



## 150/20 kV Onderstation A4-zone

## 100 microtesla magneetveldcontour

*Opdrachtgever* : Reddyn  
*Uitgevoerd door* : Qirion  
*Auteur* : Yuri van Geffen  
*Gecontroleerd door* : Bert Hollander  
*Datum* : 26-01-2021  
*Documentnummer* : RTO-802-EM100OS, v 1.2



## COLOFON

### Qirion

Bij Qirion 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 Qirion het mogelijk maken dat haar klanten kunnen acteren als world class spelers.

### Qirion B.V.

Dijkgraaf 4, 6921 RL Duiven  
Postbus 50, 6920 AB Duiven  
Telefoon: (026) 844 71 17  
Fax: (026) 844 72 00

Versie log	Versie	Datum	Auteur	Opmerking
	0.9	17-06-2020	Y.R. van Geffen	Concept ter accordering
	1.0	24-06-2020	Y.R. van Geffen	Reviewcommentaar B. Hollander verwerkt
	1.1	24-07-2020	Y.R. van Geffen	Opmerkingen M. Stam verwerkt
	1.2	26-01-2021	Y.R. van Geffen	Opmerkingen M. Oud verwerkt

© 2021, Qirion BV, Duiven

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 Qirion.

## Samenvatting

In de omgeving van Hoofddorp is er een toenemende vraag naar elektriciteit. In dit gebied wordt volop ontwikkeld en zorgen enkele sectoren gezamenlijk voor deze groeiende vraag naar elektriciteit. De grootste bijdrage wordt hierbij gevormd door datacenters, grote tuinders, de groeiende vraag van Schiphol en woningbouw. Met de verwachte gebiedsontwikkeling wordt een dermate hoge toename van de elektriciteitsvraag voorzien welke niet met de beschikbare capaciteit van de omliggende 50kV-stations is op te vangen. Ten behoeve van deze voorziene vermogenstoename is een nieuw 150/20kV onderstation A4-zone in de regio Haarlemmeer benodigd.

Onderdeel van het voorbereidend onderzoek is de bepaling van de magnetische velden afkomstig van het station. Qirion is door Reddyn gevraagd om voor onderstation A4-zone in de eindsituatie van het onderstation de 100 microtesla magneetveldcontour te bepalen en te toetsen of deze geheel binnen de erfgrans van het station blijft. Dit rapport bevat de resultaten van deze studie.

Door de Europese commissie worden grenswaarden aanbevolen voor de blootstelling van burgers aan elektrische en magnetische velden [1]. Deze grenswaarden gelden ook als aanbeveling in Nederland en voor 50 Hz magnetische velden bedraagt deze 100 microtesla.

Uit de uitgevoerde studie blijkt dat in de beoogde eindsituatie de 100 microtesla magneetveldcontour geheel binnen de erfgrans van het onderstation blijft.

Bij de berekening van de 100 microtesla magneetveldcontour is uit gegaan van een worst-case situatie, waarbij alle stroomvoerende geleiders maximaal belast worden. Dit is een situatie die in de praktijk niet voor zal komen. De op deze wijze bepaalde omvang van de 100 microtesla magneetveldcontour kan dus gezien worden als een veilig en toekomstbestendig maximum.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Beschrijving onderstation A4-zone</b> .....	<b>6</b>
2.1	Beoogde situatie .....	6
2.1.1	Lay-out en bedrijfsvoering bij de eindsituatie.....	6
<b>3</b>	<b>Uitgangspunten en rekenscenario's</b> .....	<b>9</b>
3.1	Uitgangspunten rekenmodel .....	9
3.2	Algemene rekenregels .....	9
3.3	Rekenscenario's.....	9
<b>4</b>	<b>Resultaten magneetveldberekeningen</b> .....	<b>11</b>
4.1	100 microtesla magneetveldcontour .....	11
<b>5</b>	<b>Conclusie</b> .....	<b>13</b>
	<b>Referenties</b> .....	<b>14</b>

# 1 Inleiding

## ACHTERGROND

In de omgeving van Hoofddorp is er een toenemende vraag naar elektriciteit. In dit gebied wordt volop ontwikkeld en zorgen enkele sectoren gezamenlijk voor deze groeiende vraag naar elektriciteit. De grootste bijdrage wordt hierbij gevormd door datacenters, grote tuinders, de groeiende vraag van Schiphol en woningbouw. Met de verwachte gebiedsontwikkeling wordt een dermate hoge toename van de elektriciteitsvraag voorzien welke niet met de beschikbare capaciteit van de omliggende 50kV-stations is op te vangen. Ten behoeve van deze voorziene vermogenstoename is een nieuw 150/20kV onderstation A4-zone in de regio Haarlemmeer benodigd.

Qirion is door Reddyn gevraagd om voor onderstation A4-zone de 100 microtesla magneetveldcontour te bepalen.

## DOELSTELLING

De doelstelling van dit rapport is inzicht te geven in de ligging en omvang van de 100 microtesla magneetveldcontour van onderstation A4-zone en te toetsen dat deze niet buiten de erfgrens van het onderstation treedt.

## REKENMETHODIEK

Door de Europese commissie worden grenswaarden aanbevolen voor de blootstelling van burgers aan elektrische en magnetische velden [1]. Deze grenswaarden gelden ook als aanbeveling in Nederland en voor 50 Hz magnetische velden bedraagt deze 100 microtesla.

Deze grenswaarde is ook van toepassing op kortstondige blootstelling van burgers. Bij berekening van de 100 microtesla magneetveldcontour wordt daarom uit gegaan van een worst-case situatie, waarbij alle stroomvoerende geleiders maximaal belast worden.

Dit is een situatie die in de praktijk niet voor zal komen. De op deze wijze bepaalde omvang van de 100 microtesla magneetveldcontour kan dus gezien worden als een veilig en toekomstbestendig maximum.

## LEESWIJZER

Hoofdstuk twee geeft een beschrijving van de beoogde situatie bij onderstation A4-zone. In hoofdstuk drie worden de uitgangspunten beschreven die gehanteerd zijn om de 100 microtesla magneetveldcontour te berekenen. In hoofdstuk vier wordt het model en de resultaten van de berekening getoond. Hoofdstuk vijf sluit af met een conclusie.

De bijlagen bevatten aanvullende informatie, waaronder de gedetailleerde uitgangspunten.

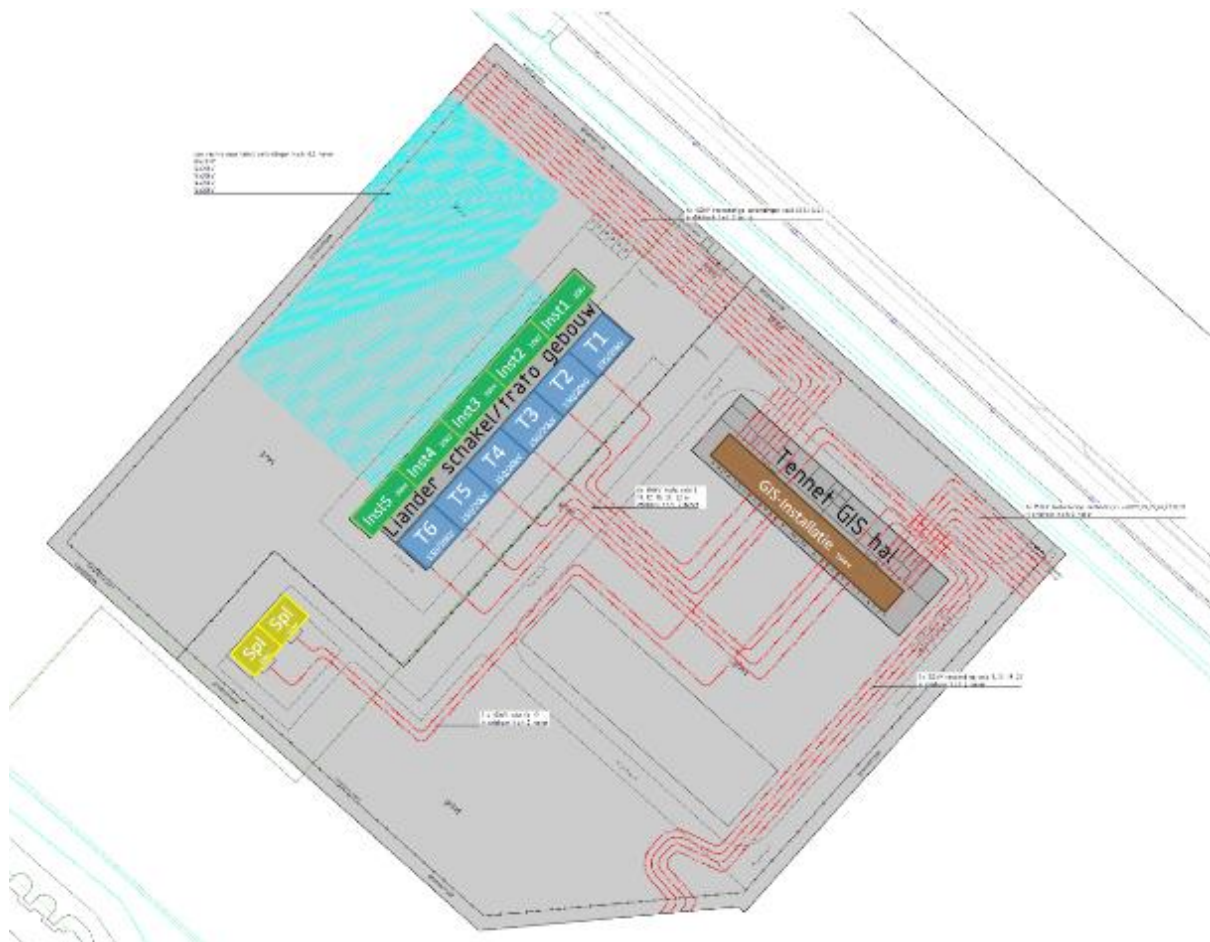
## 2 Beschrijving onderstation A4-zone

### 2.1 Beoogde situatie

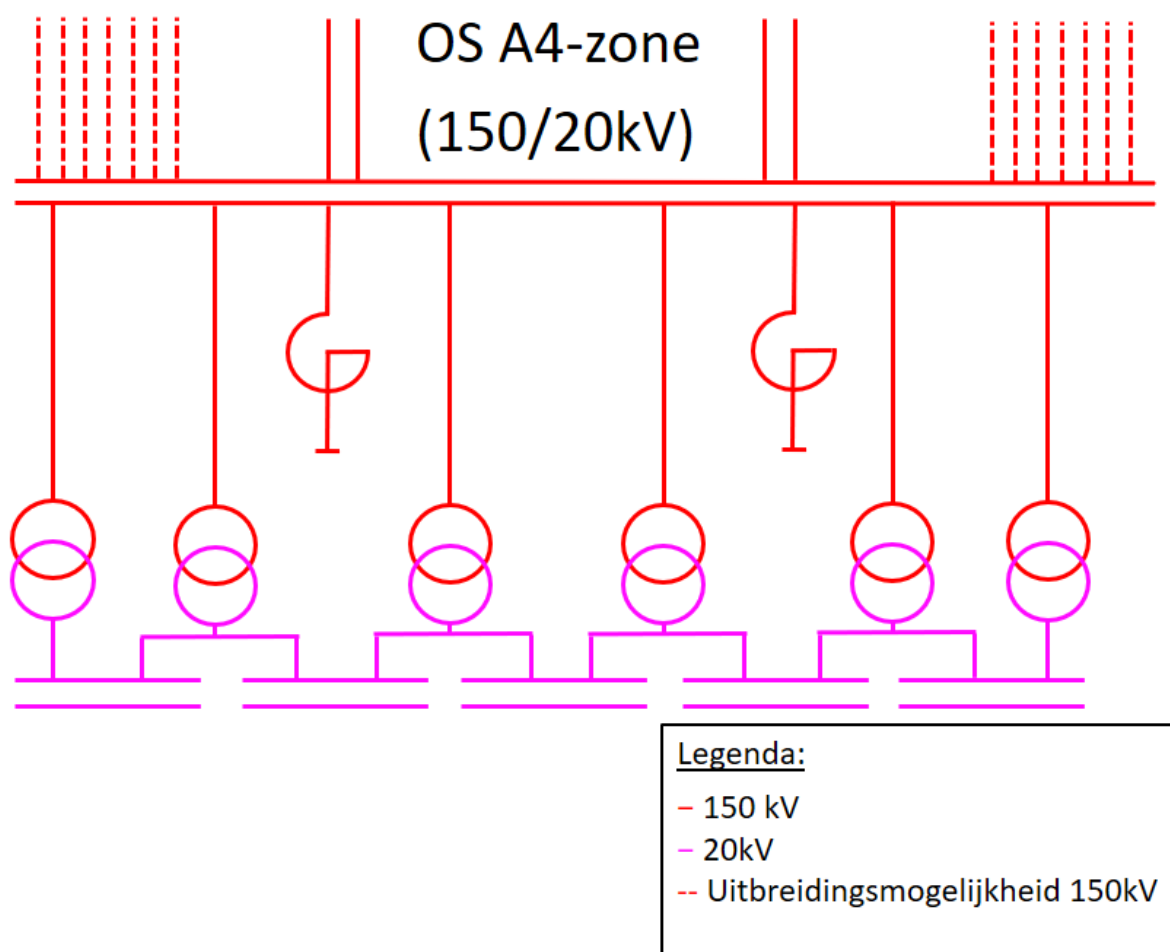
#### 2.1.1 LAY-OUT EN BEDRIJFSVOERING BIJ DE EINDSITUATIE

Het plangebied van onderstation bevindt zich aan de zuidzijde van de Incheonweg te Rozenburg. Aan de noord- en zuidzijde wordt het perceel afgebakend door een sloot. Aan de oost- en westzijde grenst het perceel aan enkele kassen.

Onderstation A4-zone is ontworpen als 150/20kV onderstation. Hierin zullen de 150kV stationsdelen eigendom van TenneT zijn en de 20kV stationsdelen en 150/20kV transformatoren eigendom van Liander. In het 150kV gedeelte is een 150kV-schakelinstallatie (type GIS) voorzien. Onderstation A4-zone wordt aangesloten op de bestaande 150kV-onderstations Vijfhuizen en Nieuwe Meer. Op de 150kV installatie worden daarnaast de voorziene transformatoren van Liander, de compensatiespoelen en eventuele toekomstige verbindingen (middels reservevelden) aangesloten. In de beoogde eindsituatie worden zes 150/20kV 80MVA transformatoren geplaatst. Rekening houdend met een enkelvoudige storingsreserve kan hiermee een energievoorziening van 400MVA, N-1 veilig op 20kV niveau worden gecreëerd. De beoogde eindsituatie is weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2.



Figuur 1: Lay-out stationsontwerp onderstation A4-zone, Eindsituatie (bron RTO-802-01-ST-CON.pdf), met kabels afgeknipt op de erfgrans, conform notitie [Referenties].)



Figuur 2: Schematische weergave OS A4-zone (bron: RTO-802-01-ST-CON.pdf)

Het station zal in de eindsituatie bestaan uit:

- Vier nieuwe 150kV verbindingen t.b.v. de 150kV voeding;
- Een nieuw gebouw met een dubbelrail 150kV GIS-installatie met sectioneringsscheiders;
- Zes nieuwe trafocellen die geschikt zijn voor 150/20kV 80MVA transformatoren;
- Een nieuw gebouw met vijf gesloten 20kV-schakelinstallaties type E (duplex configuratie, leverancier ABB). Alle 20kV-installaties hebben een bedrijfszeker vermogen van 80MVA;
- Twee 150kV-laadstroomcompensatiespoelen.

Voor de schakelinstallaties zijn de onderstaande velden voorzien:

- De 150kV installatie 1 zal bestaan uit:
  - 4 voedende 2500A velden;
  - 2 koppelvelden, 4000A;
  - 1 railscheidingsveld, 4000A;
  - 6 transformatorvelden, 2500A;
  - 2 compensatiespoelvelden, 2500A;
  - 14 reserve 2500A velden.

- De 20kV installaties 1,2,4 en 5 zullen bestaan uit:
  - 2 voedende 2500A velden;
  - 14 afgaande 630A velden.
- De 20kV installatie 3 zal bestaan uit:
  - 2 voedende 2500A velden;
  - 20 afgaande 630A velden.



### 3 Uitgangspunten en rekenscenario's

De gehanteerde uitgangspunten voor de magneetveldberekeningen van onderstation A4-zone zijn opgenomen in Bijlage 1, opgesplitst per spanningsniveau.

#### 3.1 Uitgangspunten rekenmodel

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 hoogspanningsstation gemodelleerd worden.

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

#### 3.2 Algemene rekenregels

De berekening van de 100 microtesla magneetveldcontour gaat uit van alle stroomvoerende geleiders met een spanning van 20 kV en hoger, binnen en buiten, zowel bovengronds als ondergronds. Voor de stromen door die geleiders zijn de volgende algemene rekenregels gehanteerd:

- De magneetvelddependente invloed van mogelijk aanwezige afscherming of metalen omhulsels wordt niet meegenomen in de berekeningen;
- De stromen in de geleiders van elk circuit, worden symmetrisch verondersteld;
- De grootte van de rekenstroom voor een stroomvoerende geleider bedraagt 100% van de ontwerpstroom voor die geleider/verbinding;
- De berekening wordt uitgevoerd voor beide mogelijke vermogensrichtingen in de rails van de 150kV en 20 kV schakelinstallaties;
- Voor de stroomvoerende geleiders van de 150 kV kabels wordt bij de berekening ervan uitgegaan dat de richting van het vermogenstransport van de kabels het station in is;
- De richting van het vermogenstransport van de afgaande 20kV kabels wordt verondersteld het station uit te zijn;
- Voor stroomvoerende geleiders binnen het station wordt ervan uitgegaan dat de richting van het vermogenstransport van de hoge naar de lage spanning is;
- Voor het railsysteem wordt verondersteld dat beide gehele rails de ontwerpstroom voeren.

#### 3.3 Rekenscenario's

Er zijn verschillende rekenscenario's mogelijk, waarbij de scenario's onderling verschillen door de gekozen combinatie van stroomrichtingen in de railsystemen van de 150kV schakelinstallatie en de vijf 20kV schakelinstallaties.

Door de opstelling van de vijf 20kV schakelinstallaties naast elkaar, in dezelfde richting leidt het scenario waarbij de railsystemen gelijke stroomrichting hebben tot de hoogste magnetische veldsterkte en daarmee de grootste omvang van de 100 microtesla magneetveldcontour. Om het aantal berekeningen te beperken zijn alleen scenario's met gelijke stroomrichtingen in de 20kV installaties doorgerekend.

De 100 microtesla magneetveldcontour is in het horizontale vlak op meerdere hoogtes boven maaiveld berekend.

De 100 microtesla magneetveldcontour is voor vier rekenscenario's doorgerekend. Deze rekenscenario's verschillen onderling door de gekozen stroomrichtingen in de railsystemen van de 150kV en 20 kV schakelinstallaties, zoals weergegeven in Tabel 1.

*Tabel 1: Gehanteerde stroomrichting per rekenscenario. Voor de leesbaarheid zijn verschillende stroomrichtingen verschillend van kleur weergegeven.*

Railsysteem	REKENSENARIO'S			
	1	2	3	4
150 kV installatie 1	→	→	←	←
20 kV installatie 1 t/m 5	→	←	→	←

Theoretisch zijn er 64 verschillende combinaties van vermogensrichtingen in de railsystemen mogelijk. Scenario's met tegengestelde vermogensrichting in de vijf 20 kV installaties zijn niet beschouwd, omdat deze een lager resulterend magneetveld zullen hebben. De vermogensrichting is in alle 20kV installaties gelijk gehouden, wat leidt tot het grootste magneetveld.

De gerapporteerde 100 microtesla magneetveldcontour van de eindsituatie wordt bepaald door de omhullende contour van de vier uitgevoerde berekeningen op de gespecificeerde hoogten; 0 meter en 2 meter boven maaiveld.

## 4 Resultaten magneetveldberekeningen

### 4.1 100 microtesla magneetveldcontour

In Figuur 3 en Figuur 4 zijn de 100 microtesla magneetveldcontouren van onderstation A4-zone weergegeven voor de eindsituatie (blauw). De 100 microtesla contour is berekend op 0m en 2m boven maaiveld. De magneetveldcontouren zijn geprojecteerd op een luchtfoto van de beoogde locatie van onderstation A4-zone. Figuur 3 toont de 100 microtesla magneetveldcontour berekend op 0 meter boven maaiveld en de in Figuur 4 getoonde 100 microtesla magneetveldcontour is voor 2 meter boven maaiveld bepaald.



*Figuur 3: 100 microtesla magneetveldcontour eindsituatie OS A4-zone (0 meter boven maaiveld)*



*Figuur 4: 100 microtesla magneetveldcontour eindsituatie OS A4-zone (2 meter boven maaiveld)*

Uit de berekeningen bij nominale belasting van alle componenten blijkt dat de 100 microtesla magneetveldcontour voor de eindsituatie van onderstation A4-zone geheel binnen de erfgrans van het onderstation blijft. In het gebied rondom onderstation A4-zone, wat toegankelijk is voor burgers, is het magneetveld ten allen tijden lager dan 100 microtesla.

## 5 Conclusie

Het doel van deze studie was tweeledig:

- Verschaffen van inzicht in de ligging van de 100 microtesla magneetveldcontour van onderstation A4-zone in de eindsituatie van het station;
- Verificatie dat de magneetveldcontour niet buiten de erfgrens van het station treedt.

Zoals uit de resultaten (zie hoofdstuk 4) blijkt, ligt de omhullende 100 microtesla magneetveldcontour in de beoogde eindsituatie in zijn geheel binnen de erfgrens van het onderstation. Op voor burgers toegankelijke locaties is geen sprake van overschrijding van deze waarde.

Het beoogde stationsontwerp voldoet hiermee aan de geldende EU richtlijnen ten aanzien van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden [1].

## Referenties

Onderstaande referentie is gebruikt:

- [1] EU publicatie 1999/519/EG, 'AANBEVELING VAN DE RAAD van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz', 12 juli 1999
- [2] RIVM, „Notitie 'Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding,“ Op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl, 3 november 2011.

## Bijlage 1    **Uitgangspunten onderstation A4-zone**

In deze bijlage zijn de gehanteerde uitgangspunten voor de magneetveldberekeningen van de 100 microtesla magneetveldcontour van onderstation A4-zone opgenomen.

### **Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone**

*Datum*                   : 26-01-2021

*Auteur*                   : Yuri van Geffen – Qirion

*Reviewer*               : Bert Hollander – Qirion

*Versie*                   : 1.2

*Dit document beschrijft de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij de bepaling van de 100 microtesla-magneetveldcontour van het nieuw te bouwen onderstation A4-zone.*

#### **1. Gehanteerde rekenmethodiek**

Door de Europese commissie worden grenswaarden aanbevolen voor de blootstelling van burgers aan elektrische en magnetische velden [1]. Deze grenswaarden gelden ook als aanbeveling in Nederland en voor 50 Hz magnetische velden bedraagt deze 100 microtesla.

Deze grenswaarde is ook van toepassing op kortstondige blootstelling van burgers. Bij berekening van de 100 microtesla magneetveldcontour wordt daarom uit gegaan van een worst-case situatie, waarbij alle stroomvoerende geleiders maximaal belast worden.

Dit is een situatie die in de praktijk niet voor zal komen. De op deze wijze bepaalde 100 microtesla-magneetveldcontour kan dus gezien worden als een veilig, toekomstbestendig maximum.

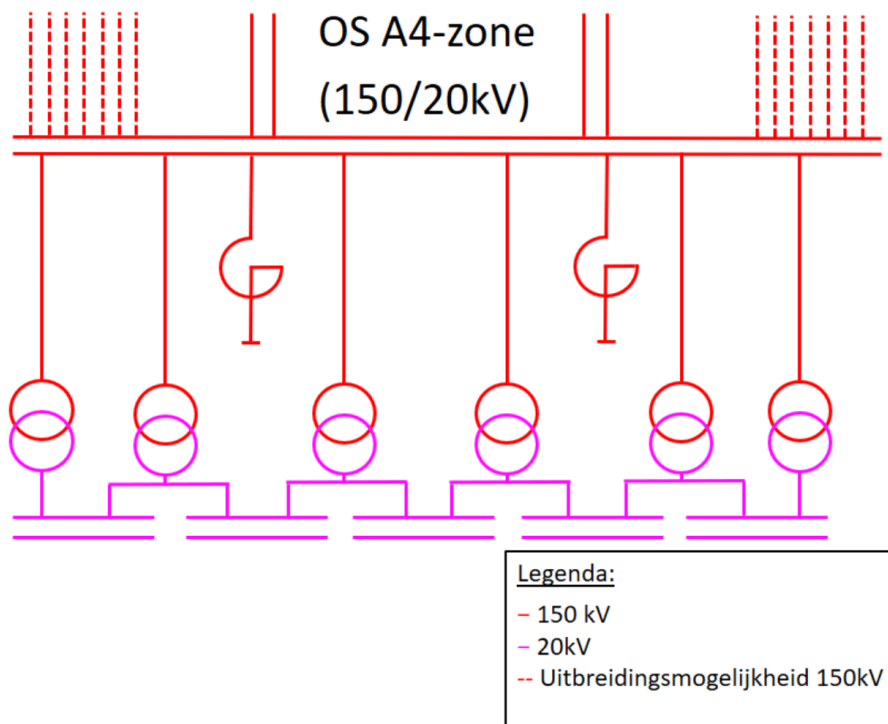
## Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

### 2. Nieuwbouw OS A4-zone

#### 2.1. Scope & lay-out van station A4-zone

In de omgeving van Hoofddorp is er een toenemende vraag naar elektriciteit. In dit gebied wordt volop ontwikkeld en zorgen enkele sectoren gezamenlijk voor deze groeiende vraag naar elektriciteit. De grootste bijdrage wordt hierbij gevormd door datacenters, grote tuinders, de groeiende vraag van Schiphol en woningbouw.

Onderstation A4-zone is ontworpen als 150/20kV onderstation met 150kV GIS-installatie. Het nieuwe onderstation wordt aangesloten op de bestaande 150kV-onderstations Vijfhuizen en Nieuwe Meer. Op het onderstation A4-zone wordt middels 6 stuks 80MVA 150/20kV transformatoren 400MVA N-1 veilig vermogen op 20kV niveau gecreëerd. Een schematische weergave van OS A4-zone is weergegeven in Figuur 1. Hiertoe zijn vijf 20kV-schakelinstallaties benodigd welke elk 80MVA belasting kunnen voeden. Ten behoeve van de compensatie van de laadstroom - als gevolg van de kabelverbindingen naar Vijfhuizen en Nieuwe Meer - zijn tevens twee laadstroomcompensatiespoelen op het stadionterrein voorzien.



Figuur 1: Schematische weergave OS A4-zone (bron: RTO-802-01-ST-CON.pdf)

In Figuur 2 (Bijlage 1) is de lay-out van onderstation A4-zone weergegeven in de eindsituatie. De schematische weergave van Figuur 1 sluit hierop aan. Het station zal in de eindsituatie bestaan uit:

- Vier nieuwe 150kV verbindingen t.b.v. de 150kV voeding;
- Een nieuw gebouw met een dubbelrail 150kV GIS-installatie met sectioneringsscheiders;



### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

- Zes nieuwe trafocellen die geschikt zijn voor 150/20kV 80MVA transformatoren;
- Een nieuw gebouw met vijf metaal omsloten luchtgeïsoleerde 20kV-schakelinstallaties. Alle 20kV-installaties hebben een bedrijfszeker vermogen van 80MVA;
- Twee 150kV-laadstroomcompensatiespoelen.

Voor de schakelinstallaties zijn de onderstaande velden voorzien:

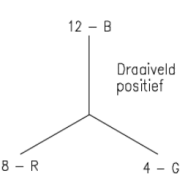
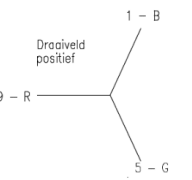
- De 150kV installatie 1 zal bestaan uit:
  - 4 voedende 2500A velden;
  - 2 koppelvelden, 4000A;
  - 1 railscheidingsveld, 4000A;
  - 6 transformatorvelden, 2500A;
  - 2 compensatiespoelvelden, 2500A;
  - 14 reserve 2500A velden.
- De 20kV installaties 1,2,4 en 5 zullen bestaan uit:
  - 2 voedende 2500A velden;
  - 14 afgaande 630A velden.
- De 20kV installatie 3 zal bestaan uit:
  - 2 voedende 2500A velden;
  - 20 afgaande 630A velden.

Voor de eindsituatie is de 100 microtesla-grenswaardecontour berekend, waarbij alle componenten met een spanningsniveau van 20 kV en hoger in de berekening zijn meegenomen.

## 2.2. Klokgetallen

De klokgetallen verschillen per spanningsniveau en zijn in onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 1: Klokgetallen schema OS A4-zone, eindsituatie

Spanningsniveau	150 kV			20 kV		
	U	V	W	U	V	W
Trafoaansluiting	12	4	8	1	5	9
Klokgetal						
	Bron: 'Klokgetallen-Adam-oud-PEN.pdf', 'S2003 - Definities klokgetallen v4.0.docx'					

## Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

### 3. Uitgangspunten berekening 100 microteslacontour OS A4-zone

De gehanteerde uitgangspunten voor de magneetveldberekening worden per spanningsniveau weergegeven. Voor het opbouwen van het 3D model is gebruik gemaakt van een groot aantal tekeningen van de beoogde eindsituatie. Enkele hiervan zijn in de bijlage opgenomen, de overige kunnen op verzoek verstrekt worden.

Ten tijde van het uitvoeren van deze berekening, in de studiefase van het project, waren enkele componentgegevens nog niet bekend. Voor de gegevens waar dit van toepassing is, is onderstaand "nog niet bekend" (of afgekort "n.n.b.") weergegeven.

#### 3.1. Algemene rekenregels

De berekening van de 100 microtesla magneetveldcontour gaat uit van alle stroomvoerende geleiders met een spanning van 20 kV en hoger, binnen en buiten, zowel bovengronds als ondergronds. Voor de stromen door die geleiders zijn de volgende algemene rekenregels gehanteerd:

- *De magneetvelddempende invloed van mogelijk aanwezige afscherming of metalen omhulsels wordt niet meegenomen in de berekeningen;*
- *De stromen in de geleiders van elk circuit, worden symmetrisch verondersteld;*
- *De grootte van de rekenstroom voor een stroomvoerende geleider bedraagt 100% van de ontwerpstroom voor die geleider/verbinding;*
- *De berekening wordt uitgevoerd voor beide mogelijke vermogensrichtingen in de rails van de 150kV en 20 kV schakelinstallaties;*
- *Voor de stroomvoerende geleiders van de 150 kV kabels wordt bij de berekening ervan uitgegaan dat de richting van het vermogenstransport van de kabels het station in is;*
- *De richting van het vermogenstransport van de afgaande 20kV kabels wordt verondersteld het station uit te zijn;*
- *Voor stroomvoerende geleiders binnen het station wordt ervan uitgegaan dat de richting van het vermogenstransport van de hoge naar de lage spanning is;*
- *Voor het railsysteem wordt verondersteld dat beide gehele rails de ontwerpstroom voeren.*

#### 3.2. Transformatoren

Aansluitend bij de notitie [2] van het RIVM worden de inwendige transformatorwikkelingen van de vermogenstransformator niet in het rekenmodel opgenomen. Dit geldt eveneens voor metaal omsloten laadstroomcompensatiespoelen, vanwege de vergelijkbare demping van de metalen afscherming zoals bij een vermogenstransformator plaatsvindt.

##### 80 MVA 150/20 kV TRANSFORMATOREN

Gegevens van de drie gemodelleerde 80 MVA 150/20 kV transformatoren:

- *Type transformatoren* : 80 MVA 150/21 kV
- *Fabrikant* : Is voor alle transformatoren nog niet bekend
- *Vector configuratie* : YNd1
- *Maatvoering en opstelling in een transformator cel* : Conform 'Opstellingstekening transformatorcel modulair bouwen 02.00.D02-001-LAYOUT1.pdf'.

### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

#### 3.3. 150 kV schakelinstallatie 1

- *Type installatie* : GIS, in pandig. Aanname type: Siemens 8DN8 170kV.  
(zie Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5)
- *Spanningsniveau* : 150 kV
- *Veldindeling* : Zie onderstaande *Tabel 2*.

*Tabel 2: Veldindeling 150 kV schakelinstallatie 1, station A4-zone, eindsituatie*

<b>Veldnummer Installatie 1</b>	<b>Type veld Installatie 1</b>
Veld 01	Reserveveld
Veld 02	Reserveveld
Veld 03	Reserveveld
Veld 04	Reserveveld
Veld 05	Reserveveld
Veld 06	Reserveveld
Veld 07	Reserveveld
Veld 08	Afgaand transformatorveld
Veld 09	Voedend kabelveld
Veld 10	Afgaand transformatorveld
Veld 11	Voedend kabelveld
Veld 12	Afgaand transformatorveld
Veld 13	Compensatiespoelveld
Veld 14	Koppelveld 1
Veld 15A	Langsscheidingsveld A-rail
Veld 15B	Langsscheidingsveld B-rail
Veld 16	Koppelveld 2
Veld 17	Compensatiespoelveld
Veld 18	Afgaand transformatorveld
Veld 19	Voedend kabelveld
Veld 20	Afgaand transformatorveld
Veld 21	Voedend kabelveld
Veld 22	Afgaand transformatorveld
Veld 23	Reserveveld
Veld 24	Reserveveld
Veld 25	Reserveveld
Veld 26	Reserveveld
Veld 27	Reserveveld
Veld 28	Reserveveld
Veld 29	Reserveveld

### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

- *Kenmerken:*
    - Dubbelrail op 150 kV, met langsscheidingsveld. Beide railsecties voorzien van dwars koppelveld, voedende kabelvelden en afgaande transformatorvelden.
    - De nominale stroombelastbaarheid van de hoofdrails bedraagt 4000 A,
    - Alle afgaande kabelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2500 A,
    - De nominale stroombelastbaarheid van de voedende velden bedraagt 2500 A,
  - *Grondscheema* : n.n.b., zie schematische weergave in Figuur 1
- Bij de berekening wordt ervan uitgegaan dat in de 150 kV installatie alle railsecties (dus zowel railsectie A1, A2, B1 én B2) de ontwerpbelasting voeren.

#### 3.4. 20 kV schakelinstallatie 1 t/m 5

- *Type installatie* : Type E (duplex configuratie, leverancier ABB), inpandig (zie Figuur 6)
- *Spanningsniveau* : 20 kV
- *Veldindeling* : Zie onderstaande Tabel 3.

Tabel 3: Veldindeling 20 kV schakelinstallatie 1,2,4 en 5 station A4-zone, eindsituatie

Veldnummer Installatie x = 1, 2, 4 en 5	Type veld Installatie 1, 2, 4 en 5	Veldnummer Installatie 3	Type veld Installatie 3
Veld x01	Afgaand kabelveld	Veld 301	Afgaand kabelveld
Veld x02	Afgaand kabelveld	Veld 302	Afgaand kabelveld
Veld x03	Afgaand kabelveld	Veld 303	Afgaand kabelveld
Veld x04	Afgaand kabelveld	Veld 304	Afgaand kabelveld
Veld x05	Afgaand kabelveld	Veld 305	Afgaand kabelveld
Veld x06	Voedend transformatorveld	Veld 306	Voedend transformatorveld
Veld x07	Afgaand kabelveld	Veld 307	Afgaand kabelveld
Veld x08	Afgaand kabelveld	Veld 308	Afgaand kabelveld
Veld x09	Afgaand kabelveld	Veld 309	Afgaand kabelveld
Veld x10	Afgaand kabelveld	Veld 310	Afgaand kabelveld
Veld x11	Voedend transformatorveld	Veld 311	Afgaand kabelveld
Veld x12	Afgaand kabelveld	Veld 312	Afgaand kabelveld
Veld x13	Afgaand kabelveld	Veld 313	Afgaand kabelveld
Veld x14	Afgaand kabelveld	Veld 314	Afgaand kabelveld
Veld x15	Afgaand kabelveld	Veld 315	Afgaand kabelveld
Veld x16	Afgaand kabelveld	Veld 316	Afgaand kabelveld
		Veld 317	Voedend transformatorveld
		Veld 318	Afgaand kabelveld
		Veld 319	Afgaand kabelveld
		Veld 320	Afgaand kabelveld
		Veld 321	Afgaand kabelveld
		Veld 322	Afgaand kabelveld

### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

- *Kenmerken:*
  - Dubbelrail op 20 kV niet met elkaar verbonden.
  - De nominale stroombelastbaarheid van de hoofd rails bedraagt 2500 A,
  - Alle afgaande kabelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 630 A,
  - De nominale stroombelastbaarheid van de voedende velden bedraagt 2500 A,
- *Grondschem* : n.n.b., zie schematische weergave in Figuur 1

Bij de berekening wordt ervan uitgegaan dat in alle 20 kV installaties beide rails (dus zowel rail A1 t/m A5 én B1 t/m B5) de ontwerpbelasting voeren.

#### 3.5. Kabelverbindingen

##### 3.5.1. Voedende 150 kV kabelverbindingen

De relevante uitgangspunten ten aanzien van de voedende 150 kV kabelverbindingen Vijfhuizen – A4-zone en Nieuwe Meer - A4-zone zijn overgenomen uit de beschikbare gegevens van de kabels, deze zijn deels opgenomen in de opmerkingen en tekstvakken in Figuur 2.

###### ALGEMENE GEGEVENS

- *Ondergrondse kabels* : 2x 150 kV kabels Vijfhuizen – A4-zone,  
2x 150 kV kabels Nieuwe Meer – A4-zone,
- *Aantal circuits* : 2 per verbinding
- *Type kabels per transformatorverbinding* : nog niet bekend. Aangenomen kabeltype:  
EYLKrvlwd 87/150 kV (3x)1x1200Alrm
- *Legconfiguratie*
  - kabelloop ondergronds : driehoek, conform Figuur 2;
  - kabelloop in stationsgebouw : platvlak van muur tot aan de GIS.
- *Hart op hart afstand* : 2,0 m, conform Figuur 2.
- *Dekking boven kabel* : 1,2m, standaard diepteligging.

###### CIRCUIT GEGEVENS

- *Circuitaanduiding* : n.n.b.
- *Spanning* : alle circuits 150 kV
- *Kabelbelastbaarheid* : n.n.b. Aanname: 962 A (250 MVA) per circuit
- *Ontwerpbelasting* : n.n.b. Aanname: 962 A (250 MVA) per circuit

###### GELEIDERGEGEVENS

- *Rekenstroombelasting* :
  - Verbinding Vijfhuizen – A4-zone Z : 962 A (100% van 962 A)
  - Verbinding Vijfhuizen – A4-zone W : 962 A (100% van 962 A)
  - Verbinding Nieuwe Meer – A4-zone Z : 962 A (100% van 962 A)
  - Verbinding Nieuwe Meer – A4-zone W : 962 A (100% van 962 A)
- *Configuratie en kabeltracé* : Conform Figuur 2 en kabelgegevens uit datasheet 'Prysmian 150kV EYLKrvlwd 1x1200 Alrm Pb1.6 85480323 20001072.pdf'

##### 3.5.2. 150 kV transformator- en compensatiespoelkabelverbindingen

De relevante uitgangspunten ten aanzien van de 150 kV transformator-kabelverbindingen en compensatiespoelkabelverbindingen vanaf de 150kV schakelinstallatie zijn overgenomen uit de beschikbare gegevens van de kabels, deze zijn deels opgenomen in de opmerkingen en tekstvakken in Figuur 2.

###### ALGEMENE GEGEVENS

- *Ondergrondse kabels* : 6x 150 kV transformator-kabels,  
2x 150 kV compensatiespoelkabels,

### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

- *Aantal circuits* : niet van toepassing
- *Type kabels per transformatorverbinding* : nog niet bekend. Aangenomen kabeltype: EYLKrvlwd 87/150 kV (3x)1x1200Alrm
- *Legconfiguratie*
  - *kabelloop ondergronds* : driehoek, conform Figuur 2.
- *Hart op hart afstand* : Conform Figuur 2.
- *Dekking boven kabel* : 1,2m, standaard diepteligging.

#### CIRCUIT GEGEVENS

- *Circuitaanduiding* : niet van toepassing
- *Spanning* : alle circuits 150 kV
- *Kabelbelastbaarheid* : n.n.b. Aanname: 385 A (100 MVA) per circuit
- *Ontwerpbelasting* : n.n.b. Aanname: 385 A (100 MVA) per circuit

#### GELEIDERGEGEVENS

- *Rekenstroombelasting* :
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Tr. 1* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Tr. 2* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Tr. 3* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Tr. 4* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Tr. 5* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Tr. 6* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Spoel 1* : 385 A (100% van 385 A)
  - *Verbinding 150kV GIS A4 – Spoel 2* : 385 A (100% van 385 A)
- *Configuratie en kabeltracé* : Conform Figuur 2 en kabelgegevens uit datasheet 'Prysmian 150kV EYLKrvlwd 1x1200 Alrm Pb1.6 85480323 20001072.pdf'

#### **3.5.3. Kabelverbinding tussen 150/20 kV transformatoren en 20 kV voedende velden**

De 20 kV verbindingen tussen de zes 150/20 kV transformatoren en de bijbehorende voedende velden in de 20 kV installatie bestaan uit éénfase kabels. De gehanteerde uitgangspunten zijn:

- *Aantal circuits* : totaal 30 (90 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 1 --> Installatie 1, veld 106* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 2 --> Installatie 1, veld 111* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 2 --> Installatie 2, veld 206* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 3 --> Installatie 2, veld 211* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 3 --> Installatie 3, veld 306* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 4 --> Installatie 3, veld 317* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 4 --> Installatie 4, veld 406* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 5 --> Installatie 4, veld 411* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 5 --> Installatie 5, veld 506* : 3 circuits (9 MS-kabels)
  - *Trafoverbinding Trafo 6 --> Installatie 5, veld 511* : 3 circuits (9 MS-kabels)
- *Type kabel per transformatorverbinding* : 3 circuits 1x630 Al
- *Legconfiguratie*
  - *kabelopvoer in transformatorcel* : plat vlak (zie Figuur 7)
  - *kabelloop ondergronds* : n.v.t.
  - *kabelloop in kelder 20 kV gebouw* : driehoek (zie Figuur 6)
- *Hart op hart afstand ondergronds* : 0,3m (zie Figuur 6)
- *Dekking boven kabel* : min. 0,7 m dekking

### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

- *Nominale transportcapaciteit*: : 2715 A per trafoverbinding <sup>1</sup>
- *Rekenstroombelasting* : 2715 A (101 MVA) per trafoverbinding <sup>1</sup>
- *Kabelloop op stationsterrein* : Conform Figuur 2.

#### 3.5.4. Afgaande 20 kV kabelcircuits 1x630AI

- *Type kabel* : YMeKrvaslqwd 12/20 kV 1x630 Alrm + as50
- *Aantal circuits* : 75
- *Nominale transportcapaciteit* : 575 A per kabelcircuit (19,9 MVA)
- *Rekenstroombelasting* : 575 A per kabelcircuit (19,9 MVA)
- *Kabelloop op stationsterrein* : Conform Figuur 2 en kabelgegevens uit datasheet 'TKF YMeKrvaslqwd 12-20 kV 1x630Alrm+as50.pdf'.

### 3.6. Rekenstromen

De rekenbelastingen voor het berekenen van de 100 microtesla magneetveldcontour in de eindsituatie van station A4-zone zijn in Tabel 4 verzameld.

De rekenstromen uit kolom 6 worden gehanteerd in het rekenmodel voor het bepalen van de 100 microtesla magneetveldcontour.

Tabel 4: Rekenstromen 100 microtesla magneetveldcontour station A4-zone, eindsituatie

Nr.	Omschrijving	Nominaal Vermogen	Nominale stroom	Rekenvermogen 100 $\mu$ T	Rekenstroom 100 $\mu$ T
		[MVA]	[A]	[MVA]	[A]
150 kV STATIONSDEEL					
1	150 kV verbinding Vijfhuizen - A4zone Z/W	250	962	250	962
2	150 kV verbinding Nieuwe Meer-A4zone Z/W	250	962	250	962
3	150kV rail A/B	1039	4000	1039	4000
4	Koppelvelden/Langsscheidingsveld	1039	4000	1039	4000
5	Kabelvelden	650	2500	650	2500
6	Transformatorvelden	650	2500	650	2500
7	Reservevelden	650	2500	650	2500
8	Compensatiespoelvelden	650	2500	650	2500
9	150kV transformatorcabels	100	385	100	385
10	Kabels en kabelopvoer t.b.v. compensatiespoelen	100	385	100	385
20 kV STATIONSDEEL					
11	20kV rail A1 installatie 1	90,9	2500	90,9	2500

<sup>1</sup> Conform bijlage 2 van document S8012



**Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour  
onderstation A4-zone**

Nr.	Omschrijving	Nominaal	Nominale	Rekenvermo	Rekenstroom
		Vermogen	stroom	gen 100 $\mu$ T	100 $\mu$ T
		[MVA]	[A]	[MVA]	[A]
12	20kV rail B1 installatie 1	90,9	2500	90,9	2500
13	20kV rail A1 installatie 2	86,6	2500	86,6	2500
14	20kV rail B1 installatie 2	86,6	2500	86,6	2500
15	20kV rail A1 installatie 3	86,6	2500	86,6	2500
16	20kV rail B1 installatie 3	86,6	2500	86,6	2500
17	20kV rail A1 installatie 4	86,6	2500	86,6	2500
18	20kV rail B1 installatie 4	86,6	2500	86,6	2500
19	20kV rail A1 installatie 5	86,6	2500	86,6	2500
20	20kV rail B1 installatie 5	86,6	2500	86,6	2500
21	20 kV afgaande kabelvelden t.b.v. 1x630AI Installatie 1, 2, 4 en 5	21,8	630	21,8	630
22	Afgaande 20 kV kabelcircuits 1x630AI, Installatie 1, 2, 4 en 5	19,9	575	19,9	575
23	20 kV afgaande kabelvelden t.b.v. 1x630AI Installatie 3	21,8	630	21,8	630
24	Afgaande 20 kV kabelcircuits 1x630AI, Installatie 3	19,9	575	19,9	575
25	Trafoverbinding Trafo 1 → Installatie 1 veld 106	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
26	Trafoverbinding Trafo 2 → Installatie 1 veld 111	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
27	Trafoverbinding Trafo 2 → Installatie 2 veld 206	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
28	Trafoverbinding Trafo 3 → Installatie 2 veld 211	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
29	Trafoverbinding Trafo 3 → Installatie 3 veld 306	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
30	Trafoverbinding Trafo 4 → Installatie 3 veld 317	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
31	Trafoverbinding Trafo 4 → Installatie 4 veld 406	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
32	Trafoverbinding Trafo 5 → Installatie 4 veld 411	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
33	Trafoverbinding Trafo 5 → Installatie 5 veld 506	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>
34	Trafoverbinding Trafo 6 → Installatie 5 veld 511	101,3	2715 <sup>2</sup>	101,3	2715 <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Conform bijlage 2 van document S8012



## **Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone**

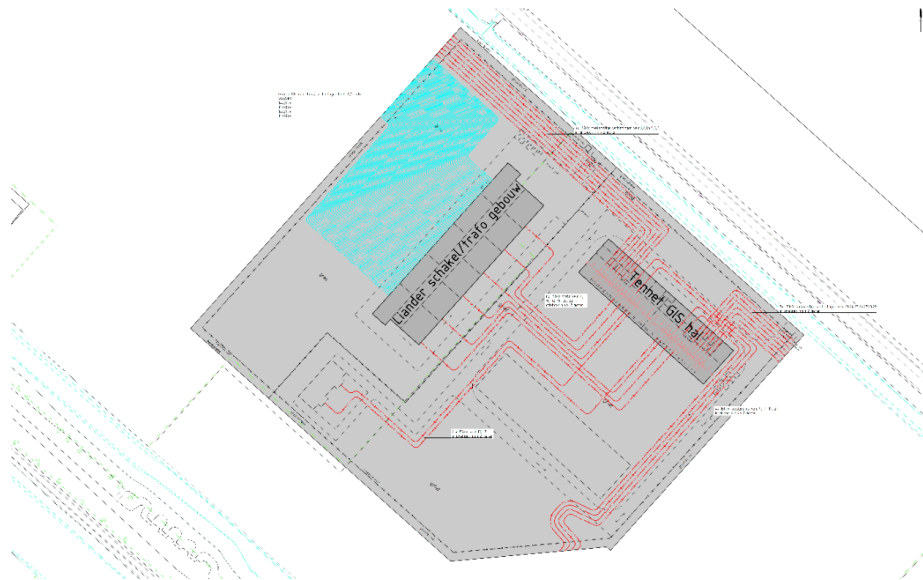
### **Referenties**

Onderstaande referenties zijn gebruikt:

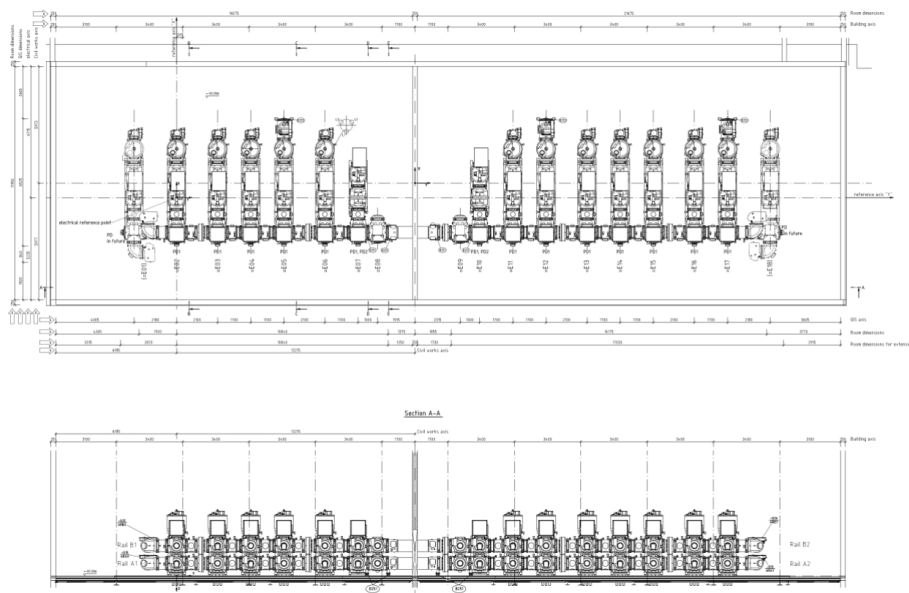
1. EU publicatie 1999/519/EG, 'AANBEVELING VAN DE RAAD van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz', 12 juli 1999
2. RIVM, „Notitie 'Afspraken over de rekenmethodiek voor de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding.” Op te vragen bij het RIVM via [hoogspanningslijnen@rivm.nl](mailto:hoogspanningslijnen@rivm.nl), 3 november 2011.

**Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone**

**Bijlage 1 : Eindsituatie onderstation A4-zone**

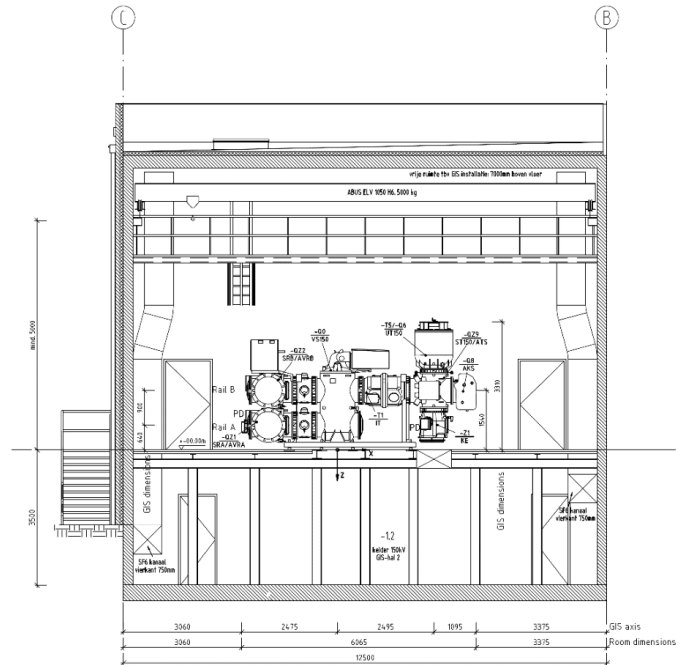


*Figuur 2: Lay-out stationsontwerp en kabelloop onderstation A4-zone: Eindsituatie (bron RTO-802-ST-CON.pdf, met kabels afgeknipt op de erfgrens, conform notitie [2])*

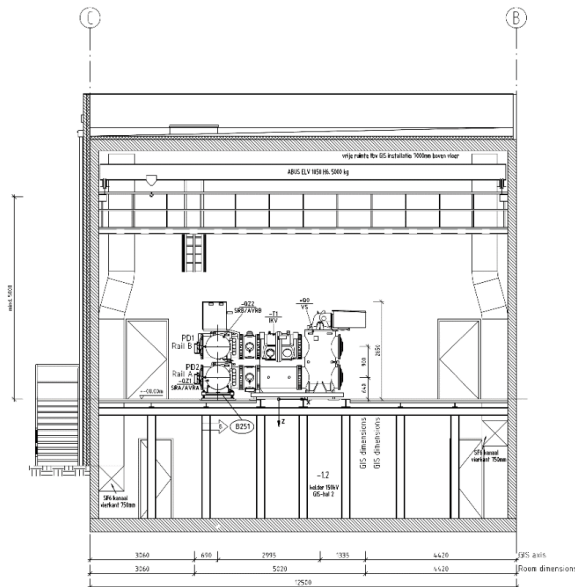


*Figuur 3: Bovenaanzicht en zijaanzicht gelijkende 150kV GIS-installatie (van OS Velsen, veldindeling wijkt af)*

**Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone**



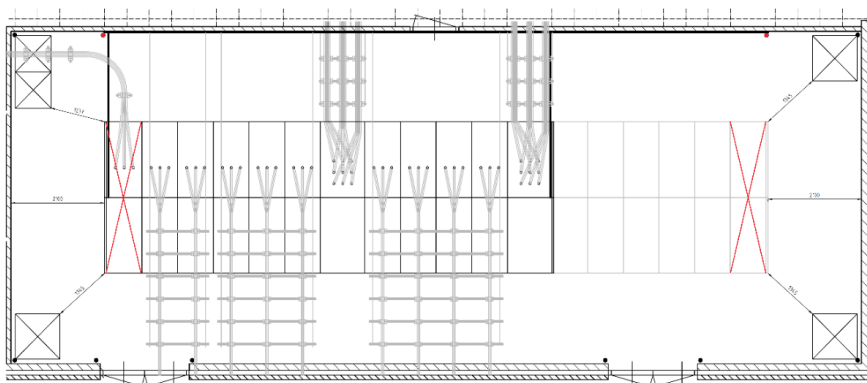
Figuur 4: Zijaanzicht GIS kabelveld dubbel Siemens 8DN8 170kV (in GIS-hal OS Velsen)



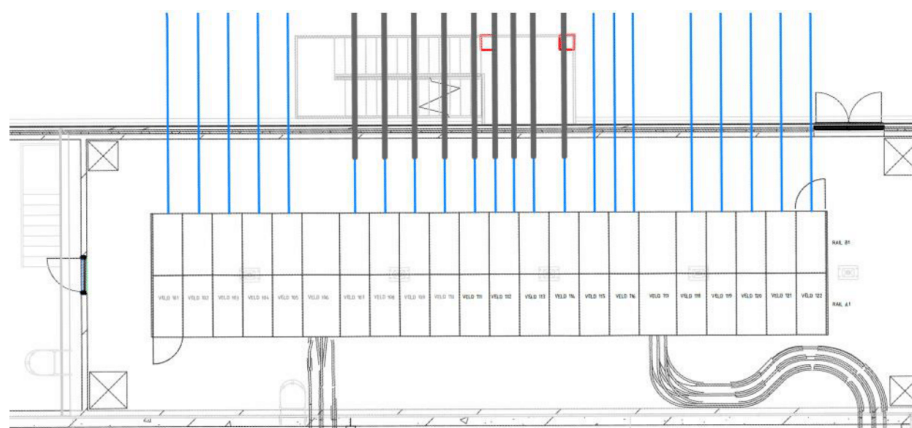
Figuur 5: Zijaanzicht GIS koppelveld Siemens 8DN8 170kV (in GIS-hal OS Velsen)

### Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour onderstation A4-zone

20kV Installatie 1, 2, 4 en 5 (16 velden, veld 6 en 11 voedend, buitenste velden niet benodigd):

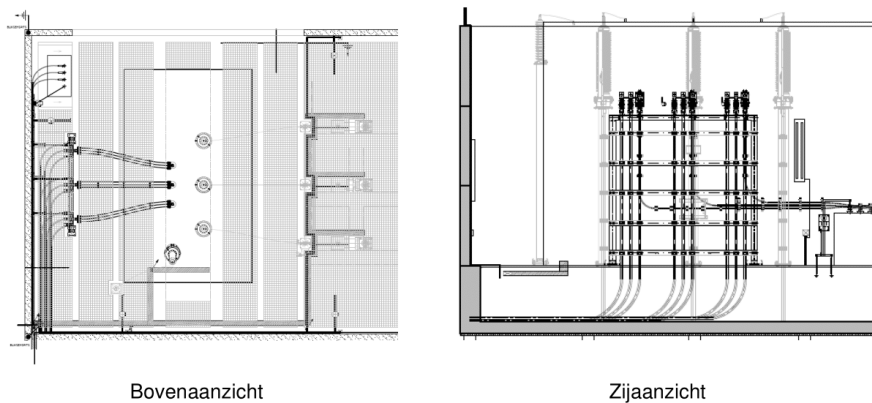


20kV Installatie 3 (22 velden, veld 6 en 17 voedend):



Figuur 6: Opstellingsplattegrond 20kV installaties (Installatie 1, 2, 4 en 5: bron: Opstellingstekening standaard bouwblok '03.00.D01-001-LAYOUT1.pdf', Installatie 3: overeenkomstig standaard bouwblok als toegepast bij OS IJburg 'RLI-691-01-BO-DEF.pdf')

**Uitgangspunten magneetveldberekening 100 microtesla-magneetveldcontour  
onderstation A4-zone**



*Figuur 7: Legconfiguratie kabelopvoer in transformatorcel (Opstellingstekening transformatorcel modulair bouwen Liander '02.00.D02-001-LAYOUT1.pdf')*