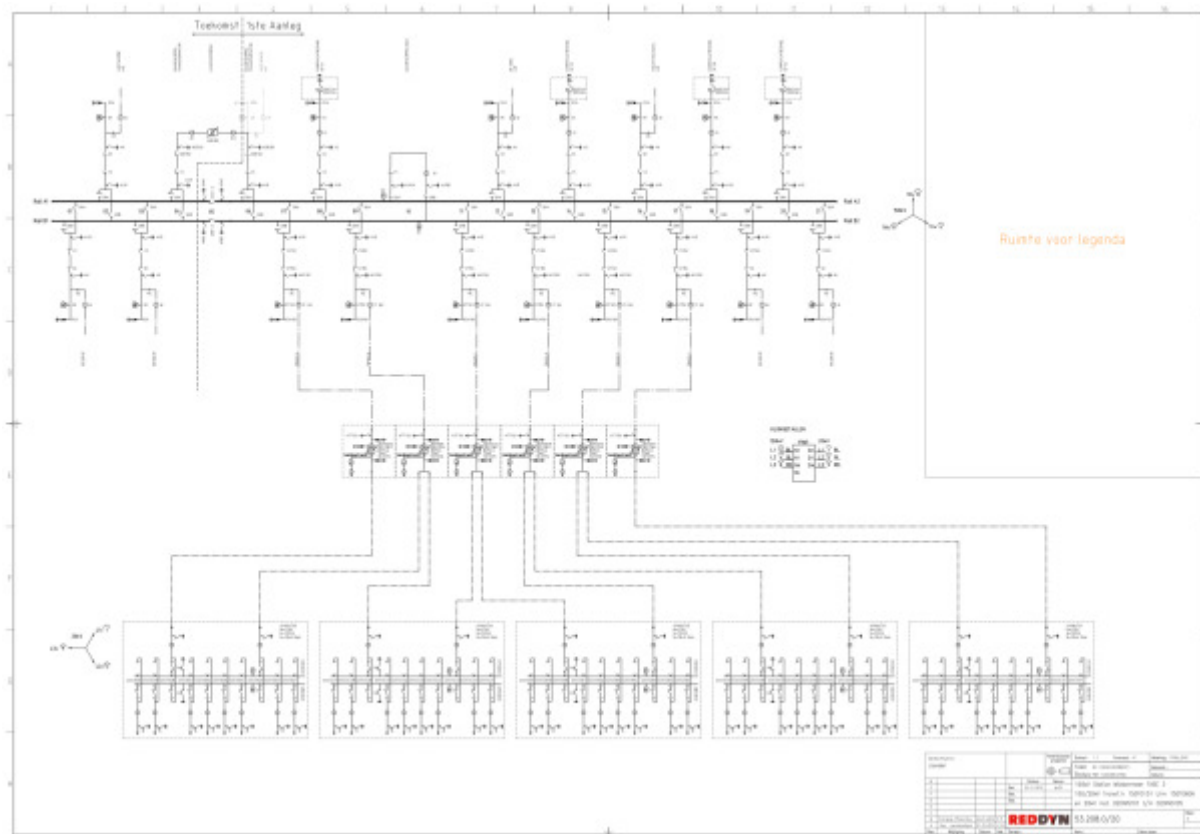
2.2 Componenten

Het 150 kV deel van het onderstation zal bestaan uit onderstaande onderdelen :

1. Een open 150 kV schakelinstallatie van 21 velden, waarvan vier reservevelden voor mogelijke toekomstige uitbreiding;
2. Drie 150 kV kabelverbindingen van/naar het onderstation, respectievelijk: afkomstig uit:
 - 150 kV kabel tussen Middenmeer en Westwoud (MDM – WWD)
 - 150 kV kabel tussen Middenmeer en Anna Paulowna (MDM – APL)
 - 150 kV kabel tussen Middenmeer en De Weel (MDM – DWL)
3. Zes 150 kV kabelverbindingen naar zes 80 MVA 150/20 kV transformatoren;
4. Vier compensatiespoelen.

2.2.1 GRONDSHEMA

Het grondschem van onderstation Middenmeer is weergegeven in onderstaande Figuur 2.



Figuur 2: Grondschema onderstation Middenmeer (Bron: Tekening 208_0_20-1B Fase3)

2.2.2 150 kV OPEN SCHAKELINSTALLATIE

In Figuur 1 bevindt zich veld 01 van de 150 kV schakelinstallatie rechtsonder en veld 21 linksboven. De veldindeling met benaming voor de 150 kV open schakelinstallatie is weergegeven in Tabel 1.

Veldnummer	Type veld	Richting
Veld 01	Reserveveld	--
Veld 02	Kabelveld	MDM-WWD 150kV
Veld 03	Reserveveld	--
Veld 04	Dwarsregelaarveld	Dwarsregelaar
Veld 05	Railscheiderveld	n.v.t.
Veld 06	Dwarsregelaarveld	Dwarsregelaar
Veld 07	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0606
Veld 08	Spoelveld	Compensatiespoel SP01
Veld 09	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0505
Veld 10	Koppelveld	--
Veld 11	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0404
Veld 12	Kabelveld	MDM-DWL 150kV
Veld 13	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0303
Veld 14	Spoelveld	Compensatiespoel SP02
Veld 15	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0202
Veld 16	Kabelveld	MDM-APL 150kV
Veld 17	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0101

Veldnummer	Type veld	Richting
Veld 18	Spoelveld	Compensatiespoel SP03
Veld 19	Reserveveld	--
Veld 20	Spoelveld	Compensatiespoel SP04
Veld 21	Reserveveld	--

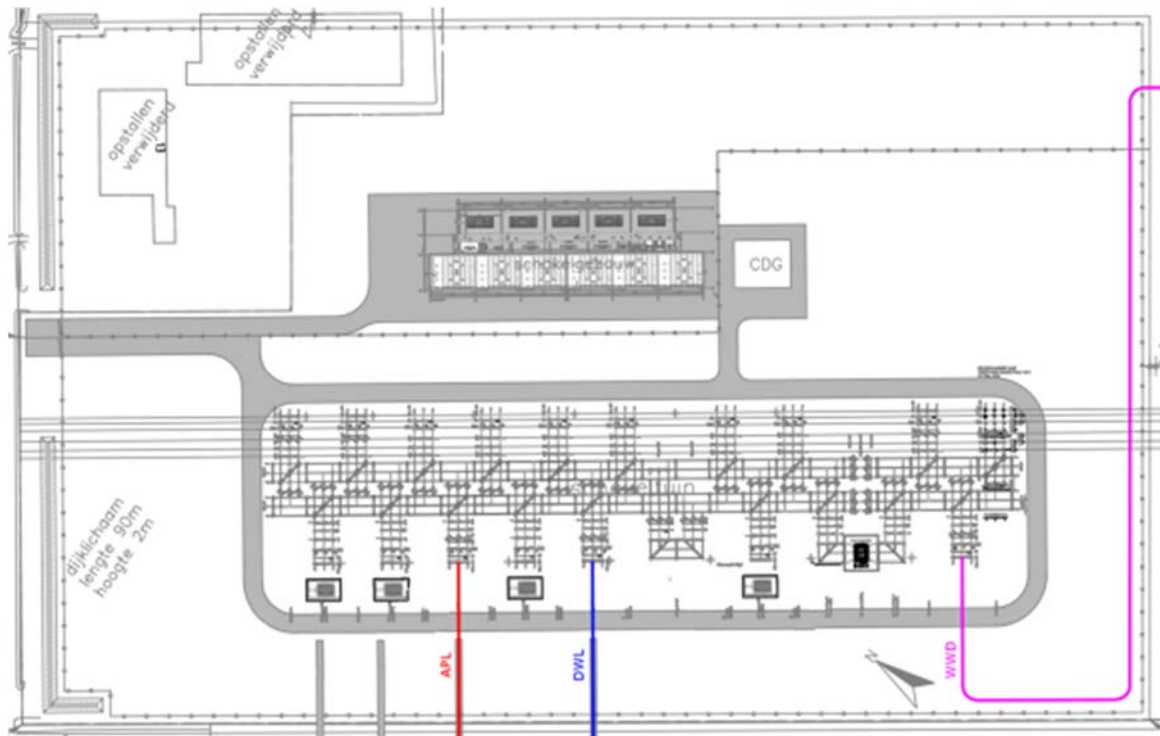
Tabel 1: Veldindeling 150 kV open schakelinstallatie, met benaming

De 150 kV schakelinstallatie heeft de onderstaande kenmerken:

- Dubbelrail op 150 kV met elkaar verbonden via een koppelveld (veld 10). De nominale stroombelastbaarheid van de hoofd rail bedraagt 3150 A;
- Beide rails zijn tijdens bedrijf parallel geschakeld door middel van het koppelveld. De nominale stroombelastbaarheid van het koppelveld bedraagt 3150 A;
- De velden voor de dwarsregelaar (velden 04 en 06) hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A;
- Het railscheiderveld heeft een nominale stroombelastbaarheid van 3150 A;
- De kabelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A;
- De spoelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 1000 A;
- De nominale stroombelastbaarheid van de transformatorvelden bedraagt 1000 A;
- Het onderstation heeft vier reservevelden (velden 01, 03, 19 en 21). Voor de zoneberekening wordt ervan uitgegaan dat de volledige mogelijkheden van het onderstation benut worden, de reservevelden worden derhalve meegenomen in de bepaling van de magneetveldzone, op basis van een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A.

2.3 Lay-out

In Figuur 3 is de lay-out van onderstation Middenmeer weergegeven. Het hekwerk rond het onderstation is weergegeven door middel van een lijn met stippen ter plekke van de palen. De 150 kV kabelverbindingen van/naar Westwoud, Anna Paulowna en De Weel zijn in kleur weergegeven, respectievelijk in magenta (MDM-WWD), rood (MDM-APL) en blauw (MDM-DWL).



Figuur 3: Lay-out van onderstation Middenmeer (Bron: tekening 0-9573-2, revisie D)

Door de verkleinde weergave van de lay-out is de tekst in Figuur 3 niet meer leesbaar. Hiervoor wordt verwezen naar de originele tekening.

3 Uitgangspunten

Voor de gedetailleerde uitwerking van de uitgangspunten voor de magneetveldberekening wordt verwezen naar de door TenneT geaccordeerde uitgangspunten, opgenomen in Bijlage 3.

3.1 Model

Door het RIVM is in opdracht van het ministerie van VROM een handreiking opgesteld voor magneetveld-berekeningen bij bovengrondse lijnen (zie referentie 1 in Bijlage 1). Hierin staat nauwkeurig beschreven op welke manier de berekening uitgevoerd moet worden en welke waarde van het magneetveld nagestreefd dient te worden. In 2010 zijn er een aantal bijeenkomsten geweest met verschillende partijen om te komen tot eenduidige uitgangspunten en rekenregels voor kabelverbindingen en stations voor het Randstad 380 kV project. Van deze bijeenkomsten is een notitie met aanvullende afspraken gemaakt door het RIVM (zie referentie 2 in Bijlage 1).

Voor de berekeningen die in dit rapport zijn gemaakt, is de rekenmethodiek gehanteerd zoals deze is beschreven in de genoemde handreiking en de notitie.

3.1.1 ONTWERP

De basis voor de magneetveldberekeningen is het ontwerp van onderstation Middenmeer, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Het onderstation wordt in meerdere fasen gerealiseerd. Basis voor de magneetveldberekeningen is de geprojecteerde eindsituatie, waarbij de volledige mogelijkheden van het onderstation benut worden, conform de RIVM notitie.

Vanuit het ontwerp worden onderstaande invoergegevens gebruikt:

- Het aantal, de ligging, configuratie en de opbouw van de kabelcircuits;
- De hoogte en positie van de rail boven maaiveld, de afstanden tussen de fasen;
- Positie van de kabelvelden en overige aansluitingen;
- Positie van het koppelveld;
- Positie en oriëntatie van de zes geplande transformatoren van 80 MVA;
- Positie en oriëntatie van de compensatiespoelen in de spoelvelden.

De componenten die geen onderdeel zijn van de primaire installaties worden niet meegenomen in de berekening.

3.1.2 SOFTWARE

Voor het berekenen van de magnetische veldsterkte wordt het softwarepakket EFC400 versie 2008 (build 2786) gebruikt. Met EFC400 worden de berekeningen driedimensionaal uitgevoerd, waarbij de relevante stroomvoerende delen van het onderstation gemodelleerd worden.

[EFC400: Programmatuur van Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU, mbH, Berlin, Duitsland)]

3.1.3 GRENZEN VAN HET MODEL

- Alleen stroomvoerende delen met een spanningsniveau van 50 kV en hoger worden gemodelleerd;
- Ondergrondse hoogspanningskabels worden gemodelleerd tot de erfgrans van het station.

3.1.4 STROOMRICHTINGEN

- De stromen in de geleiders van een circuit worden symmetrisch verondersteld over de drie fasen;
- De stroomrichting in de 150 kV kabelverbindingen wordt in de richting van het onderstation gemodelleerd;
- De stroomrichting van de velden naar de transformatoren wordt gemodelleerd vanaf de 150 kV hoofd rail naar de transformatoren;
- De stroomrichting binnen het hoogspanningsstation is van hoge naar lage spanning;
- Voor de stromen door het 150 kV railsysteem wordt verondersteld dat die dezelfde richting hebben;
- In de 150 kV schakelinstallaties voeren de geleiders stroom tot aan de verst gelegen hoofd rail (grootste lengte);
- Magneetveldberekeningen worden uitgevoerd voor beide richtingen van de stroom door de hoofd rail van de 150 kV installatie, en voor beide richtingen van de stroom door het koppelveld;
- De gepresenteerde jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldcontour is de omhullende van deze berekeningen.

3.2 Rekenstromen

De rekenstromen die in deze paragraaf zijn opgenomen zijn afkomstig uit het door TenneT geaccordeerde uitgangspuntendocument, zie Bijlage 3.

In Tabel 2 is een vertaling gemaakt van de ontwerpstromen en -vermogens naar rekenstromen (vijfde kolom) om de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone te berekenen voor de stroomvoerende 150 kV componenten.

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Reken-stroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
1	Veld 01, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
2	Veld 02, Kabelveld MDM-WWD	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
3	Veld 03, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
4	Veld 04, Dwarsregelaarveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het dwarsregelaarveld ingesteld.
5	Veld 05, Railscheiderveld	818	3150	1575	Is op 50% van het vermogen van het railscheiderveld ingesteld.
6	Veld 06, Dwarsregelaarveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het dwarsregelaarveld ingesteld.
7	Veld 07, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0606	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Rekenstroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
8	Veld 08, Spoelveld Compensatiespoel SP01	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
9	Veld 09, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0505	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
10	Veld 10, Koppelveld KV	818	3150	1575	Is op 50% van het vermogen van het koppelveld ingesteld.
11	Veld 11, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0404	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
12	Veld 12, Kabelveld MDM-DWL	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
13	Veld 13, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0303	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
14	Veld 14, Spoelveld Compensatiespoel SP02	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
15	Veld 15, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0202	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
16	Veld 16, Kabelveld MDM-APL	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
17	Veld 17, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0101	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
18	Veld 18, Spoelveld Compensatiespoel SP03	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
19	Veld 19, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
20	Veld 20, Spoelveld Compensatiespoel SP04	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
21	Veld 21, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
22	Kabelverbinding MDM-WWD	300	1155	578	Is op 50% van het vermogen van de kabel ingesteld.
23	Kabelverbinding MDM-APL	300	1155	578	Is op 50% van het vermogen van de kabel ingesteld.
24	Kabelverbinding MDM-DWL	350	1350	675	Is op 50% van het vermogen van de kabel ingesteld.
25	Transformatorverbindingen, per circuit	100	385	321	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Rekenstroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
26	Verbindingen naar compensatiespoelen, per circuit	100	385	192.5	Inschatting is dat de compensatiespoelen 50% van de tijd ingeschakeld staan.
27	Hoofdrail	818	3150	1575	De hoofdrail is ingesteld op 50% van de nominale stroom.

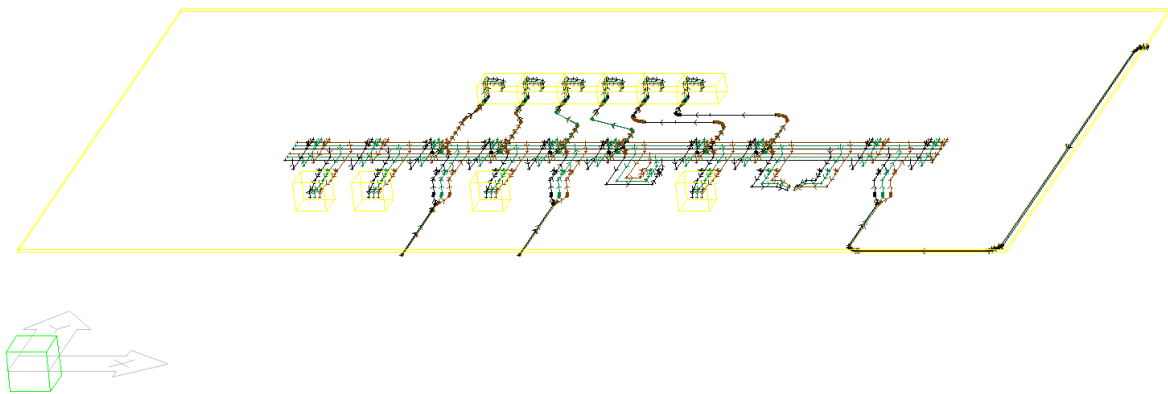
Tabel 2: Gehanteerde rekenstromen voor de 150 kV geleiders

4 Resultaten modellering

4.1 3D-model

Om de magneetveldzone te kunnen berekenen is een 3D-model van het onderstation opgebouwd. Hiertoe zijn in het software pakket EFC-400 alle stroomvoerende delen van het 150 kV deel van het onderstation gemodelleerd. Vervolgens krijgt elk stroomvoerend deel de bijbehorende fase (klokgetal 4, 8 of 12), rekenstroomwaarde en stroomrichting.

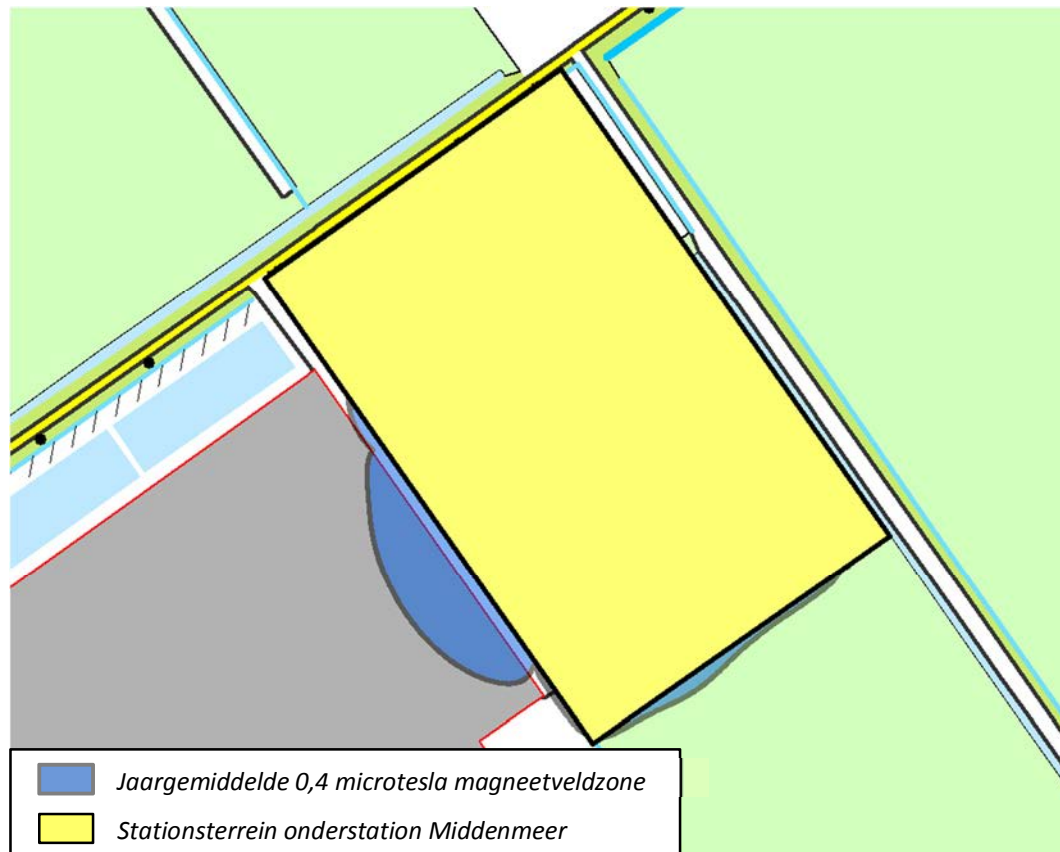
In *Figuur 4* is het 3D-model opgenomen van het 150 kV deel van het onderstation. De positie en oriëntatie is overeenkomstig de lay-out van *Figuur 3*.



Figuur 4: 3D-model 150 kV deel van onderstation Middenmeer

4.2 Magneetveldzone

In Figuur 5 is de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van het nieuwe onderstation Middenmeer geprojecteerd op een kaart van de directe omgeving. Op deze kaart is de ligging van het onderstation Middenmeer aangegeven door middel van een lichtgele rechthoek. De jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone is berekend op een hoogte van 1 meter boven maaiveld.



Figuur 5: Jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van onderstation Middenmeer

In Figuur 5 is te zien dat de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone zich langs een groot deel van de zuidwestelijke zijde van het onderstation tot buiten de erfgrans van het station uitstrekt. Aan die zijde van het onderstation bevindt zich een kassencomplex van tuinbouwbedrijf Sweetpoint. Het betreft hier een locatie met bedrijfsfunctie, wat niet gekenmerkt wordt als een gevoelige bestemming (voor toelichting bij het begrip 'gevoelige bestemming' zie referentie 3).

Aan de zuidoostelijke zijde van het stationsterrein treedt de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone licht buiten de erfgrans. Dit is het gevolg van de kabelloop van de 150 kV kabelverbinding naar onderstation Westwoud net aan de binnenzijde van de erfgrans. Voor het overige deel valt de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone geheel binnen de erfgrans van het onderstation.

5 Conclusie

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone (referentie 1) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen (zie Bijlage 2). In voorliggende rapportage is de magneetveldzone berekend voor een ander deel van het hoogspanningsnet, namelijk een onderstation. Bij deze berekening 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' (referentie 2).

Conform de RIVM notitie is de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van onderstation Middenmeer bepaald aan de hand van het ontwerp voor het 150 kV stationsdeel.

De jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone strekt zich langs een groot deel van de zuidwestelijke zijde van het onderstation uit tot buiten de erfgrens van het station. Aan die zijde van het onderstation bevindt zich een kassencomplex van tuinbouwbedrijf Sweetpoint. Het betreft hier een locatie met bedrijfsfunctie, wat niet gekenmerkt wordt als een gevoelige bestemming (voor toelichting bij het begrip 'gevoelige bestemming' zie referentie 3).

Aan de zuidoostelijke zijde van het stationsterrein treedt de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone licht buiten de erfgrens. Dit is het gevolg van de kabelloop van de 150 kV kabelverbinding naar onderstation Westwoud net aan de binnenzijde van de erfgrens. Voor het overige deel valt de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone geheel binnen de erfgrens van het onderstation.

Vastgesteld wordt dat er zich binnen de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van het onderstation geen gevoelige bestemmingen bevinden.

Bijlage 1 Referenties

Onderstaande referenties zijn gebruikt:

1. Kelfkens, G., Pruppers, M.J.M. *Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen*. RIVM, versie 4.0, 3 november 2014.
Bron: <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen/Handreiking>
2. Notitie 'Afspraken over de rekenmethodiek voor 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.
3. Cramer, J., *Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen*. Directoraat-Generaal Milieu, Directie Risicobeleid, 4 november 2008, kenmerk DGM\2008105664.
Bron: <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen>

Bijlage 2 Achtergrond en uitgangspunten zoneberekeningen

B2.1 Achtergronden zoneberekening bij bovengrondse hoogspanningslijnen

Onderstaande tekst is overgenomen uit bijlage 2 van de handreiking van het RIVM, versie 4.0 (zie referentie 1 in Bijlage 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 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 microtesla.

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.

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 (de magneetveldzone). Het beleidsadvies is in 2008 verduidelijkt.

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 bliksemdraden (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.

B2.2 Achtergronden zoneberekening bij hoogspanningskabels en hoogspanningsstations

Onderstaande tekst is overgenomen uit 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 (zie referentie 2 in Bijlage 1).

In 2005 heeft het toenmalige ministerie van VROM (nu het ministerie van Infrastructuur en Milieu) - op basis van het voorzorgsbeginsel - een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies worden gemeenten en netbeheerders geadviseerd zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen. De handreiking van het RIVM legt de manier vast om deze 'zone waar het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven de 0,4 microtesla ligt', verder aangeduid als 'specifieke magneetveldzone', zo eenduidig en transparant mogelijk te berekenen.

Het hoogspanningslijnenbeleid, en daarmee ook de handreiking, is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. Bij de voorbereiding van de Randstad 380 kV verbinding is door het toenmalige ministerie van Economische Zaken en het toenmalige ministerie van VROM besloten om bij de ondergrondse delen en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding aan te sluiten bij het hoogspanningslijnenbeleid zoals dat geformuleerd is voor bovengrondse hoogspanningslijnen. Netbeheerder TenneT en enkele adviesbureaus die berekeningen volgens de handreiking van het RIVM kunnen uitvoeren, hebben met het oog op uniformering van de berekeningswijze aanvullende afspraken gemaakt over de te hanteren rekenmethodiek. Om tot deze afspraken te komen is er overleg gevoerd op 3 juni, 12 juli en 18 november 2010. Het RIVM was daarbij als secretaris betrokken en heeft de gemaakte afspraken vastgelegd.

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 breedtes van "magneetveldzones" 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).

Bijlage 3 Uitgangspunten magneetveldberekening

De in deze bijlage opgenomen uitgangspunten voor de berekeningen (versie 2.1) zijn op 1 februari 2016 door TenneT geaccordeerd.

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer

Datum : 28 januari 2016
 Auteur(s) : Frank van Minnen, Liandon
 Gecontroleerd door : Teunis Brand, Liandon
 Versie : 2.1

Wijzigingen t.o.v. versie 1.0:

Liander heeft de oriëntatie van de transformatoren en de transformatorcellen gewijzigd (90° geroteerd met de klok mee). Dit heeft consequenties voor de kabelloop en kabelopvoer van de 150 kV transformatorcabels. Op basis van het gewijzigde ontwerp, weergegeven in Figuur 1 in Bijlage 1, wordt de magneetveldzone van OS Middenmeer herberekend.

Wijzigingen t.o.v. versie 1.9:

Voor de gewijzigde uitgangspunten is tekening 0-9573-2, revisie D gehanteerd. De lay-out van het station is gewijzigd, waarbij het aantal en de positie van de compensatiespoelen is aangepast. Daarnaast is de veldindeling van de 150 kV installatie gewijzigd.

1 Algemene gegevens onderstation Middenmeer

Het ontwerp van onderstation Middenmeer bestaat uit een 150 kV deel dat in eigendom van TenneT is en een 20 kV deel dat in eigendom van Liander is. In Bijlage 1 (Figuur 1) is een weergave van de stationsindeling van het toekomstige onderstation opgenomen. Het 150/20 kV onderstation zal gerealiseerd worden nabij Middenmeer in de kop van Noord Holland (gemeente Hollands Kroon). In voorliggend uitgangspunten document worden de uitgangspunten beschreven voor het 150 kV deel van het onderstation, zoals die gehanteerd worden in de magneetveldstudie.

2 Stationsontwerp

- *Spanning* : 150 kV
- *Grondschem* : Zie Figuur 2 in Bijlage 2.
- *Veldindeling* : Zie onderstaande Tabel 1.

Veldnummer	Type veld	Richting
Veld 01	Reserveveld	--
Veld 02	Kabelveld	MDM-WWD 150kV
Veld 03	Reserveveld	--
Veld 04	Dwarsregelaarveld	Dwarsregelaar
Veld 05	Railscheiderveld	n.v.t.
Veld 06	Dwarsregelaarveld	Dwarsregelaar
Veld 07	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0606
Veld 08	Spoelveld	Compensatiespoel SP01
Veld 09	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0505
Veld 10	Koppelveld	
Veld 11	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0404
Veld 12	Kabelveld	MDM-DWL 150kV
Veld 13	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0303
Veld 14	Spoelveld	Compensatiespoel SP02
Veld 15	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0202
Veld 16	Kabelveld	MDM-APL 150kV
Veld 17	Transformatorveld	Veld: Liander 150T0101
Veld 18	Spoelveld	Compensatiespoel SP03
Veld 19	Reserveveld	--
Veld 20	Spoelveld	Compensatiespoel SP04

1/8

Akkoord Peter Kwakman
 1-02-2016

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer

Veldnummer	Type veld	Richting
Veld 21	Reserveveld	--

Tabel 1: Veldindeling onderstation Middenmeer

- **Kenmerken** :
 - Dubbelrail op 150 kV met elkaar verbonden via een koppelveld (veld 10). De nominale stroombelastbaarheid van de hoofd rail bedraagt 3150 A;
 - Beide rails zijn tijdens bedrijf parallel geschakeld door middel van het koppelveld. De nominale stroombelastbaarheid van het koppelveld bedraagt 3150 A;
 - De velden voor de dwarsregelaar (velden 04 en 06) hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A;
 - Het railscheiderveld heeft een nominale stroombelastbaarheid van 3150 A;
 - De kabelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A;
 - De spoelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 1000 A;
 - De nominale stroombelastbaarheid van de transformatorvelden bedraagt 1000 A;
 - Het onderstation heeft vier reservevelden (velden 01, 03, 19 en 21). Voor de zoneberekening wordt ervan uitgegaan dat de volledige mogelijkheden van het onderstation benut worden, de reservevelden worden derhalve meegenomen in de bepaling van de magneetveldzone, op basis van een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A.
- **Lay-out** : zie Figuur 1 in Bijlage 1

3 150 kV Kabelverbindingen**3.1 Voedende 150 kV kabelverbindingen**

Onderstation Middenmeer zal middels een drietal nieuw aan te leggen ondergrondse 150 kV kabelverbindingen opgenomen worden in het bestaande 150 kV netwerk in de regio. Onderstaand zijn de relevante uitgangspunten opgenomen.

3.1.1 ALGEMENE GEGEVENS KABELVERBINDINGEN

- **Hoogspanningsverbindingen** :
 1. 150 kV kabelverbinding Middenmeer – Westwoud (MDM – WWD)
 2. 150 kV kabelverbinding Middenmeer – Anna Paulowna (MDM – APL)
 3. 150 kV kabelverbinding Middenmeer – De Weel (MDM – DWL)
- **Aantal circuits** : 1 per hoogspanningsverbinding

3.1.2 CIRCUIT GEGEVENS

- **Spanningsniveau** : 150 kV
- **Nominale frequentie** : 50 Hz
- **Ontwerpbelasting** : conform opgave TenneT
 - 150 kV MDM – WWD : 300 MVA (1155 A)
 - 150 kV MDM – APL : 300 MVA (1155 A)
 - 150 kV MDM – DWL : 350 MVA (1350 A)

3.1.3 KABELGEGEVENS

- **Legconfiguratie** : plat vlak
- **Fase-fase afstand** : 0,35 meter
- **Volgorde klokgetallen** : 12 – 4 – 8 (kijkend richting de 150 kV schakelinstallatie)

2/8

 Akkoord 

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer

- *Dekking boven kabel* : 1,20 meter op het erf van het onderstation.
- *Kabeltracé* : De betreffende kabeltracés op het stationsterrein zijn in kleur weergegeven in Figuur 1 in Bijlage 1.

3.2 Kabelverbindingen tussen 150 kV transformatorvelden en transformatoren

De 150 kV verbindingen tussen de 150 kV installatie en de transformatoren bestaan uit éénfase kabels. Onderstaand zijn de relevante uitgangspunten opgenomen.

3.2.1 ALGEMENE GEGEVENS TRANSFORMATORVERBINDINGEN

- *Transformatorverbindingen* :
 1. 150 kV kabelverbinding van Veld 07 naar Transformator 6
 2. 150 kV kabelverbinding van Veld 09 naar Transformator 5
 3. 150 kV kabelverbinding van Veld 11 naar Transformator 4
 4. 150 kV kabelverbinding van Veld 13 naar Transformator 3
 5. 150 kV kabelverbinding van Veld 15 naar Transformator 2
 6. 150 kV kabelverbinding van Veld 17 naar Transformator 1
- *Aantal circuits* : 1 per transformatorverbinding

3.2.2 CIRCUIT GEGEVENS

- *Spanningsniveau* : 150 kV
- *Nominale frequentie* : 50 Hz
- *Ontwerpbelasting* : 100 MVA (385 A) per circuit, conform opgave TenneT

3.2.3 KABELGEGEVENS

- *Kabeltype* : Nog niet vastgelegd
- *Legconfiguratie* : driehoek
- *Fase-fase afstand* : tegen elkaar aan o.b.v. 80 mm kabeldiameter
- *Volgorde klokgetallen* : 12^4_8 (middenfase boven, kijkend richting de 150/20 kV transformatoren)
- *Dekking boven kabel* : 1,20 meter op het erf van het onderstation.
- *Kabeltracé* : De betreffende kabeltracés op het stationsterrein zijn weergegeven in Figuur 1 in Bijlage 1.

3/8

Akkkoord 

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer**3.3 Lijnverbindingen tussen 150 kV spoelvelden en compensatiespoelen**

De compensatiespoelen worden direct tegenover de bijbehorende velden van de 150 kV installatie geplaatst. Uitgangspunt is dat de verbinding tussen compensatiespoel en 150 kV veld zal bestaan uit een bovengrondse lijnverbinding. Onderstaand zijn de relevante uitgangspunten opgenomen.

3.3.1 ALGEMENE GEGEVENS LIJNVERBINDINGEN COMPENSATIESPOELEN

- *Lijnverbindingen:*
 1. 150 kV lijnverbinding van Veld 08 naar Compensatiespoel SP01
 2. 150 kV lijnverbinding van Veld 14 naar Compensatiespoel SP02
 3. 150 kV lijnverbinding van Veld 18 naar Compensatiespoel SP03
 4. 150 kV lijnverbinding van Veld 20 naar Compensatiespoel SP04
- *Aantal circuits* : 1 per verbinding

3.3.2 CIRCUIT GEGEVENS

- *Spanningsniveau* : 150 kV
- *Nominale frequentie* : 50 Hz
- *Ontwerpbelasting* : 100 MVar (385 A) per circuit, conform opgave TenneT

3.3.3 LINGEGEVENS

- *Type* : Nog niet vastgelegd
- *Tracé* : Rechte verbinding tussen spoel en bijbehorend 150 kV veld.

4/8

Akkkoord 

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer**4 Rekenstromen**

De uitgangspunten voor de te hanteren rekenstromen, weergegeven in Tabel 2, zijn opgesteld in analogie met de RIVM notitie 'Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding' (RIVM, 3 november 2011).

Deze notitie is op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl.

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Rekenstroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
1	Veld 01, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
2	Veld 02, Kabelveld MDM-WWD	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
3	Veld 03, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
4	Veld 04, Dwarsregelaarveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het dwarsregelaarveld ingesteld.
5	Veld 05, Railscheiderveld	818	3150	1575	Is op 50% van het vermogen van het railscheiderveld ingesteld.
6	Veld 06, Dwarsregelaarveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het dwarsregelaarveld ingesteld.
7	Veld 07, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0606	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
8	Veld 08, Spoelveld Compensatiespoel SP01	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
9	Veld 09, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0505	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
10	Veld 10, Koppelveld KV	818	3150	1575	Is op 50% van het vermogen van het koppelveld ingesteld.
11	Veld 11, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0404	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
12	Veld 12, Kabelveld MDM-DWL	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
13	Veld 13, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0303	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
14	Veld 14, Spoelveld Compensatiespoel SP02	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
15	Veld 15, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0202	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
16	Veld 16, Kabelveld MDM-APL	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
17	Veld 17, Transformatorveld Trafo: Liander 150T0101	260	1000	833	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
18	Veld 18, Spoelveld Compensatiespoel SP03	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
19	Veld 19, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.

5/8

Afkkoord 

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Rekenstroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
20	Veld 20, Spoelveld Compensatiespoel SP04	260	1000	500	Inschatting is dat de compensatiespoel 50% van de tijd ingeschakeld staat.
21	Veld 21, Reserveveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het reserveveld ingesteld.
22	Kabelverbinding MDM-WWD	300	1155	578	Is op 50% van het vermogen van de kabel ingesteld.
23	Kabelverbinding MDM-APL	300	1155	578	Is op 50% van het vermogen van de kabel ingesteld.
24	Kabelverbinding MDM-DWL	350	1350	675	Is op 50% van het vermogen van de kabel ingesteld.
25	Transformatorverbindingen, per circuit	100	385	321	Totaal 6 trafo's n-1 → 83,3% voor jaargemiddelde.
26	Verbindingen naar compensatiespoelen, per circuit	100	385	192.5	Inschatting is dat de compensatiespoelen 50% van de tijd ingeschakeld staan.
27	Hoofdrail	818	3150	1575	De hoofdrail is ingesteld op 50% van de nominale stroom.

Tabel 2: Te hanteren rekenstromen voor bepaling van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van OS Middenmeer

Conform de RIVM notitie zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd ten aanzien van de verdeling en richting van de stromen in het model:

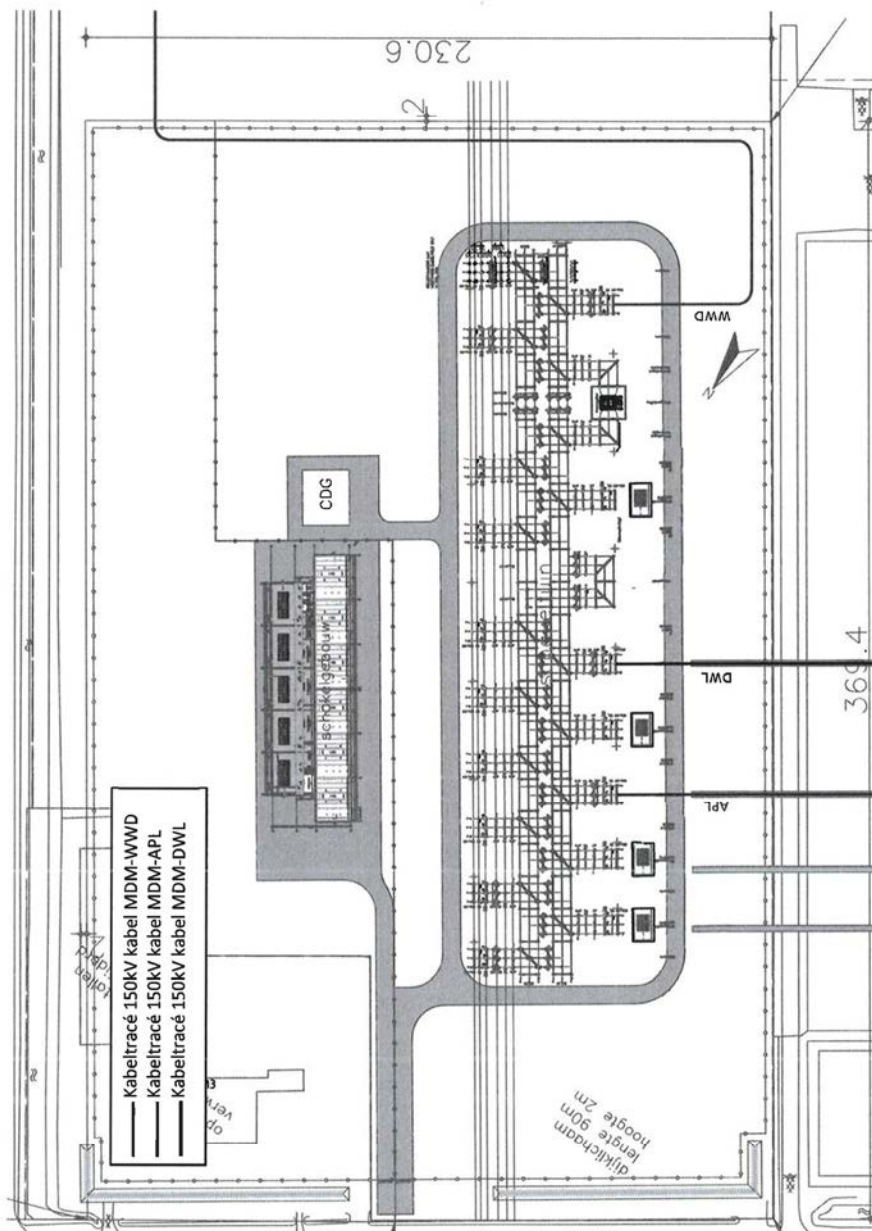
- De stromen in de geleiders van een circuit worden symmetrisch verondersteld over de drie fasen;
- De stroomrichting in de 150 kV kabelverbindingen wordt het station in gemodelleerd;
- De stroomrichting van de velden naar de transformatoren wordt gemodelleerd vanaf de 150 kV hoofdrail naar de transformatoren;
- De stroomrichting binnen het hoogspanningsstation is van hoge naar lage spanning;
- Voor de stromen door het 150 kV railsysteem wordt verondersteld dat die dezelfde richting hebben;
- In de 150 kV schakelinstallatie voeren de geleiders stroom tot aan de verst gelegen hoofdrail (grootste lengte);
- Magneetveldberekeningen worden uitgevoerd voor beide richtingen van de stroom door de hoofdrail van de 150 kV installatie, en voor beide richtingen van de stroom door het koppelveld, de omhullende contour wordt gepresenteerd.

6/8

afkeurd 

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer

Bijlage 1 – Stationsontwerp onderstation Middenmeer



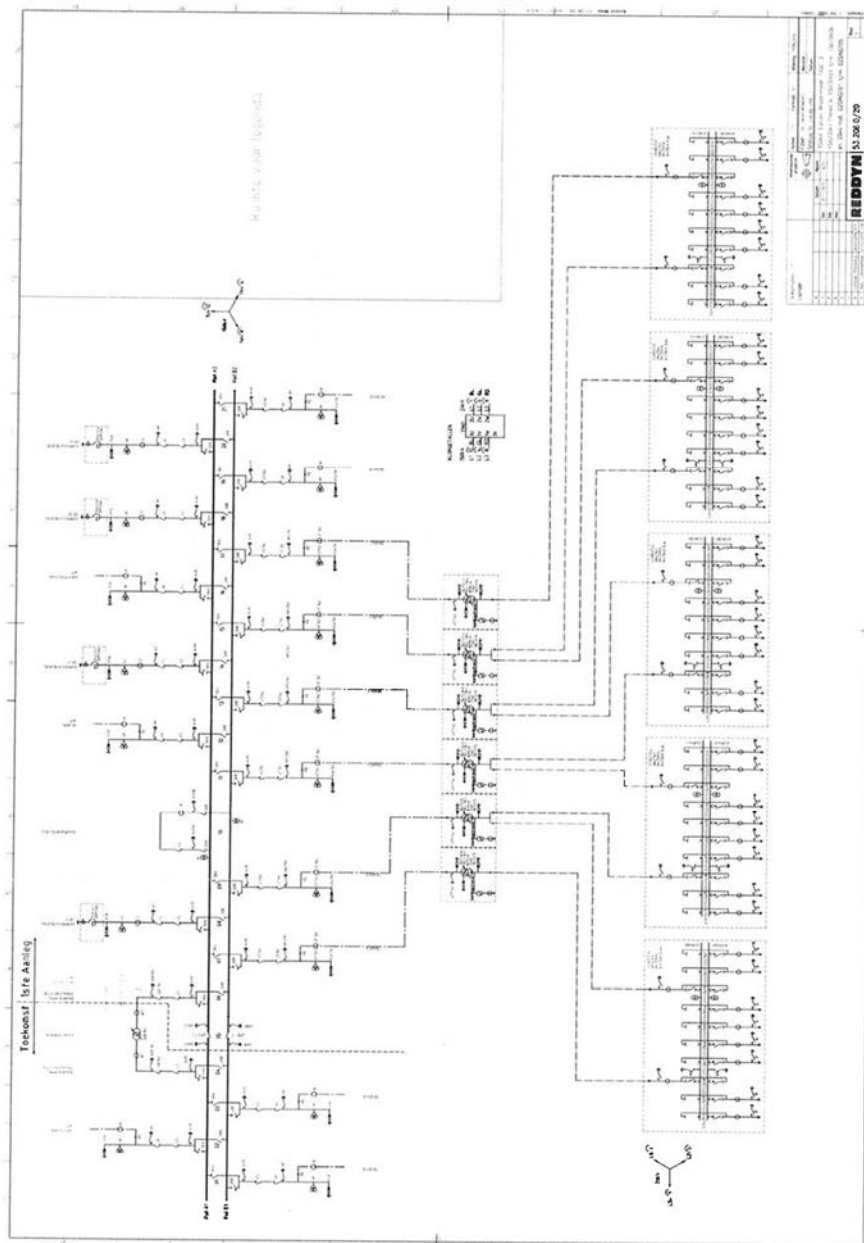
Figuur 1: Stationsontwerp onderstation Middenmeer

7/8

Abdoorel

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation Middenmeer

Bijlage 2 – Grondschema onderstation Middenmeer



Figuur 2: Grondschema onderstation Middenmeer (Bron: Tekening 208_0_20-1B Fase3)

8/8

Akkoord