

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
ProRail Regio Noordoost
T.a.v. |
Lubeckplein 20
Postbus 503
8000 AM Zwolle
(Gebouw Schellepoort)

DATUM	29 januari 2016
UW REFERENTIE	
ONZE REFERENTIE	
BEHANDELD DOOR	
E-MAIL	
AANTAL BIJLAGEN	

BETREFT Aanvraag ontheffing spoorwegwet voor de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten 380 kV

Geachte

Hierbij ontvangt u een aanvraag om vergunning in het kader van artikel 19 lid 1 Spoorwegwet, ten behoeve van de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten 380 kV, inclusief de voor de realisatie benodigde bijbehorende werken. Om de aanleg van deze hoogspanningsverbinding mogelijk te maken is het noodzakelijk om op 2 verschillende locaties het spoor te kruisen. De spoorlijn Leeuwarden-Groningen wordt gekruist tussen mastnummers 648 - 649. De spoorlijn Sauwerd-Winsum wordt gekruist tussen de mastnummers 686 - 687.

Achtergrond

De energievoorziening in Europa en Nederland verduurzaamt. De hoeveelheid duurzaam opgewekte stroom groeit en daarmee de fluctuaties in het net. TenneT wil daarom tussen het hoogspanningstation Eemshaven-Oudeschip en het hoogspanningsstation Vierverlaten, een nieuwe 380 kV- hoogspanningsverbinding bouwen. Eemshaven (Oudeschip)-Vierverlaten 380kV draagt bij aan de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet zodat meer duurzaam opgewekte energie kan worden getransporteerd en vraag en aanbod over een groter gebied in balans kunnen worden gebracht.

Activiteiten

Deze spoorwegvergunningaanvraag omvat de volgende activiteiten:

- Het kruisen van de spoorlijn met 380 kV geleiders
- Het plaatsen van jukken nabij het spoor
- Het werken in de nabijheid van het spoor

In de onderstaande paragrafen gaan wij nader in op de hierboven genoemde activiteiten. Hierbij beschrijven wij de verschillende objecten, dan wel werkzaamheden die onder de betreffende activiteit vallen en verwijzen wij naar de verschillende bijlagen waarin deze objecten, dan wel werkzaamheden, nader omschreven worden of uitgewerkt zijn in (technische) tekeningen.

Spoorwegwetvergunning

Op grond van de Spoorwegwet, artikel 19 lid 1, is een vergunning nodig voor werkzaamheden op of in de nabijheid van het spoor.

Objecten/werkzaamheden

TenneT vraagt hierbij een spoorwegvergunning aan voor:

- Het kruisen van de spoorlijn Leeuwarden-Groningen tussen de mastnummers 648 - 649
- Het kruisen van de spoorlijn Sauwerd-Winsum tussen de mastnummers 686 - 687
- Het overbrengen van geleiders bij voorgenoemde spoorlijnen (plaatsen jukken + buitendienststelling)

Bijlagen

Gegevens relevant voor deze aanvraag zijn opgenomen in de volgende bijlagen:

- ALG000: Projectomschrijving
- ALG001: Overzichtstekening gehele tracé
- ALG002: Algemene informatie over Wintrackmasten
- WAB004: Lengteprofielen
- WAB005: Kadastrale gegevens per mastlocatie
- SPW001: Situatietekening met spoorse kilometrering
- SPW002: Werkbeschrijving
- SPW003: Tekening jukken
- SPW004: EMC studie

Belangrijke informatie

Op beide punten waar de nieuwe hoogspanningsverbinding kruist met het spoor, gaat het om zogenaamde viercircuitmasten. Ieder circuit bestaat uit vier kabels. Dit betekent dat er zestien 380 kV hoogspanningskabels het spoor kruisen; acht per paal. Daarnaast heeft iedere paal een bliksemdraad. De spoorlijn ter plaatse van de kruising tussen masten 648 – 649 heeft een bovenleiding. De spoorlijn ter plaatse van de kruising tussen masten 686 – 687 heeft geen bovenleiding. Voor beide situaties is rekening gehouden met de vereiste minimale afstand zoals ProRail die hanteert (WAB004). De EMC studie is reeds goedgekeurd door ProRail (SPW004).

Geldigheid vergunning/toestemming

Voor zover in een vergunning/toestemming een termijn van geldigheid wordt opgenomen, verzoeken u vergunning/toestemming te verlenen met een geldigheid van 3 jaar na onherroepelijk worden van het besluit.

Rijkscoördinatieregeling procedure

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 19 lid 1 Spoorwegwet is op grond van artikel 20c Elektriciteitswet j° artikel 2 lid 1 onder a Uitvoeringsbesluit rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten de Rijkscoördinatieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing (artikel 3.35). Hierbij is de minister van Economische Zaken de aangewezen minister voor de coördinatie.

In verband daarmee heeft de minister van Economische Zaken ons gevraagd het volgende op te nemen in deze aanvraag:

1. Ingevolge de Rijkscoördinatieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan de minister van Economische Zaken. TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.
2. In reactie op deze kopie van de aanvraag zal de minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerpbesluit gereed te hebben.
3. U wordt verzocht het ontwerpbesluit en later ook het besluit aan de minister van Economische Zaken te verzenden. Deze zal het besluit doorzenden naar TenneT.

Meer informatie over deze procedure is opgenomen in de projectomschrijving (ALG000).

Instandhoudingstermijn

Wij verzoeken u om de instandhoudingstermijn van de vergunning op vijf jaar te zetten. Reden hiervoor is dat de uitvoering van de werkzaamheden ongeveer drie jaar in beslag neemt en wij op dit moment nog niet

weten wanneer die termijn kan starten.

Correspondentie

Wij verzoeken u alle inhoudelijke correspondentie met betrekking tot deze aanvraag te richten aan:

Wij verzoeken u het ontwerpbesluit en het besluit te richten aan:

Wij verzoeken u de legesfactuur onder vermelding van **projectnummer** te richten aan:

Alleen in het geval wordt voldaan aan voorgaand verzoek, kunnen wij garanderen dat de betaling van de legesfactuur plaatsvindt binnen dertig dagen na ontvangst van de factuur.

Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met Bureau Energieprojecten, telefoon

Graag ontvangen wij een ontvangstbevestiging van deze aanvraag.

Uw nader bericht zien wij met belangstelling tegemoet.

Met vriendelijke groet,

VERGUNNINGAANVRAAG SPOORWEGWET

Meer informatie: lees de Handleiding Vergunningaanvragen, de Indieningvereisten en raadpleeg het zgn. "Witte Boekje"

Formulier dient volledig ingevuld bij de vergunningaanvraag gevoegd te worden, anders kan de aanvraag niet in behandeling worden genomen.

Werkdossier gegevens (in te vullen door ProRail)

Registratienummer	Paraaf
Registratiedatum ontvangst	
Dossiernummer regio	Regio
Risico Klasse	
Type boring	
Datum goedkeuring	
Revisiedatum	

Gegevens vergunninghouder

Naam	
Postbus/adres	
Postcode/Plaats	
Contactpersoon	
Telefoon	
Emailadres	
Nummer KvK	

Gegevens Ingenieursbureau/Waarnemer

Naam	
Postbus/adres	
Postcode/Plaats	
Contactpersoon	
Telefoon	
Emailadres	

Pers-/booraannemer

Naam	
Postbus/adres	
Postcode/Plaats	
Contactpersoon	
Telefoon	
Emailadres	

Kabel-/Leidingbedrijf dat kabel-/leidingwerk uitvoert

Naam	
Postbus/adres	
Postcode/Plaats	
Contactpersoon	
Telefoon	
Emailadres	

Locatie

Geo-code	
Baanvak	
Km	74.5 1.2 – 1.3
Straatnaam (indien mogelijk) en gemeente	Kruising spoorlijn Leeuwarden-Groningen, mast 648-649 Kruising spoorlijn Sauwerd-Winsum, mast 686-687
Geplande startdatum	n.t.b.
Datum aanvraag	29 januari 2016
Naam Ondertekenaar	
Handtekening Ondertekenaar	

NB: Bij een verlegging als gevolg van een ProRail werk dient de naam van dat betreffende project, de naam van de procesleider K&L van GJZ en de objectcode te worden vermeld.

ProRail	IN TE VULLEN T.B.V. VERGUNNINGAANVRAAG KABELS EN LEIDINGEN		
	Uitvoeringswijze (bij meerdere leidingen: vul het specificatieformulier in)		
Voldoet aan het Witte boekje	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee, want		
Wijze van kruisen	Bijzonderheden		
<input type="checkbox"/> Persing OFT			
<input type="checkbox"/> Persing GFT			
<input type="checkbox"/> Boring HDD		Boorgat Ø mm	
<input type="checkbox"/> Bestaande beschermbuis			
<input type="checkbox"/> Viaduct of tunnel			
<input type="checkbox"/> Open ontgraving			
<input checked="" type="checkbox"/> Bovengronds	380 kv hoogspanningsverbinding boven het spoor. Zie bijlage SPW001		

Gegevens beschermingsbuis (bij meerdere beschermbuizen: vul het specificatieformulier in)

Type Buis	Inw Ø mm	Uitw Ø mm	SDR	PE	Bijzonderheden
<input type="checkbox"/> HPDE					
<input type="checkbox"/> Impressor					
<input type="checkbox"/> Wavistrong					
<input type="checkbox"/> Hobas					
<input type="checkbox"/> Zublin					
<input type="checkbox"/> Beton					
<input type="checkbox"/> Staal					
<input type="checkbox"/> ander, namelijk					
Diepte t.o.v. maaiveld (HDD)					
Diepte t.o.v. BS (OFT/GFT)					

Leidinggegevens (bij meerdere leidingen: vul het specificatieformulier in)

Door te voeren medium				
Materiaal leiding				
Indien HDPE	<input type="checkbox"/> SDR		<input type="checkbox"/> PE	
Uitwendige diameter				
Inwendige diameter				
Maximale werkdruk				
Kathodische bescherming	<input type="checkbox"/> ja		<input type="checkbox"/> nee	

Kabelgegevens (bij meerdere kabels: vul het specificatieformulier in)

Soort	Bijzonderheden	Voltage	Aantal
<input type="checkbox"/> Zwakstroom			
<input type="checkbox"/> Laagspanningskabel			
<input type="checkbox"/> Hoogspanningskabel			
<input type="checkbox"/> Telecomkabel			
<input type="checkbox"/> Glasvezelkabel			
<input type="checkbox"/> Loze HDPE-buis			
<input type="checkbox"/> O			

Extra voor gas-/pijpleidingen voor vloeibare aardolieproducten

Wijze van geleiding	
Soort verbindingen	
Wordt een kathodische bescherming aangebracht	

Extra voor vrijvalriolleidingen

Kwaliteit rioolwater	
----------------------	--

IN TE VULLEN T.B.V. VERGUNNINGAANVRAAG BOUWWERKEN

Duur bouwwerk

Tijdelijk: ja/ nee

Zo ja, wat is de beoogde instandhoudingstermijn?

Permanent bouwwerk

.....

Gebruik van het bouwwerk

Wat is het gebruik van het bouwwerk?

Hoogspanningsverbinding 380 kV

.....

Uitvoeren van de bouwwerkzaamheden, gegevens derden

Gegevens hoofdaannemer

Naam:

Adres:

Gegevens onderaannemer

n.t.b.

Naam:

.....

Adres:

.....

.....

Situering van het gebouw

Afstand van het gebouw t.o.v. het hart van het dichtstbijzijnde spoor:

Zie bijlage SPW001

.....

Hoogte van het gebouw t.o.v. bovenkant spoorstaaf:

.....

Materieel

Van welk materieel wordt gebruik gemaakt tijdens de bouwwerkzaamheden:

zie bijlage ALG002

.....

(v.b. kranen / heistellingen)

Overig te plaatsen tijdelijke objecten ten behoeve van het werk.

Containers, dixie, bouwketen, etc.

n.t.b.

.....parkeerplaatsen

Overige werkzaamheden ten behoeve van het werk.

Bomen/beplantingen/hekwerken, :

n.t.b......

.....parkeerplaatsen

Overige aan te leveren bescheiden (N.B. geef aan welke documenten worden aangeleverd)

- Gegevens en bescheiden in relatie tot de stabiliteit van de spoorbaan;
- Belastingen en belastingcombinaties (sterkte en stabiliteit) van alle (te wijzigen) constructieve delen van het bouwwerk voor zover die van invloed kunnen zijn op de spoorweginfrastructuur;
- Onderzoeksrapporten geotechnische bodemgesteldheid;
- Hei- en/of boorplannen inclusief bijbehorende trillingsrapporten;
- Palenplan(nen);
- Bronbemaling-/grondwateronttrekkingsplan(nen);

- Grondverzetplan(nen);
- Te gebruiken (en eventueel achterblijvende) hulpconstructies;
- Onderzoeksrapport(en) zon- en lichtreflecties op het spoorverkeer;
- De locatie(s) van eventueel te plaatsen kranen en de te nemen maatregelen ter voorkoming van lastvlucht boven een in dienst zijnd spoor;
- Bij het realiseren van windturbines een rapport conform "Handboek Risicozonering Windturbines vigerende versie.

Gegevens en bescheiden in relatie tot het gebruik van het werk dat van invloed kan zijn op het gebruik van de spoorweginfrastructuur: zie indieningsvereisten hoofdstuk 3.3

Gegevens en bescheiden in relatie tot de toegankelijkheid van de spoorweginfrastructuur: zie indieningsvereisten hoofdstuk 3.4

Bouwwerken en werkzaamheden van beperkte invloed: zie indieningsvereisten hoofdstuk 4.1

IN TE VULLEN T.B.V. VERGUNNINGAANVRAAG WERKZAAMHEDEN

- plaatsen erfafscheidingen (waaronder hekwerken, schuttingen, e.d.)
- aanleg/instandhouding sloten
- bodemonderzoek
- evenementen
- anders nl **Tijdelijk bouwterrein**

Aannemer

Uitvoerende aannemer **n.t.b**

Overig te plaatsen tijdelijke objecten ten behoeve van het werk.

Bv. containers, dixie, bouwketen : **n.t.b**.....

Toelichting

Toelichting op de werkzaamheden : **zie bijlage ALG002**

.....
.....
.....
.....

Bijlage 1
Projectomschrijving



ALG000
Projectomschrijving

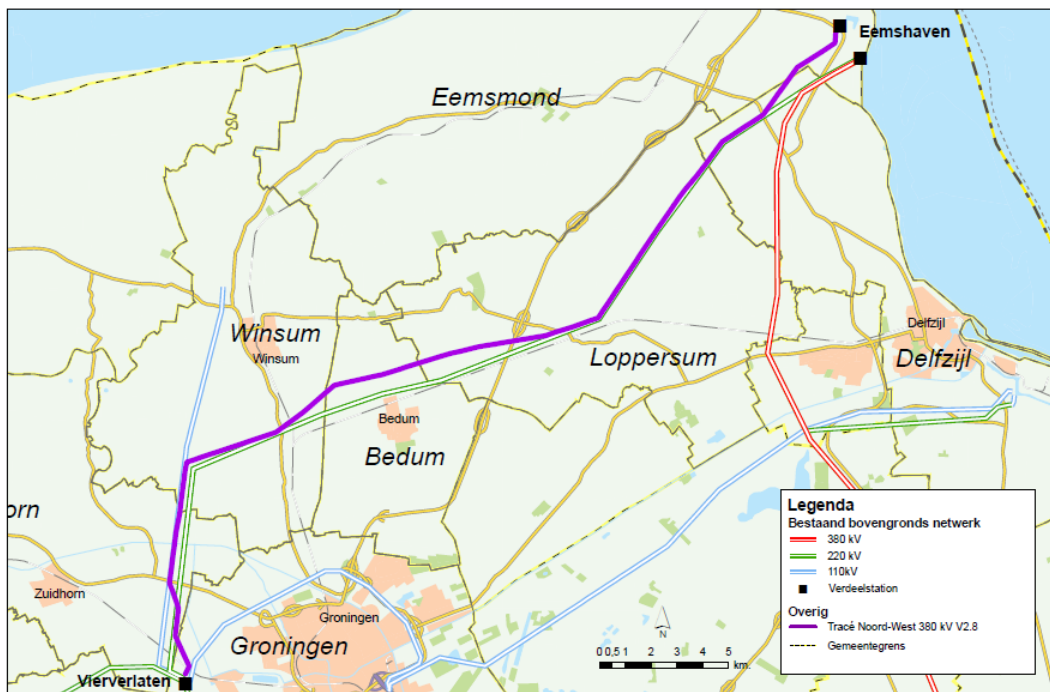
ONDERWERP: PROJECTOMSCHRIJVING EEMSHAVEN OUDESCHIP – VIERVERLATEN 380 KV**VERSIE: 19-01-2016**

1. Inleiding

Dit document betreft een projectomschrijving, specifiek voor de onderhavige aanvraag spoorwegwetvergunning. Naast een algemene omschrijving van het project "Noord-West 380kV Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten" en de noodzaak voor realisatie van deze nieuwe verbinding, volgt een omschrijving van het algemene werkproces. Dit als indicatie van de fysieke werkzaamheden die straks plaats zullen vinden en de doorlooptijd hiervan. De aannemer voorziet in een later stadium in gedetailleerde werkplannen en werkplanningen. Tot slot volgt een opsomming van alle bijlagen die bij deze aanvraag gevoegd zijn. Per bijlage wordt kort toegelicht welke informatie in die bijlage te vinden is en worden eventuele bijzonderheden toegelicht.

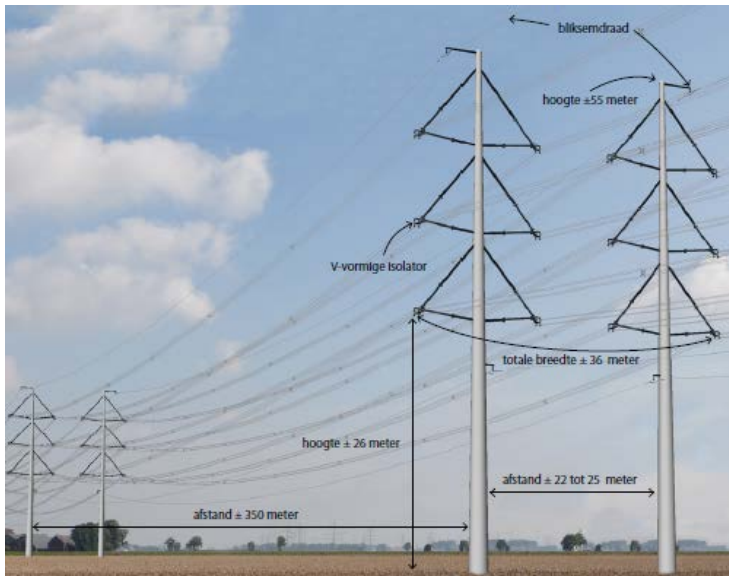
1.1 Nut, noodzaak en project

De energievoorziening in Europa en Nederland verduurzaamt. De hoeveelheid duurzaam opgewekte stroom groeit en daarmee de fluctuaties in het net. Tennet wil daarom tussen het hoogspanningstation Eemshaven-Oudeschip en het hoogspanningsstation Vierverlaten, een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding bouwen. Het project "Noord-West 380kV Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten" draagt bij aan de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet zodat meer duurzaam opgewekte energie kan worden getransporteerd en vraag en aanbod over een groter gebied in balans kunnen worden gebracht.



Afbeelding 1: Tracé nieuwe 380 kV verbinding

Voor het bouwen van de verbinding wordt een nieuw type mast gebruikt: de Wintrackmast. Deze mast heeft door zijn ranke vormgeving minder effect op het landschap. Hij bestaat uit twee pilaarvormige palen en is witgrijs van kleur. Een belangrijke eigenschap van de Wintrackmast is dat deze een compact magneetveld heeft.



Afbeelding 2: Standaard Wintrackmast

1.2 Vier circuits 380 kV

De verbinding Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten wordt gebouwd als 4 x 380 kV verbinding die in eerste instantie wordt bedreven op 2-circuits. Dit betekent dat de masten en de fundering worden gebouwd voor een 4-circuit 380 kV verbinding, maar dat in eerste instantie 2 circuits worden opgehangen. In de praktijk betekent dit dat er in eerste instantie alleen aan de binnenzijde van de masten geleiders worden opgehangen. De masten 648 (nabij station Vierverlaten) tot 673 (Brillerij) worden direct uitgevoerd met 4 circuits. Dit zodat ook de parallel lopende 110kV verbinding tussen station Vierverlaten en Winsum hierin wordt opgehangen.

Doordat op de lange termijn wordt verwacht dat de behoefte aan transportcapaciteit stijgt, is er gekozen om de verbinding voor te bereiden op 4 circuits 380 kV, zodat in een later stadium ook aan de buitenzijde geleiders opgehangen kunnen worden. Hiermee heeft de verbinding voldoende capaciteit om de voorziene transportstromen op korte en lange termijn te faciliteren, terwijl er bovendien toekomstige uitbreidingsmogelijkheden ontstaan zonder dat tijdrovende procedures moeten worden doorlopen of op dat moment een volledig nieuwe verbinding gebouwd zal moeten worden. Hierdoor wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan de behoefte uit de energietransitie aan flexibele en toekomstbestendige oplossingen die snel en eenvoudig in kunnen spelen op ontwikkelingen. Een groot voordeel hiervan is dat als de uitbreiding nodig is, de kosten aanvaardbaar zijn, er geen extra ruimte nodig is en er minimale werkzaamheden hoeven plaats te vinden. Dit beperkt ook de overlast voor de omgeving.

1.3 Werkproces

Tijdens het bouwen van de hoogspanningsverbinding is werkverkeer nodig in de omgeving van de mastlocaties. Uitgangspunt hierbij is dat dit werkverkeer zoveel mogelijk routes aanhoudt die het minste overlast veroorzaken. Ook is groot transport nodig, bijvoorbeeld voor het aanleveren van de onderdelen van

de masten. De uitvoerende aannemer stemt dit transport voorafgaand aan de start van de werkzaamheden met de gemeente af. Bij de aanleg van de nieuwe verbinding kan het gebeuren dat wegen tijdelijk worden afgesloten en daarom omleidingen noodzakelijk zijn. Ook deze afsluitingen worden door de uitvoerende aannemer tijdig met de gemeente afgestemd.

Ook wordt tijdelijke bouwinfra (werkterreinen, bouwwegen en inritten) aangelegd om de mastlocaties te kunnen bereiken. Het streven is om van de doorgaande weg zo snel mogelijk naar de bouwplaats te komen, via een openbare weg of via een tijdelijke bouwweg. De realisatie van de bouwinfra maakt onderdeel uit van de aan te vragen vergunningprocedures.

Voor de aanlegwerkzaamheden van de bovengrondse verbinding worden grofweg de volgende stappen doorlopen: het gereed maken van de bouwplaats en tijdelijke bouwwegen, het aanleggen van de fundering (inclusief bronbemaling), de montage van de mast, het trekken van de geleiders en het weer opruimen van de werklocatie. Zodra alle masten gebouwd zijn worden de geleiders ingehangen. Pas nadat de geleiders in alle masten gehangen zijn en de goede werking van de verbinding is getest, wordt de tijdelijke bouwinfra opgeruimd. Ook het amoveren van oude verbindingen gebeurt in de meeste gevallen pas als de nieuwe verbinding in bedrijf is genomen. Op enkele plaatsen wordt vanwege ruimtegebrek, eerst de huidige verbinding gesloopt.

Bovenstaande betekent dat tijdelijke bouwwegen gedurende 3 jaar in stand moet blijven. Daarna wordt alles ontmanteld en worden terreinen en gronden in oorspronkelijke staat teruggebracht. Met de verschillende grondeigenaren zijn hierover afspraken gemaakt en worden overeenkomsten gesloten.

2. Milieueffectrapport

De besluitvorming over het tracé en de uitvoeringswijze van de verbinding heeft plaats gevonden na vergelijking van de verschillende alternatieven waaronder (milieu)effecten en kosten. De vergelijking vindt plaats in het milieueffectrapport (MER). In het MER is onderzocht welke invloeden de hoogspanningsverbinding heeft op het milieu. Van verschillende alternatieven voor het tracé en de uitvoering van de verbinding zijn de milieueffecten bepaald. De effectenvergelijking maakt een zorgvuldig besluit mogelijk.

3. Rijkscoördinatieregeling

Op grond van artikel 20c Elektriciteitswet is op het project "Noord-West 380kV Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten", de Rijkscoördinatieregeling van toepassing. De Rijkscoördinatieregeling voorziet in een gecoördineerde en parallelle besluitvorming van de vereiste besluiten. Dit betekent dat vereiste uitvoeringsbesluiten gecoördineerd worden voorbereid en gelijktijdig met het inpassingsplan bekend worden gemaakt.

In het inpassingsplan is voorzien in de nieuwe bovengrondse 380kV verbinding en ondergrondse aanleg van een aantal 110 kV verbindingen over korte lengte (bij Brillerij in de gemeente Winsum en nabij hoogspanningsstation Vierverlaten). Ook zijn binnen de reikwijdte van dit plan de tijdelijke bouwwegen, alsmede de tijdelijke 150 kV masten voorzien. Dit inpassingsplan maakt de nieuwe verbinding dan ook planologisch mogelijk. De ingekomen aanvragen toetst u derhalve niet aan het vigerende bestemmingsplan, maar aan het inpassingsplan.

Uitzondering hierop zijn enkele bouwwegen, werkterreinen en inritten die (deels) buiten de grens van het inpassingsplan vallen. Bij deze aanvraag zijn tekeningen gevoegd (WAB003) waarop deze objecten duidelijk aangegeven zijn. Voor deze objecten vragen wij een Omgevingsvergunning uitvoeren Werk of werkzaamheden aan, in combinatie met een Omgevingsvergunning Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening.

De Rijkscoördinatierегeling is bedoeld om sneller besluiten te kunnen nemen, zonder dat dit ten koste gaat van de zorgvuldigheid van de besluitvorming en van de mogelijkheden voor burgers om hierover hun mening te kunnen geven.

De ministers van Economische Zaken (EZ) en van Infrastructuur en Milieu (IenM) zijn het bevoegd gezag voor het project. Zij zijn verantwoordelijk voor de ruimtelijke ontwikkeling van en besluitvorming over de nieuwe verbinding. De ministers bepalen waar deze komt en hoe deze eruit komt te zien. Tijdens de procedure adviseert TenneT de ministers over technische zaken, bouwkosten en over de verschillende mogelijke tracés. Vervolgens is TenneT verantwoordelijk voor het bouwen van de verbinding en voor het beheer nadat deze in gebruik is genomen.

De Rijkscoördinatierегeling schrijft een procedure voor die op een aantal punten afwijkt van de reguliere procedures. Hieronder worden deze afwijkingen kort omschreven.

1. De Rijkscoördinatierегeling volgt de stappen van de uniforme openbare voorbereidingsprocedure uit de Algemene wet bestuursrecht (afdeling 3.4 Awb). Dit betekent dat voor ieder besluit dat genomen wordt, eerst een ontwerpbesluit wordt genomen.
2. Na ontvangst van de vergunningaanvraag moet één exemplaar hiervan doorgestuurd worden naar het ministerie van EZ. Omdat TenneT een afschrift van de aanvraag naar EZ stuurt hoeft u dat niet te doen.
3. Het ontwerpbesluit en het definitieve besluit worden door het bevoegd gezag aan EZ gestuurd, ondanks het feit dat de aanvraag en eventuele aanvullingen namens TenneT worden toegestuurd.
4. Het ministerie van EZ en IenM bepalen op welke datum het (ontwerp)besluit moet worden afgegeven. Deze data worden per brief door het ministerie aan het bevoegd gezag kenbaar gemaakt (spoorboekje).
5. De ter inzage legging van de (ontwerp)besluiten tezamen met het inpassingsplan alsmede de publicatie van de besluiten wordt door het ministerie van EZ verzorgd. Een eigen publicatie is dan ook niet aan de orde.

Voor vragen omtrent de Rijkscoördinatierегeling kunt u terecht bij Bureau Energieprojecten, telefoon 070 379 8979.

4. De aanvraag

De activiteiten waarvoor deze aanvraag wordt ingediend, zijn omschreven in het begeleidend schrijven. In totaal heeft u voor het project "Noord-West 380kV Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten", de volgende vergunningaanvraag ontvangen:

- Vergunning Spoorwegwet (kruisen spoorlijn Leeuwarden-Groningen tussen mastnummers 648 – 649 en kruisen spoorlijn Sauwerd-Winsum tussen de mastnummers 686 – 687 en het overbrengen van geleiders bij voorgenoemde wegen (plaatsen jukken + buitendienststelling))

Dit schrijven maakt onderdeel uit van de onderhavige aanvraag. In onderstaande paragrafen wordt voor bepaalde activiteiten een aanvullende toelichting gegeven. Deze toelichting is bedoeld als context bij de diverse bijlagen.

4.1 Tijdelijke jukken

Om de geleiders veilig tussen de masten, en dus boven het spoor, te kunnen trekken, worden zogenaamde jukken geplaatst. Deze tijdelijke constructies komen aan weerszijden van het spoor. Tussen de jukken komt een niet geleidend net te hangen. Hiermee kunnen de geleiders gemonteerd worden én kan het reguliere treinverkeer gewoon doorgang vinden. Een eventueel vallende geleider wordt immers opgevangen door het net. Om de jukken te kunnen plaatsen en het net te kunnen spannen is eventueel een treinvrije nachtperiode voldoende. Afstemming over de details van de werkzaamheden en de exacte planning zal de aannemer verzorgen voorafgaand aan de start van de werkzaamheden.

4.2 EMC

TenneT heeft ten behoeve van de uitvoering van de werkzaamheden een EMC studie uitgevoerd (inclusief inventarisatie kabels, leidingen en objecten, beoordeling en het ontwerpen van maatregelen). Tijdens het uitvoeren van deze studie zijn diverse overleggen met ProRail gevoerd, teneinde de EMC studie conform de Richtlijn 00398 uit te voeren. De EMC studie is meerdere malen besproken met Nico Huurman en inmiddels akkoord bevonden door ProRail. Afstemming over de uit te voeren maatregelen vindt plaats voorafgaand aan de start van de werkzaamheden.

5. Leeswijzer bijlagen

Voor de volledigheid volgt hieronder een schematisch overzicht van de bijlagen behorende bij onderhavige aanvraag:

Bijlage	Betreft	Inhoud
ALG000	Projectomschrijving	Nadere toelichting op het project en specifieke bijzonderheden binnen de aanvraag. De leeswijzer bevat een volledig bijlageoverzicht.
ALG001	Overzichtstekening gehele tracé	Overzichtstekening van het gehele tracé Eemshaven (Oudeschip) – Vierverlaten.
ALG002	Algemene informatie over Wintrackmasten	Informatie over de nieuwe Wintrack II masten.
WAB004	Lengteprofielen	Aanzichtstekeningen van de mastverbinding. Deze tekeningen geven de hoogte van de masten aan evenals de hoogte van de geleiders. Per mast worden de x- en y coördinaten aangegeven.
WAB005	Kadastrale gegevens per mastlocatie	Overzichtstekeningen van de mastverbinding inclusief kadastrale gegevens.
SPW001	Situatietekening met spoorse kilometrering	Situatietekening van de spoor kruisingen inclusief spoorse kilometrering.
SPW002	Werkbeschrijving	Toelichting kruisingsmethodiek spoorwegen
SPW003	Tekening jukken	Principetekeningen van de jukken
SPW004	EMC studie	EMC studie

Bijlage 2
Overzichtstekening gehele tracé

Noord • West 380kV

Tracé EOS-VVL



Legenda

- Bestaand bovengronds netwerk
- 380 kV
- 220 kV
- 110kV
- Alternatieven
- Tracé Noord-West 380 kV V2.9
- Te verwijderen verbinding
- Station VVL2

Versie	Definitief	Datum	6-1-2016
Schaal	1:42.000	Formaat	70 x 100
Kenmerk	p_nw380_ALG001		

0 0,5 1 2 5 Kilometers

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT.

Bijlage 3

Algemene informatie over Wintrackmasten

Wintrack

**Een innovatieve oplossing voor nieuwe
hoogspanningsverbindingen**





Wintrack

TenneT heeft een nieuw type hoogspanningsmast ontwikkeld: Wintrack. Deze innovatieve mast vervangt de bestaande vakwerkmast en zorgt voor een forse reductie van de magneetveldzone. Wintrack speelt in op maatschappelijke en technologische ontwikkelingen en maakt het mogelijk om optimaal gebruik te maken van de beschikbare ruimte in de omgeving.

Over TenneT

Als elektriciteitstransporteur zorgt TenneT voor het bewaken van de betrouwbaarheid en de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening. Daarbij wordt voortdurend gekeken naar maatschappelijke en technologische ontwikkelingen. TenneT probeert hierop te anticiperen door verbeteringen op het gebied van elektriciteitstransport te ontwikkelen en door te voeren.

Over Wintrack

- Innovatief ontwerp
- Strak vormgegeven masten
- Terughoudend in landschap
- Smaller magneetveld
- Flexibel in gebruik
- Onderhoudsvriendelijk

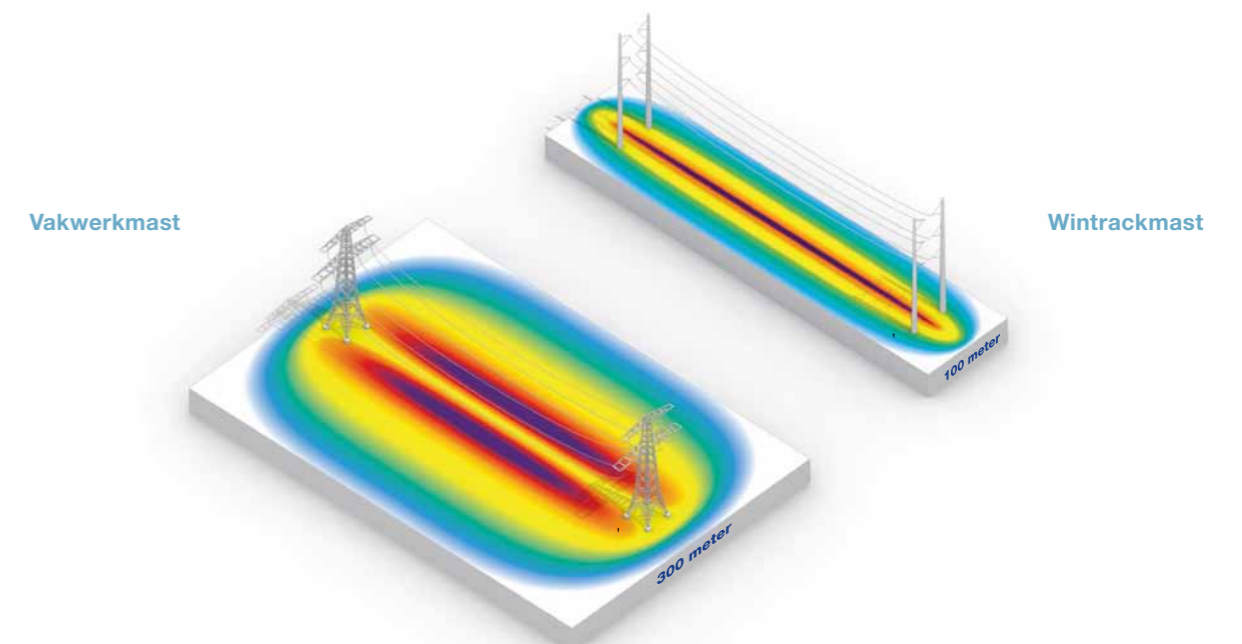
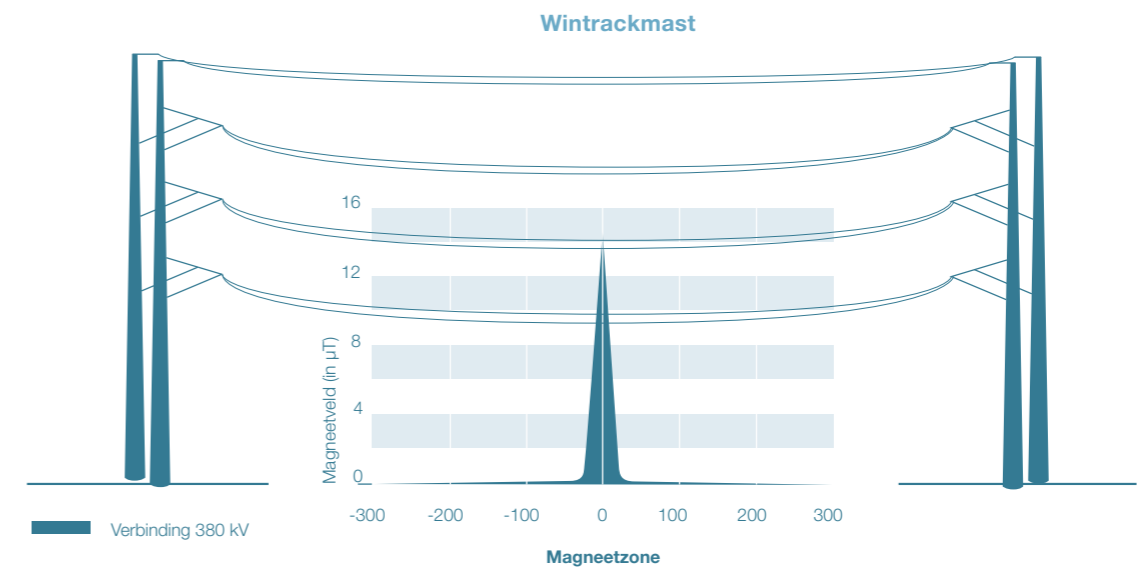
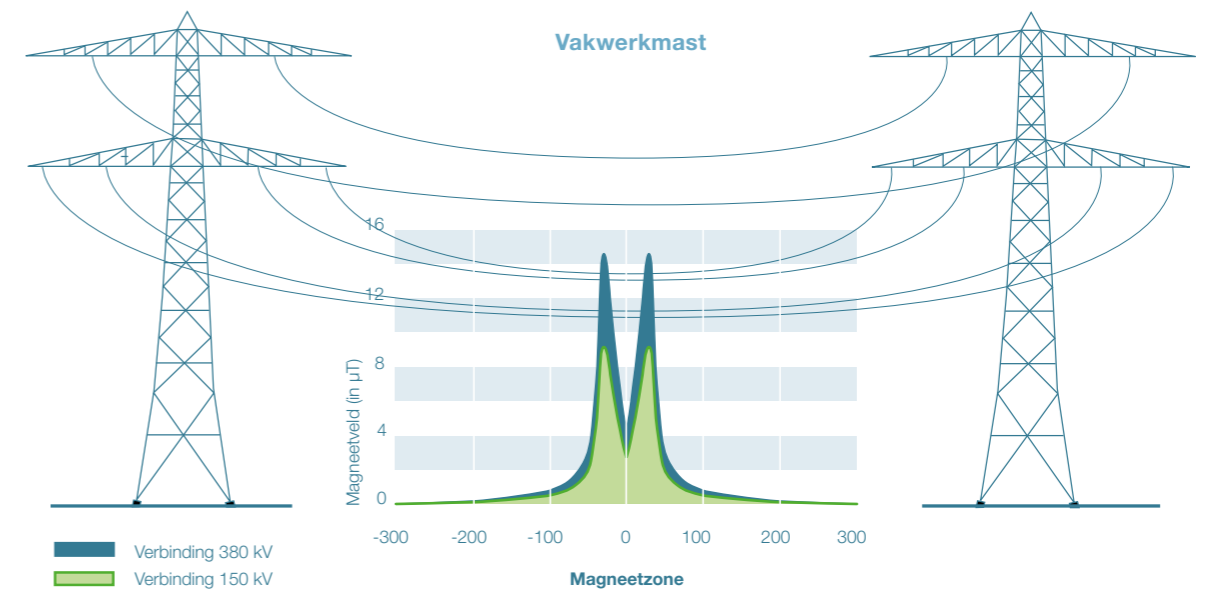
Vormgeving

Wintrack bestaat uit twee palen, waaraan de hoogspanningsdraden worden opgehangen. De slanke en spits toelopende palen staan op het oog los van elkaar. Ze zijn minimalistisch vormgegeven, waarmee voor 'visuele rust' wordt gezorgd. Daardoor passen de masten goed in diverse landschappen. De mast is bovendien onderhoudsarm dankzij de gladde structuur.



Smallere magneetveldzone

Door de draden zo dicht mogelijk bij elkaar op te hangen, wordt de magneetveldzone met meer dan 60 procent teruggebracht. Hierdoor wordt het mogelijk nieuwe verbindingen op een verantwoorde manier aan te leggen, met een minimale impact op mens en landschap.



Combineren van meerdere verbindingen mogelijk

Het Wintrack-ontwerp biedt verder de mogelijkheid om meerdere verbindingen te combineren in één en dezelfde mast. Zo kunnen bestaande 150 kV lijnen gecombineerd worden met 380 kV verbindingen zodat er minder masten nodig zijn. De nieuwe mast biedt hiermee de optimale balans tussen leveringszekerheid en ruimtelijke inpassing.





Afhankelijk van het tracé kunnen masthoogtes en afstanden verschillen

3 soorten wintrack masten



De standaard Wintrackmast

Hierin hangen twee 380 kV verbindingen



De vier circuit Wintrack mast

Hierin hangen vier 380 kV verbindingen



De combinatiemast

Hierin hangt zowel een 150 kV alsook een 380 kV verbinding

TenneT is de eerste grensoverschrijdende elektriciteitstransporteur van Europa. Met 20.000 kilometer aan hoogspanningsverbindingen en 36 miljoen eindgebruikers in Nederland en Duitsland behoren we tot de top 5 elektriciteitstransporteurs van Europa. Onze focus is gericht op de ontwikkeling van een Noordwest-Europese energiemarkt en op de integratie van duurzame energie.

Taking power further

TenneT TSO B.V.

Utrechtseweg 310, Arnhem
Postbus 718, 6800 AS Arnhem
Nederland

Telefoon +31 (0)800 836 63 88

E-mail servicecenter@tennet.eu

www.tennet.eu

© TenneT

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt zonder uitdrukkelijke toestemming van TenneT.

Aan de inhoud van dit document kunnen geen rechten worden ontleend.

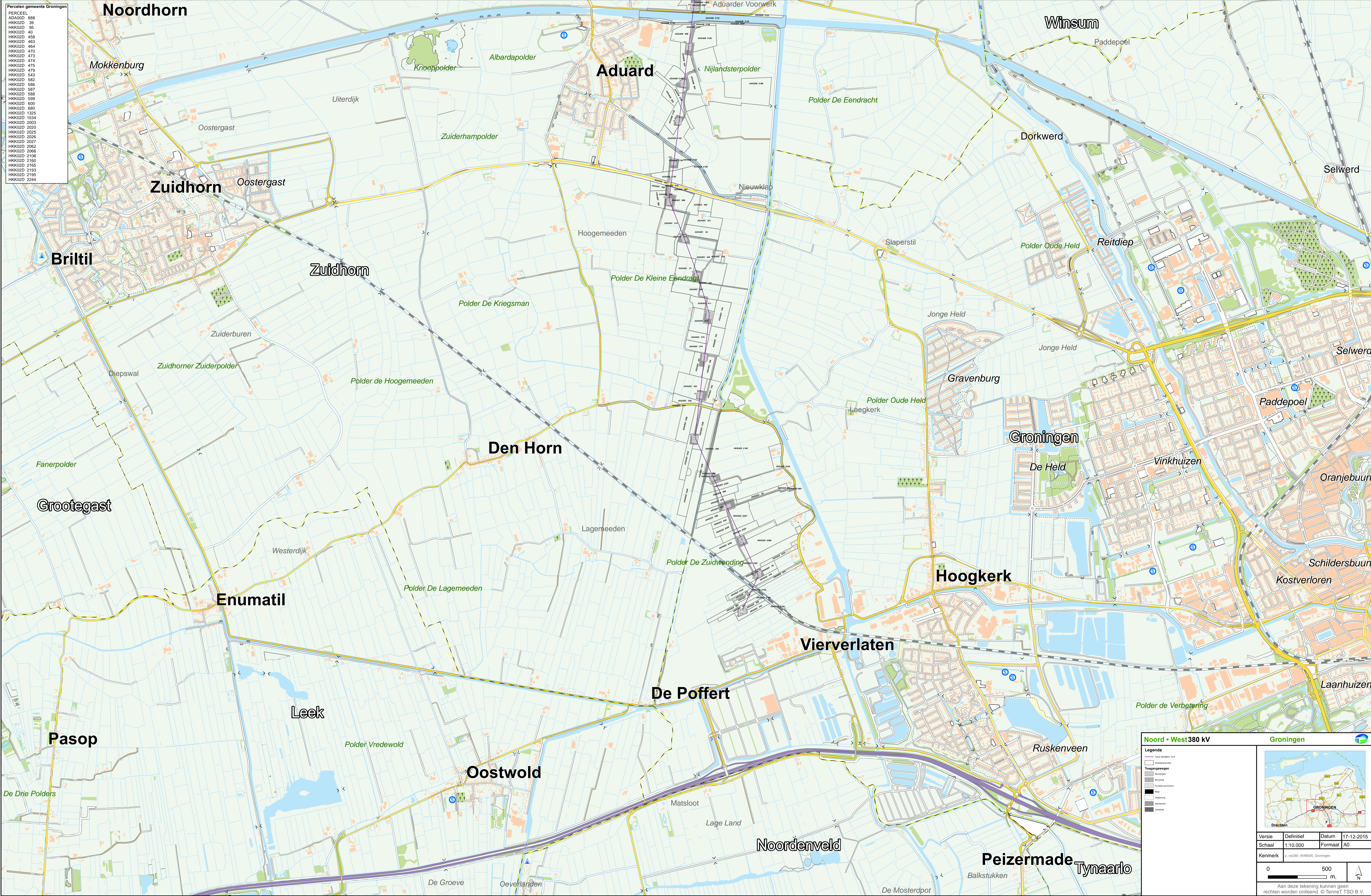
September 2012
CE10630B.NL1209



Bijlage 4
Lengteprofielen

Bijlage 5
Kadestrale gegevens per mastlocatie

Noord • West 380kV Kadastergegevens gemeente Groningen



PERCELEN gemeente Groningen

ADA00D	888
HKK02D	39
HKK02D	95
HKK02D	40
HKK02D	458
HKK02D	464
HKK02D	470
HKK02D	473
HKK02D	474
HKK02D	475
HKK02D	479
HKK02D	543
HKK02D	592
HKK02D	586
HKK02D	587
HKK02D	588
HKK02D	599
HKK02D	600
HKK02D	680
HKK02D	1325
HKK02D	1524
HKK02D	2003
HKK02D	2020
HKK02D	2025
HKK02D	2026
HKK02D	2027
HKK02D	2062
HKK02D	2066
HKK02D	2100
HKK02D	2160
HKK02D	2165
HKK02D	2193
HKK02D	2195
HKK02D	2244

Noord • West 380 kV Groningen

Legenda

- Totaal 1000000 010
- Toegangswegen
- Water
- Grasland
- Poldergebieden
- Landbouw
- Weg
- Grasland
- Water
- Grasland
- Water

Versie Definitief Datum 17-12-2015
 Schaal 1:10.000 Formaat A0
 Kenmerk p_m380_WA8005_Groningen

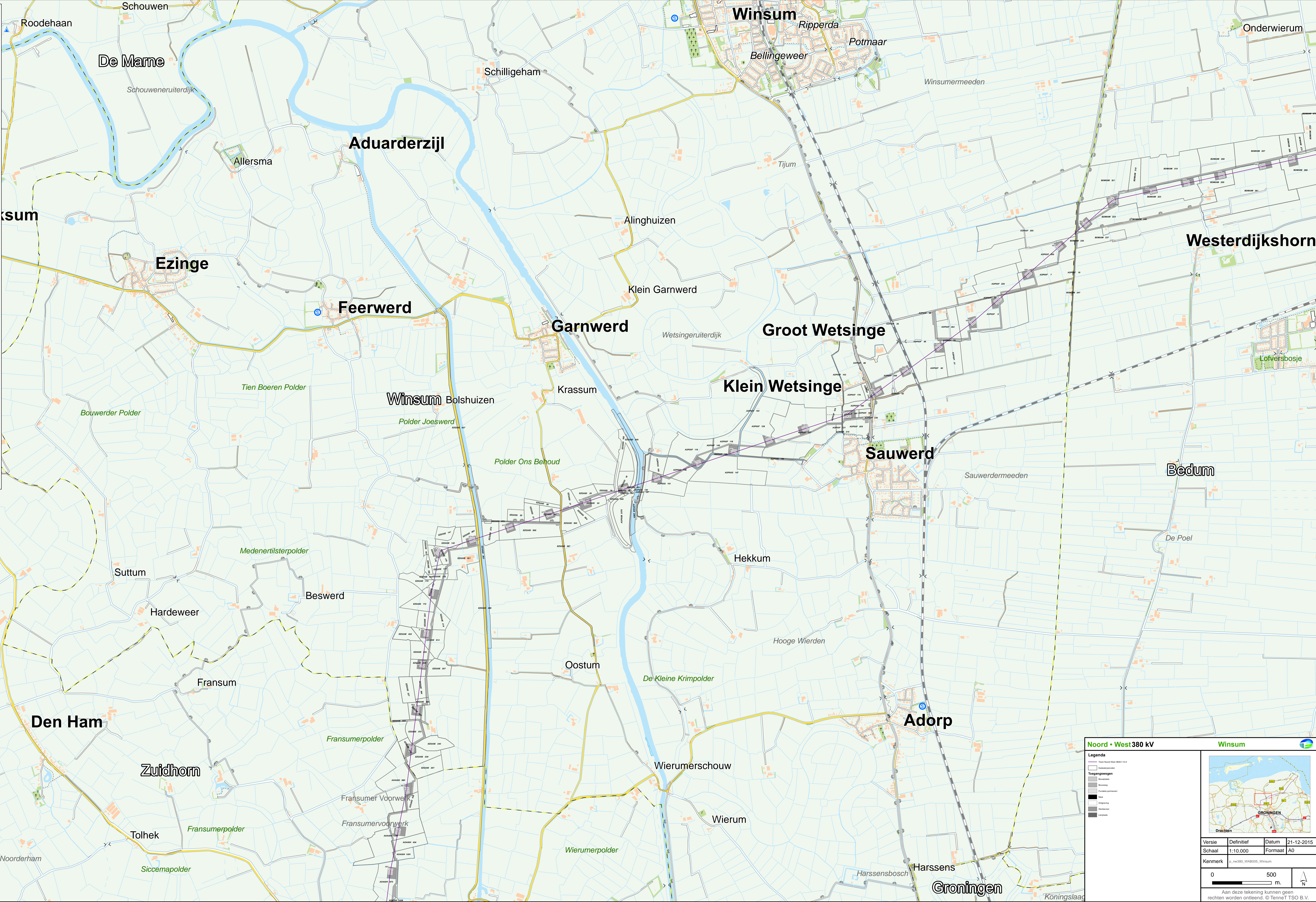
0 500 m

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



PERCELEN gemeente Winsum

ADPO0B 2069
ADPO0B 2070
ADPO0F 5
ADPO0F 7
ADPO0F 10
ADPO0F 19
ADPO0F 25
ADPO0F 49
ADPO0F 51
ADPO0F 60
ADPO0F 62
ADPO0F 66
ADPO0F 68
ADPO0F 73
ADPO0F 118
ADPO0F 119
ADPO0F 126
ADPO0F 127
ADPO0F 128
ADPO0F 131
ADPO0F 148
ADPO0F 149
ADPO0F 150
ADPO0F 153
ADPO0F 160
ADPO0F 174
ADPO0F 180
ADPO0F 185
ADPO0F 205
ADPO0F 215
ADPO0F 226
ADPO0F 236
ADPO0F 248
ADPO0F 255
ADPO0F 256
ADPO0F 264
ADPO0G 140
ADPO0G 146
ADPO0G 147
ADPO0G 160
ADPO0G 161
ADPO0G 167
ADPO0G 169
EZG00D 18
EZG00D 19
EZG00D 20
EZG00D 21
EZG00D 24
EZG00D 50
EZG00D 51
EZG00D 52
EZG00D 56
EZG00D 349
EZG00D 300
EZG00D 353
EZG00D 355
EZG00D 383
EZG00D 387
EZG00D 649
EZG00D 551
EZG00D 564
EZG00D 565
EZG00D 568
EZG00D 570
EZG00D 572
EZG00E 140
EZG00E 141
EZG00E 167
EZG00E 168
EZG00E 170
EZG00E 172
EZG00E 173
EZG00E 175
EZG00E 177
EZG00E 178
EZG00E 179
EZG00E 207
EZG00E 208
EZG00E 209
EZG00E 219
EZG00E 220
EZG00E 222
EZG00E 227
EZG00E 238
EZG00E 239
EZG00E 240
EZG00E 257
EZG00E 364
EZG00E 365
EZG00E 372
EZG00E 440
EZG00E 447
EZG00E 484
EZG00E 488
EZG00E 521
EZG00E 522
EZG00E 614
EZG00E 637



Noord • West 380 kV **Winsum**

Legenda

- Totaal Noord-West 380 kV
- Tracévoorzieningen
- Toegangswegen
- Wegvoorzieningen
- Openbare ruimten
- Wegvoorzieningen
- Wegvoorzieningen
- Wegvoorzieningen

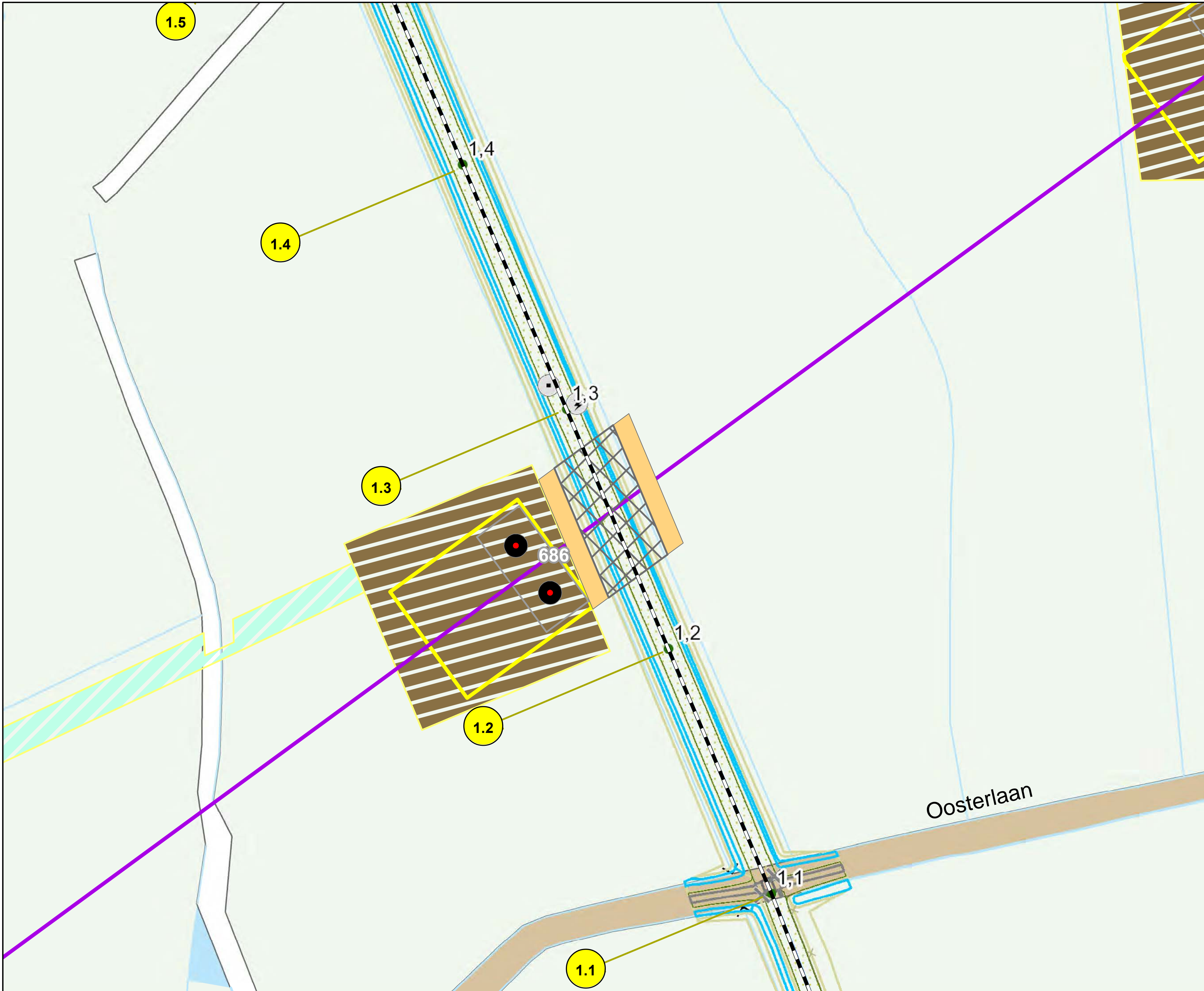
Versie Definitief Datum 21-12-2015
Schaal 1:10.000 Formaat A0
Kenmerk p_m380_WA8005_Winsum

0 500 m

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

Bijlage 6

Situatietekening met spoorse kilometering



Legenda

Spoorlijn

- Spoorlijn
- Kilometring

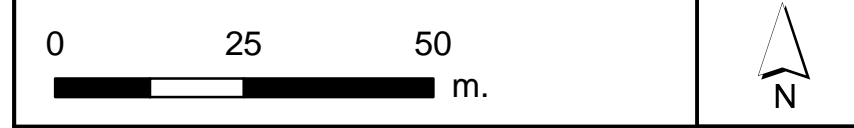
Noord-West 380kV

- Trace V2.9
- Mast
- Mastvoeten
- Fundatie
- Ontgraving
- Bouwplaats
- Bouwweg
- Werkterrein
- Kadastraal perceel
- Indicatieve zone jukken met te spannen netten

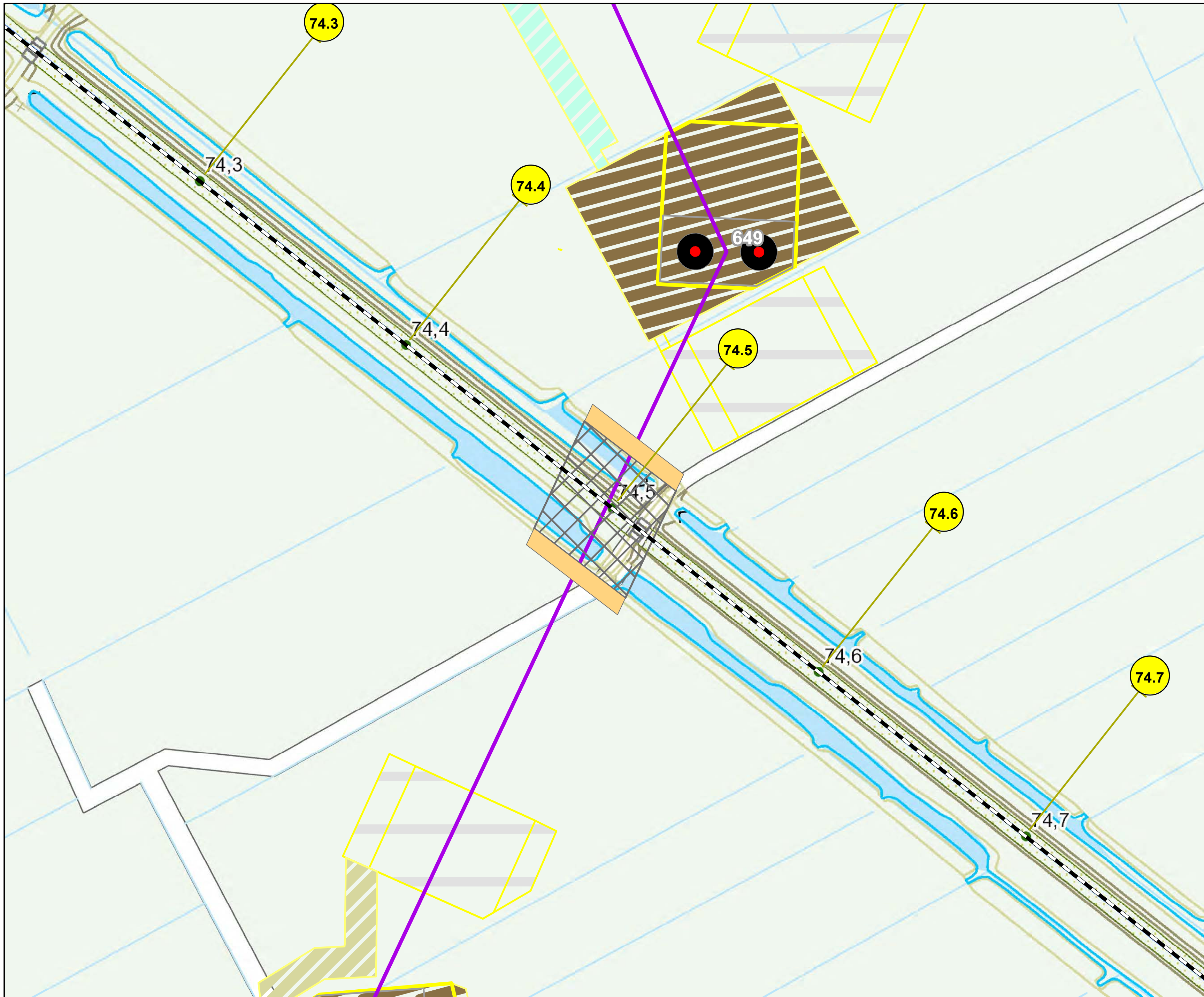
Noord • West 380 kV Spoorweg



Versie	Definitief	Datum	5-1-2016
Schaal	1:1.000	Formaat	A2
Kenmerk	p_nw380_SPW001		



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



Legenda

Spoorlijn

- Spoorlijn
- Kilometrerings

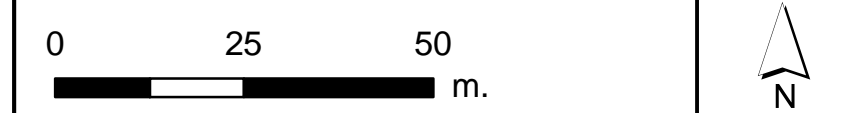
Noord-West 380kV

- Trace V2.9
- Mast
- Mastvoeten
- Fundatie
- Ontgraving
- Bouwplaats
- Bouwweg
- Werkterrein
- Kadastraal perceel
- Indicatieve zone jukken met te spannen netten

Noord • West 380 kV Spoorweg



Versie	Definitief	Datum	5-1-2016
Schaal	1:1.000	Formaat	A2
Kenmerk	p_nw380_SPW001		



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

Bijlage 7
Werkbeschrijving

Toelichting kruisingsmethodiek spoorwegen

Plaatsen en verwijderen tijdelijke jukken

Nadat de 380 kV masten van de nieuwe hoogspanningsverbinding Eemshaven Oudeschip – Ververlaten 380 kV gerealiseerd zijn, worden de geleiders (hoogspanningsdraden) getrokken. Hiervoor is het noodzakelijk om op 2 verschillende locaties het spoor te kruisen. De spoorlijn Leeuwarden-Groningen wordt gekruist tussen mastnummers 648 - 649. De spoorlijn Sauwerd-Winsum wordt gekruist tussen de mastnummers 686 - 687. Bijlage SPW001 bevat twee tekeningen van de kruisingslocaties met als ondergrond de spoorse kilometrerings. Bijlage WAB005 bevat tekeningen met daarop de kadastrale situatie van beide locaties.

Om de veiligheid voor het spoorverkeer te waarborgen, wordt op beide locaties een niet-geleidend net gespannen tussen geleiders en spoorweg/bovenleiding. Op deze manier wordt de geleider, mocht deze onverhoopt vallen, opgevangen door dit net. Deze maatregel borgt dat tijdens het trekken en bevestigen van de geleiders, de treinen ongehinderd kunnen blijven rijden.

Het niet-geleidend net wordt opgehangen tussen twee jukken. Deze worden aan beide zijde van de spoorweg opgesteld. Ten behoeve van het ophangen van het net moeten diverse kabels van het ene juk naar het andere juk gebracht worden. Dit gaat per voet en hier is dus een treinvrije periode voor nodig. De kabels worden in ongeveer vier sets overgebracht en bevestigd. Dit betekent dus 4 stops van ieder ongeveer 15 minuten. Bij het verwijderen van het net zijn uiteraard weer verkeersstops nodig. Omdat demonteren sneller gaat dan monteren, kan hier volstaan worden met minder stops. De benodigde treinvrije tijd voor opbouw van de jukken en bevestiging van het net past mogelijk binnen een reguliere nachtperiode of onderhoudsperiode.

Het plaatsen van de jukken en het net betreft een tijdelijke activiteit. Om de beschermjukken echter veilig en stabiel te kunnen plaatsen moeten ze gezekeerd worden door het plaatsen van ankers. Deze ankers betreffen dunne draden met weerhaken in de grond worden "geduwd". De ankers geven de benodigde trekkracht waardoor de beschermjukken gezekeerd kunnen worden. De diepte waarop de ankers aangebracht worden in combinatie met de weerhaken, betekend wel dat deze na het afbreken en verwijderen van de beschermjukken niet verwijderd kunnen worden. De ankers blijven dus definitief achter in de grond.

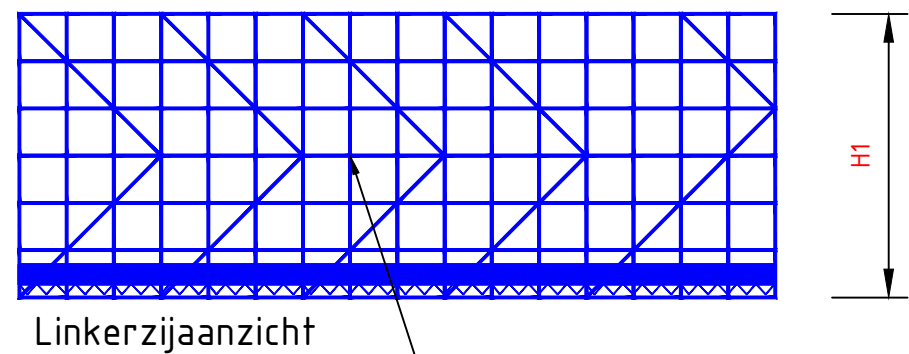
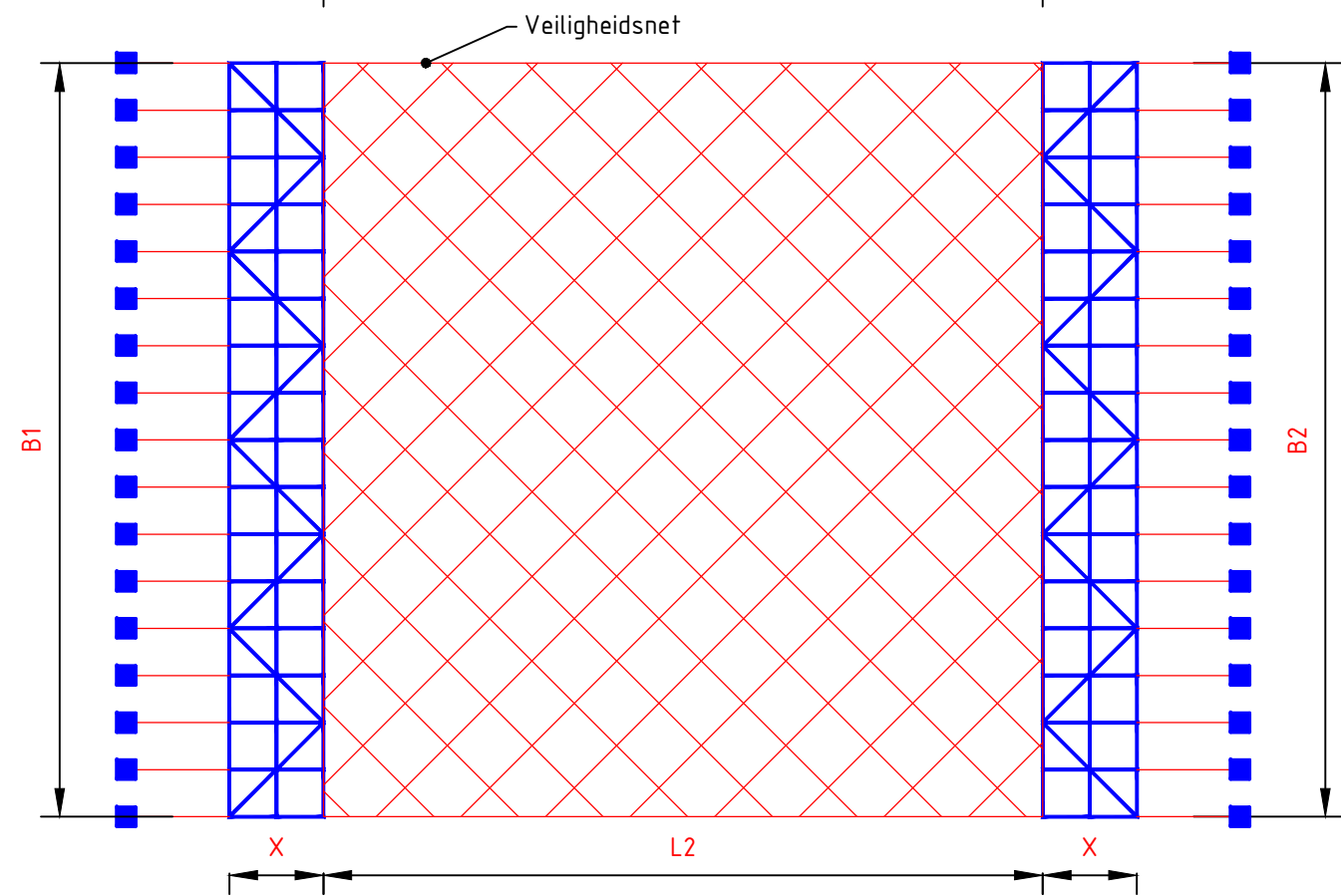
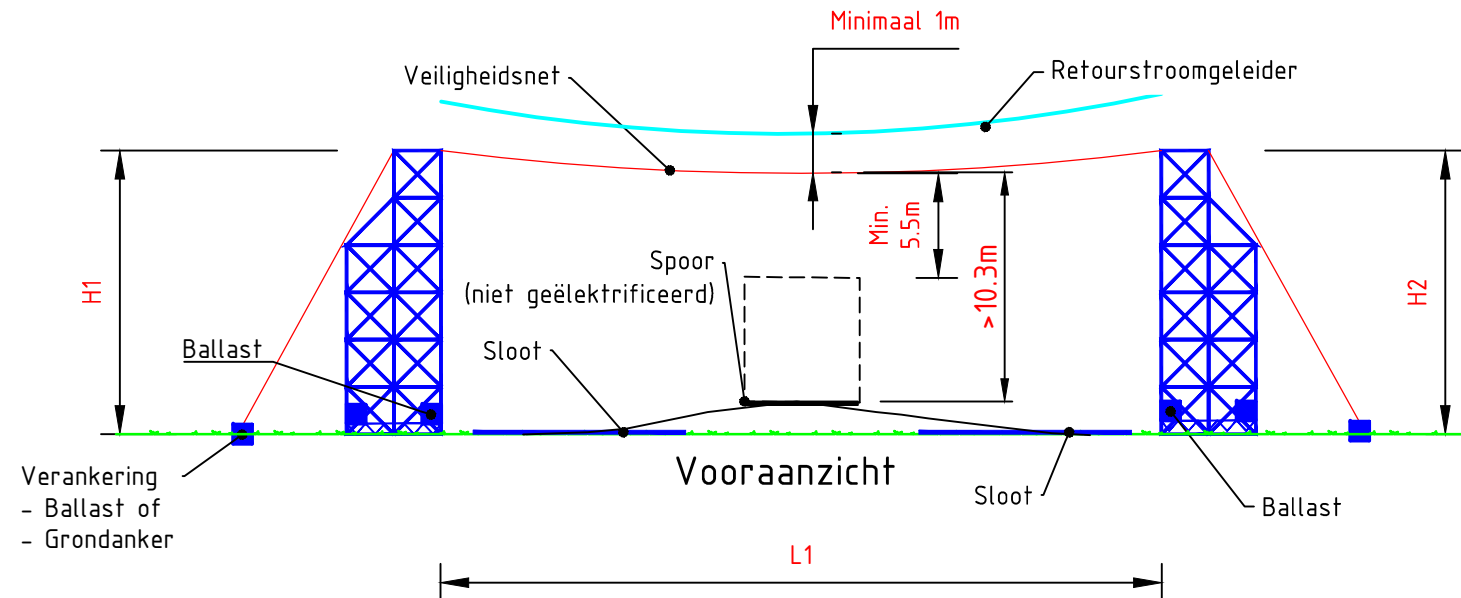
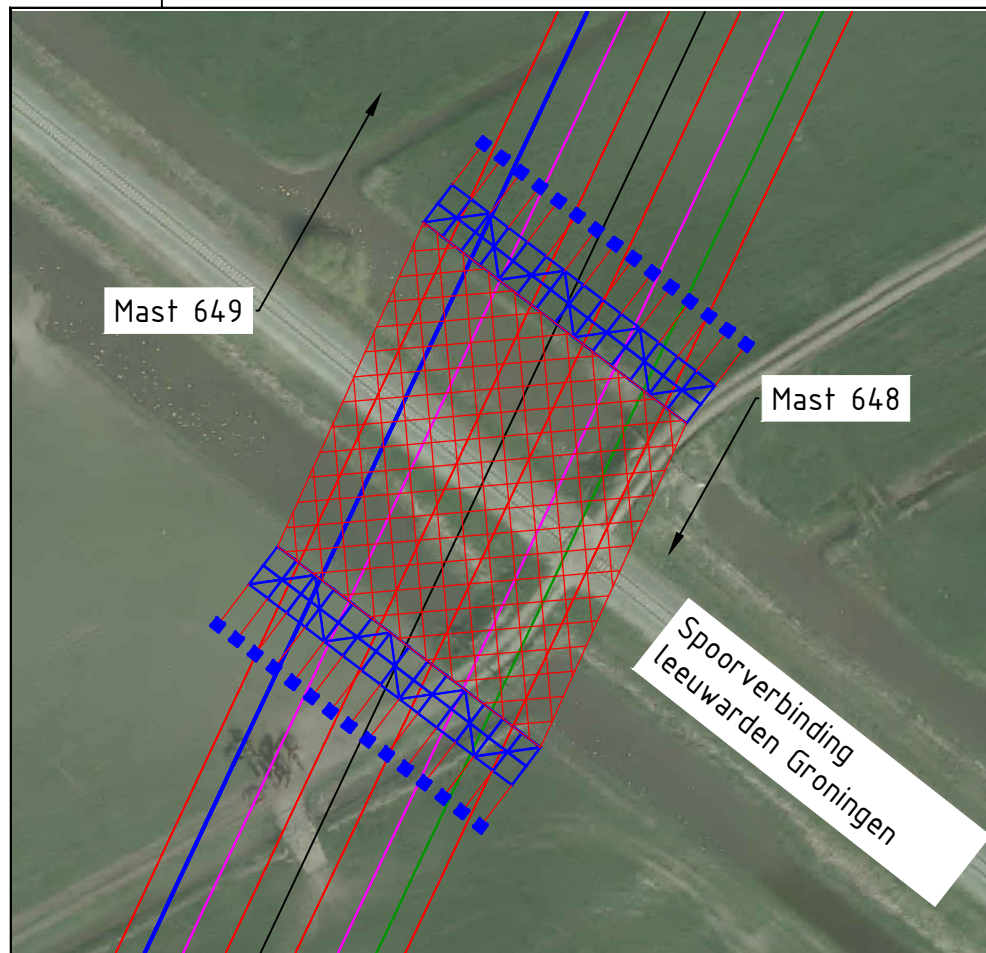
Bijlage SPW003 bevat twee principetekeningen van de jukken zoals deze worden toegepast tussen de mastnummers 648 – 649 en de mastnummers 686 - 687. Op deze tekeningen staan tevens de afmetingen van de jukken aangegeven. Bijlage WAB004 bevat de lengteprofielen van de masten aan weerszijde van het spoor. Op deze tekeningen staan de hoogtes van de masten aangegeven.

Afbeelding 1 betreft tot slot een foto van een spookruising met behulp van jukken. Deze foto dient als impressie hoe een spookruising er mogelijk uit ziet. De spookruisingen tussen de mastnummers 648 – 649 en de mastnummers 686 – 687 zullen wat betreft omvang afwijken van de situatie weergegeven op afbeelding 1.

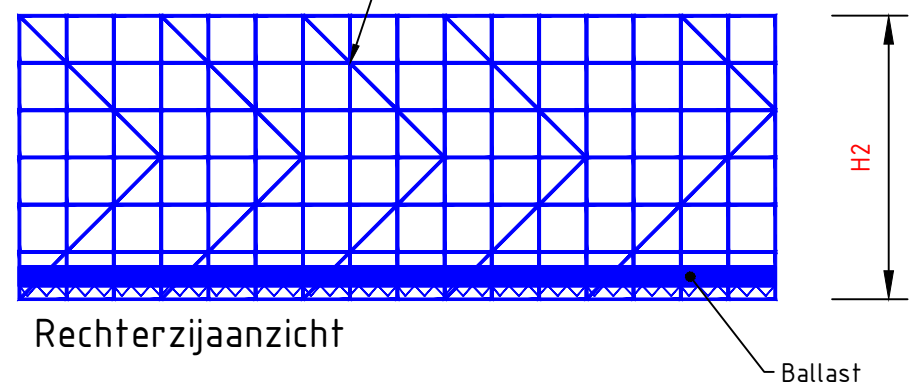



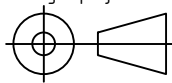
Afbeelding 1: Impressie jukken

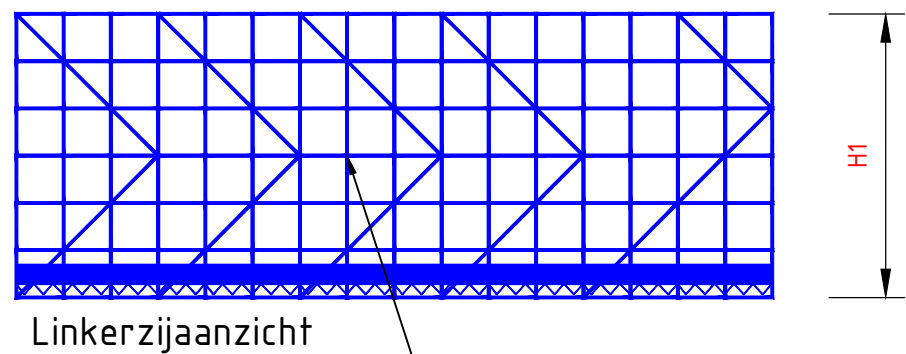
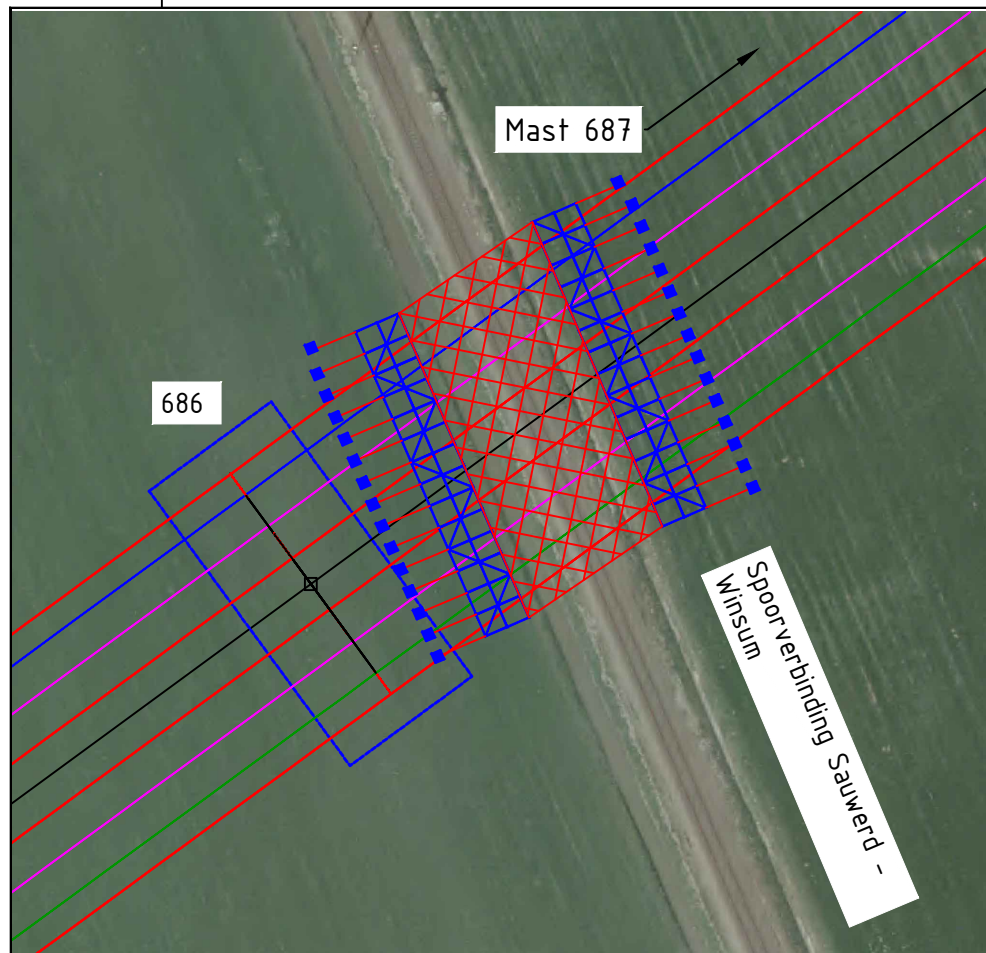
Bijlage 8
Tekening jukken



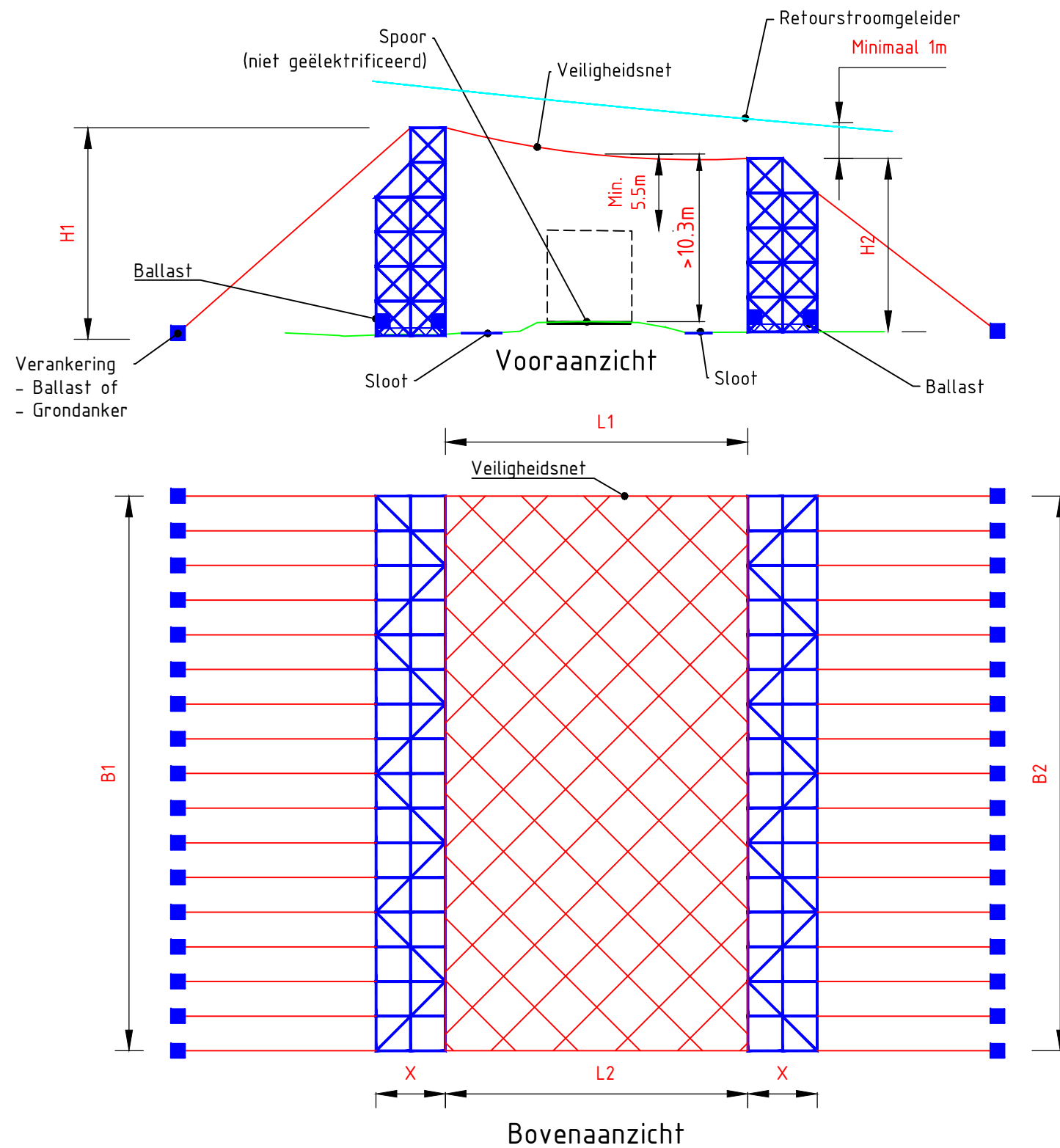
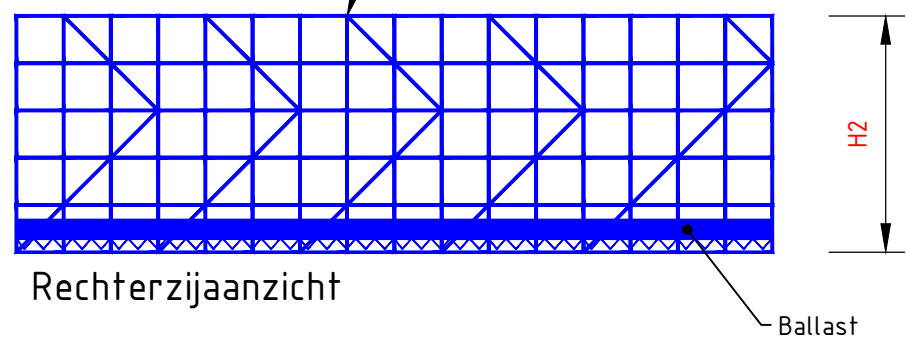
Oppervlakte Juk: Opp. Juk 1 + Opp. Juk 2


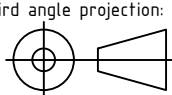


1.0	23-10-2015	Eerste versie	Projectname: Engineering verbinding NW380	
		Third angle projection:	Drawing no.: 74101611-038-005	
				
Design state: Final		Scale: 1:250	Description: Principe tekening jukken ter hoogte van het spoor tussen Wintrack mast 648 en 649.	
Drawn by: SGR	23-10-2015	Units: mm		
Checked by: RLO	23-10-2015	Project no:		
Approved by: AW		23-10-2015	Company: TenneT	Revision: 1.0
				Format: A3



Oppervlakte Juk: Opp. Juk 1 + Opp. Juk 2



1.0	23-10-2015	Eerste versie	Projectname: Engineering verbinding NW380	
		Third angle projection: 	Drawing no.: 74101611-038-006	
Design state: Final	Scale: 1:250 1:1000	Description: Principe tekening jukken ter hoogte van het spoor tussen Wintrack mast 686 en 687.		Revision: 1.0
Drawn by: SGR 11-01-2016	Units: mm			Format: A3
Checked by: RLO 11-01-2016	Project no:			
Approved by: AW 11-01-2016	Company: TenneT			
DNV GL Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvgl.com				

Bijlage 9
EMC studie

TenneT Noord-West 380kV

Onderwerp : Beoordeling EMC studie ProRail
TenneT projectnummer: 000.144

Opdrachtgever : TenneT TSO B.V.

Dossiernummer : 12.074

Ordernummer : P12071

Opgesteld : R.M. Paulussen

Gecontroleerd : M.C. van Essen

Goedgekeurd : H. Hoeksma

Revisie : F

Datum : 11 december 2015

Rapportnr. : R.14027



Changelog

Rev.	Datum	Omschrijving	Opgesteld	Gecontr.	Goedgek.
0	20 februari 2014	Concept	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma
A	25 april 2014	Concept, review bespreking TenneT en ProRail inclusief review TenneT verwerkt	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma
B	11 november 2014	Concept. NW 380 kV nieuw tracé alleen tussen VVL en EOS. Beïnvloeding rond VVL richting dieselspoor Leeuwarden – Groningen meegenomen (RFC15).	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma
C	8 december 2014	Concept ter review van TenneT. Bestaand 220 kV tracé VVL – RBB aangepast naar nieuw gebruik van de bestaande verbinding: aarding bovenste witte circuit (RFC16 inclusief RFC15).	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma
D	24 maart 2015	Concept ter review van TenneT. Configuratie NW380kV aangepast: enkele i.p.v. dubbele retourgeleider per pole (RFC17)	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma
E	22 mei 2015	Wijzigingen RFC18 doorgevoerd ter review van TenneT	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma
F	11 december 2015	RFA 000.144.21 0379323 beantwoord (B1)	R.M. Paulussen	M.C. van Essen	H. Hoeksma

Inhoudsopgave

	Omschrijving	Pagina
	Samenvatting	1-1
1.	Inleiding	1-2
1.1	Achtergrond	1-2
1.2	Elektromagnetische compatibiliteit	1-2
1.3	Fasering	1-3
1.3.1	Fase 1	1-3
1.3.2	Fase 2	1-3
1.3.3	Fase 3	1-3
1.3.4	Fase 4	1-3
1.4	Doelstelling	1-3
1.5	Opbouw rapportage	1-3
2.	Beïnvloedingsvormen	2-5
2.1	Inductieve beïnvloeding	2-5
2.1.1	Het principe	2-5
2.1.2	De gevolgen	2-5
2.1.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	2-5
2.2	Capacitieve beïnvloeding	2-6
2.2.1	Het principe	2-6
2.2.2	De gevolgen	2-6
2.2.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	2-6
2.3	Weerstandbeïnvloeding	2-6
2.3.1	Het principe	2-6
2.3.2	De gevolgen	2-6
2.3.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	2-6
2.4	Hoogfrequente velden	2-6
2.4.1	Het principe	2-6
2.4.2	De gevolgen	2-7
2.4.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	2-7
2.5	Elektrische velden	2-7
2.5.1	Het principe	2-7
2.5.2	De gevolgen	2-7
2.5.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	2-7
2.6	Magnetische velden	2-7
2.6.1	Het principe	2-7
2.6.2	De gevolgen	2-7
2.6.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	2-7
3.	Uitgangspunten	3-8
3.1	Stoorbron	3-8
3.1.1	Infrastructuur	3-8
3.1.2	Circuitsaanduiding in deelgebieden	3-9
3.1.3	Bedrijfsvoering	3-9
3.1.4	Bestaande situatie	3-9

3.1.5	Toekomstige situatie	3-10
3.1.6	Kortsluitstroom	3-10
3.1.7	Spanningstrechters	3-10
3.2	Koppelweg	3-11
3.2.1	Beïnvloedingsgebied conform NEN3654: capacitef	3-11
3.2.2	Beïnvloedingsgebied conform NEN3654: weerstand	3-11
3.2.3	Beïnvloedingsgebied project specifiek NW 380 kV: inductief	3-11
3.3	Slachtoffer	3-11
3.3.1	Bronnen ondergrondse infrastructuur	3-11
3.3.2	Indeling ondergrondse infrastructuur	3-11
3.3.3	Lijst van stakeholders met ondergrondse infrastructuur	3-12
3.3.4	Bronnen bovengrondse infrastructuur	3-12
3.3.5	Verwerking boven- en ondergrondse infrastructuur in GIS-tooling	3-12
3.3.6	Indeling bovengrondse infrastructuur	3-12
3.3.7	Lijst van bovengrondse stakeholders	3-14
3.4	Toetsing	3-14
3.4.1	Normen	3-14
3.4.2	TenneT voorschriften en PVE's	3-15
3.4.3	Prioritering	3-15
3.4.4	Concrete toetsingswaarden	3-16
4.	Aanpak	4-1
4.1	Stoplichtmethode	4-1
4.1.1	Groen	4-1
4.1.2	Geel	4-1
4.1.3	Rood	4-1
4.2	Project specifieke zone-indeling inductieve beïnvloeding	4-1
4.3	Selectieprocedure slachtoffersystemen	4-3
4.3.1	Geografische trechtering objecten [1]	4-3
4.3.2	Elektrische geleidbaarheid [2]	4-3
4.3.3	Elektrische systemen [3]	4-3
4.4	Toepassing van zone-indeling op de verschillende beïnvloedingsvormen	4-3
4.4.1	Capacitieve en weerstandsbeïnvloeding	4-3
4.4.2	Inductieve beïnvloeding	4-4
4.4.3	HF-beïnvloeding	4-4
4.4.4	Elektrische velden	4-4
4.4.4.1	De gevolgen	4-4
4.4.4.2	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	4-4
4.5	Magnetische velden	4-4
4.5.1	Het principe	4-4
4.5.2	De gevolgen	4-4
4.5.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	4-5
5.	Resultaten inventarisatie	5-6
5.1	Inductieve beïnvloeding	5-6
5.2	Capacitieve beïnvloeding	5-6
5.3	Weerstandsbeïnvloeding	5-6
5.4	Hoogfrequente velden	5-6
5.5	Elektrische velden	5-7
5.6	Magnetische velden	5-9

5.7	Doorkijk naar beoordeling	5-10
6.	Beoordeling	6-12
6.1	Inductieve beïnvloeding	6-12
6.1.1	Resultaten tracé Leeuwarden – Groningen i.c.m. bestaand 220 kV	6-13
6.1.2	Resultaten tracé Leeuwarden – Groningen i.c.m. NW 380 kV	6-14
6.1.3	Resultaten tracé Sauwerd – Delfzijl i.c.m. bestaand 220 kV	6-15
6.1.4	Resultaten tracé Sauwerd – Delfzijl i.c.m. NW 380 kV	6-16
6.2	Capacitieve beïnvloeding	6-17
6.3	Weerstandbeïnvloeding	6-17
6.4	Hoogfrequente velden	6-17
6.5	Elektrische velden	6-18
6.6	Magnetische velden	6-20
7.	Conclusie	7-22
8.	Literatuur	8-23
9.	Bijlage: Elektrisch geleidbare objecten c.q. elektrische systemen	9-24
9.1	Radar- en Telecommunicatiesystemen	9-24
9.2	Openbare verlichting	9-25
9.3	Laag- en hoogspanningsnetten	9-27
9.4	Terreinafscheidingen: hekwerken	9-27
9.5	Geluidschermen	9-28
9.6	Objecten met beperkte lengte	9-28
10.	Bijlage: Bedrijfsvoeringsscenario's	10-29
10.1	Inleiding	10-29
10.2	Beïnvloedingsgebied projectspecifiek toekomst 110 / 380 kV inductief	10-29
10.2.1	Deelgebied 1	10-29
10.3	Beïnvloedingsgebied projectspecifiek bestaand 220 kV inductief	10-30
10.3.1	Deelgebied 1	10-30
10.3.2	Deelgebied 2	10-31
11.	Bijlage: Modelnauwkeurigheid	11-33
11.1	Analyse modelnauwkeurigheid	11-33
11.1.1	Analyse aannames gebruik Carson-termen	11-33
11.1.2	Nauwkeurigheid simulatiemodellen	11-34
12.	Bijlage: Potentiaaltrechters huidige 220 kV	12-36
13.	Bijlage: Potentiaaltrechter NW380kV	13-39
13.1	Bepaling potentiaaltrechter	13-39
13.2	Toetsing potentiaaltrechters	13-42
14.	Bijlage: Indeling ondergrondse infrastructuur	14-43
15.	Bijlage: Indeling bovengrondse infrastructuur	15-45
16.	Bijlage: Gegevens stakeholder	16-46
16.1	Informatie stakeholder ProRail	16-46
16.1.1	Informatie infrastructuur	16-46
16.1.2	Elektrische configuratie	16-46
16.1.3	Ligging ProRail-sporen t.o.v. bestaand TenneT 220 kV	16-48
16.1.4	Ligging ProRail-sporen t.o.v. NW380kV	16-48
16.1.5	Bronnen informatie	16-52
16.1.6	Normen, voorschriften en richtlijnen	16-52
16.2	Modellering	16-53
16.3	ProRail infrastructuur Leeuwarden - Groningen	16-53

16.3.1	Grenzen model	16-53
16.3.2	Modellering spoor	16-53
16.3.3	Afleidweerstand spoorstaven	16-54
16.3.4	Afsluitweerstand spoor	16-54
16.3.5	Kabels	16-54
16.4	ProRail infrastructuur Sauwerd - Delfzijl	16-54
16.4.1	Modellering spoor	16-54
16.4.2	Afleidweerstand spoorstaven	16-54
16.4.3	Afsluitweerstand spoor	16-54
16.4.4	Kabels	16-55
17.	Bijlage: NW 380kV \ Bestaand 220 kV simulatieresultaten tracé Leeuwarden - Groningen	17-56
17.1	Normaal bedrijf	17-56
17.2	Onderhoud	17-61
17.3	Kortsluiting	17-66
18.	Bijlage: NW380kV simulatieresultaten tracé Sauwerd - Delfzijl	18-71
18.1	Normaal bedrijf	18-71
18.2	Onderhoud	18-76
18.3	Kortsluiting	18-81
19.	Bijlage: Bestaand 220 kV simulatieresultaten tracé Leeuwarden - Groningen	19-86
19.1	Normaal bedrijf	19-86
19.2	Onderhoud	19-91
19.3	Kortsluiting	19-96
20.	Bijlage: Bestaand 220 kV simulatieresultaten tracé Sauwerd - Delfzijl	20-101
20.1	Normaal bedrijf	20-101
20.2	Onderhoud	20-106
20.3	Kortsluiting witte circuit	20-111
21.	Bijlage: Flow-chart	21-1
22.	Bijlage: beïnvloeding ProRail	22-2

Samenvatting

Aanleiding

TenneT TSO B.V. is bezig met het realiseren van het vergroten van de transportcapaciteit tussen het noorden en het westen van Nederland door middel van het project NW 380kV. De verbinding, die binnen het project NoordWest380kV gerealiseerd wordt, loopt vanuit Eemshaven Oudeschip naar Vierverlaten.

Probleemstelling

Deze rapportage is onderdeel van de studie naar Elektromagnetische Compatibiliteit (EMC) en richt zich op het verkrijgen van EMC tussen NoordWest380kV en de objecten en systemen van alle stakeholders. Hierbij dient inzichtelijk gemaakt te worden welke objecten/systemen van stakeholders, hier ProRail, mogelijk elektromagnetisch beïnvloed worden.

Fasering

De studie naar de EMC van NoordWest380kV en objecten en systemen van stakeholders bestaat uit een viertal fasen. Deze fasen zijn als volgt gedefinieerd:

Fase 1

Het opstellen van een definitieve lijst van objecten en systemen die mogelijk wordt beïnvloed worden c.q. een bijdrage leveren aan de beïnvloeding. Verder heeft deze fase tot doel het opstellen van toetsings-, beoordelings- en normeringscriteria. Tot slot bestaat deze fase uit het uitvoeren van een eerste schifting van alle geïnterviewde objecten en systemen op basis van de vastgestelde criteria.

Fase 2

Deze fase bestaat uit het vaststellen in hoeverre systemen en objecten van derden beïnvloed worden in de toekomstige situatie. Hierbij wordt onder andere gebruik gemaakt van de input van stakeholders.

Fase 3

Deze fase bestaat uit het voor- en vaststellen van mogelijke maatregelen om EMC te bereiken voor alle beïnvloede objecten en systemen in de toekomstige situatie. Hierbij wordt tevens aangegeven welke maatregelen de stakeholder in de huidige situatie al had moeten treffen om EMC te bereiken in de huidige situatie.

Fase 4

Deze fase bestaat uit het realiseren van de beoogde maatregelen en de controle van de effectiviteit van de gerealiseerde maatregelen.

Conclusie

Uit de EMC studie volgt dat de objecten en systemen van ProRail na toetsing aan de geldende kaders normoverschrijdend (negatief) beïnvloed worden:

- Leeuwarden – Groningen: zowel voor de huidige 220 kV- als de nieuwe 380 kV-verbinding;
- Sauwerd - Delfzijl: zowel voor de huidige 220 kV- als de nieuwe 380 kV-verbinding.

Voor deze objecten en systemen zijn maatregelen nodig. ProRail wordt daarom meegenomen naar een vervolgfase voor een nadere studie.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Momenteel worden er in het noorden van het land nabij Eemshaven een aantal grote energie productie-eenheden gerealiseerd. Tezamen met de al aanwezige interconnectie tussen Nederland en Noorwegen zorgen onder andere deze productie-eenheden voor een grote transportbehoefte naar het zuiden van het land. De aanwezige transportcapaciteit van de verbindingen vanaf het noorden van het land naar het zuiden is echter te beperkt om aan deze vraag te voldoen. Het project NoordWest380kV is opgestart om de transportcapaciteit tussen het noorden en het zuiden van het land te vergroten.

De verbinding, die binnen het project NoordWest380kV gerealiseerd wordt, loopt vanuit Eemshaven Oudeschip naar Vierverlaten. Daarbij is uitgegaan van een uitvoeringswijze middels deels vier-circuit combinatiemasten en deels twee circuit masten.

In deze studie wordt onderscheid gemaakt tussen de bestaande en toekomstige situatie. Dit wordt gedaan om de bestaande EMC situatie te kunnen vergelijken met de toekomstige EMC situatie. Met de bestaande situatie worden alle in NW380kV op te nemen bestaande hoogspanningslijnen en de overige aanwezige TenneT infrastructuur bedoeld. De in NW380kV op te nemen bestaande verbindingen zijn:

- Robbenplaat – Vierverlaten 220kV,
- Vierverlaten – Grijskerk/Winsum 110kV

Met de toekomstige situatie wordt de eindsituatie (2018) na oplevering van NW380kV bedoeld.

De benodigde maatregelen om een te grote beïnvloeding van objecten en systemen te voorkomen moeten zijn bepaald voordat het NW380kV tracé definitief in procedure wordt gebracht. De uitvoering van de benodigde maatregelen dient te zijn afgerond voor inbedrijfname van de toekomstige verbindingen.

1.2 Elektromagnetische compatibiliteit

Elektromagnetische compatibiliteit staat voor het vermogen van elektrische apparaten c.q. systemen om in elkaars nabijheid veilig te kunnen werken en een hoge beschikbaarheid te kunnen garanderen.

Als gevolg van de bouw van de nieuwe vier-circuits hoogspanningslijn verandert de situatie met betrekking tot de elektrische beïnvloeding van systemen en objecten in de lijn tussen Eemshaven Oudeschip en Ens. Deze elektrische beïnvloeding kan leiden tot:

- Ontoelaatbare aanraakspanningen.
- Beschadiging van objecten en systemen.
- Verstoring van de werking van elektrische apparatuur.
- Onacceptabel risico op wisselstroomcorrosie bij buisleidingen.
- Ontoelaatbare oplading bij aanraking van capacitief geladen objecten en systemen.
- Beperkingen in verband met overschrijden van grenswaarden voor blootstelling aan EM-velden.

1.3 Fasering

De studie naar de EMC van NoordWest380kV en objecten en systemen van stakeholders bestaat uit een viertal fasen. Deze fasen zijn als volgt gedefinieerd:

1.3.1 Fase 1

Het opstellen van een definitieve lijst van objecten en systemen die mogelijk beïnvloed worden c.q. een bijdrage leveren aan de beïnvloeding. Verder heeft deze fase tot doel het opstellen van toetsings-, beoordelings- en normeringscriteria. Tot slot bestaat deze fase uit het uitvoeren van een eerste schifting van alle geïnventariseerde objecten en systemen op basis van de vastgestelde criteria.

1.3.2 Fase 2

Deze fase bestaat uit het vaststellen in hoeverre systemen en objecten van derden beïnvloed worden in de toekomstige situatie. Hierbij wordt onder andere gebruik gemaakt van de input van stakeholders.

1.3.3 Fase 3

Deze fase bestaat uit het voor- en vaststellen van mogelijke maatregelen om EMC te bereiken voor alle beïnvloede objecten en systemen in de toekomstige situatie. Hierbij wordt tevens aangegeven welke maatregelen de stakeholder in de huidige situatie al had moeten treffen om EMC te bereiken in de huidige situatie. Dit geldt enkel voor de stakeholders waarbij geen EMC wordt bereikt met objecten en systemen van de desbetreffende stakeholder.

1.3.4 Fase 4

Deze fase bestaat uit het realiseren van de beoogde maatregelen en de controle van de effectiviteit van de gerealiseerde maatregelen. Deze fase geldt alleen voor stakeholders, waarvoor in fase 3 maatregelen zijn voorgesteld. De realisatie van de maatregelen wordt niet uitgevoerd binnen deze EMC studie. Het vaststellen van de effectiviteit van de gerealiseerde maatregel maakt wel deel uit van deze EMC studie; om een veilige werkomgeving te creëren dienen de maatregelen voorafgaand aan de inbedrijfname van de nieuwe TenneT hoogspanningsverbinding gerealiseerd te worden.

1.4 Doelstelling

Deze rapportage beslaat de eerste en tweede fase van de EMC-studie en heeft tot doel een compleet overzicht te creëren van alle objecten en systemen die mogelijk beïnvloed worden c.q. een bijdrage leveren aan de beïnvloeding. Deze eerste inventarisatie vindt plaats op basis van worst case aannames en de geldende criteria, waarbij het resultaat van de beoordeling in de vorm van stoplichtkleuren weergegeven wordt. Op basis van deze lijst is vervolgens gestart met afronding van fase twee van de studie met behulp van informatie van de stakeholder¹.

1.5 Opbouw rapportage

In deze rapportage worden in hoofdstuk 2 de beïnvloedingsvormen aangegeven die invloed kunnen hebben op in de nabijheid gelegen objecten/systemen van de hoogspanningsverbinding, in hoofdstuk 3 staan de uitgangspunten waarmee rekening is gehouden bij het in zicht brengen van de EMC van de stakeholders. Hoofdstuk 4 bevat de aanpak om te komen tot een inventarisatie van slachtofferobjecten en –systemen en de wijze waarop objecten/systemen worden onderverdeeld in categorieën met behulp van de stoplichtmethode.

¹ De stoplichtmethode is in z'n algemeenheid beschreven in dit document, omdat deze methode voor alle stakeholders wordt toegepast. Voor ProRail geldt echter dat de stoplichtmethode niet wordt toegepast. In bijlage 16 zijn de gegevens en methode van berekening van ProRail-infrastructuur gegeven.

Hoofdstuk 5 bevat de inventarisatie (fase1) van de slachtofferobjecten en –systemen, gebaseerd op de informatie afkomstig van KLIC.

Hoofdstuk 6 bevat de beoordeling (fase 2) van de slachtofferobjecten en –systemen, gebaseerd op de informatie afkomstig van de stakeholder.

In hoofdstuk 7 (conclusie en aanbeveling) wordt een advies gegeven m.b.t. de elektromagnetische compatibiliteit van de objecten/systemen gelegen in de nabijheid van de hoogspanningsverbinding t.a.v. de volgende fasen van deze EMC studie. De overige hoofdstukken bevatten de literatuurlijst en bijlagen met berekeningen, en dergelijke ten behoeve van het adviseren op elektromagnetische compatibiliteit.

2. Beïnvloedingsvormen

Het transport van elektrische energie zorgt voor een stroom door de geleiders van een hoogspanningslijn. Deze stroom veroorzaakt een magnetisch veld rondom de hoogspanningslijn. Als gevolg van het spanningsverschil tussen de geleiders van een hoogspanningslijn onderling en de omgeving wordt een elektrisch veld veroorzaakt. Deze Elektrische – en Magnetische velden (EM-velden) zorgen voor een beïnvloeding van objecten en systemen in de nabijheid van de hoogspanningslijn. Deze beïnvloeding kan bestaan uit:

- Het veroorzaken van gevaarlijke spanningen op metalen objecten;
- Het veroorzaken van gevaarlijke ontladingen (bij aanraking) van geïsoleerd opgestelde geleidende objecten;
- Het veroorzaken van ontoelaatbare stap- of aanraakspanningen bij hoogspanningsmasten;
- Het veroorzaken van beschadigingen aan isolerende mantels of coatings van kabels en (buis)leidingen;
- Het veroorzaken van een potentieel risico op wisselstroomcorrosie bij buisleidingen;
- Het veroorzaken van verstoring van (radio) signalen;
- Het veroorzaken van de correctie werking van elektrische apparatuur.

Al deze mogelijke vormen van beïnvloeding worden veroorzaakt door één of meerdere beïnvloedingsmechanismen:

- Inductieve beïnvloeding.
- Capacitieve beïnvloeding.
- Weerstandbeïnvloeding.
- Hoogfrequente velden.
- Elektrische velden.
- Magnetische velden.

Deze vormen worden in onderstaande paragraaf toegelicht.

2.1 Inductieve beïnvloeding

2.1.1 Het principe

Inductieve beïnvloeding wordt veroorzaakt door de stromen die door de hoogspanningsverbinding lopen. Deze stromen kunnen stoorspanningen opwekken in parallel aan de hoogspanningsverbinding opgestelde objecten en systemen.

2.1.2 De gevolgen

Door de inductieve beïnvloeding kan er een overschrijdende aanraakspanning op het parallel gelegen object of systeem ontstaan. Zodra een levend wezen (mens of dier) het object aanraakt en in contact staat met de aarde, zal er als gevolg van het aanwezige spanningsverschil een stroom door het lichaam van het levende wezen gaan lopen. Verder veroorzaakt deze vorm van beïnvloeding, afhankelijk van het object of systeem, een stoorspanning en een risico op wisselstroomcorrosie in het object of systeem.

2.1.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De zone waar binnen deze beïnvloedingsvorm voor ontoelaatbare beïnvloeding zorgt, is afhankelijk van een aantal parameters, waaronder de specifieke eigenschappen van de hoogspanningslijn en de lokale bodemweerstand. Voor het bepalen van de beïnvloedingszone wordt in eerste instantie

uitgegaan van de worst case situatie (grootst mogelijke zone) waarin een object/systeem ontoelaatbaar wordt beïnvloed. De gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

2.2 Capacitieve beïnvloeding

2.2.1 Het principe

Capacitieve beïnvloeding wordt veroorzaakt door de spanning op de geleiders van de hoogspanningslijn. Capacitieve beïnvloeding vindt alleen plaats als een metalen object/systeem boven de grond geïsoleerd is opgesteld in de nabijheid van een hoogspanningslijn. De capaciteit tussen de geleiders van de hoogspanningsverbinding en het geïsoleerd opgestelde object/systeem enerzijds en de capaciteit tussen dit object/systeem en de aarde anderzijds vormen een spanningsdeler. Hierdoor komt op het object/systeem een spanning te staan.

2.2.2 De gevolgen

Geïsoleerd opgestelde metalen objecten en systemen kunnen door capacitieve beïnvloeding onder spanning komen te staan. Door de aanraking van een geladen object door een levend wezen vindt een ontlading door het lichaam plaats.

2.2.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De regels met betrekking tot capacitieve beïnvloeding zijn vastgelegd in de NEN 3654: en zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

2.3 Weerstandbeïnvloeding

2.3.1 Het principe

Weerstandbeïnvloeding wordt veroorzaakt door een foutsituatie in de hoogspanningsverbinding. Door een kortsluiting tussen een hoogspanningslijn en de mast zal een hoge kortsluitstroom de grond in lopen ter plaatse van de mast. Deze stroom zorgt voor het ontstaan van een potentiaaltrechter.

2.3.2 De gevolgen

Objecten en systemen binnen de potentiaaltrechter worden door de stroom die de grond in stroomt opgetild in spanning. Wanneer een levend wezen het in spanning omhoog opgetilde object of systeem aanraakt, vindt er een ontlading plaats en gaat er via het lichaam van het levende wezen een stroom lopen.

2.3.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De potentiaaltrechters zijn in deze fase van de EMC studie berekend aan de hand van de werkelijk optredende kortsluitstroom [6]. De eisen m.b.t. de verschillende ISO-lijnen behorende bij de inventarisatie zijn opgenomen in bijlage 12 "Potentiaaltrechters huidige 220 kV" en bijlage 13 "Potentiaaltrechter NW380kV".

2.4 Hoogfrequente velden

2.4.1 Het principe

Door oneffenheden in componenten van de hoogspanningslijn kan er door corona ontladingen sprake zijn van hoogfrequentie elektromagnetische golven. Het ontstaan van de corona ontlading hangt af van het toegepaste type isolatoren, geleiders, de bundelafmeting, de (lokale) weersomstandigheden en de vervuilingsgraad van de componenten.

2.4.2 De gevolgen

De hoogfrequente elektromagnetische golven kunnen voor interferentie zorgen van radio signalen. Dit geldt vooral voor AM-gemoduleerde radiosignalen. De gevoeligheid van het optreden van de verstoring hangt af van de gevoeligheid van de apparatuur en de sterkte van de aanwezige radiosignalen.

2.4.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

Beïnvloeding door hoge frequenties (> 9 kHz) kan zich uiten in effecten zoals elektromagnetische storingen op nabijgelegen apparatuur \ installaties. Door te voldoen aan de essentiële veiligheidseisen vanuit de EMC-richtlijn en de geharmoniseerde EMC-normen voor producten mag verondersteld worden dat een apparaat \ installatie niet te gevoelig zal zijn voor hoogfrequente elektromagnetische beïnvloeding vanuit zijn omgeving [NEN3654]. De gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

2.5 Elektrische velden

2.5.1 Het principe

Elektrische velden ontstaan als gevolg van een verschil in spanning tussen spanning voerende delen (geleiders) en de omgeving met een potentiaal van 0 V. De elektrische veldsterkte neemt af met de afstand tot de spanning voerende delen. Kortom: hoe verder men van de spanning voerende delen verwijderd is, des te lager de elektrische veldsterkte is.

2.5.2 De gevolgen

Elektrische velden zijn door levende wezens waarneembaar. Vooral bij hoge elektrische veldsterkten is het veld "voelbaar" als gevolg van het gaan trillen van de beharing op het lichaam van het levende wezen.

2.5.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De beïnvloedings- en inventarisatiezones die gelden bij elektrische velden worden uitgedrukt in waarden op 1 m boven maaiveld en worden berekend bij de hoogste systeemspanning ($U_{nom} + 10\%$) gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

2.6 Magnetische velden

2.6.1 Het principe

De stroom door de geleiders zorgt voor het ontstaan van een magnetisch veld rondom de geleider.

2.6.2 De gevolgen

Magnetische velden kunnen er voor zorgen dat een object of systeem nadelig wordt beïnvloed (foutief functioneren). Verder geldt dat de magnetische velden effecten kunnen veroorzaken voor levende wezens.

2.6.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De mate waarin beïnvloeding van een object of systeem plaatsvindt, kunnen afgeleid worden van de immuniteit eisen die voor deze objecten of systemen gelden. Voor levende wezens (mensen) wordt onderscheid gemaakt tussen de beroepsbevolking en algemeen publiek. De gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

3. Uitgangspunten

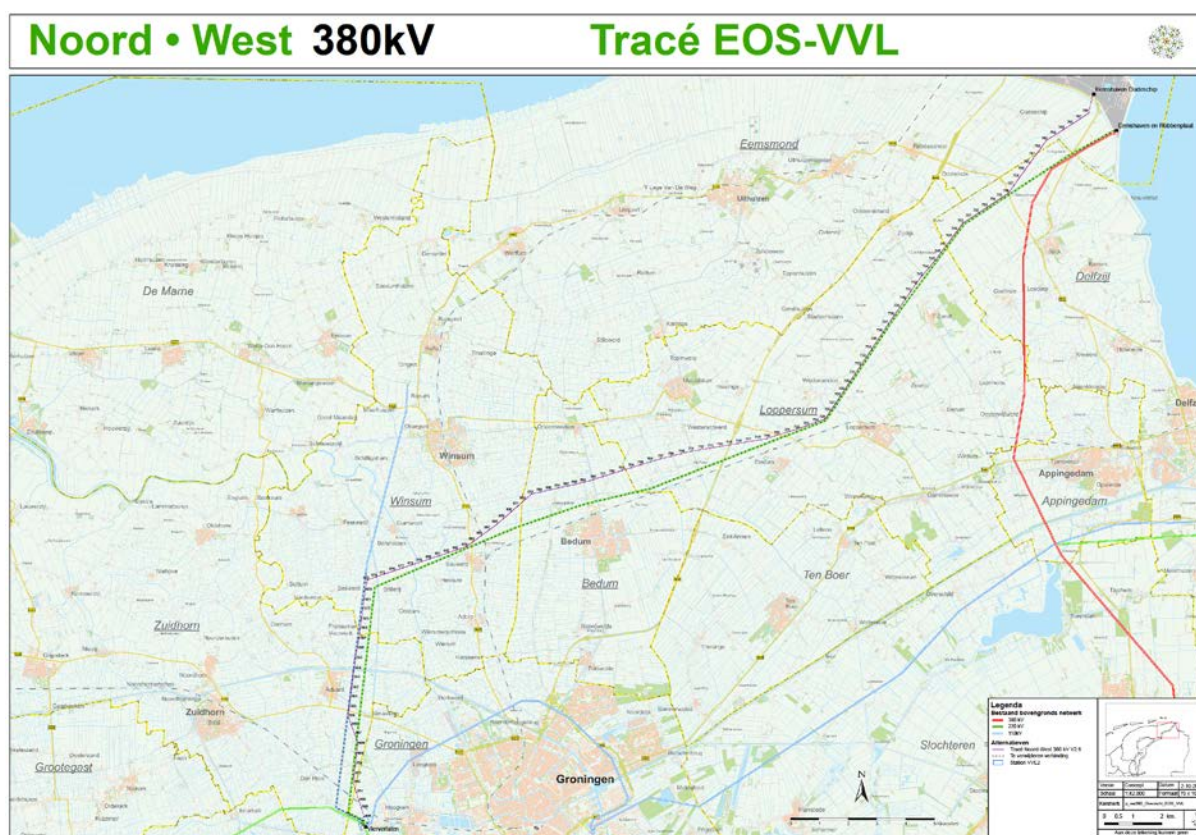
In [4] zijn alle uitgangspunten van de EMC-studie opgesomd. De relevante uitgangspunten hieronder zijn overgenomen uit dat document, zodat dit document zelfstandig gelezen kan worden. Hierbij is een onderverdeling gemaakt naar stoorbron, koppelweg en slachtoffer.

3.1 Stoorbron

De stoorbron bestaat in deze inventarisatie uit zowel het bestaande 220 kV-systeem als het nieuwe Noord-West 380 kV-systeem inclusief de 110 kV ondergrondse en bovengrondse infrastructuur binnen 2500 meter van Noord-West 380 kV. Door beide systemen lopen elektrische stromen, die op hun beurt weer magnetische velden rond deze systemen produceren. Daarnaast is er tussen de geleiders, die op hoogspanning staan, en de aarde een elektrisch veld aanwezig. Deze systemen kunnen verschillende belastingen voeren, die dan ook in de uitgangspunten zijn opgenomen. Hierdoor wordt een duidelijk omkaderde stoorbron gedefinieerd. De volgende stoorbronnen zijn voor deze studie van toepassing:

3.1.1 Infrastructuur

De te beschouwen infrastructuur van NW380kV is in figuur 1 weergegeven met de paarse lijn en bestaat uit de verbinding van Eemshaven Oudeschip (EOS) naar Vierverlaten (VVL). De bestaande 220 kV-verbinding tussen VVL en Robbenplaat (RBB) komt hiermee te vervallen. Rond station VVL komen meerdere verbindingen samen.



Figuur 1 Geografische oriëntatie NoordWest380kV. (Bron: TenneT)

De ProRail infrastructuur passeert dit station (VVL) dusdanig, dat deze zowel in de bestaande als in de toekomstige situatie beïnvloed wordt vanuit:

- Bestaand: 220 kV: VVL-RBB220 Z en W, VVL-EEM220 G, BGM-VVL220 Z en W;
- Toekomstig: BGM-VVL220 Z en W, EOS-VVL380 P en W.

3.1.2 Circuitsaanduiding in deelgebieden

De volgende circuitsaanduidingen worden gehanteerd voor de bestaande verbinding:

Tabel 1 Indeling circuits bestaande situatie.

Verbinding (Van)	Verbinding (Naar)	Netschakel	Spanningsniveau [kV]
Vierverlaten	Robbenplaat	VVL-RBB220 Z en W	220
Vierverlaten	Eemshaven	VVL-EEM220 G	220
Bergum	Vierverlaten	BGM-VVL220 Z en W	220
Vierverlaten	Winsum Ranum	VVL-WSMR110 Z	110
Vierverlaten	Groningen Hunze	GNHU-VVL110 Z en W	110
Vierverlaten	Grijpskerk	VVL-GK110 R	110
Grijpskerk	Winsum Ranum	GK-WSMR110 G	110

De volgende circuitsaanduidingen worden gehanteerd voor de toekomstige verbinding:

Tabel 2 Indeling circuits toekomstige situatie.

Verbinding (Van)	Verbinding (Naar)	Netschakel	Spanningsniveau [kV]
Vierverlaten	Eemshaven Oudeschip	VVL-EOS380 P en W	380
Bergum	Vierverlaten	BGM-VVL220 Z en W	220
Vierverlaten	Winsum Ranum	VVL-WSMR110 Z	110
Vierverlaten	Groningen Hunze	GNHU-VVL110 Z en W	110
Vierverlaten	Grijpskerk	VVL-GK110 R	110
Grijpskerk	Winsum Ranum	GK-WSMR110 G	110

3.1.3 Bedrijfsvoering

In bijlage 10 "Bedrijfsvoeringsscenario" worden de locatiespecifieke beïnvloedingsgebieden in tabellen aangegeven. De indeling is gebaseerd op de varianten die voorkomen op het traject:

- Deelgebied 1 VVL – EOS380
- Deelgebied 2 BGM – VVL220

3.1.4 Bestaande situatie

Bij belastingsituaties van de hoogspanningslijnen wordt gerekend met de volgende percentages van de ontwerpstroom:

- normaal bedrijf: alle circuits 50%
- onderhoud: 1 circuit 0%, de andere 100%, overige circuits 50%

- 1-fase kortsluiting: 1 circuit kortsluiting², overige circuits 50%

Voor VVL-RBB/EEM geldt dat er drie circuits zijn. Uitgaande van een volledig in bedrijf zijnde net zijn RBB en EEM te zien als één gekoppeld punt. Er zijn drie circuits (Wit, Zwart en Grijs)³:

1. normaal bedrijf: W / Z / G: 33¹/₃% / 33¹/₃% / 33¹/₃%;
2. onderhoud Wit: W / Z / G: 0% / 50% / 50%;
3. onderhoud Zwart: W / Z / G: 50% / 0% / 50%;
4. onderhoud Grijs: W / Z / G: 50% / 50% / 0%.

3.1.5 Toekomstige situatie

Bij belastingsituaties van de hoogspanningslijnen wordt gerekend met de volgende percentages van de ontwerpstroom:

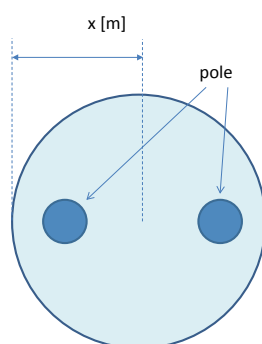
- normaal bedrijf: alle circuits 50%
- onderhoud: 1 circuit 0%, de andere 67%, overige circuits 50%
- 1-fase kortsluiting: 1 circuit kortsluiting¹, overige circuits 50%

3.1.6 Kortsluitstroom

De 1-fase kortsluitstroom vanuit de stations bedraagt 50 kA, de 3-fase kortsluitstroom vanuit de stations bedraagt 63 kA. Zie werkschrijving EMC [5]. In deze inventarisatie wordt de werkelijke kortsluitstroom op locatie toegepast voor het bepalen van de beïnvloeding [6].

3.1.7 Spanningstrechters

In bijlage 12 "Potentiaalrechters huidige 220 kV" en bijlage 13 "Potentiaalrechter NW380kV" zijn de effecten van een kortsluiting op een mast weergegeven voor de stap- en aanraakspanning. De in de NEN3654 aangegeven veilige afstand van 50 meter wordt zowel bij de bestaande 220 kV-verbinding als de nieuwe NW380kV-verbinding verminderd. In bijlage 12 en 13 zijn de verschillende afstanden voor x gegeven. Dit als gevolg van het feit dat buiten de x meter wordt voldaan aan de gestelde criteria uit de normen voor aanraakspanning. Hierdoor is het gebied buiten de x meter niet interessant voor dit aspect van de studie⁴.



Figuur 2 Bovenaanzicht mastopstelling met twee poles en buffer (gearceerd gebied) om het hart van de mast.

² Het circuit met de kortsluiting voert alleen de 1-fase kortsluiting, de overige twee fasen voeren geen belasting.

³ In [4] is aangegeven dat t.o.v. de situatie met vier circuits tussen VVL en RBB er nu met drie circuits dient gerekend te worden waarbij het bovenste witte circuit buiten bedrijf is. Dit bovenste witte circuit is op verschillende posities geaard.

⁴ In het geval van bundelgeleiders, zoals bij NW 380 kV, kan worden gesteld dat deze afstand aangehouden kan worden rond het middelpunt van de beide poles van één mastlocatie. In het gebied tussen de beide poles is de weerstandsbeïnvloeding niet van belang [sPvE EMC Management Specifiek programma van eisen Noord-West 380 kV].

3.2 Koppelweg

De weg van de stoorbron naar het slachtoffer wordt de koppelweg genoemd. Deze koppelweg bestaat uit de lucht, waar de elektrische en magnetische velden zich bevinden en uit de grond. De grond zelf bestaat uit elektrisch geleidbare materie. Door de aanwezigheid van magnetische velden boven de grond zullen er stromen in de grond zelf gaan lopen. Daarnaast vormt de grond een elektrische geleider voor de kortsluitstroom, die van de mast richting het station loopt. Bij de koppelweg wordt rekening gehouden met de volgende mechanismen:

3.2.1 Beïnvloedingsgebied conform NEN3654: capacitief

Conform NEN3654 dienen alleen geleidende bovengrondse objecten binnen een afstand van 60 meter⁵ van de hartlijn van het hoogspanningstracé beschouwd te worden.

3.2.2 Beïnvloedingsgebied conform NEN3654: weerstand

Conform NEN3654 dienen alleen geleidende objecten binnen een afstand van 60 meter van de hartlijn van het hoogspanningstracé beschouwd te worden.

3.2.3 Beïnvloedingsgebied project specifiek NW 380 kV: inductief

Op basis van het stappenplan voor inductieve beïnvloeding uit NEN3654 kan worden vastgesteld of beïnvloede infrastructuur in de categorie "veilige afstand" valt of verder geanalyseerd dient te worden. Voor dit project is een project specifieke indeling gemaakt. Deze projectspecifieke indeling wordt in het hoofdstuk Aanpak verder uitgewerkt.

3.3 Slachtoffer

Het slachtoffer kan zowel een apparaat c.q. systeem zijn als de mens zelf. Voor de mens geldt dat er grenzen gesteld zijn aan de grootte van de maximaal te overbruggen spanning: aanraakspanning. Daarnaast zijn er grenzen gesteld aan de hoeveelheid lading die een mens bij aanraking van een stalen object mag afvoeren. Zowel voor de mens als voor apparaten c.q. systemen zijn normen, met maximale toegestane waarden, opgenomen in de uitgangspunten van dit document. Deze normen maken toetsing van de beïnvloeding mogelijk en kunnen leiden tot additionele maatregelen.

3.3.1 Bronnen ondergrondse infrastructuur

De inventarisatie van de ondergrondse infrastructuur is gebaseerd op:

- KLIC-gegevens, van 9 september 2014;
- Geleverde informatie van de stakeholders, zie bijlage 16.

3.3.2 Indeling ondergrondse infrastructuur

De ondergrondse infrastructuur wordt ingedeeld op basis van IMKL (Informatie Model Kabels en Leidingen) uit de KLIC. Deze indeling is als volgt:

- Buisleiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Gas lage druk
- Gas hoge druk
- (Petro) chemie

⁵ In NEN3654 wordt gesproken over 50 meter, maar hier wordt 60 meter toegepast i.v.m. de 380kV verbinding en een extra 10 meter van de poles van naar de hartlijn van een mastlocatie. In de overige hoofdstukken wordt 50 meter gehanteerd i.v.m. eenduidigheid met de NEN3654. Er wordt hier wel gerekend met 60 meter.

- Landelijk hoogspanningsnet
- Hoogspanning
- Laagspanning
- Middenspanning
- Riool vrij verval
- Riool onder druk
- Warmte
- Water
- Wees
- Overig

De toelichting bij de omschrijving van de hierboven genoemde infrastructuren is opgenomen in bijlage 14 "Indeling ondergrondse infrastructuur".

3.3.3 Lijst van stakeholders met ondergrondse infrastructuur

De stakeholders zijn in een stakeholderanalyse van ondergrondse infrastructuur ingedeeld in categorieën: Drinkwater (1), Energie (2), Gas (3), Gemeente (4), ProRail (5), Provincie (6), Rijkswaterstaat (7), Telecom (8), Waterschap (9) en Onbekend (10).

De stakeholder is in de onderstaande tabel per ondergrondse infrastructuur ingedeeld. Om de resultaten overzichtelijk weer te geven is gebruik gemaakt van de genoemde nummers achter de categorieën.

Stakeholder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ProRail					X					

Tabel 3: Stakeholder per ondergrondse infrastructuur

3.3.4 Bronnen bovengrondse infrastructuur

De inventarisatie van de bovengrondse infrastructuur is gebaseerd op de gegevens in bijlage 15.

3.3.5 Verwerking boven- en ondergrondse infrastructuur in GIS-tooling

De onder- en bovengrondse infrastructuur zijn gebundeld in één database, waarbij alleen onderscheid wordt gemaakt tussen de zone 'binnen 60 meter' en 'buiten 60 meter' vanuit de hartlijn van de nieuwe verbinding. Deze Zone-indeling is gebaseerd op de NEN3654 (zie ook paragraaf 3.2). Voor bovengrondse infrastructuur, m.u.v. ProRail, geldt dat deze niet onaanvaardbaar wordt beïnvloed buiten de 60-meterzone: daarvoor is de lengte van deze objecten niet toereikend. Binnen de 60-meterzone is een inventarisatie uitgevoerd om bovengrondse objecten te identificeren. Deze inventarisatie is opgenomen in Bijlage 16.

3.3.6 Indeling bovengrondse infrastructuur

De bovengrondse infrastructuur is ingedeeld op basis van brainstormsessies en opgeleverde GIS data van TenneT. Gebaseerd op brainstormsessies met specialisten EMC en specialisten GIS en InformatieManagement (IM) d.d. :

- 23 november 2012: Maarten Zaanen (GIS), Alan Cyrus (GIS), Jasper Teunissen (IM), Remco Paulussen (EMC);
- 30 november 2012: Maarten Zaanen (GIS), Alan Cyrus (GIS), Jasper Teunissen (IM), Remco Paulussen (EMC);

- 6 december 2012: Alan Cyrus (GIS), Jasper Teunissen (IM), Remco Paulussen (EMC);

en opgeleverde GISdata van TenneT:

- TenneT zendmasten;
- informatie afkomstig van 't Wetterskip Fryslân;
- informatie van Rijkswaterstaat;
- GBKN;
- Kadaster;
- Luchtfoto's;
- KLIC NW380 afkomstig van TenneT.
- Alle mastlocaties van Nederland van TenneT;
- Footprints NW380kV van TenneT;
- Masten binnen 2 kilometer van NW380kV van TenneT.

Op basis van bovenstaande inventarisatie en brainstorm is de bovengrondse infrastructuur ingedeeld in de volgende categorieën:

- Weginfrastructuur
 - Bewakingssystemen (Camera, VRI, DRIP)
 - Geluidsschermen
 - Openbare verlichting
 - Hekwerken (terreinafscheiding), leuning, afrasteringen, vangrails, borden
 - Kunstwerken
 - Radio- en communicatie-installaties
 - Verzorgingsplaatsen
- Railinfrastructuur
 - Bewakingssystemen (Camera)
 - Geluidsschermen
 - Verlichting
 - Hekwerken, leuning, afrasteringen
 - Kunstwerken
 - Radio- en communicatie-installaties
 - Treindetectiesystemen
 - Tractiesystemen (bovenleiding, onderstations, spoorstaven)
- Waterinfrastructuur
 - Bewakingssystemen (Camera)
 - Kunstwerken (aquaduct, duikers, bruggen, vaste dammen, syphons, keringen en walbeschermingen (specifiek stalen damwanden))
 - Verlichting
 - Radarinstallaties
 - Radio- en communicatie-installaties
 - Sluizen, Pompstations, Gemalen, Stuwen
- Bestaande TenneT energievoorziening binnen 2 km afstand van NW380kV
 - Bovengrondse en ondergrondse 110 kV-verbindingen
- Overig
 - Windmolens (windturbines)
 - Kassen (opstal)

- Boeren schuren

Voor weg- en railinfrastructuur geldt dat deze zowel uit lokale (puntobjecten) als uit langgerekte infrastructuur bestaat.

Voor waterinfrastructuur geldt dat deze vooral lokaal gebonden is, met uitzondering van buisleidingen.

3.3.7 Lijst van bovengrondse stakeholders

De volgende geselecteerde stakeholders hebben bovengrondse infrastructuur conform de gegevens in onderstaande tabel en zijn ingedeeld in de volgende categorieën:

- 1 weginfrastructuur
- 2 railinfrastructuur
- 3 waterinfrastructuur
- 4 bestaande TenneT infrastructuur
- 5 overig

Geselecteerde stakeholder	1	2	3	4	5
ProRail		X			

Tabel 4 Geselecteerde stakeholder per bovengrondse infrastructuur.

3.4 Toetsing

De toetsing van de beïnvloeding van de slachtoffersystemen vindt plaats door toepassing van de criteria uit onderstaande normen en PVE's.

3.4.1 Normen

Tabel 5 Normen

Norm	Omschrijving	Uitgave
NEN 1010	Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties	
NEN 3654	Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningslijnen	2014
NEN-EN 50341-1	Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties	2013
NEN-EN 50341-3	Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten.	2001
prEN 50443	Effects of electromagnetic interference caused by high voltage a.c. railway and power supply systems on pipelines	
NEN-EN-IEC 61000-6	Electromagnetic compatibility, part 6: Generic standards	
NPR CEN TS 15280	Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried Pipelines-Application to cathodically protected Pipelines	
2004/40/EG	Richtlijn 2004 van het europees parlement en de raad van 29 april 2004 betreffende de minimumvoorschriften	2004

Norm	Omschrijving	Uitgave
	inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (18de bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG)	
2004/108/EG	RICHTLIJN 2004/108/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 15 december 2004 betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit en tot intrekking van Richtlijn 89/336/EEG	2004
CIGRE WG 36.02	Guide on the Influence of High Voltage AC Power System on Metallic Pipelines	
IEC 60479-1	Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects	1994
ICNIRP	ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHZ)	December 2010

Ad NEN-EN 50341-3

Conform de categorie A, B of C is bij een kortsluiting met een bepaalde tijdsperiode de maximale aanraakspanning gegeven in tabel 6.2.4.3/Nl.2.

3.4.2 TenneT voorschriften en PVE's

Tabel 6 PvE

PvE	Omschrijving	Uitgave
PVE.07.000	EMC en aarding 1.0	d.d. 3 december 2010, versie 1.0
PVE.06.001	Kabels, Specifiek Programma van Eisen in het kader van project NW 380	d.d. 7 maart 2012, versie 1.3
sPvE	EMC Management. Projects specifiek programma van eisen grote lijnen projecten	d.d. 23 december 2011, versie 1.1
sPvE	EMC Management. Specifiek Programma van Eisen Noord-West 380kV	d.d. 30 september 2014, versie 0.08

3.4.3 Prioritering

Indien eisen uit verschillende documenten met elkaar conflicteren dient de volgende prioriteitsvolgorde te worden aangehouden:

- Wettelijke eisen.
- TenneT ontwerpvoorschriften en richtlijnen.
- Overige TenneT voorschriften en regelgeving.
- Ontwerpvoorschriften en richtlijnen *stakeholders*
- Overige voorschriften en regelgeving *stakeholders*
- NEN-EN en EN-normen.
- Praktijkrichtlijnen (NPR).
- Overige (internationale) normering.

3.4.4 Concrete toetsingswaarden

De concrete toetsingswaarden zijn gebaseerd op waarden uit het uitgangspuntendocument [4]⁶.

Aanraakspanning

- kortsluiting: 1500 V publiek / 660 V (E-installaties laagspanning)
- continu: 50 V publiek, 25 V buisleidingen

Elektromagnetisch veld

- 5 kV/m publiek, 10 kV/m werknemers
- 100 μ T publiek, 500 μ T werknemers

⁶ ProRail heeft specifieke toetsingswaarden, die zijn beschreven in bijlage 16.

4. Aanpak

Dit hoofdstuk bevat de aanpak om te komen tot een inventarisatie van slachtofferobjecten en -systemen en een eerste schifting van deze objecten/systemen in objecten en systemen die geen probleem, mogelijk een probleem en zeer zeker een probleem vormen⁷. De indeling hiervoor is in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk toegelicht. De wijze waarop aan deze methode invulling is gegeven is beschreven in de paragraaf (4.2) met project specifieke zone-indeling voor inductieve beïnvloeding. Als laatste wordt de aanpak beschreven op welke wijze de slachtoffersystemen geselecteerd zijn (paragraaf 4.3).

4.1 Stoplichtmethode

De indeling van potentieel gevaarlijke objecten is opgezet op basis van een stoplichtmethode:

4.1.1 Groen

het object voldoet inclusief modelmarges (*worst case*) aan de gestelde eisen qua aanraakspanning; Er is geen sprake van een ontoelaatbare beïnvloeding van het object/systeem en behoeft daarom verder geen aandacht. De desbetreffende stakeholder kan hierover geïnformeerd worden.

4.1.2 Geel

Uitgaande van de worst case aannames en modelmarge kan niet worden uitgesloten dat er sprake is van een ontoelaatbare beïnvloeding. Deze objecten/systemen moeten meegenomen worden naar fase twee van de EMC studie. Als gevolg van de herbeoordeling met de via de stakeholder verkregen gegevens kan dit object/systeem alsnog de groene kleur krijgen. Mocht na herbeoordeling de beïnvloeding nog steeds te hoog zijn, dan wordt het object/systeem met rood aangegeven.

4.1.3 Rood

Het object/systeem voldoet inclusief modelmarges (*worst case*) niet aan de gestelde criteria. Na herbeoordeling van deze systemen/objecten met de gegevens van de stakeholder zullen maatregelen nodig zijn.

In bijlage 11 "Modelnauwkeurigheid" is beschreven met welke onnauwkeurigheid van de modellering rekening moet worden gehouden. Deze onnauwkeurigheid is meegenomen in de stoplichtmethode. Een geleider wordt als groen aangemerkt als zijn lengte + 30% op de meest ongunstige plek in de zone (doorgaans dicht bij het tracé, maar dat hoeft niet) nog geen normwaarde overschrijdt; deze situatie is gegarandeerd veilig. Verder wordt een lengte als rood aangemerkt als zijn lengte - 30% zelfs op de meest gunstige plek in de zone (typisch zo ver mogelijk van het tracé) een normwaarde overschrijdt: Deze geeft gegarandeerd een probleem. Alle varianten hiertussen worden als geel aangemerkt.

4.2 Project specifieke zone-indeling inductieve beïnvloeding

Voor de project specifieke beïnvloeding zijn zones opgesteld om de inductieve beïnvloeding van objecten te kunnen beoordelen. In dit gebied kunnen objecten/systemen negatief worden beïnvloed door het elektromagnetische veld. De zone-indeling is gebaseerd op onderstaande tabel en sluit aan bij de beoordelingszone van NEN3654:

⁷ Deze classificatie moet wel gezien worden in combinatie met de worst case aannamen.

Zones
Meter tot hart tracé
0-60
60-100
100-200
200-300
300-500
500-1500
1500-2500

Tabel 7 Zone-indeling.

Op basis van de bedrijfsvoering van TenneT kan de beïnvloeding van het slachtoffersysteem bepaald worden. De ligging van dit slachtoffersysteem binnen de zone is van invloed op de grootte van de beïnvloeding. Dit geldt ook voor de nauwkeurigheid van de toegepaste modellen.

Er wordt van uitgegaan dat elementen van de KLIC die tot hetzelfde objecttype (bijv. laagspanning of staal) behoren en aaneengesloten lijken te zijn, één geheel vormen.

Hierbij worden uiteinden, die in elkaars nabijheid van hoogstens vier meter (nauwkeurigheidsmarge KLIC) vallen, geïnterpreteerd als zijnde verbonden.

Een dergelijk geheel (gekoppeld objecttype) wordt in het vervolg als "cluster" aangeduid.

Daar waar op basis van de KLIC-gegevens of aangeleverde stakeholder-data geen uitsluitel kan worden gegeven over de elektrische geleidbaarheid van een cluster, wordt aangenomen dat het cluster elektrisch geleidend is.

Worst case wordt hierbij aangenomen dat een cluster aan één zijde geaard is.

De spanning die een cluster opbouwt, wordt als volgt bepaald:

Er wordt een matrix van cellen gemaakt die zich uitstrekt over de gehele lengte van de hoogspanningslijn en in de breedte tot 2 kilometer aan weerszijden van de lijn.

Voor alle relevante bedrijfsvoeringen (normaal bedrijf, onderhoud, kortsluiting) wordt voor al deze cellen een worst case standaard-beïnvloeding per kilometer berekend.

Deze standaard-beïnvloeding hangt ten eerste af van de dwarsafstand ten opzichte van de lijn:

Hiervoor is de geografische zone-indeling (60 m., 100 m., ...) zoals in de tabel hierboven is gegeven aangehouden.

Per segmenten van 5 kilometer wordt de beïnvloeding bij de bedrijfsvoering kortsluiting in langsricting gevarieerd op basis van de berekende kortsluitstroom [6]⁸. Voor alle clusters wordt bepaald hoeveel parallelengte ze in welke cellen hebben, waarbij voor een cluster alleen de worst case (dichtst bij de hoogspanningslijn) zones worden meegenomen. De totale opgebouwde spanning voor een cluster is de som van de standaardbeïnvloedingen van de door die cluster bestreken cellen gewogen met de lengte binnen die cellen. Buiten de 2 kilometerzone wordt er geen spanning opgebouwd.

De beïnvloeding van de 110 kV binnen de 2500-meterzone van NW380kV wordt op gelijke wijze bepaald en separaat opgeteld bij de beïnvloeding van NW380kV. Hierbij geldt dat voor de beïnvloeding door de 110 kV alleen de bedrijfsvoering 'normaal bedrijf' wordt beschouwd [4].

⁸ Deze 5 kilometer is gebaseerd op een afweging tussen de variatie van de kortsluitstroom, de lengtes van de clusters en de hoeveelheid te berekenen data.

4.3 Selectieprocedure slachtoffersystemen

Om het slachtoffer systeem/object te selecteren op basis van de in paragraaf 4.2 opgestelde methode is er gebruik gemaakt van een selectieprocedure. Om deze selectieprocedure gestructureerd aan te pakken is er een flow-chart opgesteld. Deze flow-chart is opgenomen in bijlage 21 "Flow-chart".

In de onderstaande paragrafen zijn de blokken met de bijbehorende nummering uit de flow-chart nader toegelicht.

4.3.1 Geografische trechtering objecten [1]

De beïnvloeding van elektrische geleidende objecten conform NEN3654 dient te worden bestudeerd onder de volgende voorwaarden:

- capacatieve beïnvloeding: < 50 meter tot hart hoogspanningslijn en bovengrondse ligging;
- weerstandsbeïnvloeding: < 50 meter tot hart van de hoogspanningslijn;
- inductieve beïnvloeding: zie grafiek NEN3654 -- > vervangen door locatie specifieke methode uit paragraaf 4.2.

4.3.2 Elektrische geleidbaarheid [2]

Objecten worden geselecteerd op geleidbaarheid. Wanneer een object niet geleidbaar is, dan valt deze direct af.

4.3.3 Elektrische systemen [3]

Voor elektrische systemen gelden normen om aanraakveiligheid te garanderen. Deze systemen zijn in vergelijking tot niet elektrische systemen, zoals een vangrail, voorzien van aarding en intrinsieke veiligheid. Voor deze systemen is het zaak twee onderdelen uit te zoeken:

- kan de beïnvloeding door TenneT leiden tot onveilig falen van het systeem;
- kan de beïnvloeding door TenneT leiden tot persoonlijke onveiligheid (aanraak- c.q. stapspanning).

In hoofdstuk 9 worden systemen behandeld, waarbij de worst case eigenschappen van een systeem worden vastgelegd om te bepalen of dit systeem mogelijk potentieel gevaarlijk is.

4.4 Toepassing van zone-indeling op de verschillende beïnvloedingsvormen

Op basis van bovenstaande aanpak is een lijst opgesteld van alle mogelijk beïnvloedbare infrastructuur, zowel onder- als bovengronds. Uit deze lijst zijn objecten zonder elektrische geleidbaarheid direct verwijderd en apart vermeld. In de bijlage van de stakeholder is de stoplichtmethode gegeven voor alle objecttypes voor VKA380 en de bestaande 220 kV-lijn. In deze tabellen zijn de verschillende criteria (publiek, buis) toegepast.

Uit de berekeningen van de spanningstrechters volgt dat deze 50 meter aan de veilige kant is, zie bijlage 12 en 13.

De verschillende beïnvloedingsvormen – capacatief, weerstand en inductief – zijn beschouwd conform NEN3654. In de paragrafen hieronder is beschreven hoe dit is ingevuld.

4.4.1 Capacatieve en weerstandsbeïnvloeding

Conform NEN3654 dient de capacatieve- en weerstandsbeïnvloeding in eerste instantie beschouwd te worden in een gebied tot 50 meter uit het hart van de hoogspanningslijn. Omdat het hier een 380kV verbinding betreft met masten bestaande uit een dubbele pole en er gerekend wordt vanuit het hart

van het tracé is deze afstand geen 50 maar 60 meter. Wanneer de infrastructuur zich alleen ondergronds bevindt, dan is alleen een beschouwing op weerstandsbeïnvloeding van toepassing. Wanneer de infrastructuur zich bovengronds bevindt, dan dienen zowel capacatieve als weerstandsbeïnvloeding beschouwd te worden.

4.4.2 Inductieve beïnvloeding

De inductieve beïnvloeding is bepaald op basis van de gesommeerde spanningsopbouw in de verschillende zones en specifiek gemaakt voor de tracés. Dit is een aanscherping op de toepassing van NEN3654. Het is daarbij niet van belang of een object zich boven- of ondergronds bevindt. In het algemeen geldt dat hoe verder weg de infrastructuur van de stakeholder is gelegen t.o.v. de hoogspanningslijn, hoe langer deze mag zijn voordat een norm wordt overschreden.

4.4.3 HF-beïnvloeding

Hoogfrequent gedrag is conform NEN3654 beschouwd. Beïnvloeding door hoge frequenties (> 9 kHz) kunnen zich uiten in effecten zoals elektromagnetische storingen op nabijgelegen apparatuur \ installaties. Door te voldoen aan de essentiële veiligheidseisen vanuit de EMC-richtlijn en de geharmoniseerde EMC-normen voor producten mag verondersteld worden dat een apparaat \ installatie niet te gevoelig zal zijn voor hoogfrequente elektromagnetische beïnvloeding vanuit zijn omgeving.

4.4.4 Elektrische velden

Elektrische velden ontstaan als gevolg van een verschil in spanning tussen spanning voerende delen (geleiders) en de omgeving met een potentiaal van 0 V. De elektrische veldsterkte neemt af met de afstand tot de spanning voerende delen. Kortom: hoe verder men van de spanning voerende delen verwijderd is, des te lager de elektrische veldsterkte is.

4.4.4.1 De gevolgen

Elektrische velden zijn door levende wezens waarneembaar. Vooral bij hoge elektrische veldsterkten is het veld "voelbaar" als gevolg van het gaan trillen van de beharing op het lichaam van het levende wezen.

4.4.4.2 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De beïnvloedings- en inventarisatiezones die gelden bij elektrische velden worden uitgedrukt in waarden op 1 m boven maaiveld en worden berekend bij de hoogste systeemspanning ($U_{nom} + 10\%$) gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

4.5 Magnetische velden

4.5.1 Het principe

De stroom door de geleiders zorgt voor het ontstaan van een magnetisch veld rondom de geleider.

4.5.2 De gevolgen

Magnetische velden kunnen er voor zorgen dat een object of systeem nadelig wordt beïnvloed (foutief functioneren). Verder geldt dat de magnetische velden effecten kunnen veroorzaken voor levende wezens.

4.5.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De mate waarin beïnvloeding van een object of systeem plaatsvindt kunnen afgeleid worden van de immuniteit eisen die voor deze objecten of systemen gelden. Voor levende wezens (mensen) wordt onderscheid gemaakt tussen de beroepsbevolking en algemeen publiek. De gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

5. Resultaten inventarisatie

De lijst van infrastructuur van ProRail binnen 2.5 kilometer afstand van de tracés is gegeven in bijlage 22 "Beïnvloeding ProRail". In de figuur op de volgende pagina is voor het tracé van Noord-West 380 kV het resultaat van de inventarisatie gegeven.

De inventarisatieresultaten zijn verdeeld in de verschillende beïnvloedingsvormen:

- Inductieve beïnvloeding.
- Capacitieve beïnvloeding.
- Weerstandsbeïnvloeding.
- Hoogfrequente velden.
- Elektrische velden.
- Magnetische velden.

Aan het einde van dit hoofdstuk is op de kaart de hoogspanningslijn weergegeven met de bijbehorende kilometrerings, oplopend van Eemshaven (km 0.000) naar Bergum (72.304 km) via Vierverlaten (40.138 km) met een beoordeling op basis van de KLIC-gegevens van ProRail.

5.1 Inductieve beïnvloeding

De inductieve beïnvloeding van de spoorstaven (aanraakspanning, beschikbaarheid c.q. veiligheid spoorstroomlopen), het tractiesysteem (materieel) en de kabelinfrastructuur kan op basis van de KLIC niet uitgevoerd worden. In RLN00398 heeft ProRail aangegeven hoe omgegaan dient te worden met beïnvloedingsberekeningen tussen hoogspanningslijnen en railinfrastructuur. TenneT heeft in afstemming met ProRail gekozen voor een alternatieve aanpak van deze berekeningen [7]. Deze wijze van berekenen is in het volgende hoofdstuk uitgewerkt.

5.2 Capacitieve beïnvloeding

De capacitieve beïnvloeding is door ProRail afgedekt via RLN00398 paragraaf 6.1 punt G4: *Capacitieve beïnvloeding is geregeld in de overige ProRail regelgeving, zowel ten aanzien van de werkvoorschriften onder en in de omgeving van hoogspanningsverbindingen, als voor de ontwerpvoorschriften voor het plaatsen van geleidende objecten onder en in de omgeving van hoogspanningsverbindingen.*

5.3 Weerstandsbeïnvloeding

De weerstandsbeïnvloeding treedt alleen op met nadelige gevolgen binnen 20 meter van het hart van de piloon. In RLN00398 paragraaf 5.1 punt 7 is afgedekt dat hoogspanningsmasten op een grotere afstand van het spoor geplaatst dienen te worden: *Hoogspanningsmasten mogen niet worden geplaatst binnen een afstand van ten minste 31 m uit het hart buitenste spoor (20+ 11).*

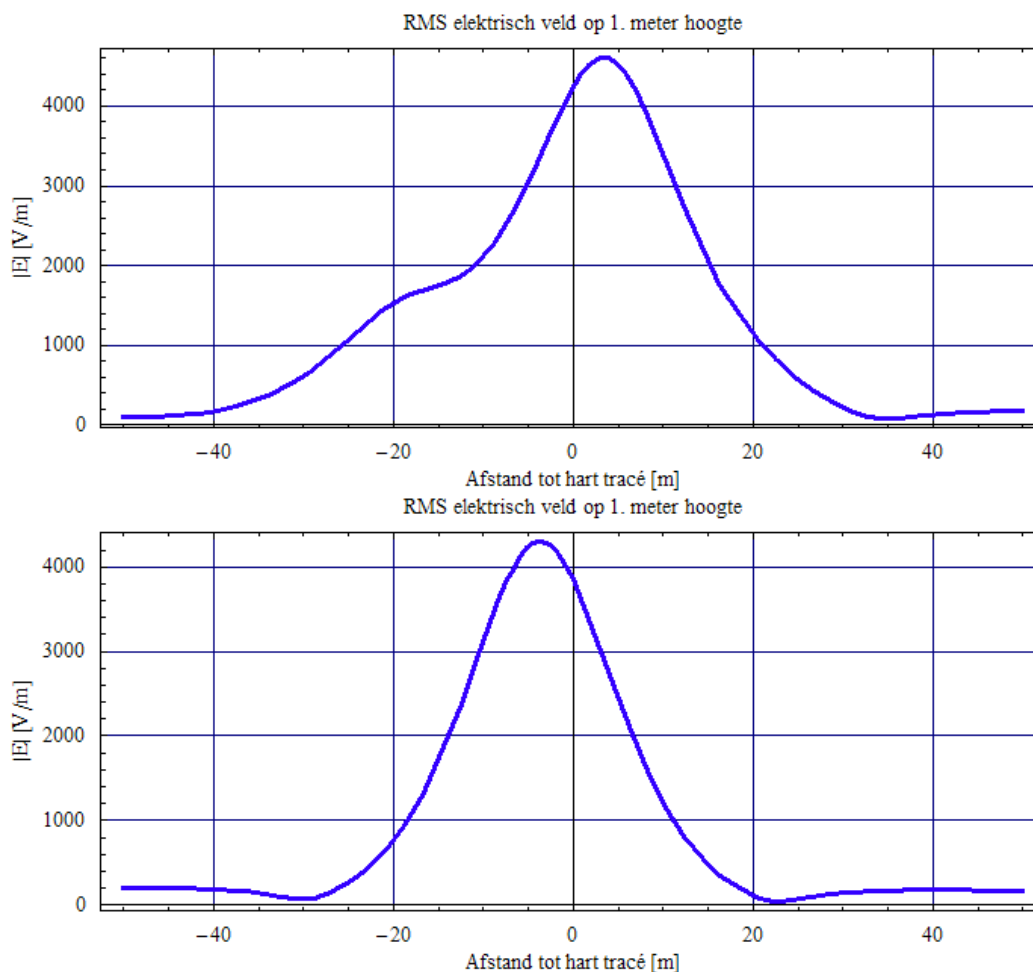
5.4 Hoogfrequente velden

Beïnvloeding door hoge frequenties (> 9 kHz) kan zich uiten in effecten zoals elektromagnetische storingen op nabijgelegen apparatuur \ installaties. Door te voldoen aan de essentiële veiligheidseisen vanuit de EMC-richtlijn en de geharmoniseerde EMC-normen voor producten mag verondersteld worden dat een apparaat \ installatie niet te gevoelig zal zijn voor hoogfrequente elektromagnetische beïnvloeding vanuit zijn omgeving [NEN3654].

5.5 Elektrische velden

Het elektrische veld op 1 meter hoogte ligt onder de normwaarde van 5 kV/m. De eis van ProRail dat het elektrisch veld op 1 meter van het ProRail-systeem lager dient te liggen dan 10 kV/m wordt daarom sowieso gehaald, omdat er geen sprake is van geëlektrificeerde baanvakken.

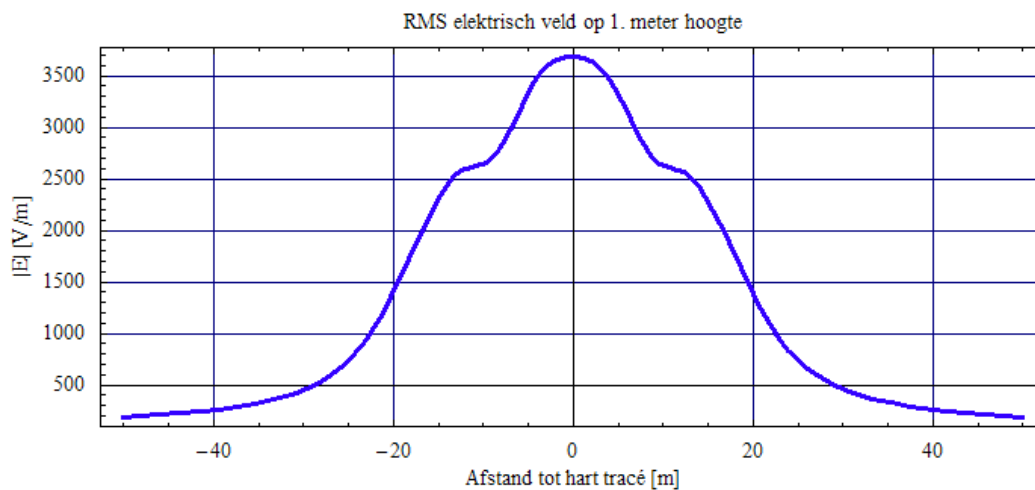
Voor alle configuraties van NW 380 kV geldt dat de optredende waarden onder de toetsingswaarde van 5 kV/m liggen⁹.



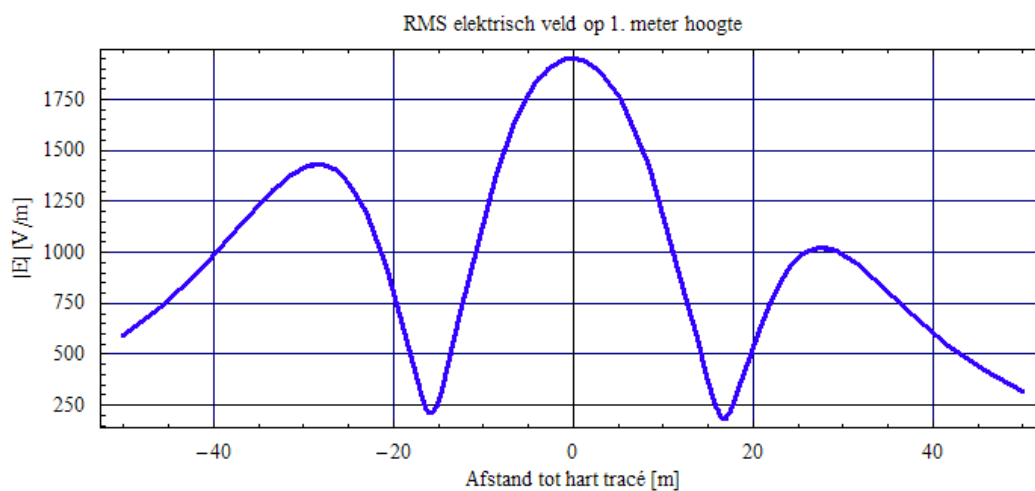
Figuur 3 Maximaal optredend elektrisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud aan NW 380 kV tussen Vierverlaten en EOS. Boven: veldplot van sectie 673 (2x 110 / 2x 380 kV), onder van sectie 768 (2x 380 kV).

⁹ Let op: hierbij is rekening gehouden met 10% spanningsverhoging.

Voor de bestaande configuraties van VVL – BGM en VVL – RBB geldt dat de optredende waarden – maximaal 3.7 kV/m – onder de toetsingswaarde van 5 kV/m liggen¹⁰.



Figuur 4 Maximaal optredend elektrisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij normaal bedrijf tussen VVL en BGM.

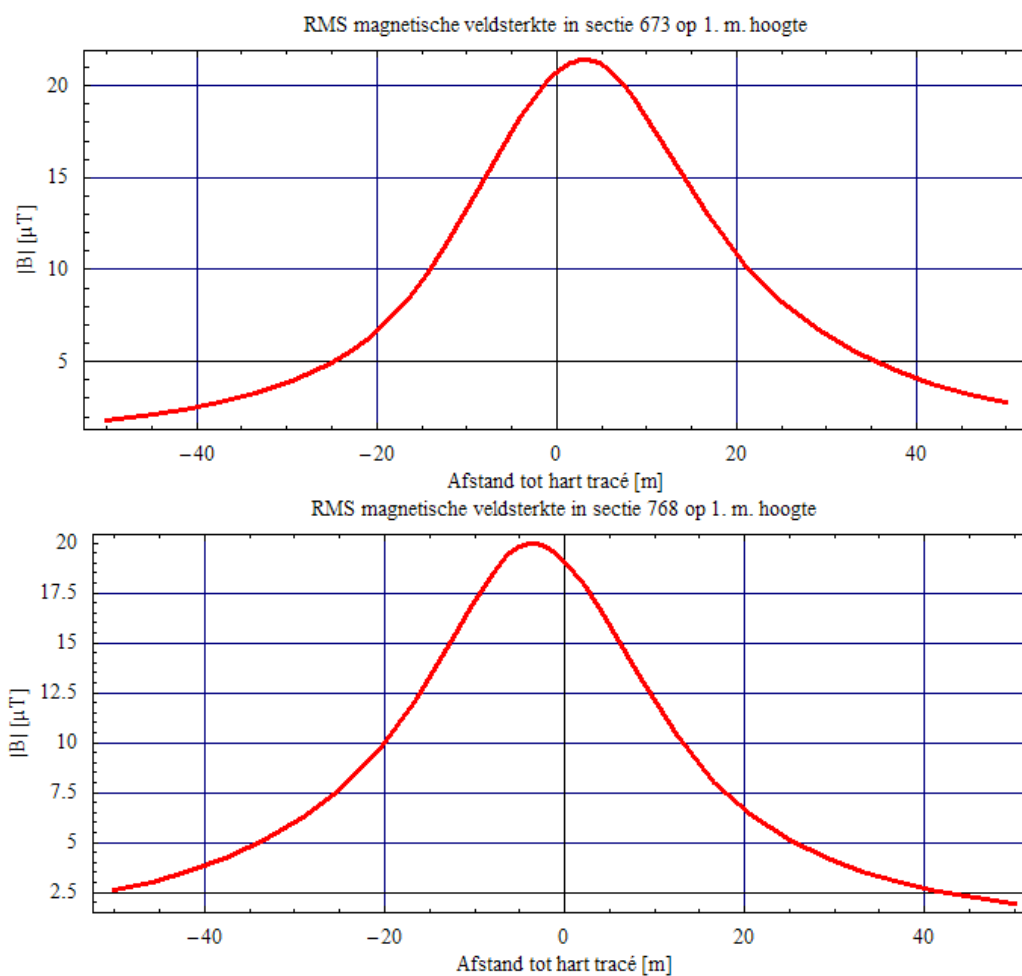


Figuur 5 Maximaal optredend elektrisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij normaal bedrijf tussen VVL en RBB.

¹⁰ Let op: hierbij is rekening gehouden met 10% spanningsverhoging.

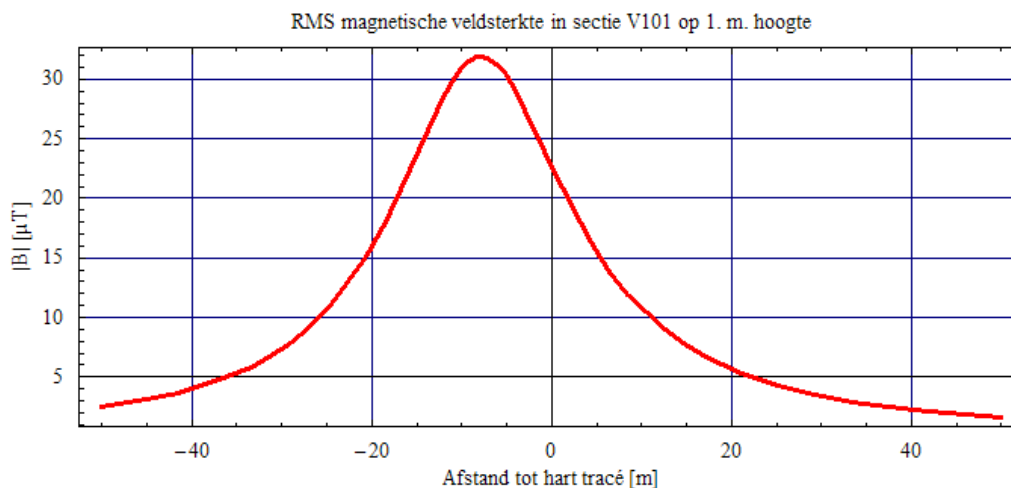
5.6 Magnetische velden

Magnetische velden kunnen algemeen beschouwd worden, omdat deze ruim onder de ProRail geëiste waarde van $100 \mu\text{T}$ ligt. Voor alle configuraties van NW 380 kV geldt dat de optredende waarden – maximaal $21 \mu\text{T}$ – onder de toetsingswaarden voor publiek en werknemers liggen.

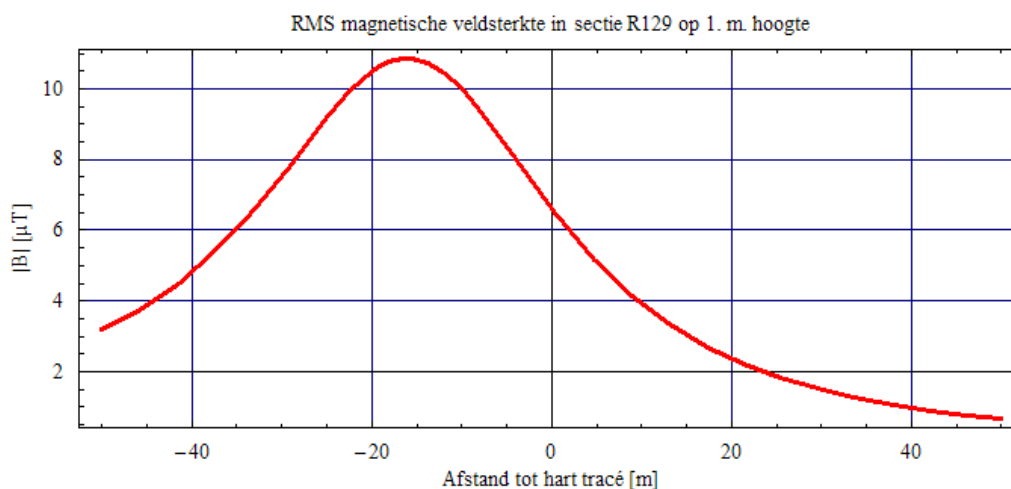


Figuur 6 Maximaal optredend magnetisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud aan NW 380 kV tussen Vierverlaten en EOS. Boven: veldplot van sectie 673 (2x 110 / 2x 380 kV), onder van sectie 768 (2x 380 kV).

Voor alle configuraties van de bestaande tracés VVL – BGM en VVL - RBB geldt dat de optredende waarden – maximaal $32 \mu\text{T}$ – onder de toetsingswaarden voor publiek en werknemers liggen.



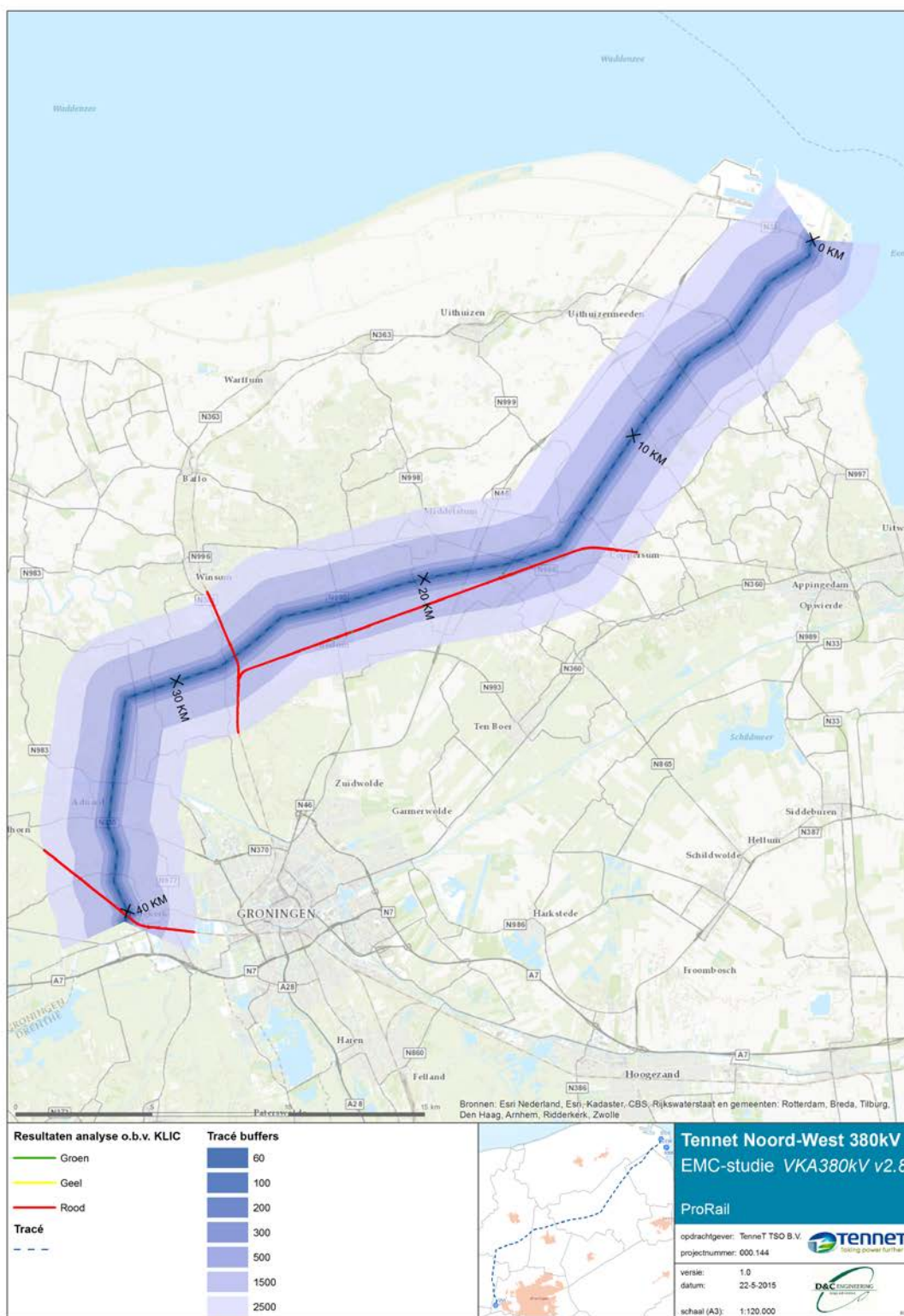
Figuur 7 Maximaal optredend magnetisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud tussen VVL en BGM.



Figuur 8 Maximaal optredend magnetisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud tussen VVL en RBB.

5.7 Doorkijk naar beoordeling

De inventarisatie vanuit de KLIC is voor ProRail verre van compleet. Daarnaast biedt de ProRail-infrastructuur – de spoorstaven en bovenleidingen – een demplus voor de beïnvloeding vanuit TenneT. Voor een juiste bepaling van de beïnvloeding van de infrastructuur wordt een apart model met deze infrastructuur van ProRail opgezet om vanuit dat model uitspraken te doen over maximale kabellengtes en aanraakspanningen. In het volgende hoofdstuk is deze vervolgfase gegeven.



Figuur 9 Beïnvloeding van ProRail-infrastructuur door NW380kV.

6. Beoordeling

In de beoordelingsfase zijn extra gegevens van ProRail t.o.v. de KLIC en luchtfoto's opgevraagd. Deze gegevens zijn in bijlage 16 gegeven, waarbij ook de wijze van modellering is gepresenteerd. ProRail heeft verschillende detectiesystemen in het spoor. In bijlage 16.1.2 is aangegeven welk type op welk (deel van het) baanvak wordt toegepast.

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van de modellering en gebruikte uitgangspunten. Gedetailleerde simulatieresultaten zijn gegeven in:

- bijlage 17 voor het tracé Leeuwarden – Groningen i.c.m. NW 380 kV,
- bijlage 18 voor het tracé Sauwerd – Delfzijl i.c.m. NW 380 kV;
- bijlage 19 voor het tracé Leeuwarden – Groningen i.c.m. bestaand 220 kV
- bijlage 20 voor het tracé Sauwerd – Delfzijl i.c.m. bestaand 220 kV

De beoordelingsresultaten zijn verdeeld in de verschillende beïnvloedingsvormen:

- Inductieve beïnvloeding.
- Capacitieve beïnvloeding.
- Weerstandsbeïnvloeding.
- Hoogfrequente velden.
- Elektrische velden.
- Magnetische velden.

De berekeningen zijn gebaseerd op de maximale transportcapaciteit van het TenneT-systeem. Er is geen vergelijking uitgevoerd met het in de werkelijkheid optredende transport.

6.1 Inductieve beïnvloeding

De inductieve beïnvloeding van de spoorstaven (aanraakspanning, beschikbaarheid c.q. veiligheid spoorstroomlopen), het tractiesysteem (materieel) en de kabelinfrastructuur. Deze beïnvloeding is locatiespecifiek en wordt in de volgende paragrafen gegeven.

6.1.1 Resultaten tracé Leeuwarden – Groningen i.c.m. bestaand 220 kV

In dit hoofdstuk zijn de resultaten gegeven voor drie situaties:

1. normale bedrijfsvoering TenneT met 10% scheefbelasting;
2. onderhoudssituatie 220 kV TenneT met 10% scheefbelasting;
3. kortsluiting.

Voor de criteria uit RLN00398 is in onderstaande tabel aangegeven of wordt voldaan aan de gestelde eisen. Hierbij is gebruik gemaakt van de modelmarge.

Nr	Criterium	Normale bedrijfsvoering: Voldoet (ja, nee)	Onderhoud: Voldoet (ja, nee)	Kortsluiting Voldoet (ja, nee)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 V _{CM} , 58 A _{CM} ; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 A _{CM} ;	Ja Nee (6.8 A)	Ja Nee (7.7 A)	N.v.t.
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 V _{CM} , 250 A _{CM} ;	Ja	Ja	N.v.t.
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	Ja	Ja	Nee (1079 V)
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	N.v.t. N.v.t.	N.v.t. N.v.t.	N.v.t. N.v.t.
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde (k-a), spoorstaaf – aarde (s-a), EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	Ja	Ja	Nee (k-a: 1573 V, s-a: 878 V)
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstroomloper: 10 kV/m	Ja	Ja	N.v.t.
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 µT	Ja	Ja	N.v.t.

Tabel 8 Gebruikte criteria in ProRail-studie voor het tracé Leeuwarden – Groningen.

Het criterium van 0.5 A voor de 50 Hz-spoorstroomloper wordt over het overgrote deel van het traject – vanaf km 30.622 tot km 76.150 – overschreden als ook wordt meegenomen dat bij de dubbelsporigheid de retour van één van de sporen onderbroken is (zie situatie onderhoud TenneT in de bijlage).

6.1.2 Resultaten tracé Leeuwarden – Groningen i.c.m. NW 380 kV

In dit hoofdstuk zijn de resultaten gegeven voor drie situaties:

1. normale bedrijfsvoering TenneT met 10% scheefbelasting;
2. onderhoudssituatie 220 / 380 kV TenneT met 10% scheefbelasting;
3. kortsluiting.

Voor de criteria uit RLN00398 is in onderstaande tabel aangegeven of wordt voldaan aan de gestelde eisen. Hierbij is gebruik gemaakt van de modelmarge.

Nr	Criterium	Normale bedrijfsvoering: Voldoet (ja, nee)	Onderhoud: Voldoet (ja, nee)	Kortsluiting Voldoet (ja, nee)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 V _{CM} , 58 A _{CM} ; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 A _{CM} ;	Ja Nee (6.8 A)	Ja Nee (4.8 A)	N.v.t.
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 V _{CM} , 250 A _{CM} ;	Ja	Ja	N.v.t.
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	Ja	Ja	Nee, IB: 1248 V
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	N.v.t. N.v.t.	N.v.t. N.v.t.	N.v.t. N.v.t.
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde (k-a), spoorstaaf – aarde (s-a), EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	Ja	Ja	Nee, (k-a: 858 V)
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstroomloper: 10 kV/m	Ja	Ja	N.v.t.
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 µT	Ja	Ja	N.v.t.

Tabel 9 Gebruikte criteria in ProRail-studie voor het tracé Leeuwarden – Groningen.

Het criterium van 0.5 A voor de 50 Hz-spoorstroomloper wordt over het overgrote deel van het traject – vanaf km 30.622 tot km 47.000 en vanaf km 65.000 tot km 76.150 (2.5 Ωkm)– overschreden en ligt op het overige deel van het traject dicht bij dit criterium (zie situatie onderhoud TenneT in de bijlage).

6.1.3 Resultaten tracé Sauwerd – Delfzijl i.c.m. bestand 220 kV

In dit hoofdstuk zijn de resultaten gegeven voor drie situaties:

1. normale bedrijfsvoering TenneT met 10% scheefbelasting;
2. onderhoudssituatie 220 kV TenneT met 10% scheefbelasting;
3. kortsluiting.

Voor de criteria uit RLN00398 is in onderstaande tabel aangegeven of wordt voldaan aan de gestelde eisen. Hierbij is gebruik gemaakt van de modelmarge.

Nr	Criterium	Normale bedrijfsvoering: Voldoet (ja, nee)	Onderhoud: Voldoet (ja, nee)	Kortsluiting Voldoet (ja, nee)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 V _{CM} , 58 A _{CM} ;	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 A _{CM} ;	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 V _{CM} , 250 A _{CM} ;	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	Ja	Nee, IB: 189 V¹¹	Nee, IB: 3523 V
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde, spoorstaaf – aarde, EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	Ja	Nee, s-a: 94 V	Nee, (s-a: 3055 V)¹²
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstelsel: 10 kV/m	Ja	Ja	N.v.t.
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 μT	Ja	Ja	N.v.t.

Tabel 10 Gebruikte criteria in ProRail-studie voor het tracé Sauwerd – Delfzijl.

¹¹ Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit alleen geldt voor een IB-kabel die loopt van km 11.000 tot aan km 25.000 (Sauwerd – Loppersum). Deze zijn aanwezig langs dat baanvak, zie bijlage 16.1.2, Tabel 17.

¹² Kortsluiting in het witte circuit van TenneT bij 100 Ωkm afleidweerstand spoorstaaf-aarde is maatgevend.

6.1.4 Resultaten tracé Sauwerd – Delfzijl i.c.m. NW 380 kV

In dit hoofdstuk zijn de resultaten gegeven voor drie situaties:

1. normale bedrijfsvoering TenneT met 10% scheefbelasting;
2. onderhoudssituatie 380 kV TenneT met 10% scheefbelasting;
3. kortsluiting.

Voor de criteria uit RLN00398 is in onderstaande tabel aangegeven of wordt voldaan aan de gestelde eisen. Hierbij is gebruik gemaakt van de modelmarge.

Nr	Criterium	Normale bedrijfsvoering: Voldoet (ja, nee)	Onderhoud: Voldoet (ja, nee)	Kortsluiting Voldoet (ja, nee)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 V _{CM} , 58 A _{CM} ;	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 A _{CM} ;	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 V _{CM} , 250 A _{CM} ;	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	Ja	Ja	Ja
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde, spoorstaaf – aarde, EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	Ja	Ja	Nee (s-a: 1150 V)
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstroomloper: 10 kV/m	Ja	Ja	N.v.t.
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 μT	Ja	Ja	N.v.t.

Tabel 11 Gebruikte criteria in ProRail-studie voor het tracé Sauwerd – Delfzijl.

De spoorstaaf-aardspanning is over een groter gedeelte van het traject (km 13.500 – 21.000 en km 23.000 – 27.200) boven de norm van 785 V bij een afleidweerstand van het spoor van 100 Ωkm.

6.2 Capacitieve beïnvloeding

De capacitieve beïnvloeding is door ProRail afgedekt via RLN00398 paragraaf 6.1 punt G4: *Capacitieve beïnvloeding is geregeld in de overige ProRail regelgeving, zowel ten aanzien van de werkvoorschriften onder en in de omgeving van hoogspanningsverbindingen, als voor de ontwerpvoorschriften voor het plaatsen van geleidende objecten onder en in de omgeving van hoogspanningsverbindingen.*

6.3 Weerstandsbeïnvloeding

De weerstandsbeïnvloeding treedt alleen op met nadelige gevolgen binnen 20 meter van het hart van de piloon. In RLN00398 paragraaf 5.1 punt 7 is afgedekt dat hoogspanningsmasten op een grotere afstand van het spoor geplaatst dienen te worden: *Hoogspanningsmasten mogen niet worden geplaatst binnen een afstand van ten minste 31 m uit het hart buitenste spoor (20+ 11).* Zie bijlage 13.2.

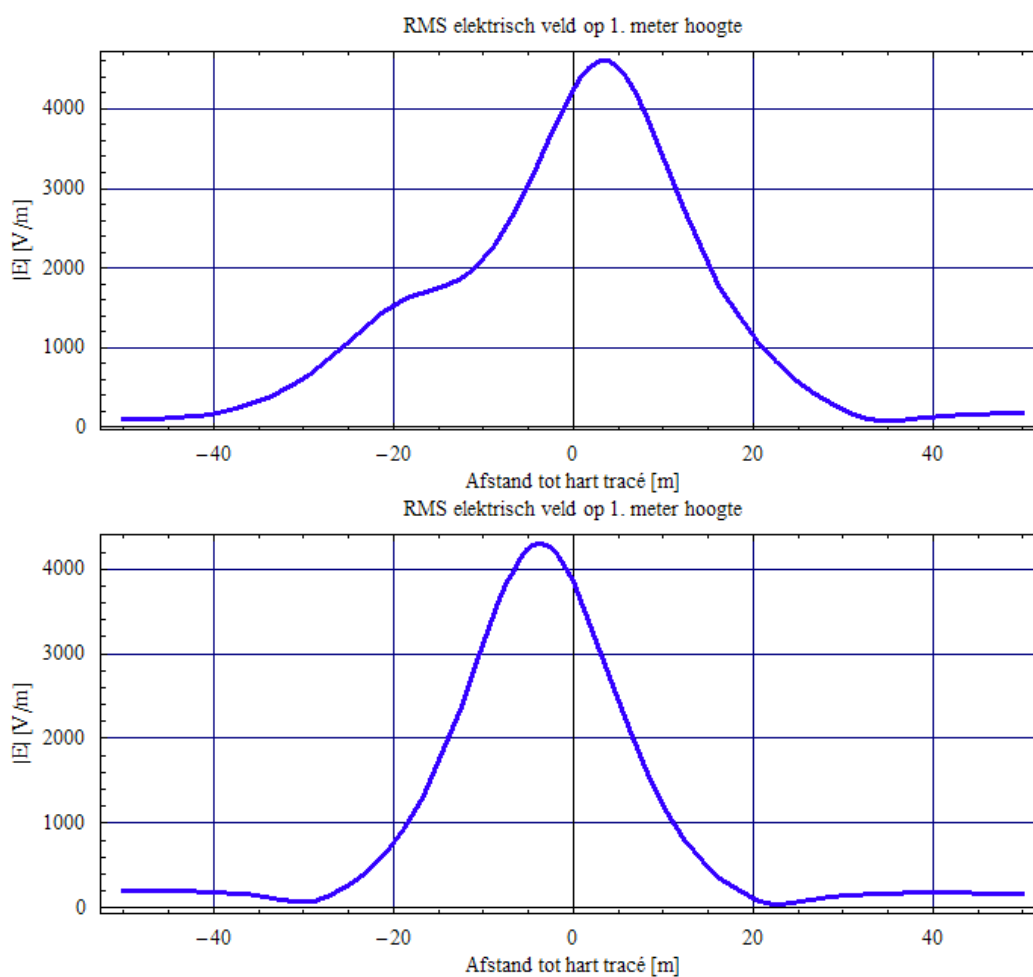
6.4 Hoogfrequente velden

Beïnvloeding door hoge frequenties (> 9 kHz) kan zich uiten in effecten zoals elektromagnetische storingen op nabijgelegen apparatuur \ installaties. Door te voldoen aan de essentiële veiligheidseisen vanuit de EMC-richtlijn en de geharmoniseerde EMC-normen voor producten mag verondersteld worden dat een apparaat \ installatie niet te gevoelig zal zijn voor hoogfrequente elektromagnetische beïnvloeding vanuit zijn omgeving [NEN3654].

6.5 Elektrische velden

Het elektrische veld op 1 meter hoogte ligt onder de normwaarde van 5 kV/m. De eis van ProRail dat het elektrisch veld op 1 meter van het ProRail-systeem lager dient te liggen dan 10 kV/m wordt daarom sowieso gehaald, omdat er geen sprake is van geëlektrificeerde baanvakken.

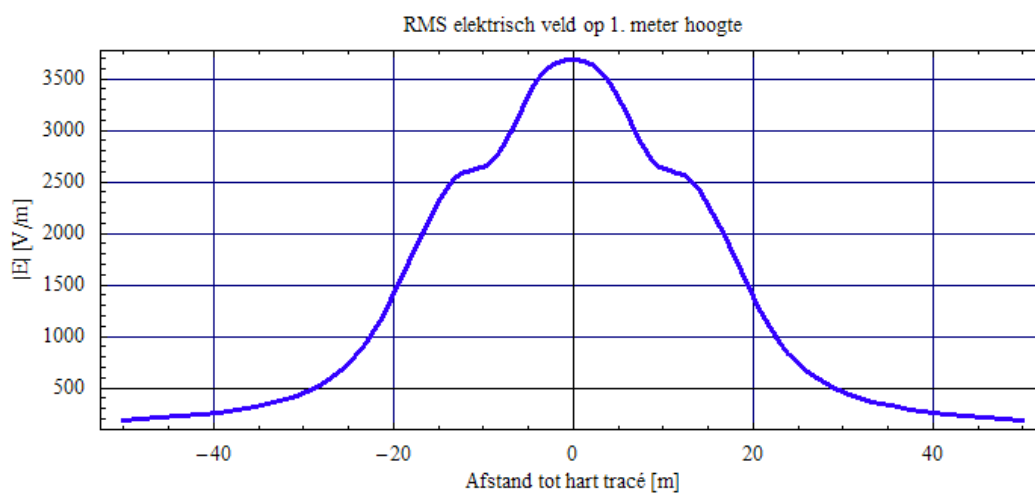
Voor alle configuraties van NW 380 kV geldt dat de optredende waarden onder de toetsingswaarde van 5 kV/m liggen¹³.



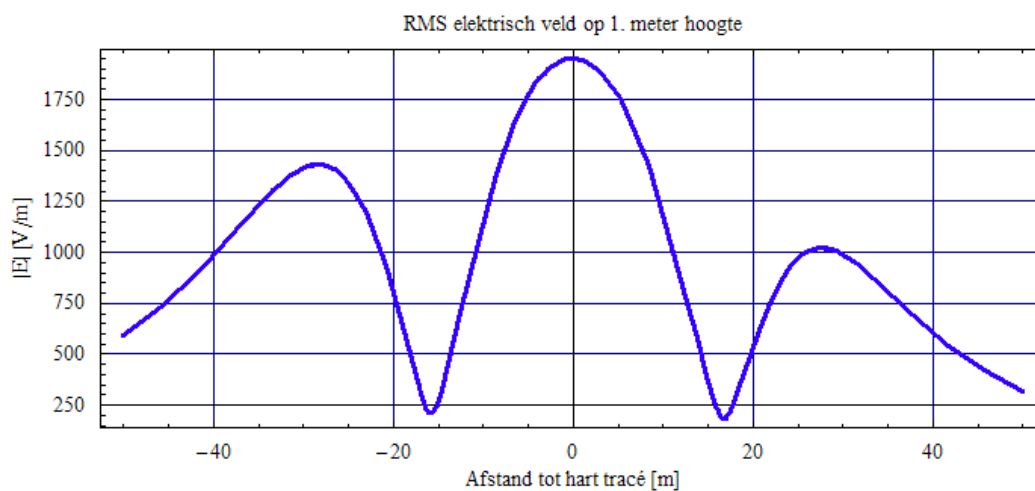
Figuur 10 Maximaal optredend elektrisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud aan NW 380 kV tussen Vierverlaten en EOS. Boven: veldplot van sectie 673 (2x 110 / 2x 380 kV), onder van sectie 768 (2x 380 kV).

¹³ Let op: hierbij is rekening gehouden met 10% spanningsverhoging.

Voor de bestaande configuraties van VVL – BGM en VVL – RBB geldt dat de optredende waarden – maximaal 3.7 kV/m – onder de toetsingswaarde van 5 kV/m liggen¹⁴.



Figuur 11 Maximaal optredend elektrisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij normaal bedrijf tussen VVL en BGM.

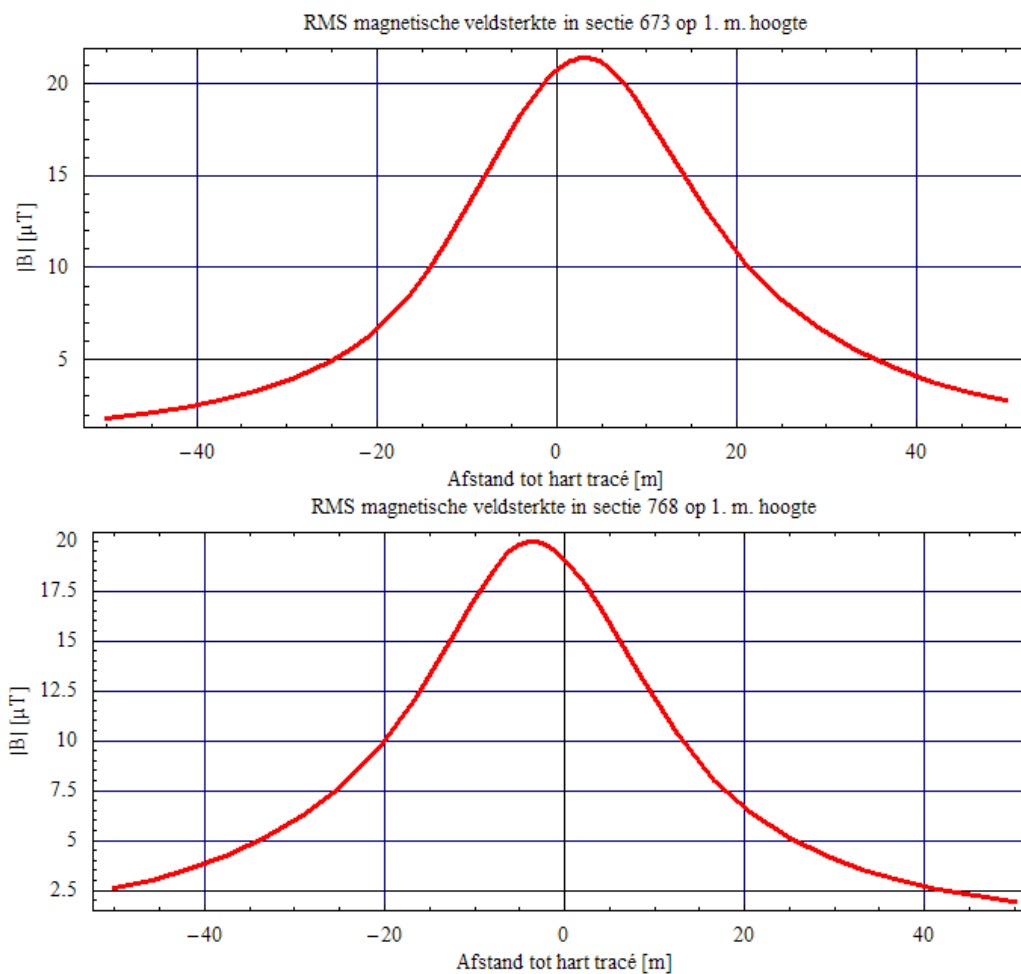


Figuur 12 Maximaal optredend elektrisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij normaal bedrijf tussen VVL en RBB.

¹⁴ Let op: hierbij is rekening gehouden met 10% spanningsverhoging.

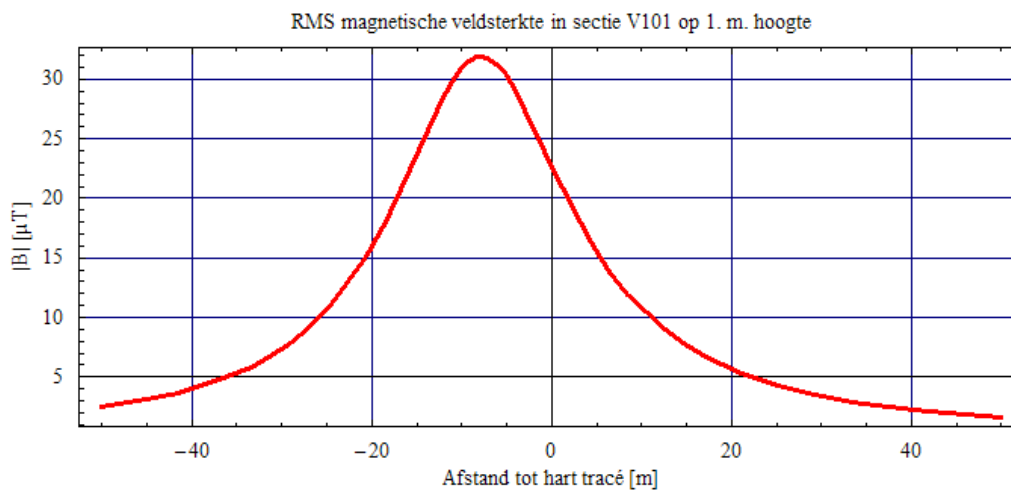
6.6 Magnetische velden

Magnetische velden kunnen algemeen beschouwd worden, omdat deze ruim onder de ProRail geëiste waarde van $100 \mu\text{T}$ ligt. Voor alle configuraties van NW 380 kV geldt dat de optredende waarden – maximaal $21 \mu\text{T}$ – onder de toetsingswaarden voor publiek en werknemers liggen.

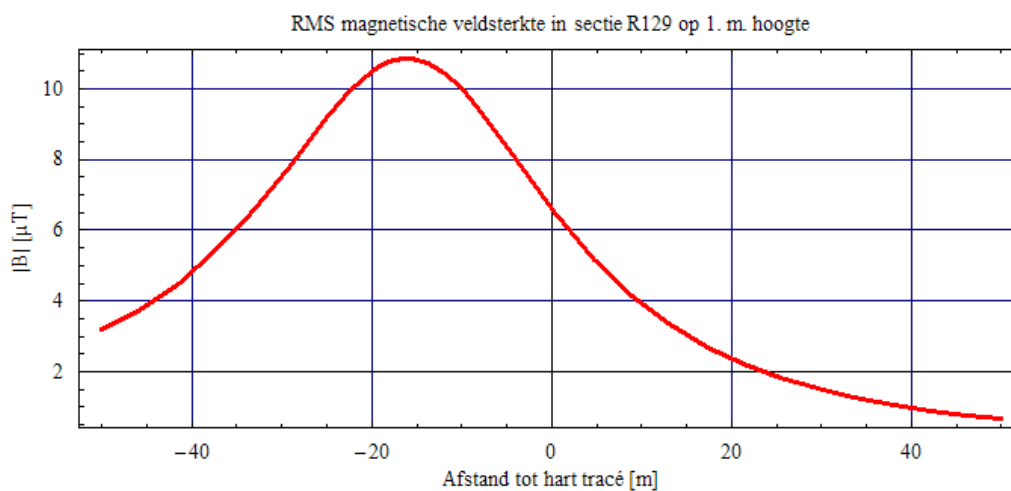


Figuur 13 Maximaal optredend magnetisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud aan NW 380 kV tussen Vierverlaten en EOS. Boven: veldplot van sectie 673 (2x 110 / 2x 380 kV), onder van sectie 768 (2x 380 kV).

Voor alle configuraties van de bestaande tracés VVL – BGM en VVL - RBB geldt dat de optredende waarden – maximaal $32 \mu\text{T}$ – onder de toetsingswaarden voor publiek en werknemers liggen.



Figuur 14 Maximaal optredend magnetisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud tussen VVL en BGM.



Figuur 15 Maximaal optredend magnetisch veld (dwarsprofiel op 1 meter hoogte) bij onderhoud tussen VVL en RBB.

7. Conclusie

Deze rapportage is het eindrapport voor fase 1 en fase 2 van de EMC studie en bevat een beoordeling van alle objecten en systemen van ProRail, die beïnvloed worden door de nieuwe TenneT hoogspanningsverbinding NW380kV.

De inventarisatie op basis van de beschikbare bronnen heeft een stoplichtresultaat opgeleverd voor alle objecttypen. Deze stoplichtmethode is gebaseerd op een *worst case* aanname van beïnvloeding door NW380kV.

Met deze stoplichtmethode wordt met de kleuren groen, geel en rood het volgende aangegeven:

- Groen: het object voldoet inclusief modelmarges (*worst case*) aan de gestelde eisen qua aanraakspanning. Hierbij is er geen sprake van een ontoelaatbare beïnvloeding van het object/systeem en behoeft daarom verder geen aandacht.
- Geel: uitgaande van de *worst case* aannames en modelmarge kan niet worden uitgesloten dat er sprake is van een ontoelaatbare beïnvloeding. Deze objecten/systemen moeten meegenomen worden naar fase twee van de EMC studie. Als gevolg van de herbeoordeling met de via de stakeholder verkregen gegevens kan dit object/systeem alsnog de groene kleur krijgen. Mocht na de herbeoordeling de beïnvloeding nog steeds te hoog zijn, dan wordt het object/systeem met rood aangegeven.
- Rood: het object/systeem voldoet inclusief modelmarges (*worst case*) niet aan de gestelde criteria. Na herbeoordeling van deze systemen/objecten met de gegevens van de stakeholder zullen maatregelen nodig zijn.

Voor ProRail is een extra verdiepingsslag gemaakt in de beoordelingsfase door extra informatie over de infrastructuur van ProRail op te nemen in EMTP-ATP-modellen voor de tracés Leeuwarden – Groningen en Sauwerd – Delfzijl. Deze beoordelingsfase heeft inzichtelijk gemaakt dat er maatregelen dienen te worden genomen qua inductieve beïnvloeding op de tracés¹⁵:

- Leeuwarden – Groningen: zowel voor de huidige 220 kV- als de nieuwe 380 kV-verbinding;
- Sauwerd - Delfzijl: zowel voor de huidige 220 kV- als de nieuwe 380 kV-verbinding.

¹⁵ In hoofdstuk 6 zijn de resultaten per baanvak op subsysteemniveau gegeven conform de beoordelingscriteria van RLN000398-V001.

8. Literatuur

- [1] Carson John R, Wave Propagation in overhead wires with Ground return, Bell System Technical Journal 1926.
- [2] CCITT, Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway volumes I t/m X.
- [3] Pollaczek F, 'On the field produced by an infinitely long wire carrying alternating current', Elektrische Nachrichtentechnik vol. 3 pp 339-359 1926.
- [4] Paulussen, R.M., *TenneT Noord-West 380kV. Uitgangspunten EMC studie*. Alblasserdam, versie H. D&C Engineering.
- [5] Röttger, R., *NoordWest 380 kV. Werkomschrijving EMC management deelgebied 1 t/m 4. Inventarisatie en studie naar mogelijke beïnvloeding van objecten rondom de nieuwe lijn NoordWest 380kV*. TenneT, 11 juli 2012, versie 1.0. Arnhem.
- [6] Paulussen, R.M. *TenneT Noord-West 380kV. Kortsluitberekeningen*. Alblasserdam, versie I. D&C Engineering.
- [7] Paulussen, R.M. *TenneT Noord-West 380kV. Plan van Aanpak EMC studie ProRail*. Alblasserdam, 30 oktober 2013, versie B. D&C Engineering.

9. Bijlage: Elektrisch geleidbare objecten c.q. elektrische systemen

In de paragrafen hieronder worden elektrisch geleidbare objecten c.q. elektrische systemen beschreven inclusief de mate waarin deze potentieel norm overschrijdend beïnvloed worden.

9.1 Radar- en Telecommunicatiesystemen

Onder telecommunicatiesystemen vallen de volgende systemen:

- Bewakingssystemen;
- Radio- en communicatie-installaties;
- Radarinstallaties.

Op 1 februari 2013 heeft er een overleg plaatsgevonden tussen Martin Standaard (specialist telecommunicatie ARCADIS) en Remco Paulussen (specialist tractievoeding en EMC) over werking en systeemopbouw van radar- en telecommunicatiesystemen. Daarnaast heeft er een overleg plaatsgevonden op 4 februari 2013 tussen André Bulten (specialist telecommunicatie ARCADIS) en Remco Paulussen (specialist tractievoeding en EMC) over werking en systeemopbouw van telefoon en coax.

Radar

Radarinstallaties worden toegepast bij:

- kustbewaking (Marine te Den Helder),
- beroepsvaart, lokale situaties (Rijkswaterstaat),
- Vliegvelden (Defensie),
- Grondradar (Defensie).

Radarinstallaties hebben bij hoogspanningslijnen vooral te maken met verstoring van het radarbeeld, waardoor vaak gekozen wordt om dat deel van het radarveld dat verstoord wordt niet te gebruiken. De toekomstige NW380kV komt voor 90% op dezelfde locatie te staan als de huidige 220 kV-verbinding.

Telefonie

Vaste telefonie komt in twee uitvoeringen voor:

- koperverbindingen;
- glasvezelverbindingen (hdpe of metaalafscherming)

Glasvezelverbindingen komen vooral voor tussen telefooncentrales (TFC). Kleine plaatsen hebben vaak maar één TFC. Grotere plaatsen kunnen per wijk een TFC hebben. In de wijk van de TFC naar de kabelverdelers (KV) is de verbinding hoofdzakelijk uitgevoerd in koper en is de kabelmantel tweezijdig geaard (GPLK-kabels). De verbinding van de KV naar de abonnee is hooguit geaard aan de zijde van de KV. De maximale lengte van TFC tot abonnee bedraagt 5 kilometer. Hierdoor zijn de verbindingen naar boerderijen van belang om mee te nemen in de EMC-studie.

Televisie

Het televisie signaal over coax is een aansluiting per huis. Deze aansluitingen gaan naar een verzamelpunt (VP). De coax-verbinding is tweezijdig geaard, behalve aan de zijde van de abonnee. De maximale lengte van VP tot abonnee is afhankelijk van de provider:

- UPC heeft via TenneT aangegeven dat 98% van hun network bestaat uit glasvezel en 2% uit coax. Deze laatste betreft huisaansluitingen waarbij de lengte maximaal 200 meter is.
- Ziggo heeft via TenneT aangegeven dat glasvezelverbindingen voorzien kunnen zijn van een metaalhoudende trekdraad, die aan **één zijde** geaard is. Daarnaast heeft Ziggo coax-kabelverbindingen, die **éénzijdig** zijn geaard. Aan de zijde bij de klantaansluiting gaat dit om afstanden tot maximaal 560 meter tussen wijkkast en klantaansluiting. Van wijkkast naar centrale worden om de 2 a 3 kilometer versterkers toegepast. De aarding van de coax wordt hier niet doorgezet, zodat enkelzijdige aardingen ontstaan van maximaal 3 kilometer. Daarnaast heeft Ziggo ook nog koperen telefoonverbindingen met lengtes tot 30 kilometer.

GSM \ UMTS

GSM \ UMTS-zenders zijn vaak geplaatst in hoogspanningsmasten. Hierdoor kan ervan uit worden gegaan dat verstoring door corona geen noemenswaardige invloed heeft op het functioneren van deze zenders. TenneT geeft aan dat de zenders van de bestaande 220 kV-lijn niet worden overgezet op NW380kV.

Spoorwegen

De spoorwegen maken gebruik van een ATM-netwerk met lokale koperverbindingen voor o.a. brugsturingen. De spoorwegen maken in geëlektrificeerd gebied (ET-gebied) gebruik van zwevende aarding van koperverbindingen voor telecommunicatie.

9.2 Openbare verlichting

Op 7 januari 2013 heeft er een overleg plaatsgevonden tussen Jan Pytrik van Hoek (specialist openbare verlichting ARCADIS) en Remco Paulussen (specialist tractievoeding en EMC) over aarding van openbare verlichtingsinstallaties.

Uitvoering opbouw openbare verlichting:

De voeding van de openbare verlichting wordt verzorgd door de netbeheerder, waar de hoogspanning wordt omgezet in een 3-fase 230 V verbinding met een nulleider. Hoewel bij een trafo de nul en aarde vaak aan elkaar zijn gekoppeld worden deze bijna altijd gescheiden bij openbare verlichting om diverse redenen (ongelijke belasting of hogere harmonischen in de 3 fasen geven een nulstroom). De voedingskasten voorzien van een eigen inkooppunt worden altijd zo dicht mogelijk bij kabels van Netbeheerders geplaatst om aansluitkosten te besparen.

In de voedingkast wordt een separate aardpen aangebracht voor openbare verlichting. De kabel is vaak onderbroken bij masten (in-uit aansluiting), bij een verkeerde kabelaansluiting kan de aarde makkelijk worden onderbroken. Daarom wordt een kabel meestal aan 2 zijden geaard (bij kast en laatste mast). De maximale lengte van de voedingkast tot de laatste verlichtingsunit bedraagt 1 kilometer.

Afhankelijk van de locatie in Nederland kunnen de volgende aardingswijzen zijn doorgevoerd:

- Vrijwel altijd (ca 95%) is het aardscherm van de kabelmantel verbonden aan elke lichtmast;
- Eigen netten: aan het einde van een voedingsectie (met maximale lengte van 1 km) is de aarddraad (opgenomen in de litze) opnieuw verbonden met aarde d.m.v. een aardelektrode;

- Elke 300 meter is een extra aarding van de nulleider geslagen. (alleen bij zeer goede eigen netten provincie/RWS).

De voedingsinstallatie voldoet in het algemeen niet aan NEN1010 als het gaat om adequaat afschakelen bij kortsluiting. Meestal is de aanraakspanning veel te hoog omdat de uitschakeltijd veel te lang is of spreekt de beveiliging niet eens aan. Hiervoor zijn drie verklaringen:

- Netbeheerders hebben de aarding vaak niet op orde en/of is de installatie niet selectief.
- Bijna altijd is de kabeldiameter ontoereikend.
- Veelal is de topologie van de netten niet goed bijgehouden.

Worst case voor de EMC-studie is een uitvoering van de openbare verlichting met de volgende eigenschappen:

- één aarde in de voedingskast van het aardscherm en geen aarde aan het einde van de voedingssectie;
- maximaal één ontbrekende verbinding tussen aardscherm en lichtmast. Hierdoor ontstaat een maximale afstand van ca 100 meter tussen aangesloten lichtmasten op het aardscherm;
- de nulleider is alleen geaard ter plaatse van het aansluitpunt van het openbare net;
- de maximale lengte van een voedingsectie bedraagt 1 km.

Deze worst case is alleen bedoeld om gevaarlijke situaties in kaart te brengen. In werkelijkheid vormt de verbinding tussen aardscherm en lichtmast de afscherming voor gevaarlijke aanraakspanningen, waarbij het ontbreken van één of meerdere verbindingen niet direct leidt tot overschrijding van de aanraakspanning.

Beheerders van openbare verlichting:

A Verlichting Gemeenten:

In Flevoland, Friesland en Groningen meestal (90%) voeding vanuit net Netbeheerder Liander rechtstreeks tot aan de mast. Deze netten behoeven niet te voldoen aan de NEN1010. Helaas is het met de veiligheid van de netten vaak slecht gesteld. De netten zijn sterk stervormig verknoopt op meerdere plaatsen. De verknoping vindt plaats door middel van moffen.

In de bebouwde kom maar ook daarbuiten wordt de verlichting gevoed vanuit een combi-kabel. De 4x35/50/70 mm² kabel voedt de woonhuizen en bedrijven, daarnaast zijn enkele (circa 2-4) tariefaders meegenomen voor de openbare verlichting. In buitengebieden wordt door de netbeheerder ook wel eens aparte OVL-kabels aangelegd.

B Grote Steden

Grote steden als Leeuwarden, Heerenveen en Groningen zijn aanvullend bezig met eigen netten die wel voldoen aan de NEN1010 in het kader van aansprakelijkheid Burgerlijk wetboek.

C Provincie

Provincie Groningen, Friesland en Flevoland:

Er is intern Arcadis weinig bekend over deze voedingsnetten, maar zeer waarschijnlijk maken die gebruik van het net van de Netbeheerder. Provinciale wegen kunnen lange kabels bezitten.

Flevoland is bezig met modernisering. Mogelijk is de verlichting van de N50 aangesloten op een eigen net.

D Rijkswaterstaat

RWS Noord Nederland heeft een mix van netten van de Netbeheerder en eigen netten die voldoen aan de NEN1010. De verlichtingsinstallaties van de afgelopen 15 jaar zijn vrijwel zeker van goede kwaliteit.

9.3 Laag- en hoogspanningsnetten

Op 4 februari 2013 heeft er een overleg plaatsgevonden tussen Jan Schaap (specialist LS-, MS- en HS-netten ARCADIS) en Remco Paulussen (specialist tractievoeding en EMC) over aarding van LS-, MS- en HS-netten.

LS-, MS en HS-netten zijn qua aarding opgebouwd conform IT, TN of TT-stelsels. Deze netten zijn in bedrijf, m.u.v. LS-netten, niet negatief te beïnvloeden: niet qua veilige werking en ook niet qua persoonlijke veiligheid. De enige mogelijkheid voor negatieve beïnvloeding zou kunnen voortkomen uit onderhoud aan deze netten. Echter, onderhoud wordt uitgevoerd conform EN50110 in de volgende stappen:

1. schakelen \ scheiden
2. spanningsloosheid aantonen
3. beveiligingen tegen wederinschakeling
4. aarden \ kortsluiten
5. maatregelen tegen aangrenzende systeemdelen instellen

Dit stappenplan leidt ertoe dat er altijd veilig aan dit type installaties gewerkt wordt en de EMI van TenneT hoogspanningslijnen niet leidt tot onveilig falen of aantasting van de persoonlijke veiligheid, omdat een verbinding (kabel/lijn) in een net altijd aan beide zijden dient te worden geaard/kortgesloten bij onderhoud/uit bedrijfsname. Dit in tegenstelling tot kabel/lijnbreuk waarbij aan één zijde kan worden geaard).

Er is één type onderhoud, dat gevoelig is voor aantasting van veilig werken: wanneer een kabelverbinding 'geknipt' wordt voor het maken van een mof. Door het knippen ontstaan twee losse uiteinden, waarop een geïnduceerde spanning kan leiden tot overschrijding van de aanraakspanning. Dit punt wordt meegenomen in het overleg met de stakeholders van LS-, MS- en HS-netten.

Voor LS-netten geldt dat de beïnvloeding dicht bij de lijn (ca 200 meter) bestaat uit enkele kV/km bij kortsluiting en enkele tientallen V/km bij overige bedrijfsvoeringen. Voor voedingen naar afgelegen locaties kunnen enkele kilometers overbrugd worden, bijv 230 V-voeding van afgelegen boerderijen. Wanneer echter de openbare verlichting ook uit deze kabel gevoed wordt, dan vormen de lichtmasten met de aarding via de kabelmantel een afscherming voor de voedingskabel.

Worst case aanname voor LS-netten is dat er geen OVL-systeem aanwezig is. Verzachtende omstandigheid is dat dit type systeem voor beïnvloeding door bliksem nu al gevoelig is.

9.4 Terreinafscheidingen: hekwerken

Hekwerken zijn in te delen in twee typen:

1. geleidend langsmateriaal (prikkeldraad) met geïsoleerde draagconstructie (houten palen);
2. geleidend langsmateriaal (prikkeldraad) met geleidende draagconstructie (metalen palen).

Voor het eerste type geldt dat de parallelloopenadering met aarding aan één zijde de worst case benadering is. Een draad op 1 meter hoogte levert bij een lengte van 1000 meter conform NEN3654

toelaatbare hand-voetstromen op die links liggen van het gebied AC4.1 uit figuur B.1 – Toelaatbare hand-voetstromen volgens NPR-IEC/TS 60479-1:2005. Op basis hiervan kunnen deze hekwerken buiten beschouwing gelaten worden. Er hoeft ook geen aandacht geschonken te worden aan het 50-metergebied direct om de lijn.

Voor het tweede type geldt dat alleen voor het 50-metergebied een inventarisatie gemaakt dient te worden. Daartoe dient dit type hekwerk gesectioneerd te worden in stukken van maximaal 20 meter tot buiten het 50-metergebied, daarbuiten dient nog een sectie van 200 meter gerealiseerd te worden.

9.5 Geluidschermen

Voor geluidschermen gelden dezelfde acties als voor hekwerken.

9.6 Objecten met beperkte lengte

Onder objecten met een beperkte lengte vallen alle objecten die een parallellooptenue hebben die kleiner is dan 480 meter. De volgende objecten vallen hieronder:

- Sluizen, Pompstations, Gemalen, Stuwen;
- Windmolens (windturbines);
- Kassen (opstal);
- Boeren schuren.

Deze objecten vallen buiten de gevaarlijke objecten, wanneer deze opgesteld staan buiten de 60 meterzone t.o.v. de hartlijn van het tracé.

10. Bijlage: Bedrijfsvoeringsscenario's

10.1 Inleiding

In de onderstaande paragrafen worden de locatiespecifieke beïnvloedingsgebieden gepresenteerd in tabelvorm. In de bijlagen zijn de locatiespecifieke grafieken gegeven. De indeling is gebaseerd op de twee varianten, die voorkomen op het traject:

- Deelgebied 1 VVL - EOS
- Deelgebied 2 BGM - VVL

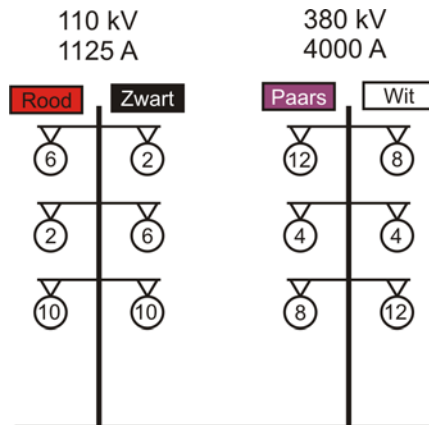
In alle deelgebieden is de toekomstige situatie van de 110 kV-beïnvloeding bij bedrijfsvoering 'normaal bedrijf' meegenomen.

Voor de toekomstige 110 / 380 kV-verbinding wordt alleen naar deelgebied 1 gekeken. Voor de bestaande 220 kV-verbinding wordt zowel deelgebied 1 als 2 meegenomen. Deelgebied 2 bestaand 220 kV wordt in de analyse van de toekomstige situatie aan deelgebied 1 toekomst 110 / 380 kV toegevoegd.

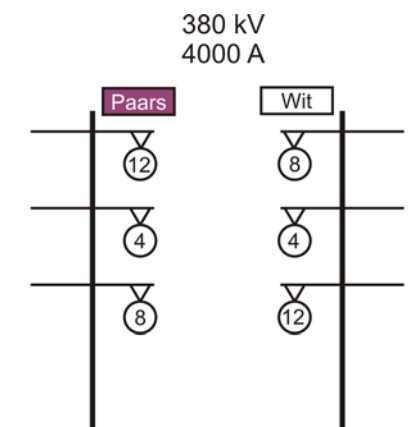
10.2 Beïnvloedingsgebied projectspecifiek toekomst 110 / 380 kV inductief

10.2.1 Deelgebied 1

De configuratie van NW380kV voor deelgebied 1 is in onderstaande figuur gegeven.



Figuur 16 Configuratie NW380kV in deelgebied 1 (Gezien vanuit VVL naar EOS mastnummers 646 t/m 673).



Figuur 17 Configuratie NW380kV in deelgebied 1 (Gezien vanuit VVL naar EOS mastnummers 674 t/m 769).

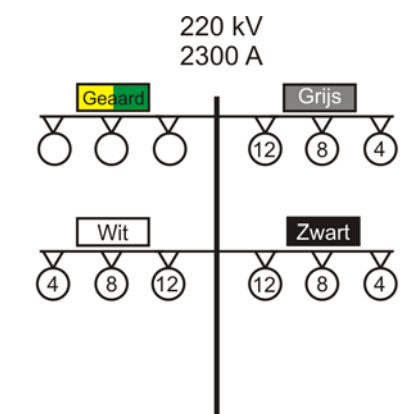
Beschouwde situaties:

- A) Publiek (Cat. B) (Norm: >1s: 50 V. <0.1 s: 1500 V.)
- 1) Normaal bedrijf: Alle 2 circuits 50% van hun ontwerpstroom: 2x2000
 - 2) Onderhoud: Eén 380kV circuit uit, andere 67% ontwerpstroom (=2633A); 110kV: normaal bedrijf
 - 3) 1-fase kortsluiting: Buitengelegen onderste fase van 380 kV-circuit
- B) Buisleidingen (Norm: >1s: 25V; <0.1 S: 1500V)
- 1) Normaal bedrijf
 - 2) Onderhoud

10.3 Beïnvloedingsgebied projectspecifiek bestaand 220 kV inductief

10.3.1 Deelgebied 1

Beschouwde situatie voor de Witte zijde van 220 kV

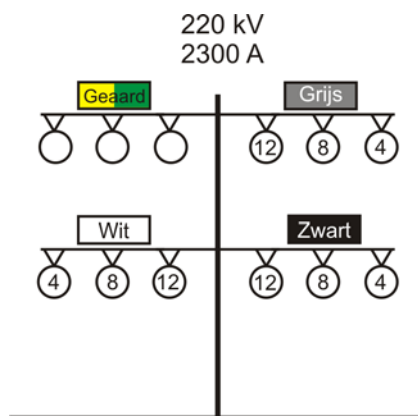


Figuur 18

Beschouwde situaties:

- A) Publiek (Cat. B) (Norm: >1s: 50 V. <0.1 s: 1500 V.)
- 4) Normaal bedrijf: Wit, Zwart en Grijs 33¹/₃% van de ontwerpstroom (= 767 A)
 - 5) Onderhoud Zwart: Zwarte circuit uit, Wit 50%, Grijs 50% van de ontwerpstroom
 - 6) Onderhoud Grijs: Grijs circuit uit, Wit 50%, Zwart 50% van de ontwerpstroom
 - 7) 1-fase kortsluiting: Buitengelegen onderste fase witte circuit
- B) Buisleidingen (Norm: >1s: 25V; <0.1 S: 1500V)
- 3) Normaal bedrijf
 - 4) Onderhoud Zwart
 - 5) Onderhoud Grijs

Beschouwde situatie voor de Grijs \ Zwarte zijde van 220 kV



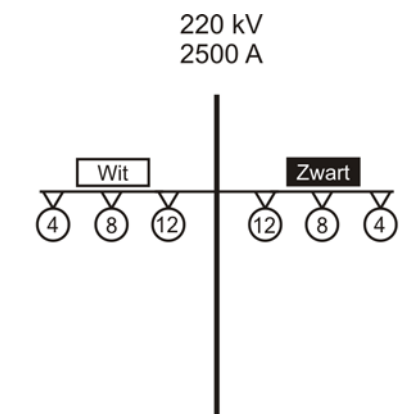
Figuur 19

Beschouwde situaties:

- C) Publiek (Cat. B) (Norm: >1s: 50 V. <0.1 s: 1500 V.)
- 8) Normaal bedrijf: Wit, Zwart en Grijs 33¹/₃% van de ontwerpstroom (= 767 A)
 - 9) Onderhoud Wit: Witte circuit uit, Zwart en Grijs 50% van de ontwerpstroom
 - 10) 1-fase kortsluiting: Buitengelegen fase zwarte circuit
- D) Buisleidingen (Norm: >1s: 25V; <0.1 S: 1500V)
- 6) Normaal bedrijf
 - 7) Onderhoud

10.3.2 Deelgebied 2

Voor de bestaande 220 kV-verbinding is in onderstaande afbeelding de configuratie gegeven.



Figuur 20 Configuratie 220 kV in deelgebied 2.

Beschouwde situaties:

- A) Publiek (Cat. B) (Norm: >1s: 50 V. <0.1 s: 1500 V.)
- 1) Normaal bedrijf: Alle circuits 50% van hun ontwerpstroom: 2x1250
 - 2) Onderhoud: Eén 220kV circuit uit, andere 100% ontwerpstroom
 - 3) 1-fase kortsluiting: Buitengelegen onderste fase
- B) Buisleidingen (Norm: >1s: 25V; <0.1 S: 1500V)
- 1) Normaal bedrijf
 - 2) Onderhoud

11. Bijlage: Modelnauwkeurigheid

11.1 Analyse modelnauwkeurigheid

Het EMTP-ATP-model maakt gebruik van Carson-termen om de eindige geleidbaarheid van de bodem in rekening te brengen. Een verbetering van de nauwkeurigheid van dit model begint met het nader beschouwen van de geldigheid van toepassing van deze termen.

11.1.1 Analyse aannames gebruik Carson-termen

De Carson-vergelijkingen worden toegepast voor ATP-EMTP-berekeningen. Bij oneindig lange parallelloop wordt de stroomverdeling in het stabiele gebied wiskundig correct beschreven door de Carson-vergelijkingen, die rechtstreeks zijn afgeleid uit de wetten van Maxwell.

In 2D-situaties wordt het model in zijn geldigheidsgebied gebruikt. Hierbij bestaan enkele kleine problemen zoals onbekendheid van omgevingsparameters, modelvereenvoudigingen en een overgangsgebied aan het begin en aan het einde. Bij de overgangsgebieden is de 3D-situatie benaderd door in stappen de afstand tussen de geleiders te wijzigen. Deze werkwijze is tot op heden niet gevalideerd. Men kan zich dus afvragen in hoeverre het 2D-model de 3D-werkelijkheid benadert¹⁶. Het benaderen van de werkelijkheid door middel van de voorgestelde aanpak geeft mogelijk een realistisch beeld ten aanzien van de beïnvloeding van systemen.

In de onderstaande tekst wordt eerst het artikel van Carson [1] op een aantal punten toegelicht en kwalitatief aangegeven wat de invloed is van de verwaarlozingen en de aannames. Vervolgens wordt voor een aantal praktische situaties aangegeven wat de gevolgen zijn van deze aannames en hoe andere zaken de nauwkeurigheid beïnvloeden.

Carson begint met het maken van een model voor het bepalen van de stroomverdeling door de grond. Hierbij worden drie belangrijke aannames gemaakt:

1. De invloed van de diëlectrische verplaatsing is verwaarloosbaar (pagina 539).
2. De geleiders bevinden zich bovengronds.
3. De '*axiale displacement currents*' worden verwaarloosd (tekst tussen vergelijking 3 en 4).

De eerste aanname is tot in het megahertzbereik een geldige aanname en niet omstreden. Voor de tweede aanname is door Pollaczek [3] een alternatieve formule afgeleid. Deze formule geeft wel een benadering voor ondergrondse geleiders maar is niet numeriek stabiel [EMTP theory book §5.3.1]. De Pollaczek-formule convergeert in normale omstandigheden echter naar de Carson-formule¹⁷ [EMTP theory book §5.3.1]. Alleen de derde aanname, de verwaarlozing van de '*axiale displacement currents*', heeft een aanvullende beschouwing nodig.

¹⁶ In de CCITT-directives worden wel rekenvoorbeelden gegeven waarbij aftakkende lijnen op deze wijze worden benaderd. Er wordt niet aangegeven tot welke hoek deze benadering geldig is en hoe nauwkeurig deze dan nog is. Gezien de autoriteit van de CCITT-directives is het aannemelijk dat deze benadering bruikbare resultaten moet geven. CCITT heeft echter geen onderbouwing gegeven voor deze aanpak [2].

¹⁷ Deze benadering maakt een fout wanneer de reciprook van de penetratiediepte (skindiepte in aarde) groot is ten opzichte van de integratieconstante. Dit treedt op bij hogere frequenties [EMTP theory book §5.3.1 fig. 5.10 en 5.11] bij een zeer lage soortelijke weerstand van de grond of bij grote hoogteverschillen ten opzichte van de penetratiediepte gaat de afwijking groter worden.

Wanneer de stroomverdeling in de grond wordt bepaald, is te verwachten dat op de uitlopers een overgangsgebied ontstaat. Er is dan een niet stabiele stroomverdeling in de grond, want de stroom moet nog in de aarde treden. In het begin en aan het uiteinde van de bron is dus te verwachten dat de longitudinale stroom door de grond kleiner is dan de stroom die Carson uitrekt. Berekeningen in dit gebied zijn minder nauwkeurig dan in het stabiele gebied. De lengte van dit overgangsgebied zal qua ordegrootte overeenkomen met de skindiepte van de grond. Voor een 50 Hz stroom en 100 Ω soortelijke weerstand van de grond is dit van een ordegrootte van ongeveer 700 m.

Voor een lange parallelloopsituatie zal er een groot gebied zijn waar deze aannames geldig zijn. Hier is immers sprake van een min of meer constante afstand. Bij een korte parallelloop kunnen deze aannames ook geldig zijn. Vooral wanneer, voordat de parallelloop begint, de stroom in de grond ten gevolge van de bron een stabiele situatie bereikt heeft. Op grond hiervan is het niet onredelijk te veronderstellen dat aan de condities voor vergelijking 1 tot en met 15 wordt voldaan en dus de stroomverdeling door de grond ten gevolge van de bron in longitudinale richting op een correcte wijze is benaderd.

De spanning, die een parallelle kabel ziet, wordt afgeleid in het tweede deel van het artikel. De vergelijkingen 16 tot en met 24 maken geen veronderstelling meer over '*axial displacement currents*'. Wanneer de stroom door de grond zich al in het stabiele gebied bevindt, is het dus aannemelijk dat de spanningen ook over een korte afstand correct worden uitgerekend. Dit is bijvoorbeeld ook gebleken uit de Havenspoorlijn-metingen.

Wanneer een korte geleider echter een AC-stroom gaat voeren die qua ordegrootte vergelijkbaar is met de aardstroom ten gevolge van de bron is er wel weer sprake van een invloed van de '*axial displacement currents*'. Bij de simulatie van een kort stuk parallelloop moet dus altijd worden gecontroleerd of aan deze aanname is voldaan.

Variatie in de afstand tussen bron en slachtoffer heeft geen invloed op de aardstroom ten gevolge van de bron, dus ook hier zijn geen grote afwijkingen te verwachten. Wel is er een secundair effect mogelijk omdat in een Carson-model bron en slachtoffer een gelijke lengte hebben en in werkelijkheid de lengte verschilt. Dit zou gevolgen kunnen hebben voor de afleidweerstand. Zolang dit lengteverschil echter kort is ten opzichte van de totale lengte zullen de gevolgen klein zijn.

Voor simulaties waarbij gerekend wordt aan een bron, die plotseling stopt in de parallelloop, bijvoorbeeld een spanningssluis c.q. einde van een hoogspanningslijn, zullen er wel gevolgen zijn. In de buurt van het uiteinde bestaat dan een overgangsgebied, waarin een kleiner deel van de grond als stroompad wordt gebruikt. Lokaal is de impedantie dus iets groter. Weliswaar is de grond dan iets minder aantrekkelijk maar toch is te verwachten dat er een iets grotere veldsterkte in de grond aanwezig is. Dit verschijnsel is gemeten bij de overgangsbogen tussen Betuweroute en de bestaande ProRail infrastructuur.

11.1.2 Nauwkeurigheid simulatiemodellen

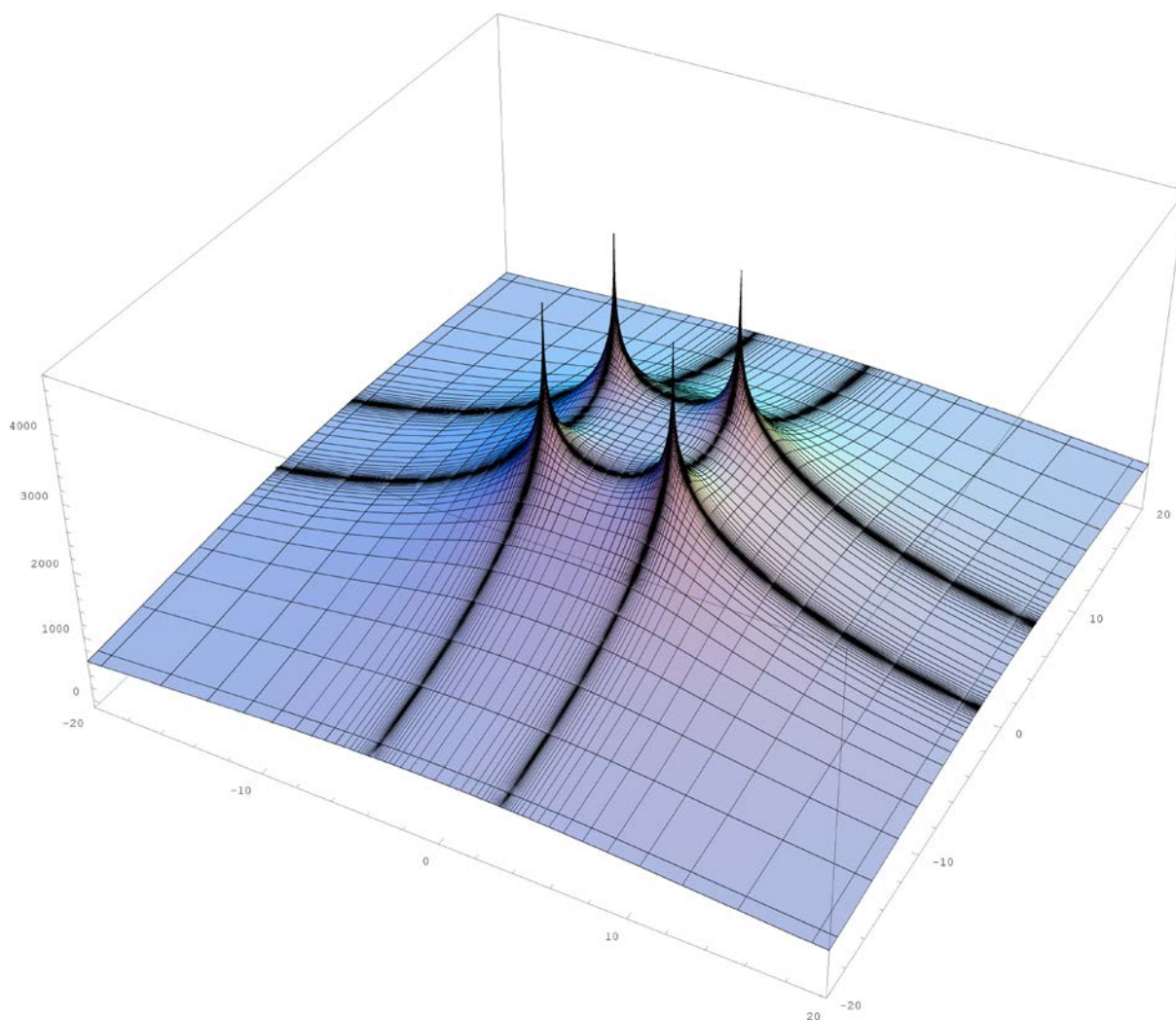
De nauwkeurigheid van simulatiemodellen is gebaseerd op ervaring met spoorse infrastructuur. De enige bruikbare studie in het kader van parallelloopsituaties is de meting aan de Havenspoorlijn. In deze situatie is namelijk gemeten aan een min of meer zuivere parallelloopsituatie. Hieruit kan dus een schatting gegeven worden voor de nauwkeurigheid van de modellen in parallelloopsituaties.

Voor de 'zuivere parallelloop' zijn de modellen gevalideerd. Het Carson-model is hiervoor lang gebruikt en op de Havenspoorlijn zijn metingen uitgevoerd die zijn gebruikt voor het valideren van de modellen. De modellen zullen in deze situatie daarom een zeer kleine afwijking hebben. Voor de directe parameters (spanning / stroom) in de bovenleiding en negatieve feeder van het 25 kV-spoor zelf is een zeer kleine afwijking te verwachten (+/- 5%). Wat betreft de stroom door de 25 kV-spoorstaven is de afwijking wat groter, echter de afwijking in de totale retourstroom (spoor, equi en lineaire aardgeleider) weer wat kleiner. Voor indirecte parameters (spanningen en stromen door naastgelegen sporen en bekabeling) zal de afwijking groter zijn.

Afwijkingen zijn naast de modelfout ook te verwachten door onbekende omgevingsfactoren. Te denken valt aan een parallellopende buisleiding, een onbedoelde verbinding tussen de retour en aarde of aan sterk variërende parameters zoals de afleidweerstand en het effectieve oppervlakte van een aderpaar in een kabel. Voor het totaal wordt een fout voor de spanningen en stromen in het slachtoffersysteem van de orde van grote van 30% verwacht.

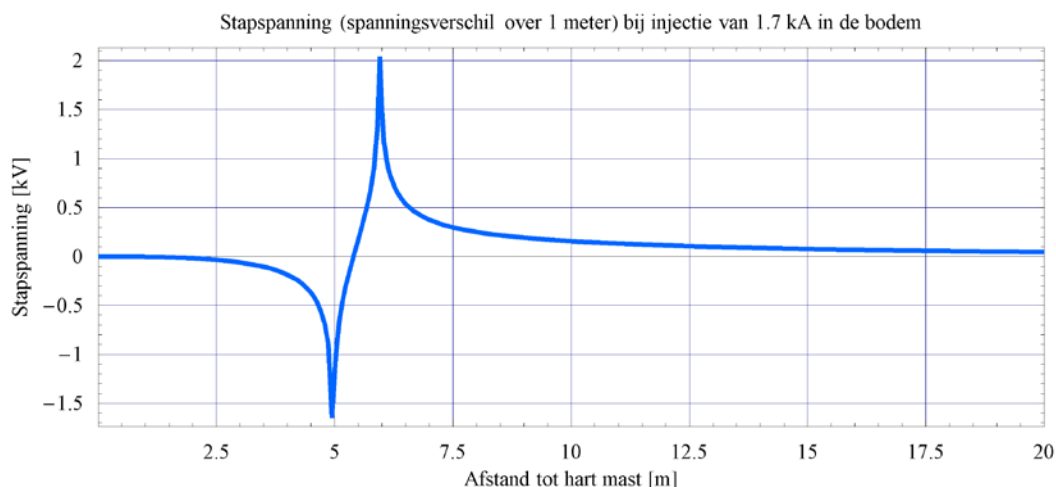
12. Bijlage: Potentiaaltrechters huidige 220 kV

Van de bestaande 220 kV-verbinding is voor de maatgevende mastvoet de spanningstrechter berekend bij een kortsluitstroom van 50 kA. De maximale stroom naar aarde bedraagt 1.7 kA, conform de kortsluitberekeningen [6]. Deze stroom is gebruikt voor het genereren van het spanningsprofiel in onderstaande afbeelding. De pieken in deze afbeelding zijn de spanning op de aardelektroden als gevolg van de stroom naar aarde.



Figuur 21 Spanningsprofiel bij mastaarding bestaande 220 kV-mast.

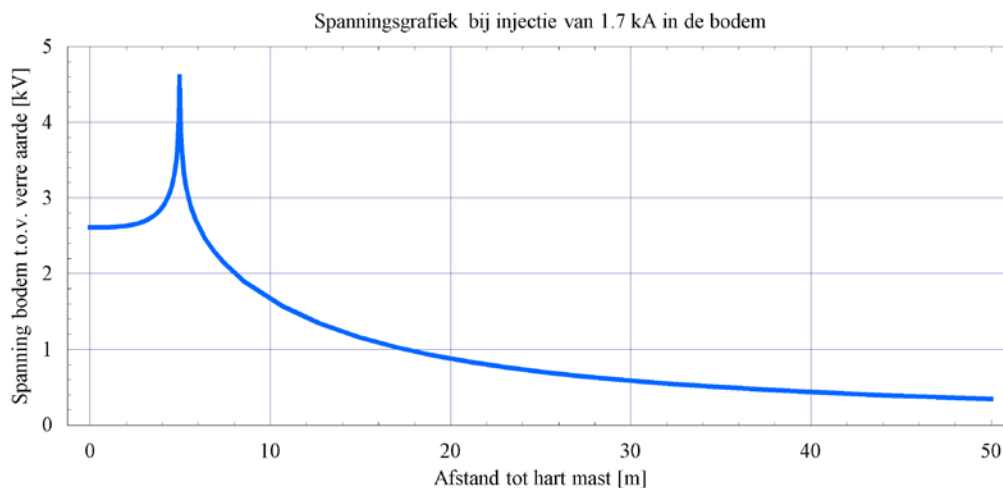
De stapspanning is bepaald vanuit het midden van de mast over een mastaarding heen en gegeven in onderstaande figuur.



Figuur 22 Stapspanning bij 1 meter tegen de afstand tot hart mast.

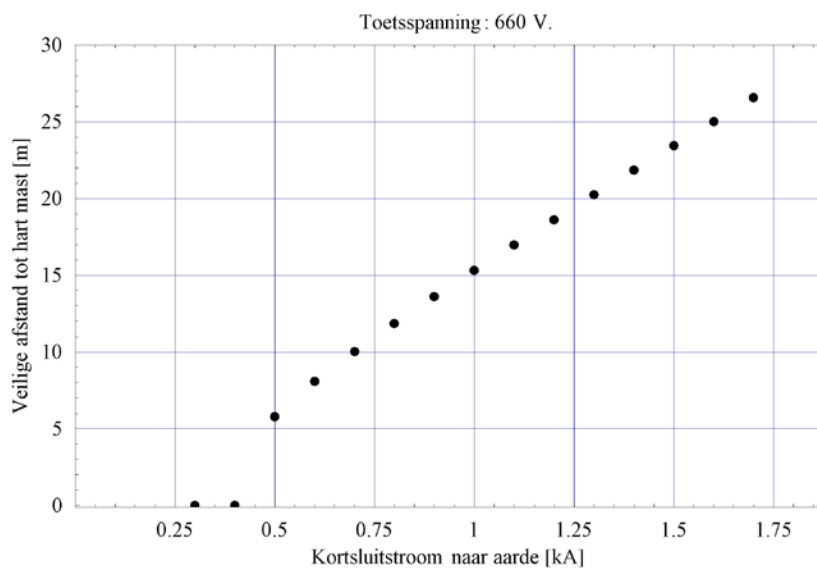
De stapspanning ligt alleen voor een persoon, die met één voet op de mastvoet staat en één op de grond ernaast, boven de 1500 V. Daarbuiten ligt deze stapspanning altijd onder deze normwaarde.

In onderstaande afbeelding is voor een kortsluitstroom van 50 kA het spanningsprofiel van de aanraakspanning ten opzichte van verre aarde gegeven vanuit het hart van de mast over de mastaarding naar buiten.

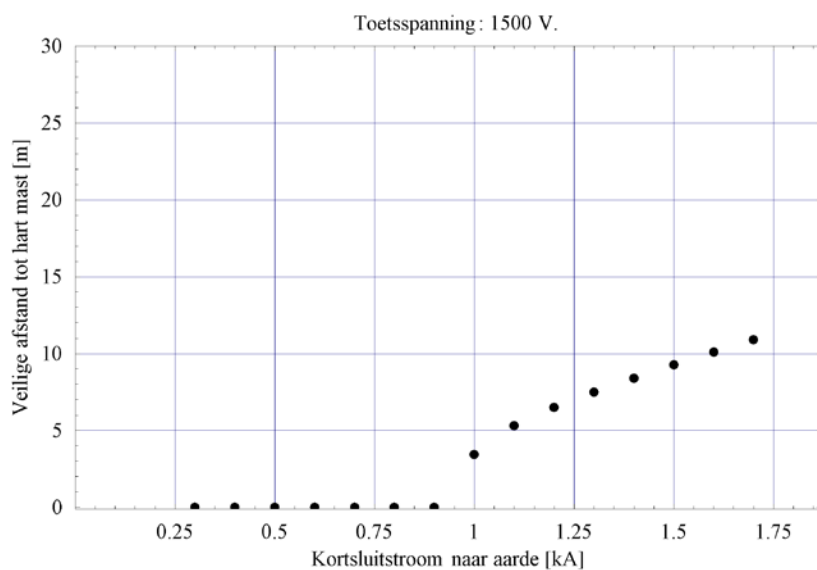


Figuur 23 De absolute waarde van de spanning ten opzichte van het hart van de mast bij een kortsluitstroom van 50 kA.

In de onderstaande figuren zijn de toetsingswaarden van 660 en 1500 V gegeven met de daarbij behorende veilige afstanden voor de aanraakspanning ten opzichte van verre aarde.



Figuur 24 Aanraakspanning tegen de afstand tot hart mast bij toetsingswaarde van 660 V.



Figuur 25 Aanraakspanning tegen de afstand tot hart mast bij toetsingswaarde van 1500 V.

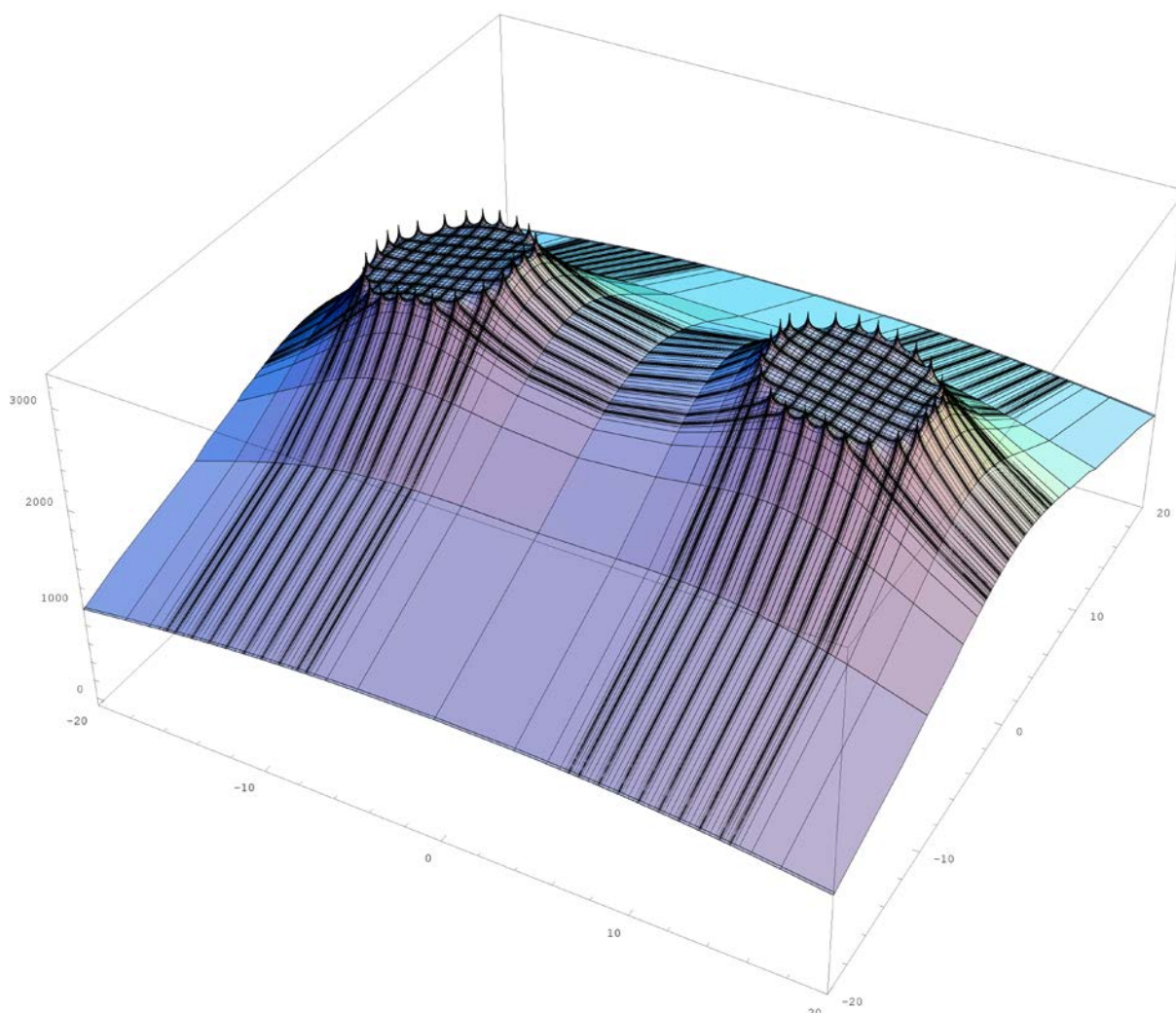
De conclusie is dat de stapspanning alleen op de mastvoet overschreden wordt, maar niet daarbuiten. De aanraakspanning ten opzichte van verre aarde voor mensen ligt onder de 1500 V buiten 11 meter uit het hart van de mast.

Voor laagspanningsinstallaties dient in de beoordelingsfase tot 27 meter uit het hart van de mast beschouwd te worden of deze installaties ontoelaatbaar beïnvloed worden.

13. Bijlage: Potentiaaltrechter NW380kV

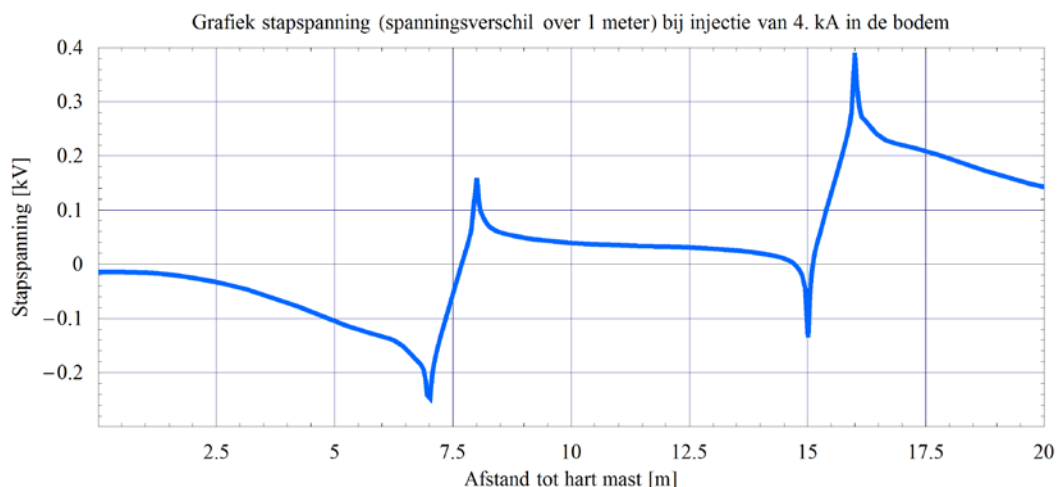
13.1 Bepaling potentiaaltrechter

Van de nieuwe NW 380 kV-verbinding is voor de maatgevende mastvoet de spanningstrechter berekend bij een kortsluitstroom van 50 kA. De maximale stroom naar aarde bedraagt 4.0 kA, conform de kortsluitberekeningen [6]. Deze stroom is gebruikt voor het genereren van het spanningsprofiel in onderstaande afbeelding. De pieken in deze afbeelding zijn de spanning op de aardelektroden als gevolg van de stroom naar aarde.



Figuur 26 Spanningsprofiel bij mastaarding nieuwe 380 kV-mast met dubbele pole.

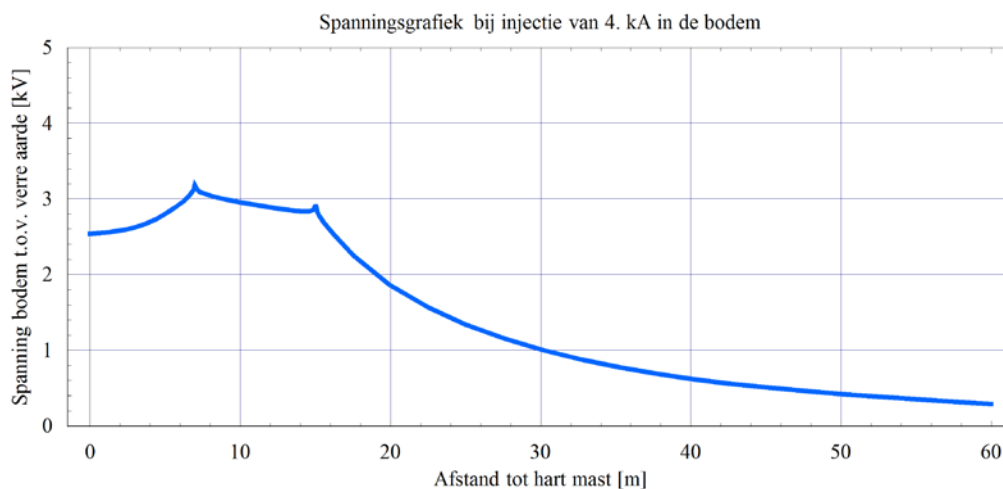
De stapspanning is bepaald vanuit het midden van de mast over een mastaarding heen en gegeven in onderstaande figuur.



Figuur 27 Stapspanning bij 1 meter tegen de afstand tot hart mast.

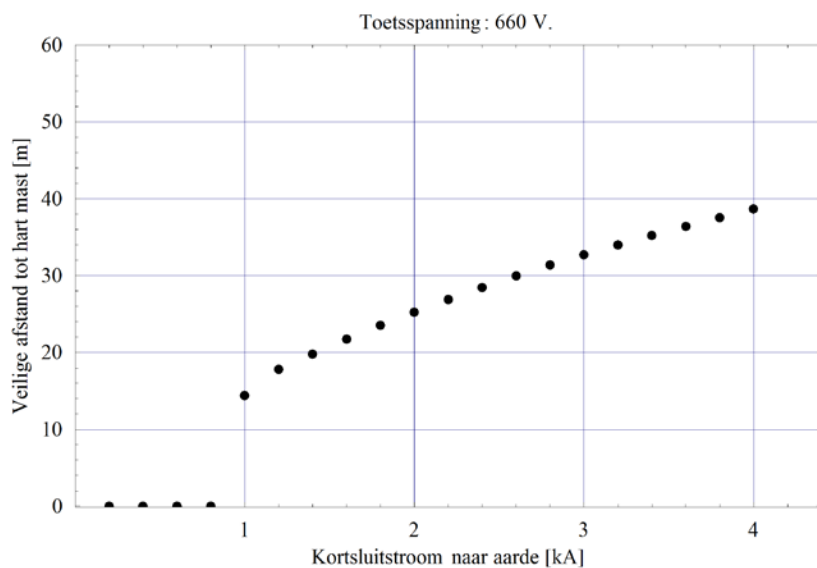
De stapspanning ligt altijd onder deze normwaarde van 1500 V.

In onderstaande afbeelding is voor een kortsluitstroom van 50 kA het spanningsprofiel van de aanraakspanning gegeven vanuit het hart van de mast over de mastaarding naar buiten.

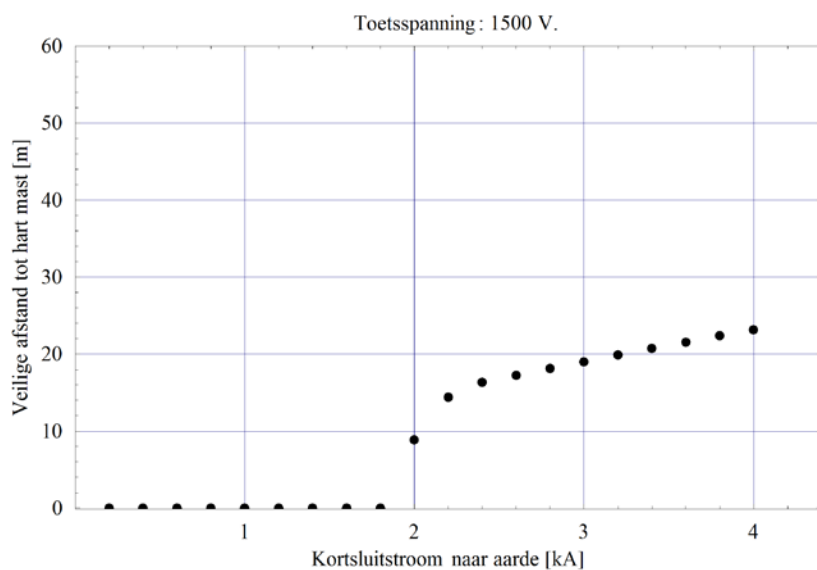


Figuur 28 De absolute waarde van de spanning ten opzichte van het hart van de mast bij een kortsluitstroom van 50 kA.

In de onderstaande figuren zijn de toetsingswaarden van 660 en 1500 V gegeven met de daarbij behorende veilige afstanden voor de aanraakspanning naar een object dat is verbonden met de verre aarde.



Figuur 29 Aanraakspanning tegen de afstand tot hart mast bij toetsingswaarde van 660 V.



Figuur 30 Aanraakspanning tegen de afstand tot hart mast bij toetsingswaarde van 1500 V.

De conclusie is dat de stapspanning niet overschreden wordt.

De aanraakspanning voor mensen naar een object dat verbonden is met verre aarde ligt onder de 1500 V buiten 24 meter uit het hart van de mast.

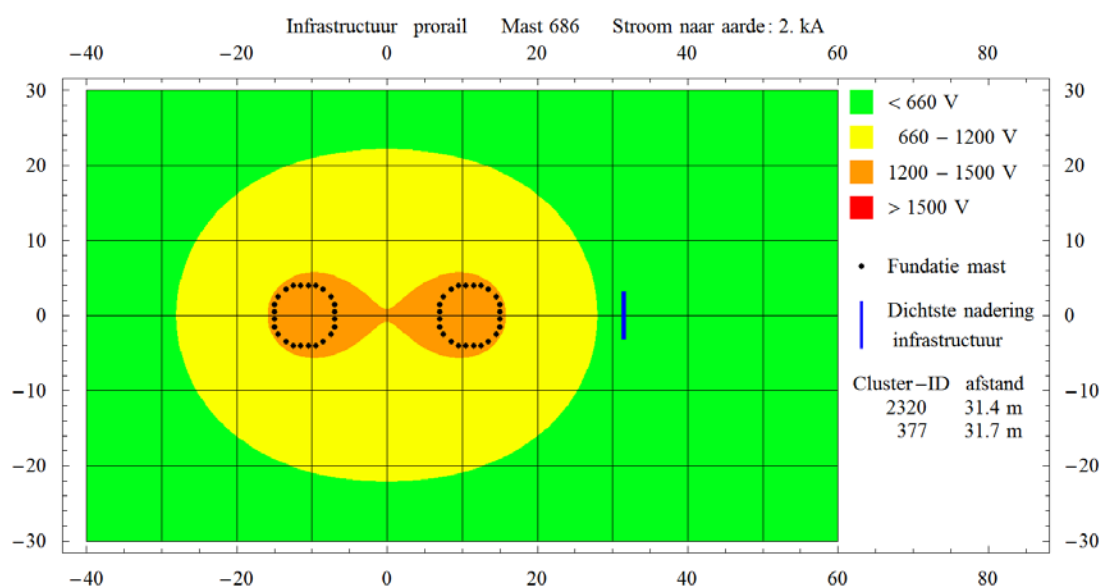
Voor laagspanningsinstallaties dient in de beoordelingsfase tot 40 meter uit het hart van de mast beschouwd te worden of deze installaties ontoelaatbaar beïnvloed worden.

13.2 Toetsing potentiaalrechters

In onderstaande tabel is alle infrastructuur opgenomen binnen een afstand van 50 meter tot het hart van de mast.

Stakeholder	Mast nr.	I aarde (kA)	Cluster -ID	Soort	Afstand tot mast (m)	Spanning (V)	Toets 660 V	Toets 1200 V	Toets 1500 V
prorail	686	2.	2320	overig	31.4	582.5	nvt	nvt	
prorail	686	2.	377	datatransport	31.7	577.7	nvt	nvt	

Tabel 12 Overzicht infrastructuur binnen 50 meter van het hart van de mast.



14. Bijlage: Indeling ondergrondse infrastructuur

De ondergrondse infrastructuur wordt ingedeeld op basis van IMKL (Informatie Model Kabels en Leidingen) uit de KLIC. In onderstaande tabel is de indeling gegeven.

Nr	Thema	Omschrijving
1	buisleiding gevaarlijke inhoud	<p>Een net met gevaarlijke inhoud is in deWION gedefinieerd als een buisleiding die behoort tot een krachtens artikel 12.12, tweede lid, van deWet milieubeheer aangewezen categorie. De aanwijzing van deze categorieën heeft plaatsgevonden door middel van het Registratiebesluit externe veiligheid, i.h.b. artikel 6, lid 1 (Staatsblad 2006, 656) in combinatie met definities uit Artikel 1. Deze bepalingen luiden als volgt:</p> <p>Artikel 6 (lid 1)</p> <p>1. Als buisleidingen als bedoeld in artikel 12.12, tweede lid, van de wet Milieubeheer worden aangewezen:</p> <p>a. aardgasleidingen met een uitwendige diameter van meer dan 50 mm en een druk van meer dan 1600 kPa;</p> <p>b. buisleidingen voor het vervoer van brandbare vloeistoffen van de categorieën K1, K2 of K3, met een uitwendige diameter van meer dan 100 mm;</p> <p>c. buisleidingen voor andere gevaarlijke stoffen dan bedoeld onder a en b, waarvoor het plaatsgebonden risico op een afstand van 5 m gemeten vanaf het hart van de buisleiding hoger is dan 10⁻⁶ per jaar.</p> <p>Artikel 1 (lid g,h,i en j)</p> <p>g. plaatsgebonden risico: risico op een plaats buiten een inrichting, een transportroute of een buisleiding, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting, op die transportroute of met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is;</p> <p>h. categorie K1: een product niet zijnde een brandbaar gas met een vlampunt dat, bepaald met het toestel van Abel-Pensky, bij een druk van 100 kPa lager is dan 21°C;</p> <p>i. categorie K2: een product met een vlampunt dat, bepaald met het toestel van Abel-Pensky, bij een druk van 100 kPa ligt tussen de 21°C en 55°C;</p> <p>j. categorie K3: een product met een vlampunt dat, bepaald met het toestel van Pensky-Martens, bij een druk van 100 kPa hoger is dan 55°C en lager is dan 100°C;</p>
2	Datatransport	<p>De elektronische overdracht van signaalinformatie tussen punten via kabels die deel uitmaken van een net.</p> <p>NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen.</p>
3	gas lage druk	<p>Een gasleiding lagedruk (LD) heeft een drukniveau lager dan 200 mBar en bestaat uit een hoofdleiding en een aansluitleiding. LD druksoorten: 100, 30 mBar. NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen. Opmerking: In de praktijk kunnen netten tot en met 500 mBar op de LD themakaart voorkomen</p>
4	gas hoge druk	<p>Een gasleiding hogedruk (HD) heeft een drukniveau hoger dan 200 mBar en bestaat uit een hoofdleiding en een aansluitleiding. HD druksoorten: 8, 4, 1 Bar.</p> <p>NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen. Opmerking: In de praktijk kunnen netten vanaf 200 mBar op de HD themakaart voorkomen.</p>
5	(petro)chemie	<p>Leiding voor transport van olie of chemicaliën, niet vallend onder het thema 'Buisleiding gevaarlijke inhoud'.</p>
6	landelijk hoogspanningsnet	<p>Toestand waarin het mogelijk is een elektrische stroom te creëren; ZHS = zeer hoge spanning (110 kV tot en met 380 kV).</p>
7	Hoogspanning	<p>Toestand waarin het mogelijk is een elektrische stroom te creëren; HS = hoogspanning (36 tot en met 220 kV).</p> <p>Opmerking: In de praktijk kunnen netten vanaf 20 kV t/m 220 kV op de HS themakaart voorkomen</p>
8	Laagspanning	<p>LS kabel bestaat uit hoofdnet en aansluitnet. LS = laagspanning (230 V en 400 V)</p> <p>NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen. Opmerking: In de praktijk kunnen netten tot en met 1000 Volt op de LS themakaart voorkomen</p>
9	Middenspanning	<p>MS kabel bestaat uit hoofdnet en aansluitnet. MS = middenspanning (0,4 kV tot 30 kV)</p> <p>NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen.</p> <p>Opmerking: In de praktijk kunnen netten van 400 Volt op de MS themakaart voorkomen.</p>
10	riool vrijverval	<p>Riool waardoor afvalwater door de zwaartekracht wordt getransporteerd (uit NEN 3300, Buitenriolering).</p>
11	riool onder druk	<p>Riolering waarbij het transport plaatsvindt door overdruk (uit NEN 3300, Buitenriolering).</p>

Nr	Thema	Omschrijving
12	Warmte	<p>Een warmtenet kan bestaan uit stadswarmte, centraal tapwater en een koude net. Een stadswarmtenet bestaat uit aanvoer- en retourleidingen. Onderverdeeld in: Transport-, en/of Wijknet en Aansluitleidingen. Leidingdiameters 40–1100 mm. Temp. 40°-120° Druk 4-25 bar NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen. Een centraal tapwater net bestaat uit aanvoer- en recirculatieleidingen, Onderverdeeld in: Wijknet en Aansluitleidingen. Waarbij het mogelijk is dat aanvoer- en recirculatieleiding gecombineerd zijn in één mantel, of een gescheiden tracé hebben. Temp. 66° Druk 2-4 bar NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen. Een koudenet bestaat uit aanvoer- en retourleidingen. Onderverdeeld in: Transportnet, en Aansluitleidingen. Leidingdiameters 150–800 mm. Temp. 5°-16° Druk 2-16 bar NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen.</p>
13	Water	<p>Een waterleiding bestaat uit transport-, distributie- en aansluitleidingen ten behoeve van (drink)water. NB: De aansluitleiding kan ook alleen op (huis)aansluitschetsen voorkomen.</p>
14	Wees	<p>Alle onbekende leidingen welke bij een eerdere grondroering zijn geconstateerd, die ook na onderzoek niet aan een beheerder waren toe te wijzen en waarvoor de gemeente ingevolge de WION de beheerdersverplichtingen vervult.</p>
15	Overig	<p>Alle, niet bij de andere thema's omschreven vormen van transport door middel van kabels en leidingen.</p>

Tabel 13 IMKL-indeling.

15. Bijlage: Indeling bovengrondse infrastructuur

Info	Bron	Aanwezig (vorm)	Opmerking
Bewakingsystemen (Camera)	Prorail	Polyline / Point	Van Rail wordt een apart model gemaakt om beïnvloeding en maximale kabellengtes vast te stellen.
Geluidsschermen	Prorail	Polyline / Point	idem
Verlichting	Prorail	Polyline / Point	idem
Hekwerken, leuning, afrasteringen	Prorail	Polyline / Point	idem
Kunstwerken	Prorail	Polyline / Point	idem
Radio- en communicatie-installaties	Prorail	Polyline / Point	idem
Treindetectiesystemen	Prorail	Polyline / Point	idem
Tractiesystemen (bovenleiding, onderstations, spoorstaven)	Prorail	Polyline / Point	idem

Tabel 14 Railinfrastructuur

Info	Bron	Aanwezig (vorm)	Opmerking
110 kV-verbindingen	TenneT / Nuon	Polyline	Deze zitten in de KLIC.

Tabel 15 Bestaande TenneT energievoorziening binnen 2 km afstand van NW380kV

Info	Bron	Aanwezig (vorm)	Opmerking
Windmolens (windturbines)	Top10 (Kadaster)	Point	Deze zitten in de Top10.
Kassen (opstal)	Top10 (Kadaster)	Polygon	Deze zitten in de Top10 en zijn omgezet naar lijnelementen zodat middels de tooling de parallelloop kan worden berekend. Binnen de 60m zone hebben we ze ook als vlakken.
Significante bebouwing (bv Boeren schuren)	Top10 (Kadaster)	Polygon	Deze zitten in de Top10 en zijn omgezet naar lijnelementen zodat middels de tooling de parallelloop kan worden berekend. Binnen de 60m zone hebben we ze ook als vlakken. Het nadeel is dat deze onder "overig" vallen. Hier vallen dus alle gebouwen onder.

Tabel 16 Overig

16. Bijlage: Gegevens stakeholder

Op 5 maart 2013 heeft er een overleg plaatsgevonden tussen TenneT, ProRail en D&C Engineering over het uitvoeren van beïnvloedingstudies tussen TenneT en ProRail. Dit overleg heeft plaatsgevonden te Utrecht met als genodigden:

- ProRail: Harm Steenkamp, Ron Woerde, Rob Dirven en René Koopal;
- TenneT: Roel Röttger, Frank Timmer
- D&C Engineering: Martin van Essen, Remco Paulussen

Op 4 maart 2014 heeft er een overleg plaatsgevonden tussen TenneT, ProRail en D&C Engineering over de resultaten van de beïnvloedingsstudie tussen TenneT en ProRail. Dit overleg heeft plaatsgevonden te Utrecht met als genodigden:

- ProRail: Nico Huurman, Ron Woerde, Rob Dirven en René Koopal;
- TenneT: Roel Röttger, Frank Timmer
- D&C Engineering: Martin van Essen, Remco Paulussen

ProRail heeft zelf geen gegevens aangeleverd, maar verwijst naar de beschikbare databases. De gegevens uit deze database zijn hieronder gegeven.

16.1 Informatie stakeholder ProRail

In overleg tussen TenneT en ProRail is een werkwijze vastgesteld [7], waarbij bij verschillen tussen uitgangspunten deze inzichtelijk worden gemaakt en er getoetst wordt tegen de criteria uit RLN00398 versie 1.0 d.d. 1-11-2013. Op basis van deze richtlijn dienen berekeningen aan spoorse infrastructuur te worden uitgevoerd.

16.1.1 Informatie infrastructuur

Via de volgende geocodes zijn de OR-bladen opgevraagd via Artiweb:

- 002: Leeuwarden – Groningen (diesel): km 30.500 – 39.200, km 70.900 – 76.600
- 006: Groningen – Sauwerd (diesel): km 9.700 – 10.500
- 007: Sauwerd – Winsum (diesel): km 0.400 – 3.400
- 201: Sauwerd – Delfzijl (diesel): km 11.300 – 26.500
- 600: Sauwerd (diesel): km 10.500 – 11.300 en km 0.300 – 0.400

16.1.2 Elektrische configuratie

Subsystemen:

- treinbeveiliging
- telecommunicatie

Treinbeveiliging

In overleg met Peter Cornelissen (specialist treindetectie Arcadis) zijn de detectie- en beïnvloedingsgebieden vastgesteld:

Op geocode 002 is de detectie uitgevoerd met pedalen en 50 Hz enkelbenige spoorstroomlopen (km 30.622 t/m km 76.150). Daarbuiten wordt 75 Hz toegepast. De treinbeïnvloeding bestaat uit ATB-NG-bakens.

Op geocode 006 (vanaf km 2.000) en 201 is de detectie uitgevoerd met assentellers en PSSL (50 Hz proef). De treinbeïnvloeding bestaat uit ATB-NG-bakens.

Op geocode 600 is de detectie uitgevoerd met PSSSL (50 Hz proef). De treinbeïnvloeding bestaat uit ATB-NG-bakens.

Op geocode 007 is de detectie uitgevoerd met assentellers. De treinbeïnvloeding bestaat uit ATB-NG-bakens.

Voedingsysteem treinbeveiliging:

Geocode	Type	Kilometrering
002	Onderstation Leeuwarden	25.099
002	Overgang 75 Hz / 50 Hz-gebied	30.622
002	Relaishuis Buitenpost	51.042
002	Overgang 50 Hz / 75 Hz-gebied	76.150
002	Onderstation Groningen	80.150
	Assentellerinstallatie, voeding en data	
201	RH10, aardelektrode	11.114
201	kk 61, aardelektrode	13.153
201	kk 62A, aardelektrode	13.853
201	kk 63, aardelektrode	14.415
201	kk 64, aardelektrode	14.750
201	kk A66, aardelektrode	15.085
201	kk 66, aardelektrode	15.305
201	kk 67, aardelektrode	15.620
201	kk 68A, aardelektrode	15.890
201	kk 69A, aardelektrode	16.002
201	kk 69B, aardelektrode	16.400
201	kk 81, aardelektrode	18.032
201	kk 82A, aardelektrode	18.768
201	kk 84, aardelektrode	21.263
201	kk 85, aardelektrode	21.662
201	kk 85A, aardelektrode	21.823
201	kk 85AA, aardelektrode	22.200
201	kk A86, aardelektrode	22.380
201	kk 87, aardelektrode	22.907
201	kk 87, aardelektrode	23.590
201	kk 101, aardelektrode	25.669
201	RH10, aardelektrode	25.835

Tabel 17 Voedingsysteem treinbeveiliging.

Overwegstoringsmelding geocode 201

locatie	vankm	locatie	totkm		
swd	11114	bdm	15300	Geen aardscherm 10x1,5	BVW sdm-bdm
bdm	15300	stm	22900	Geen aardscherm 10x1,5	BVW bdm-sdm

locatie	vankm	locatie	totkm		
stm	22900	lp	25835	Geen aardscherm 10x1,5	BVW sdm- Lp
lp	25835	apm	33600	Geen aardscherm 10x1,5	BVW Lp - Apm
apm	33600	dz	38032	Geen aardscherm 10x1,5	BVW Apm - Dz
swd	11114	Rk 69	15300	Aardscherm niet geaard	Voeding stm Swd - Bdm
swd	11114	dz	38032	Aardscherm niet geaard	Voeding stm Swd - Dz
swd	11114	dz	38032	Aardscherm niet geaard	Voeding stm Bdm - Dz

Tabel 18 Overwegstoringsmelding op geocode 201

Telecommunicatie

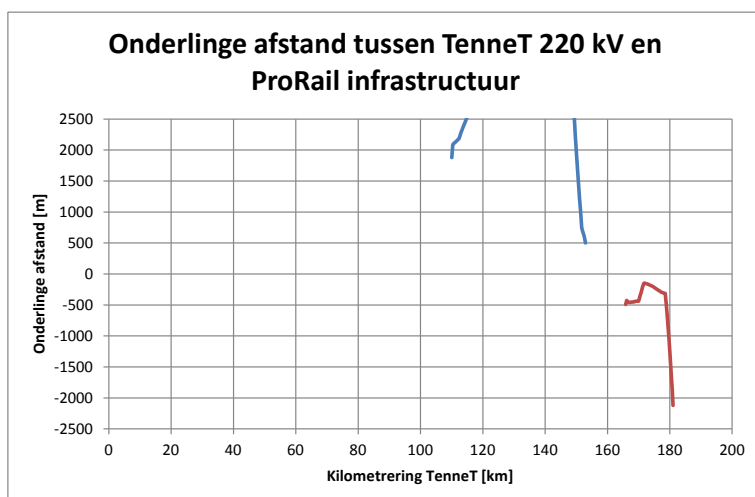
Telecommunicatie wordt in deze studie niet beschouwd.

16.1.3 Ligging ProRail-sporen t.o.v. bestaand TenneT 220 kV

De ligging van de ProRail infrastructuur is bepaald t.o.v. de bestaande TenneT infrastructuur. In onderstaande afbeelding is deze onderlinge ligging gegeven voor:

- Leeuwarden – Groningen – BGM – VVL 220 kV
- Sauwerd – Delfzijl – VVL – RBB 220 kV

Uit de onderlinge ligging volgt dat conform de TenneT-uitgangspunten de ProRail-infrastructuur tot 2.5 kilometer van TenneT NW380kV-infrastructuur is gemodelleerd.



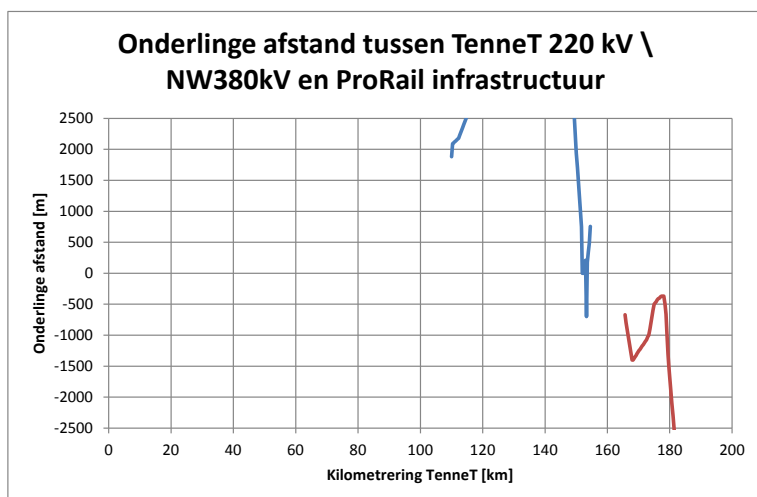
Figuur 31 Geocode 002: Leeuwarden – Groningen (blauw) en geocode 201: Sauwerd – Delfzijl (rood) t.o.v. de bestaande TenneT infrastructuur.

16.1.4 Ligging ProRail-sporen t.o.v. NW380kV

De ligging van de ProRail-infrastructuur is bepaald t.o.v. NW380¹⁸. In onderstaande afbeeldingen is deze onderlinge ligging gegeven voor:

- Leeuwarden – Groningen - BGM-VVL 220 kV
- Sauwerd – Delfzijl – NW380kV

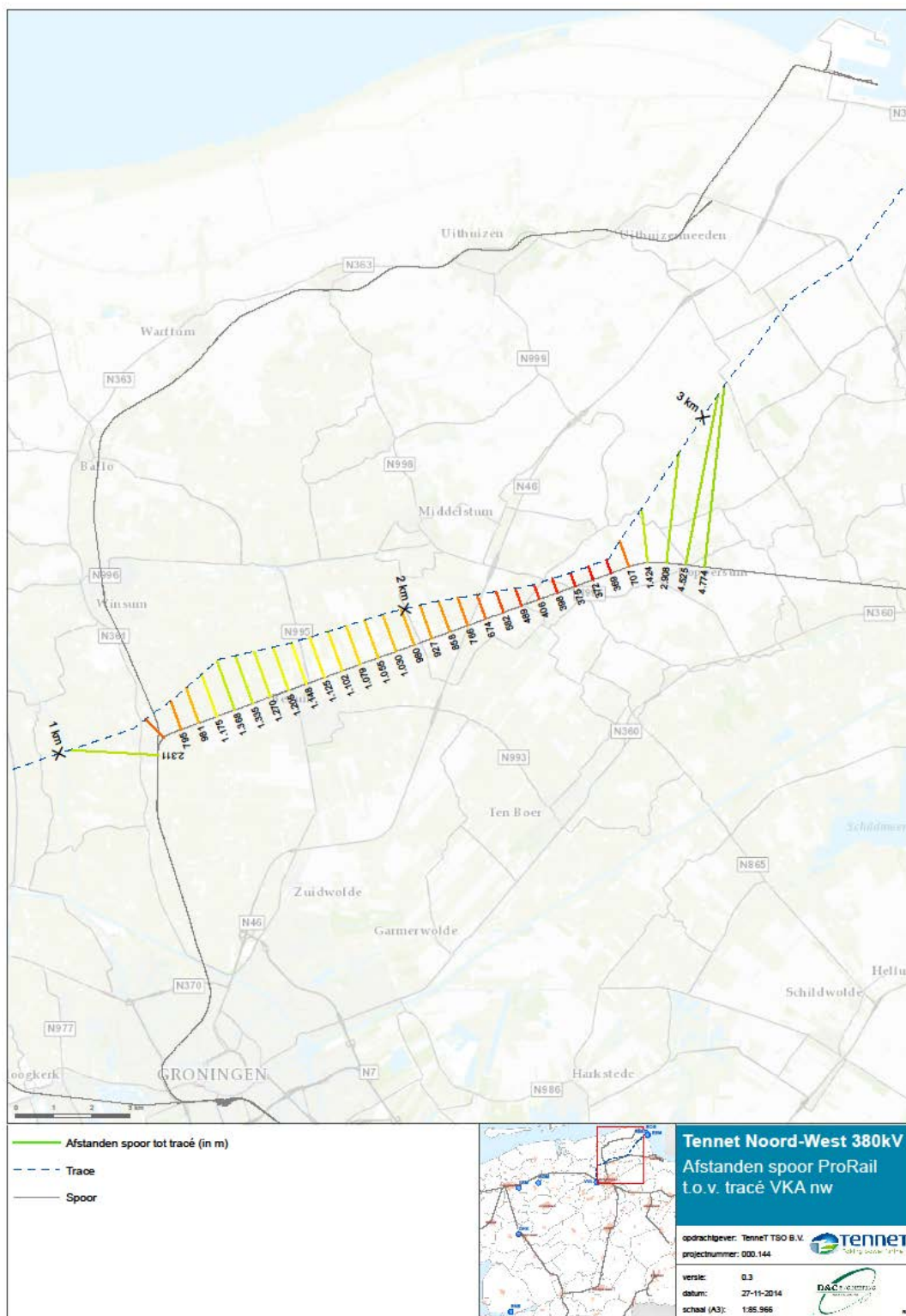
Uit de onderlinge ligging volgt dat conform de TenneT-uitgangspunten de ProRail-infrastructuur tot 2.5 kilometer van TenneT NW380kV-infrastructuur is gemodelleerd.



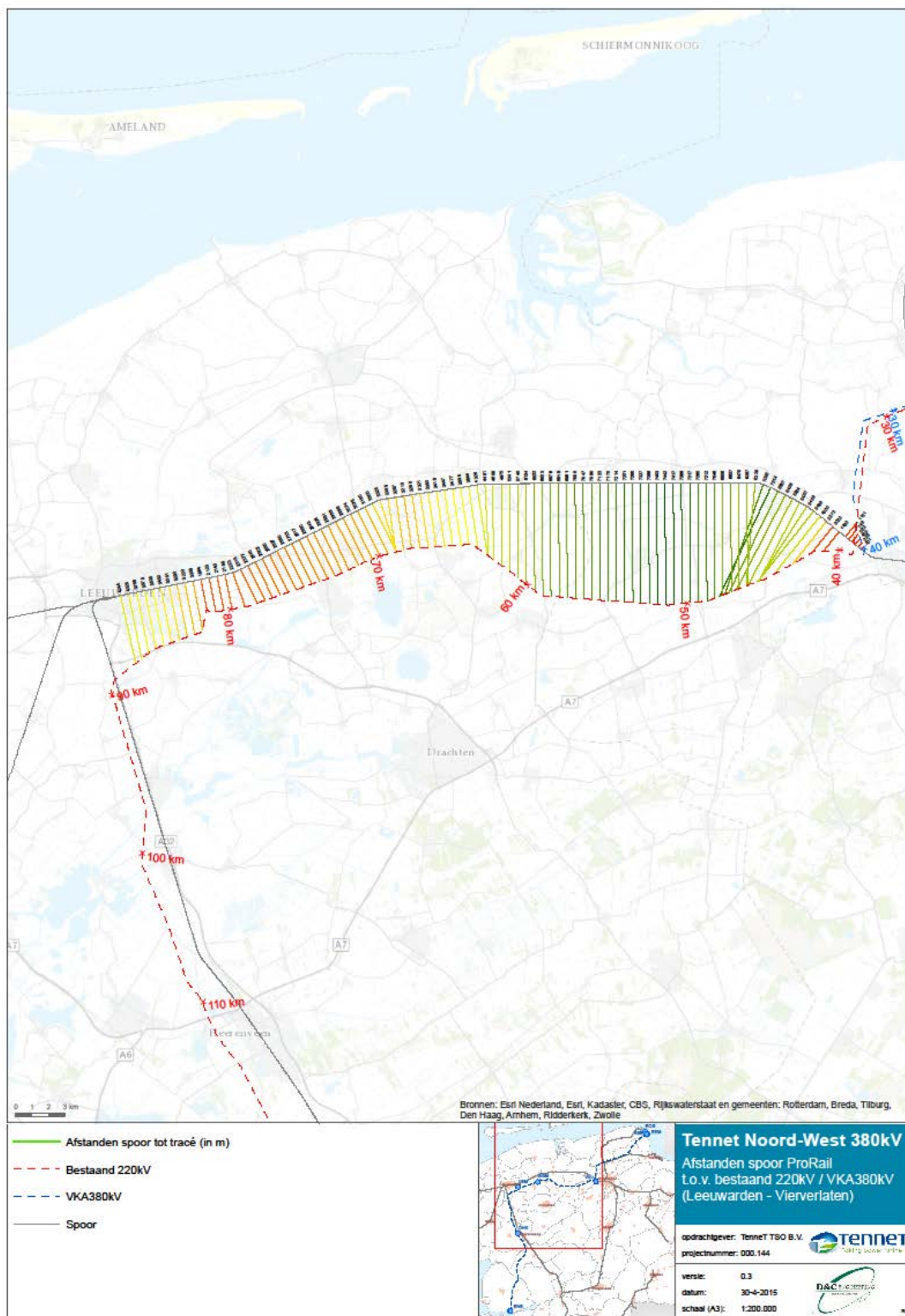
Figuur 32 Geocode 002 – Leeuwarden – Groningen: onderlinge afstand ProRail infrastructuur met TenneT 220 kV. De afstanden zijn opgebouwd uit de afstanden tot de bestaande mast van V-1 t/m V-96 en de nieuwe masten 651 t/m 646. Geocode 201 – Sauwerd – Delfzijl: onderlinge afstand ProRail infrastructuur met TenneT NW380kV

Alhoewel de parallel lopende infrastructuur voornamelijk buiten de buffer van 700 meter gedefinieerd door ProRail valt, is deze tot 2500 meter, inclusief tussengelegen stukken, opgenomen in de modellering.

¹⁸ VKA nw is de naam voor de verbinding VVL – EOS 380 kV.



Figuur 33 Overzicht parallelloop TenneT NW380kV met dieselspoor ProRail (Sauwerd – Delfzijl).



Figuur 34 Overzicht parallelloop TenneT 220 kV c.q. NW380kV met dieselspoor ProRail (Leeuwarden - Groningen).

16.1.5 Bronnen informatie

De informatie is afkomstig uit:

- Artiweb

16.1.6 Normen, voorschriften en richtlijnen

ProRail heeft voor het uitvoeren van EMC-studies tussen TenneT en ProRail infrastructuur de richtlijn RLN00398 opgesteld. Deze richtlijn geeft aan hoe omgegaan dient te worden met beïnvloedingsberekeningen tussen TenneT en ProRail. Van deze richtlijn zijn de beoordelingscriteria opgenomen in de toetsing van de beïnvloeding van ProRail door het TenneT-project NW 380 kV.

Een belangrijke afwijking tussen het uitgangspuntenrapport van TenneT zelf en RLN00398 is hieronder gegeven:

ProRail rekent conform RLN00398 met 10% asymmetrie in de belastingstroom van TenneT.

In dit beoordelingsrapport wordt rekening gehouden met die 10% asymmetrie.

De beoordelingscriteria zijn opgenomen in deze richtlijn. Hieronder zijn de voor deze studie relevante criteria opgenomen:

Nr	Criterium	Toelichting
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 V _{CM} , 58 A _{CM} ; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 A _{CM} ;	
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 V _{CM} , 250 A _{CM} ;	
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	
B4	<i>Psofometrische stoorspanning op modemverbinding: Maximaal -45dBmp voor dataverbindingen Maximaal 10 Ap in bovenleiding</i>	<i>Voor normale hoogspannings- verbindingen is deze eis nooit maatgevend.</i>
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde, spoorstaaf – aarde, EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	
B7	<i>Magneetvelden conform NEN-EN 50121-4/-5</i>	<i>Aangenomen wordt dat apparatuur aan de norm voldoet.</i>
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstroomloper: 10 kV/m	
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 μT	

Tabel 19 Gebruikte criteria in ProRail-studie.

De cursief afgebeelde criteria worden in deze rapportage niet beoordeeld, omdat deze conform de toelichting afkomstig uit RLN00398 niet van toepassing zijn.

16.2 Modelling

De resultaten zijn gepresenteerd zonder modelmarge. In [4] is een onderbouwing gegeven voor paralleloopsituaties en de modelmarge van 30%.

16.3 ProRail infrastructuur Leeuwarden - Groningen

16.3.1 Grenzen model

De grenzen van de parallel lopende ProRail infrastructuur zijn aan de ene zijde geocodekilometrerig 32.000 en aan de andere zijde station Viervelaten (geocodekilometrerig 75.800). Dubbelsporigheid start bij geocodekilometrerig 40.000 en loopt tot aan 67.500.

16.3.2 Modelling spoor

Het spoor bevat 50 Hz enkelbenige spoorstroomlopen (km 30.622¹⁹ t/m km 76.150²⁰), waardoor er in principe sprake is van één elektrisch doorgekoppeld spoor, bestaande uit een enkele spoorstaaf²¹.

¹⁹ OR-blad 2 versie C, Leeuwarden – Groningen.

²⁰ OR-blad 13 versie F, Leeuwarden – Groningen.

Echter, de spoorstroomlopen zelf zijn 50 Hz, waardoor het zwevende been voor 50 Hz een parallelle tak is. De impedantie van het relais en van de voeding is gemodelleerd met een verbinding aan beide zijden naar de doorgekoppelde spoorstaaf met een waarde van $5 \Omega^{22}$.

16.3.3 Afleidweerstand spoorstaven

De beschouwde afleidweerstand bedraagt 2.5 en 100 Ω km per spoorstaaf.

16.3.4 Afsluitweerstand spoor

De afsluitweerstand is aan beide zijden geïmplementeerd als:

$$Z_{afsluit} = \sqrt{R_{afleid} \cdot Z_{langs}}$$

met R_{afleid} gegeven in de vorige paragraaf en $Z_{langs} = 0.061 + j0.88 \Omega/\text{km}$.

16.3.5 Kabels

De kabelinfrastructuur is gemodelleerd conform de opgave van ProRail in RLN00398. De 3kV-kabel is gemodelleerd met een 16 mm² koperen geleider, die ter hoogte van geokilometrering 31.000, 51.042 en 75.800 is geaard met 1 Ω .

16.4 ProRail infrastructuur Sauwerd - Delfzijl

De grenzen van de parallel lopende ProRail infrastructuur zijn aan de ene zijde station Sauwerd (geocodekilometrering 11.100) en aan de andere zijde Loppersum (geocodekilometrering 25.900). De uitlopers aan beide zijden van deze parallelloop zijn gemodelleerd tot aan Groningen, Winsum en Delfzijl.

16.4.1 Modellingering spoor

Het spoor wordt gemodelleerd als één aaneengesloten geleider²³.

16.4.2 Afleidweerstand spoorstaven

De beschouwde afleidweerstand bedraagt 2.5 en 100 Ω km per spoorstaaf.

16.4.3 Afsluitweerstand spoor

De afsluitweerstand is aan beide zijden geïmplementeerd als:

$$Z_{afsluit} = \sqrt{R_{afleid} \cdot Z_{langs}}$$

met R_{afleid} gegeven in de vorige paragraaf en $Z_{langs} = 0.061 + j0.88 \Omega/\text{km}$.

²¹ De werkelijke uitvoering van de retour kan hiervan afwijken. Er is gekozen voor deze invulling van een volledig doorlopende retour, omdat deze maatgevend is qua stroombelasting van de 50 Hz-spoorstroomlopen: een trein kan immers altijd een isolatie in het spoor overbruggen. In fase 3 zal de opname dienen plaats te vinden van de werkelijke configuratie van de retour.

²² De waarde van 5 Ω is een inschatting gemaakt in overleg met René Koopal van ProRail AM Treinbeveiliging.

²³ De werkelijke uitvoering van de retour kan hiervan afwijken. Er is gekozen voor een doorlopende retour, omdat deze maatgevend is voor de beïnvloedingsberekening. In fase 3 zal de opname dienen plaats te vinden van de werkelijke configuratie van de retour.

16.4.4 Kabels

De kabelinfrastructuur is gemodelleerd conform de opgave van ProRail in RLN00398. Er is geen 3kV-kabel gemodelleerd, maar op basis van dezelfde gegevens een lokale stamkabel voor de assentellers. In de figuren wordt deze nog steeds aangeduid als 3 kV-kabel.

17. Bijlage: NW 380kV \ Bestaand 220 kV simulatieresultaten tracé Leeuwarden - Groningen

In de figuren zijn ter controle van de simulatievariant codes opgenomen in de vorm van:

tennet_02_s01-2.50.max

Deze code staat voor:

tennet: projectnaam

02: simulatienummer voor de bedrijfsvoering

s01-2.50: afleidweerstand van spoorstaaf naar aarde in Ω km.

17.1 Normaal bedrijf

Situatie TenneT: normaal bedrijf met 10% scheefbelasting

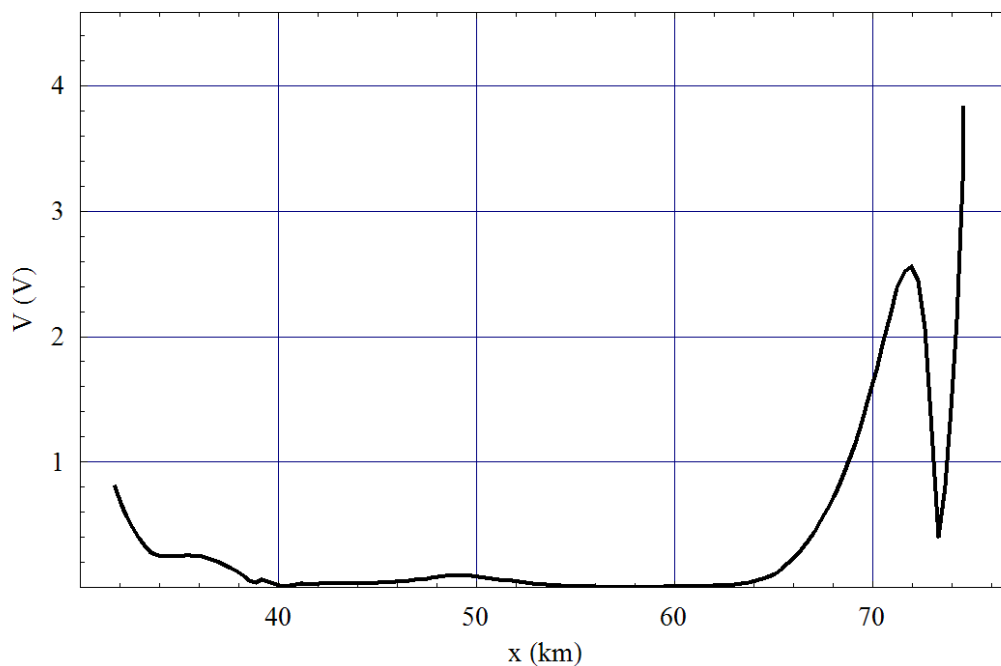
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

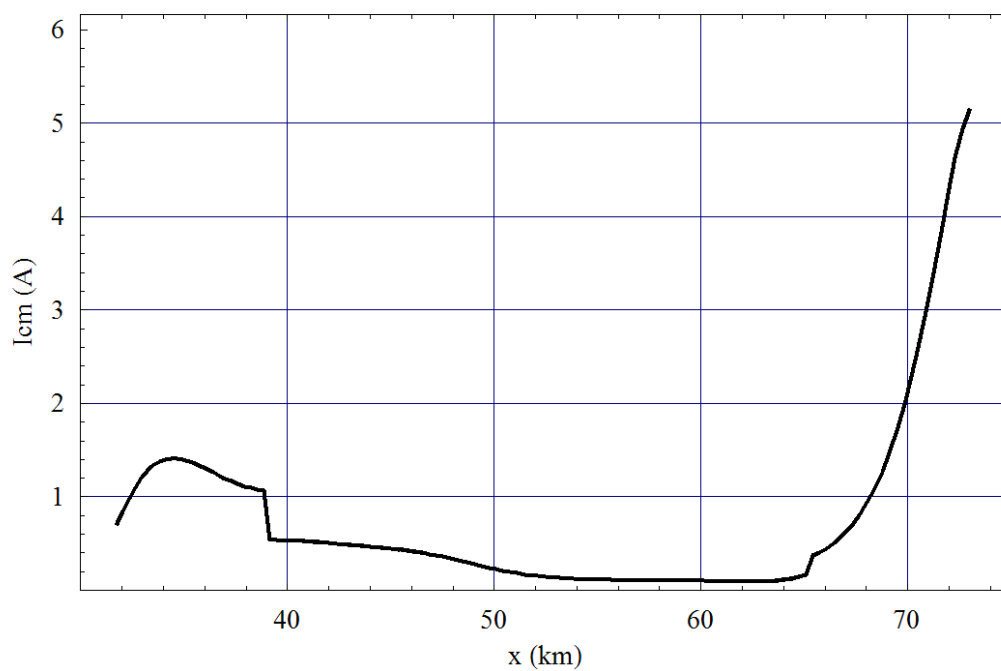
2.5 Ωkm

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s01-2.50.max

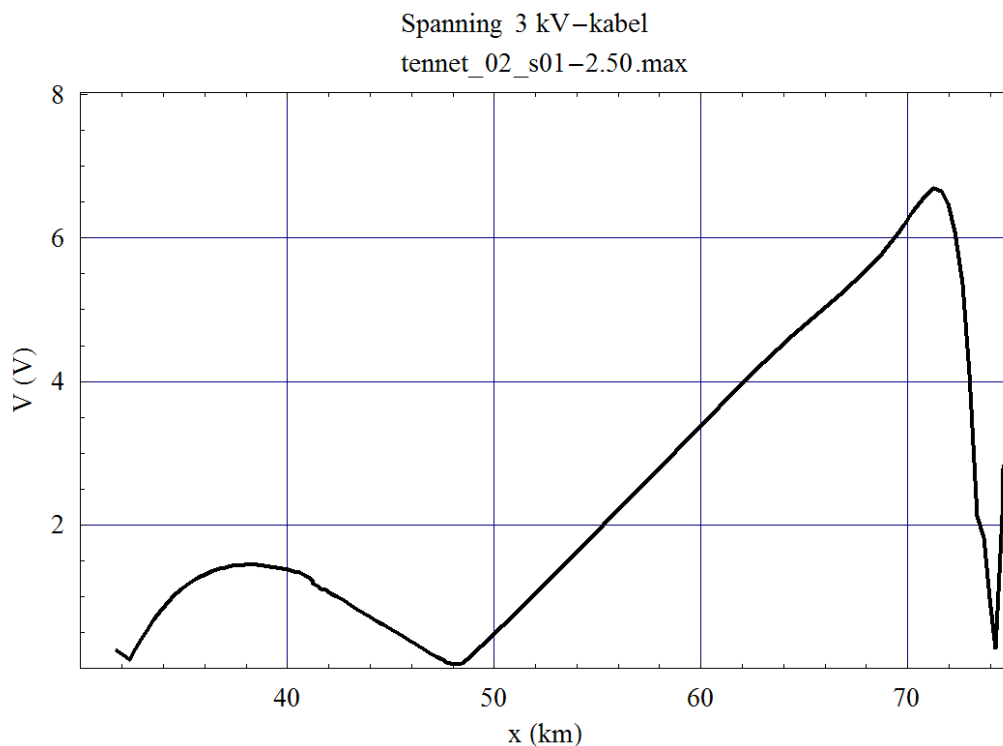


Figuur 35 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

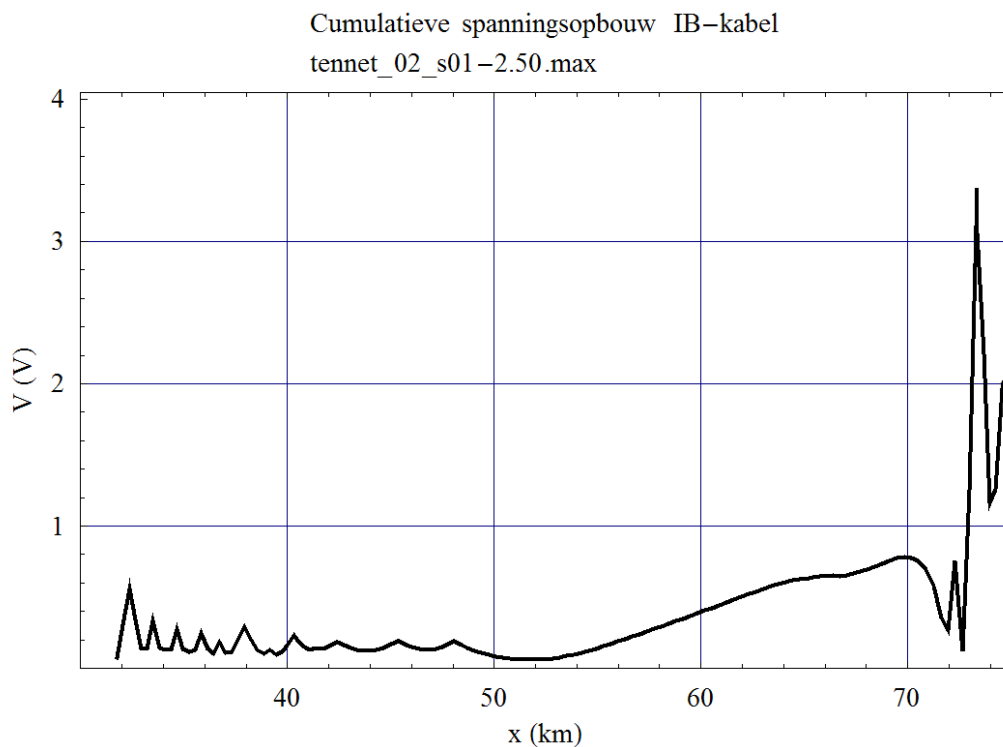
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s01-2.50.max



Figuur 36 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



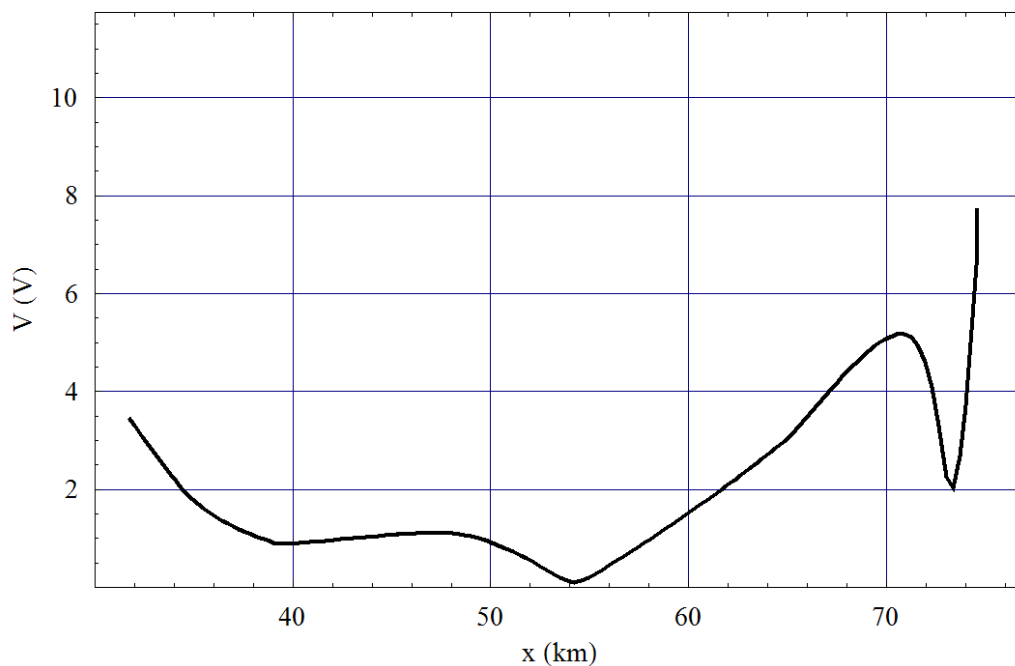
Figuur 37 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 38 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

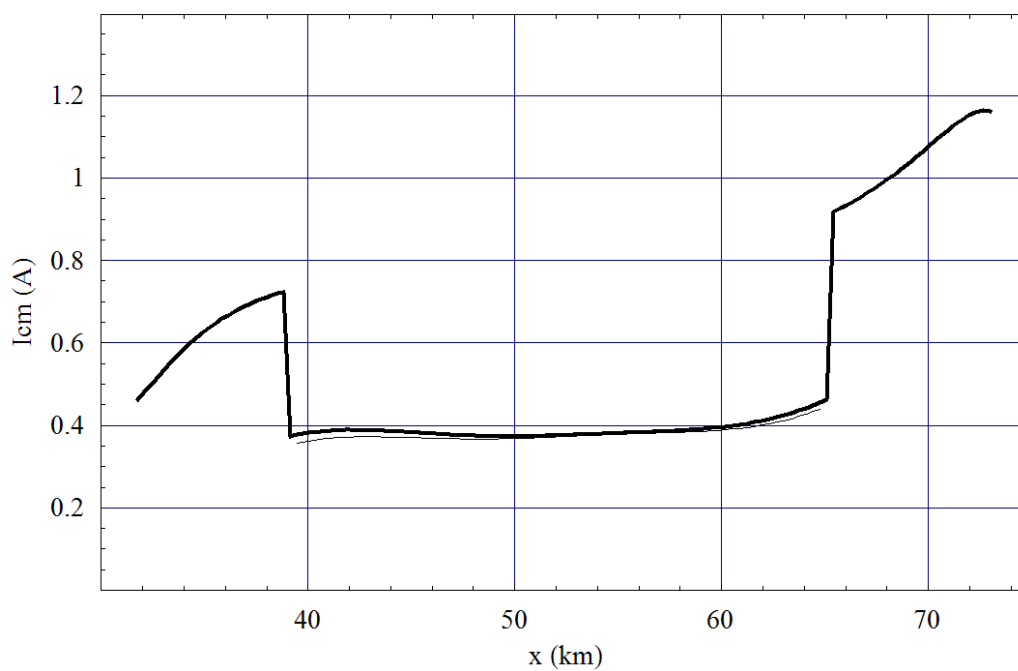
100 Ωkm

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
 tennet_02_s02-100..max

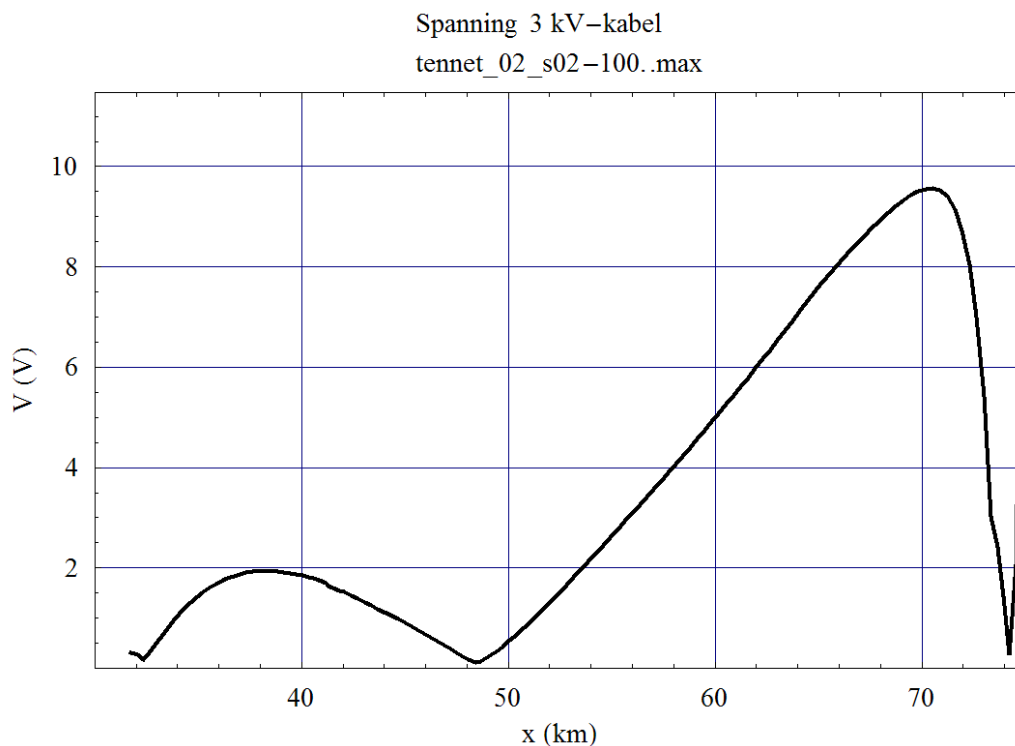


Figuur 39 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

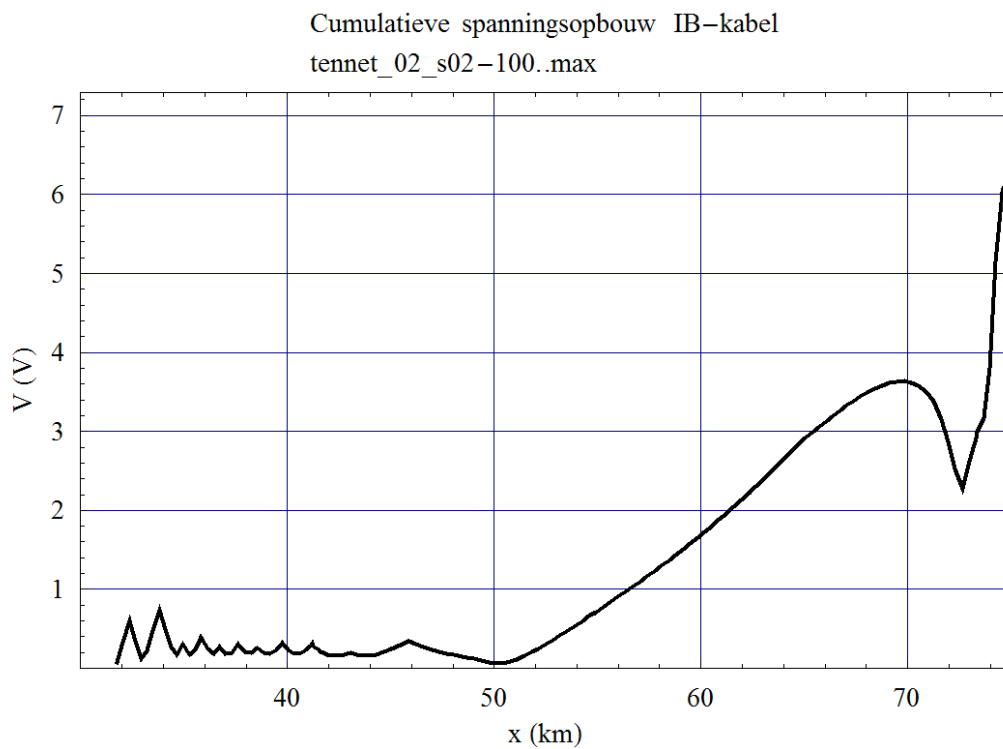
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
 tennet_02_s02-100..max



Figuur 40 Common-mode-stroom per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 41 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 42 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

17.2 Onderhoud

Situatie TenneT: onderhoud 380 kV met 10% scheefbelasting

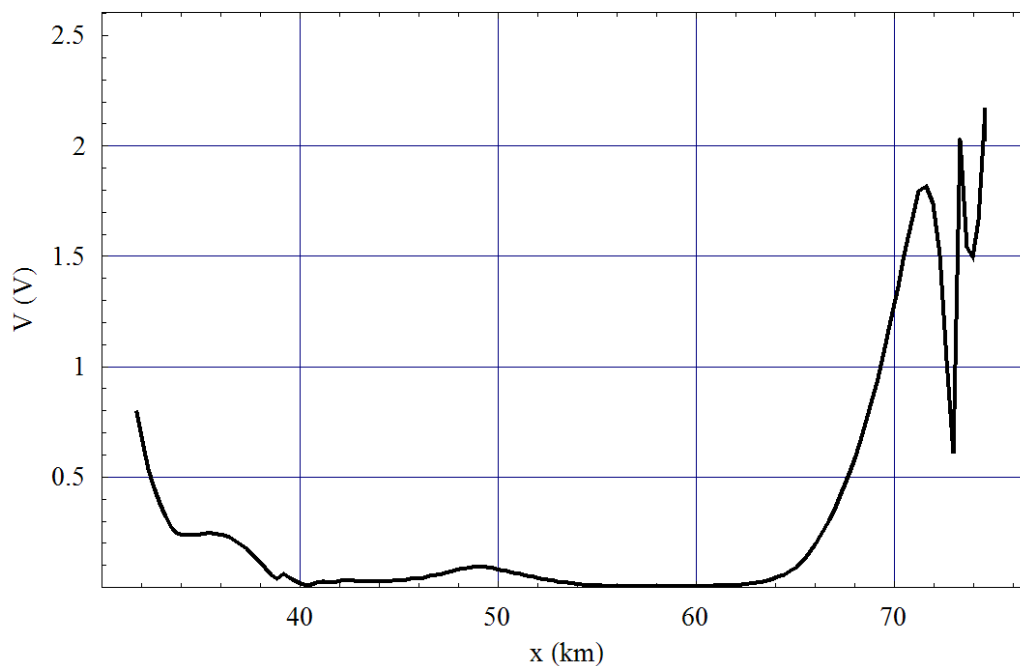
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

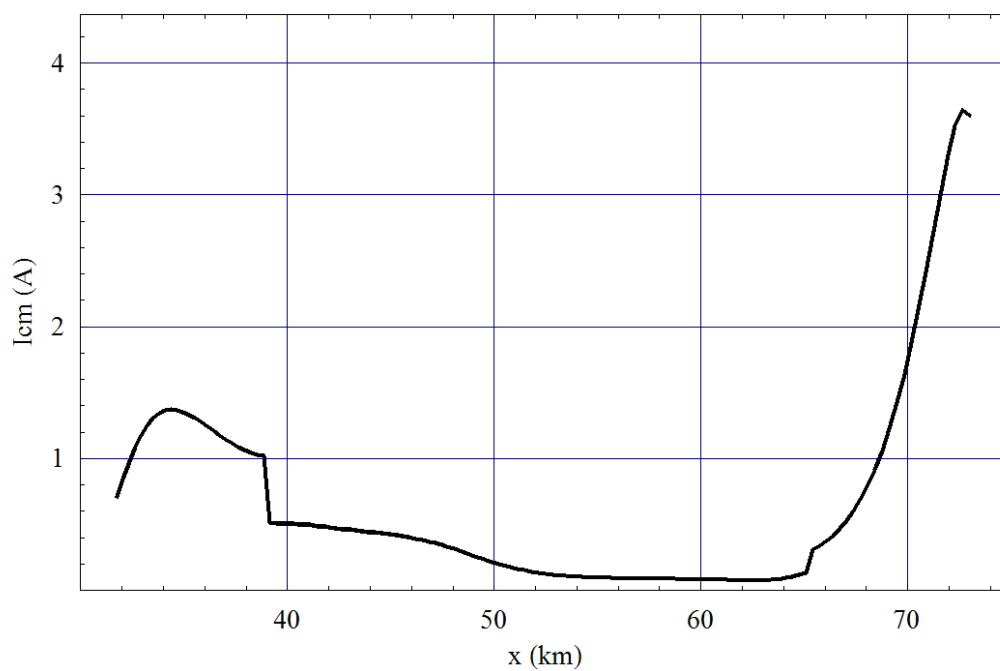
2.5 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s01-2.50.max

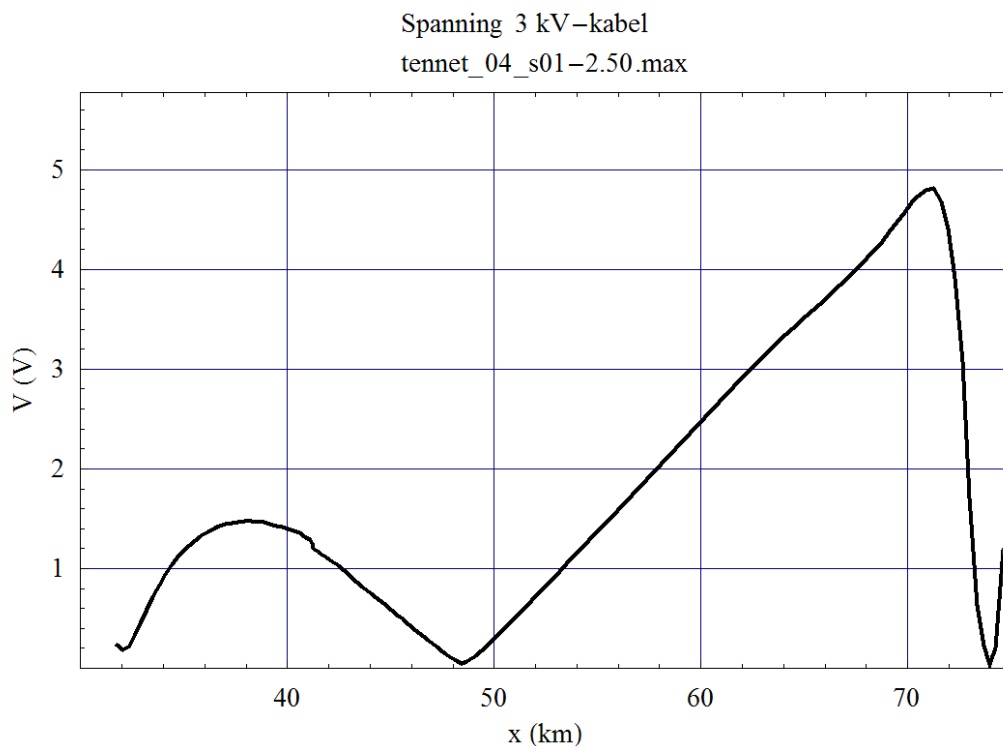


Figuur 43 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

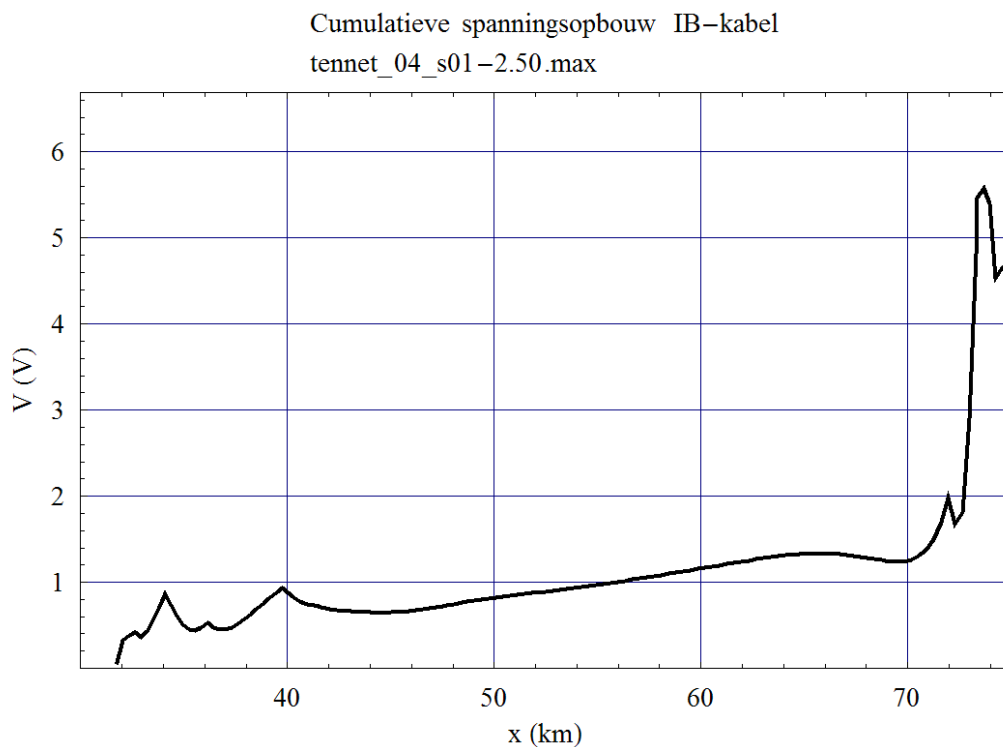
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s01-2.50.max



Figuur 44 Common-mode-stroom per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

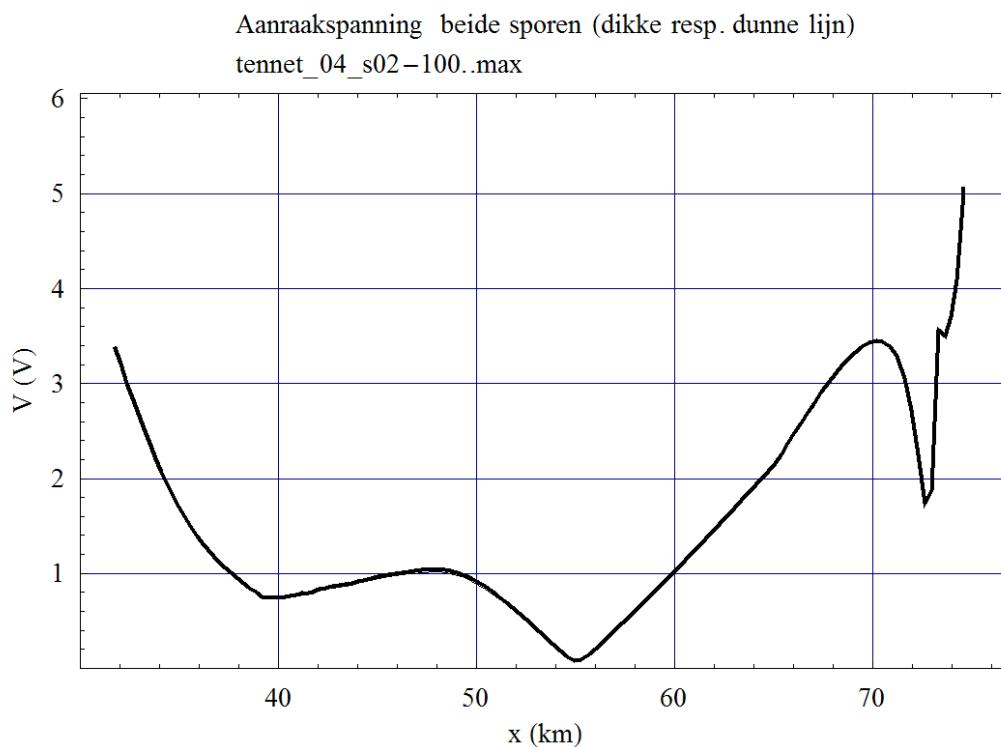


Figuur 45 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

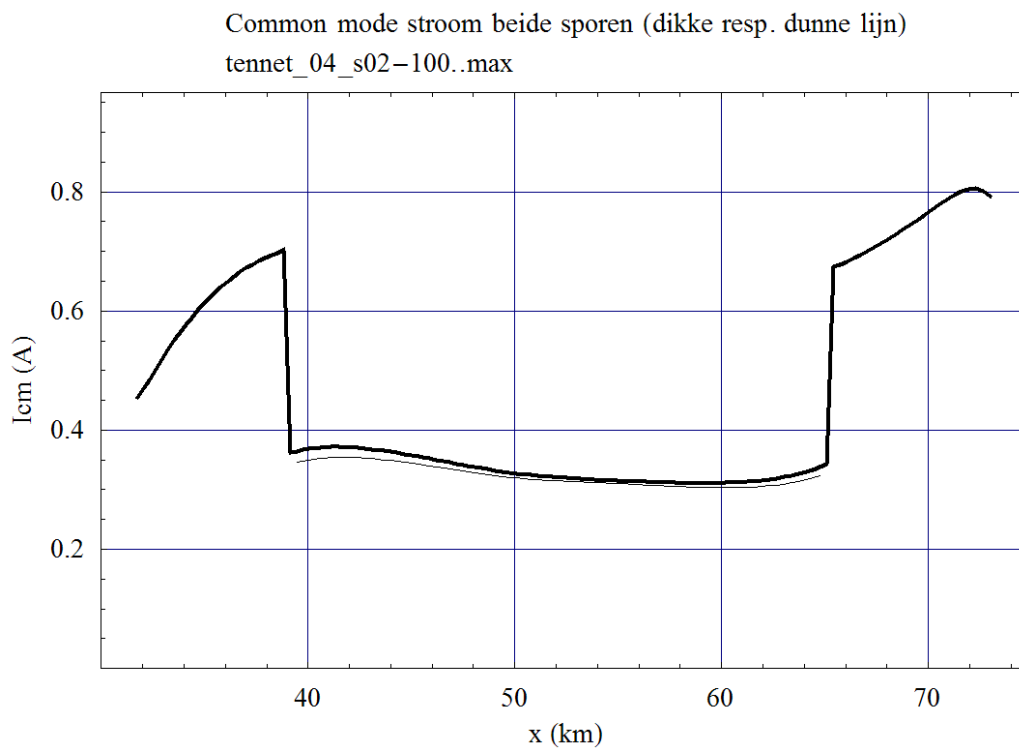


Figuur 46 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

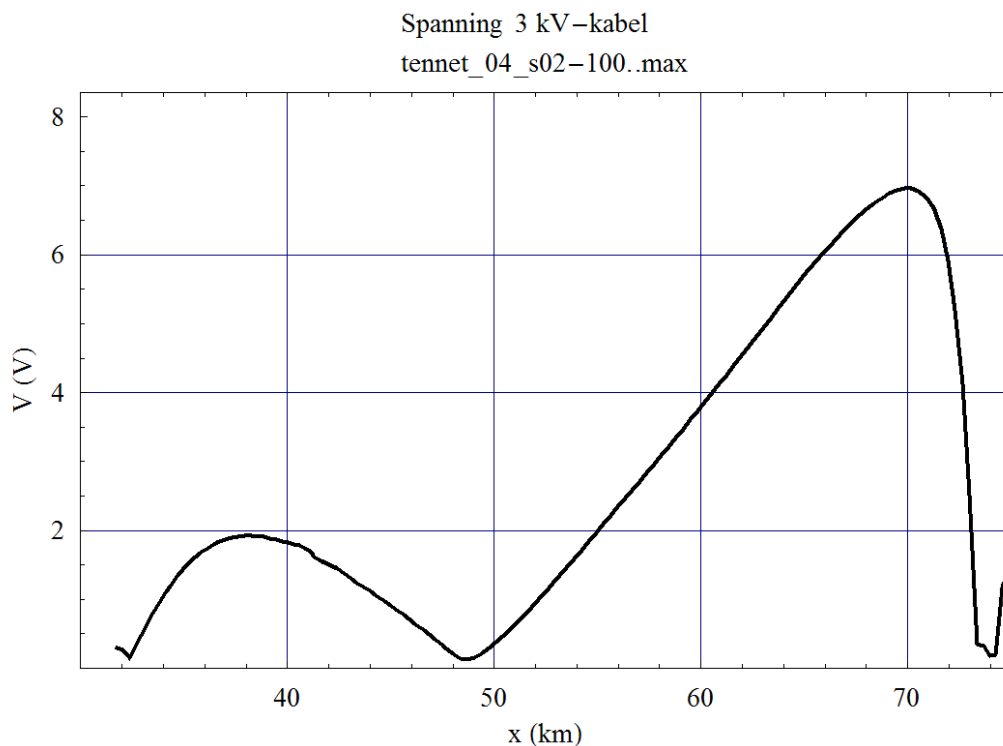
100 Ω km



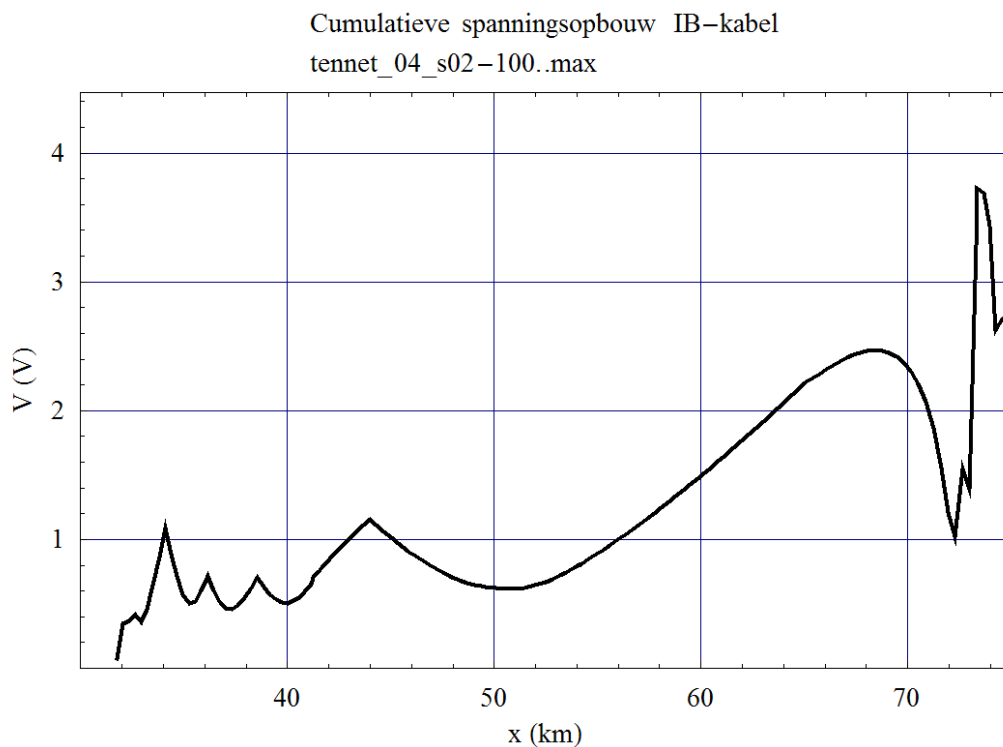
Figuur 47 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 48 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 493 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 50 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

17.3 Kortsluiting

Situatie TenneT: kortsluiting 220 kV / 380 kV

Situatie ProRail: normaal bedrijf

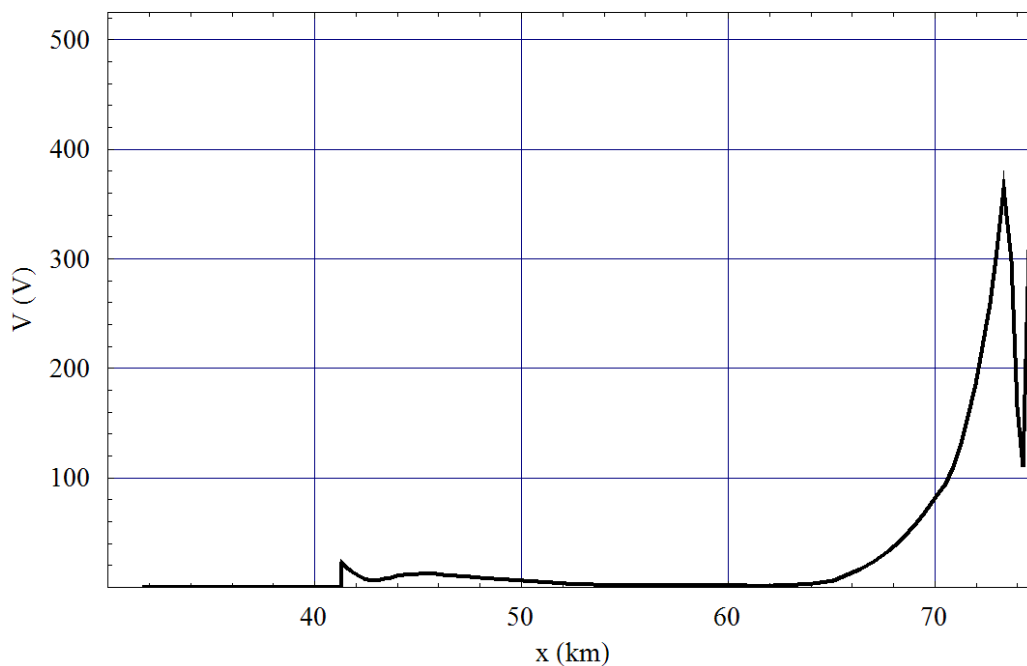
De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardespanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

2.5 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)

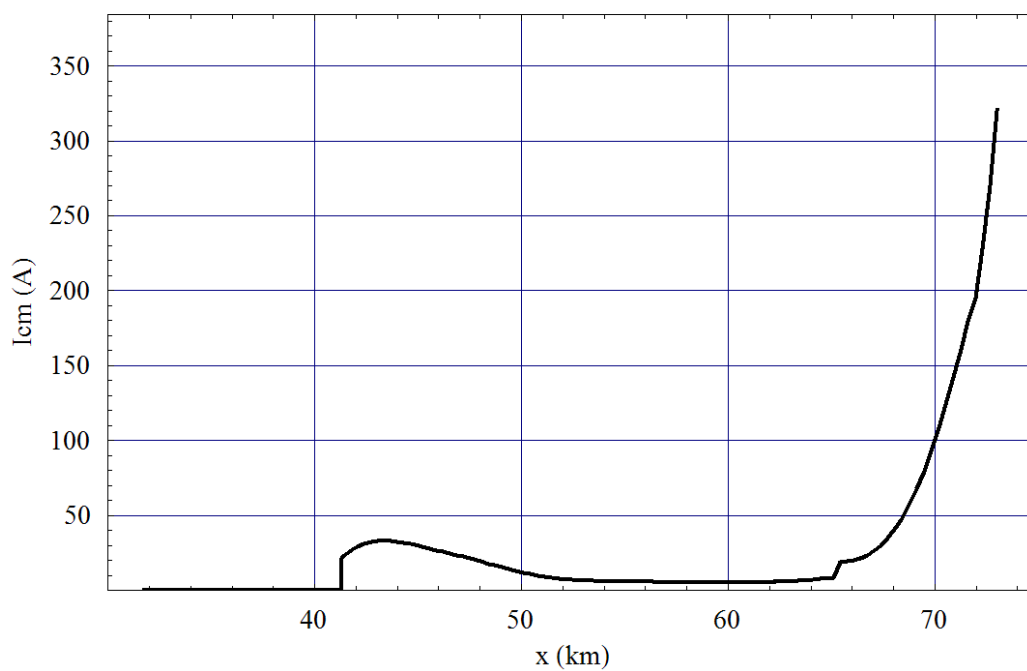
TenneTNW380kVDG1en2 –enkel–380kV_01_s01_OVERALL.dat



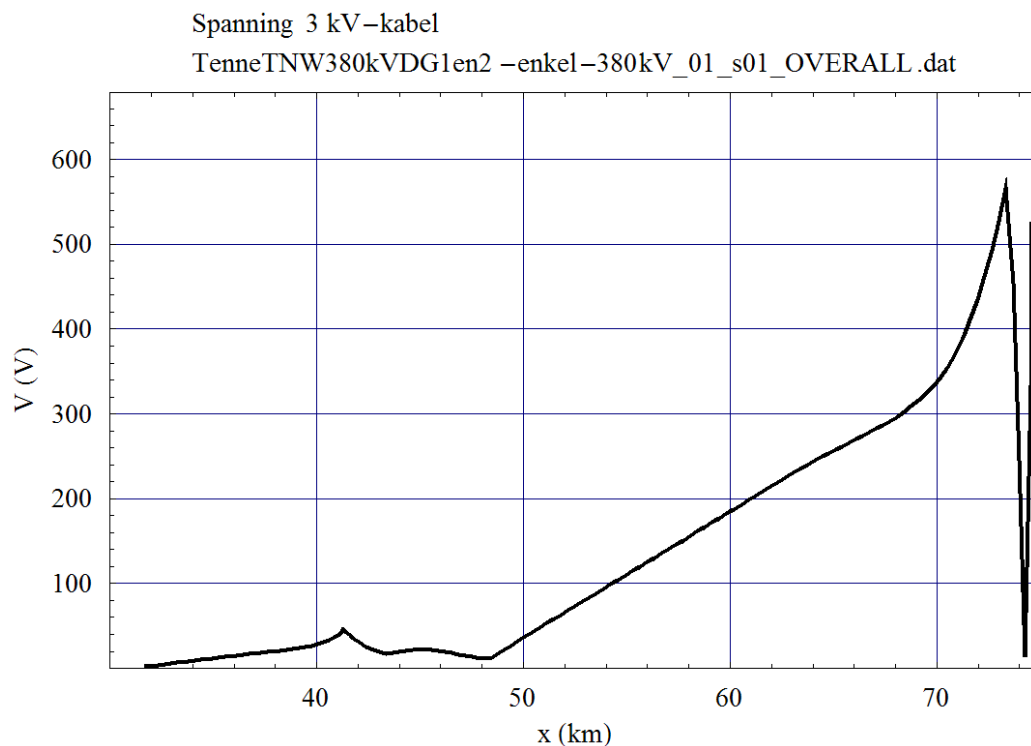
Figuur 51 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)

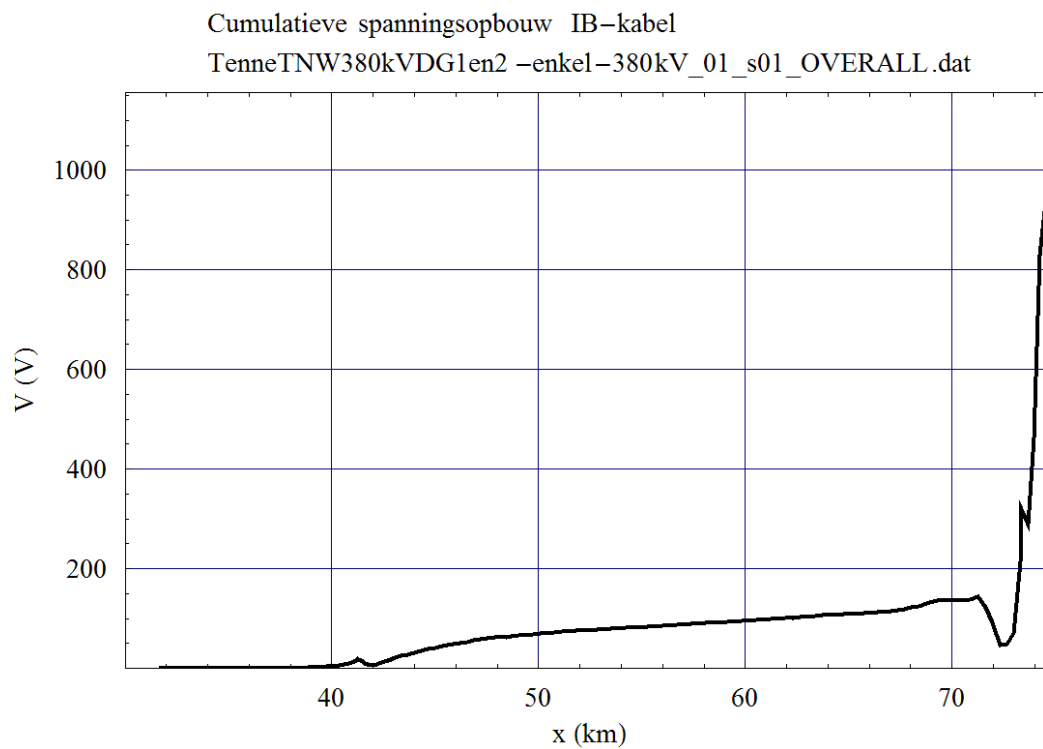
TenneTNW380kVDG1en2 –enkel–380kV_01_s01_OVERALL.dat



Figuur 52 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

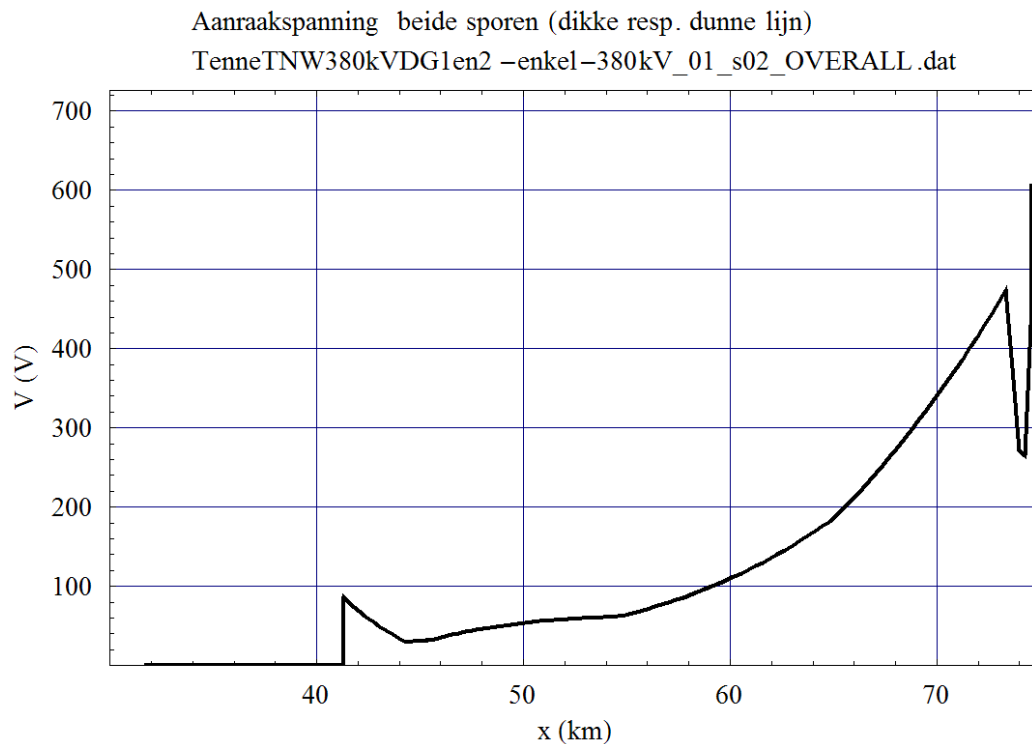


Figuur 53 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

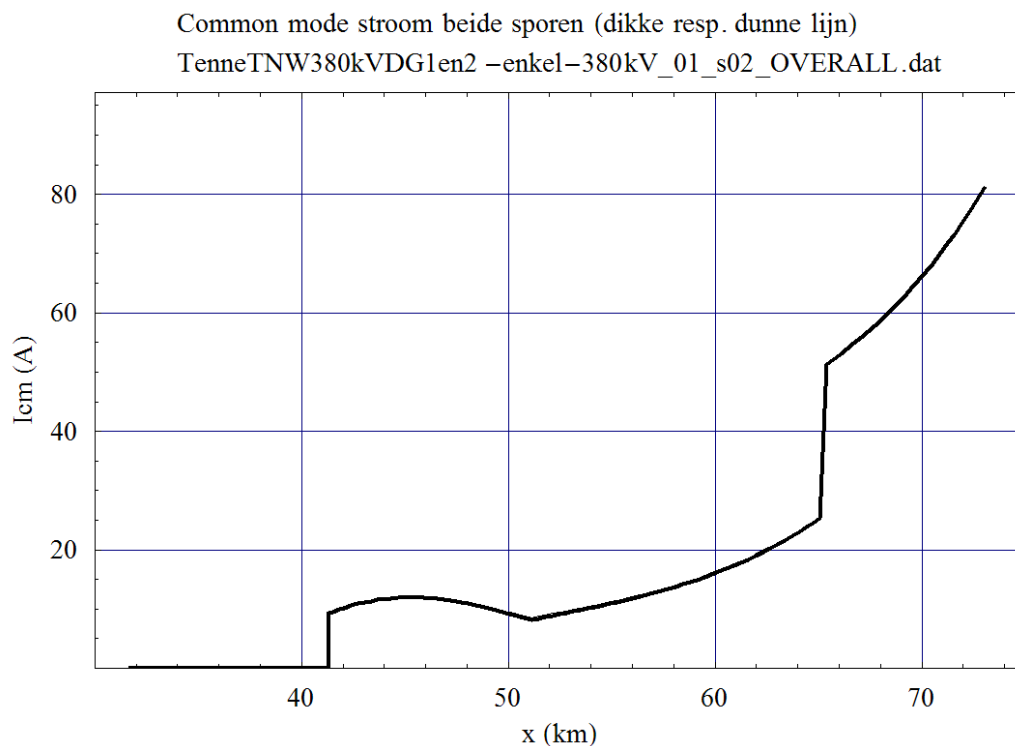


Figuur 54 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

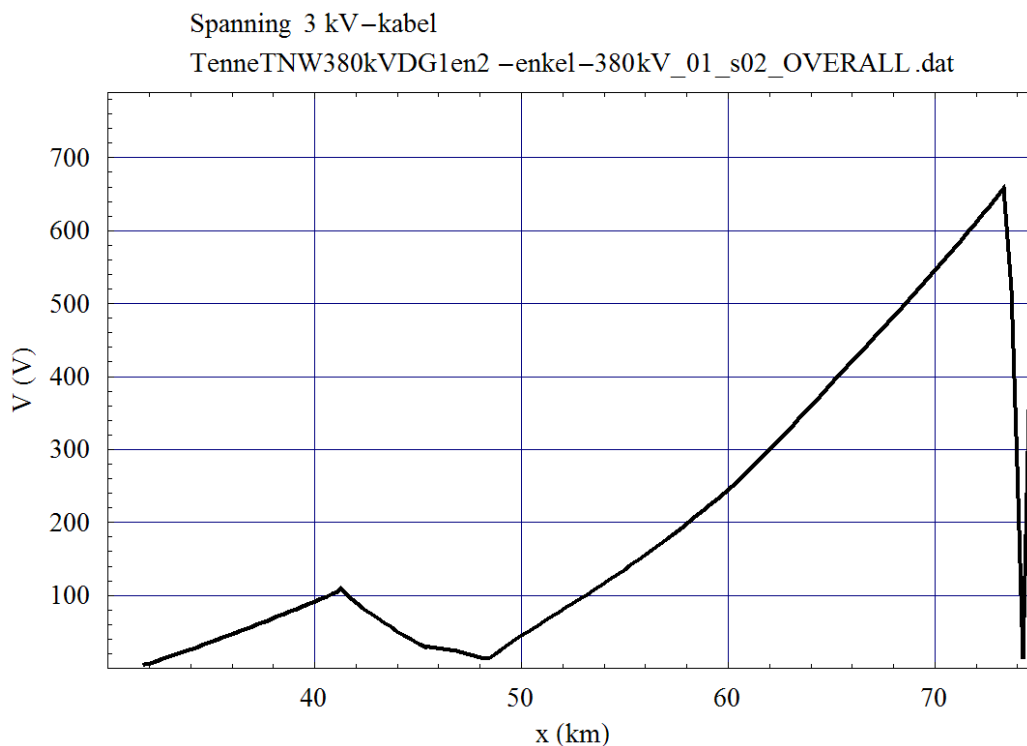
100 Ω km



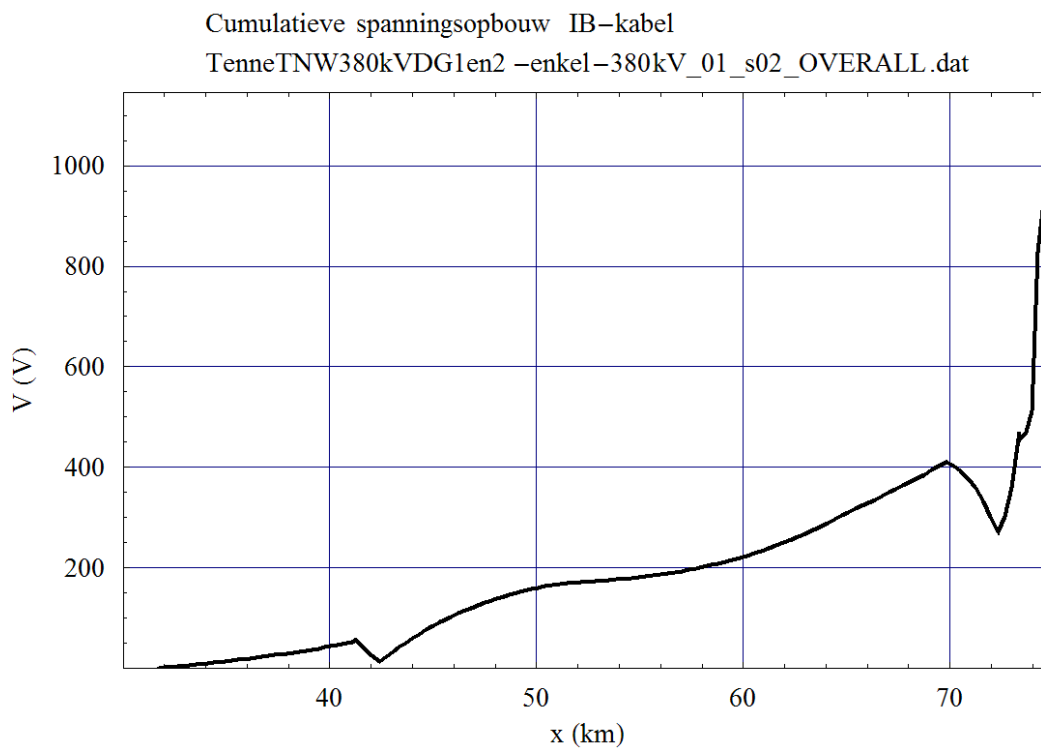
Figuur 55 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 56 Common-mode-stroom per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 573 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 58 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

18. Bijlage: NW380kV simulatieresultaten tracé Sauwerd - Delfzijl

In de figuren zijn ter controle van de simulatievariant codes opgenomen in de vorm van:

tennet_02_s01-2.50.max

Deze code staat voor:

tennet: projectnaam

02: simulatienummer voor de bedrijfsvoering

s01-2.50: afleidweerstand van spoorstaaf naar aarde in Ω km.

18.1 Normaal bedrijf

Situatie TenneT: normaal bedrijf met 10% scheefbelasting

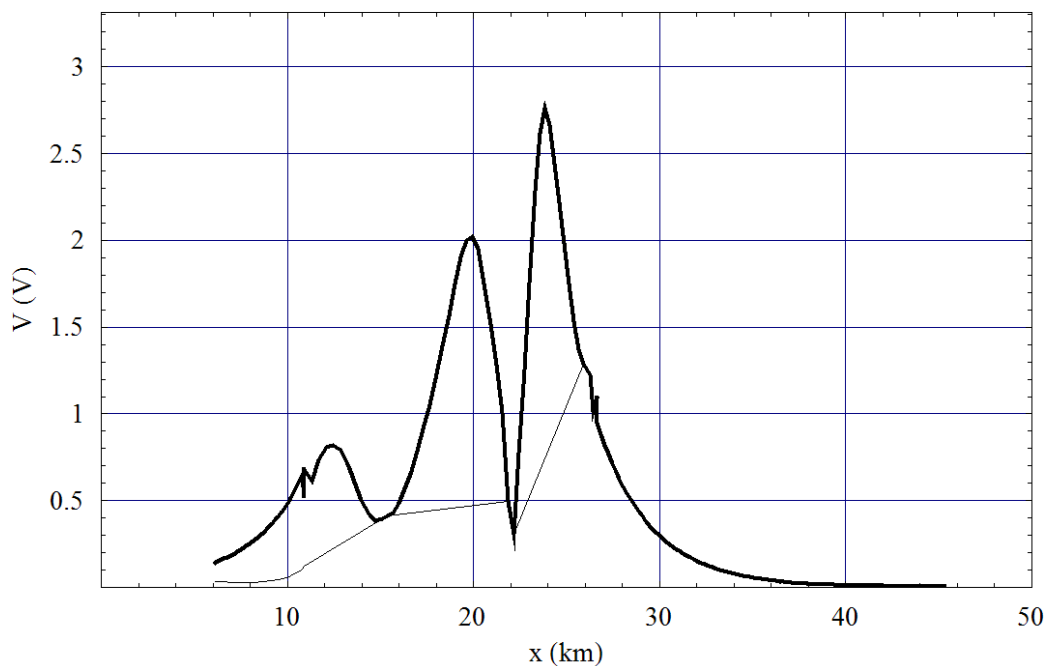
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

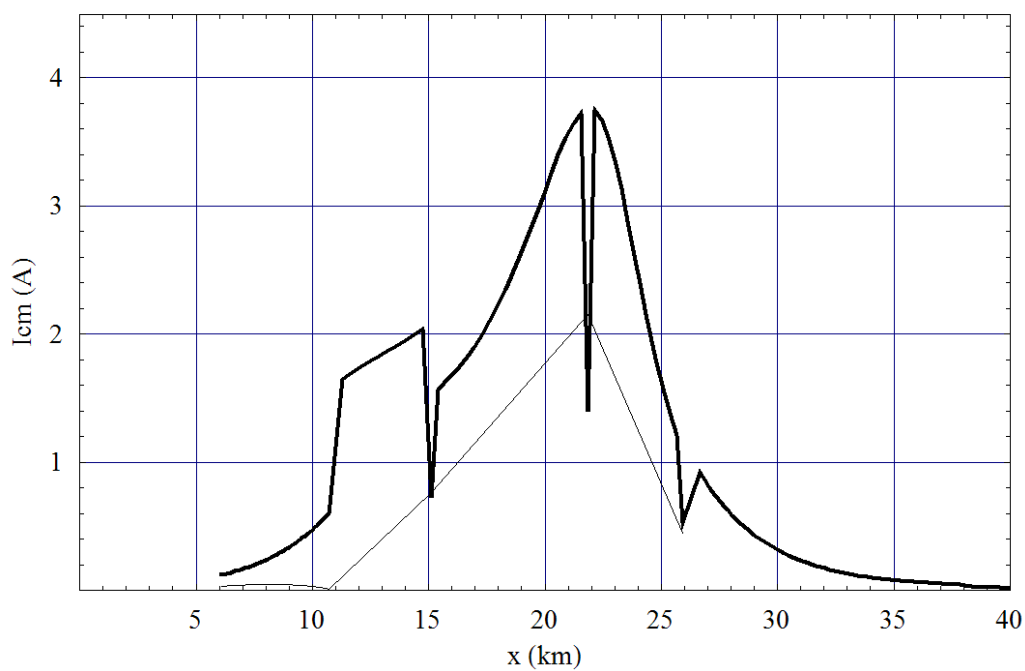
2.5 Ωkm

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s01-2.50.max

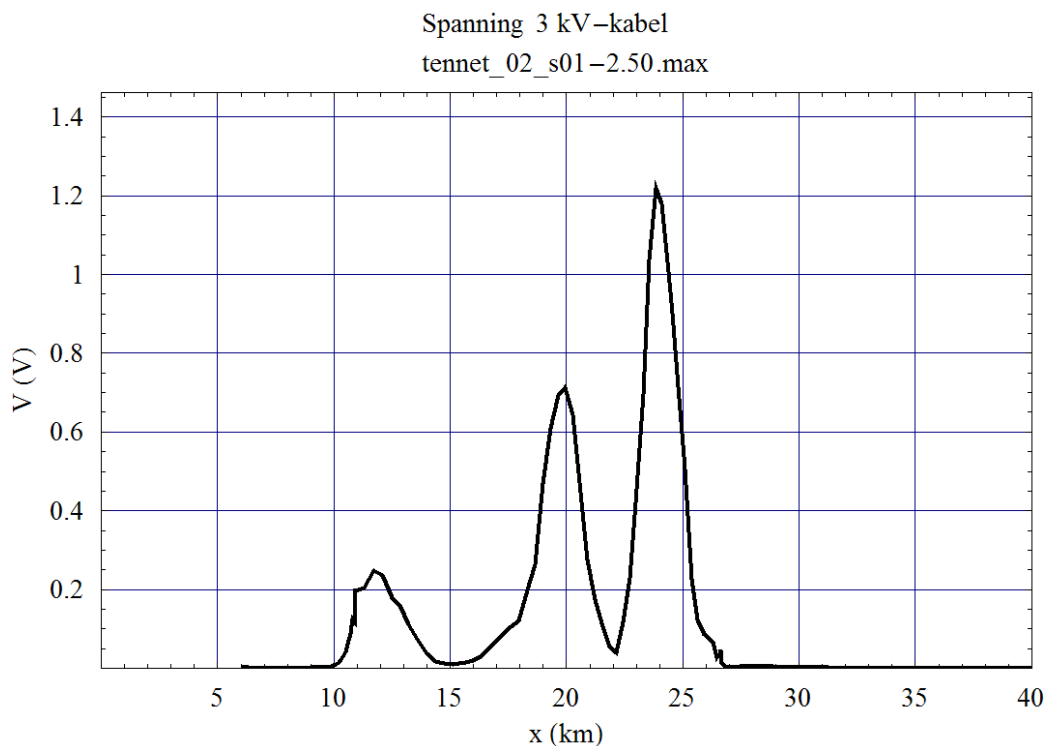


Figuur 59 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

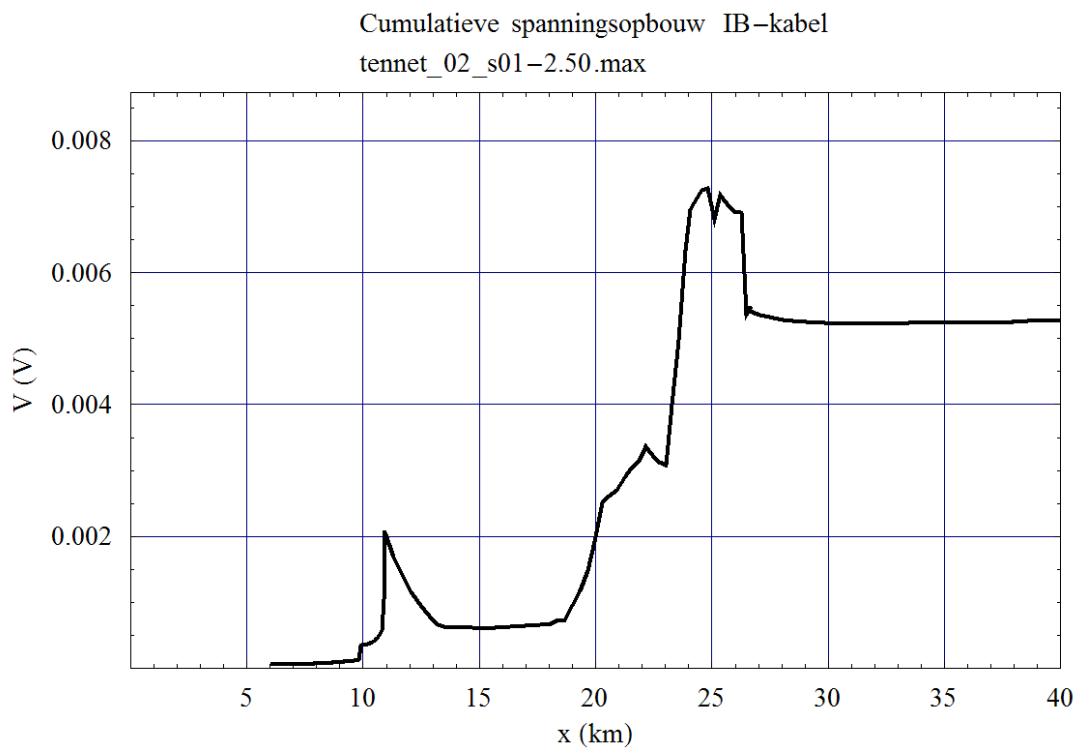
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s01-2.50.max



Figuur 60 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



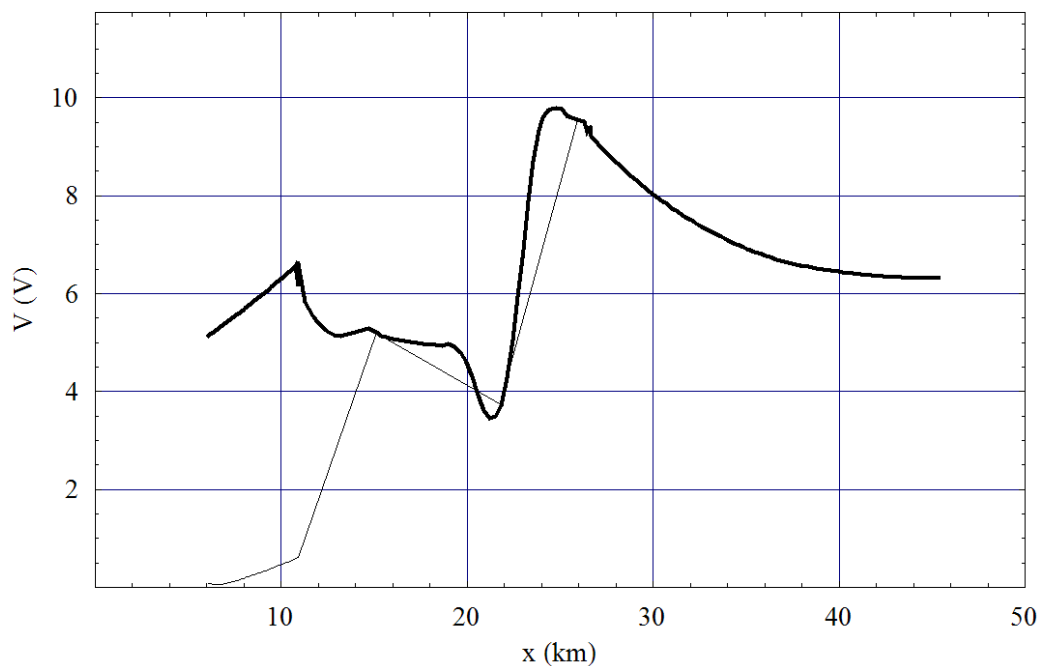
Figuur 61 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 62 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

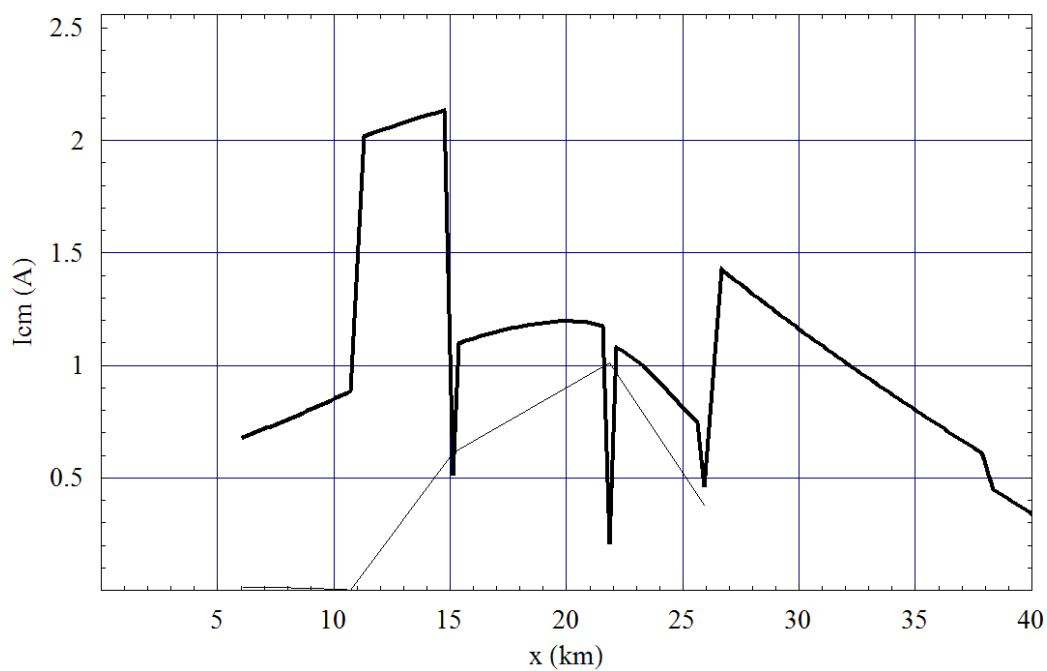
100 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s02-100..max

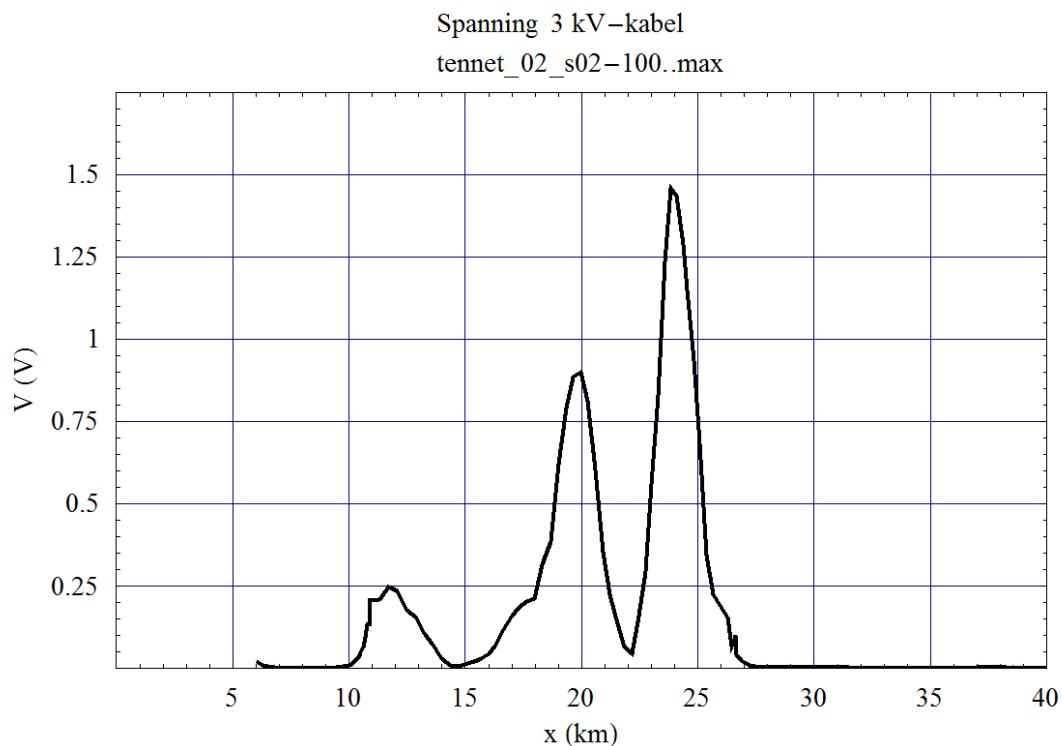


Figuur 63 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

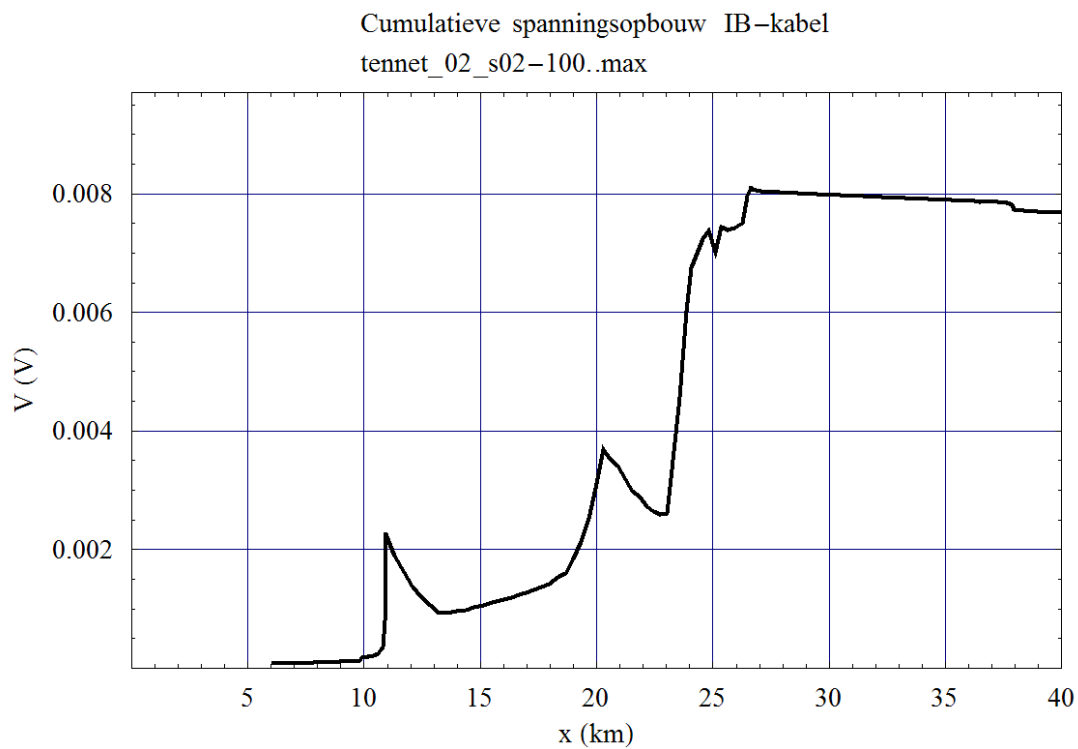
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s02-100..max



Figuur 64 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 65 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 66 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

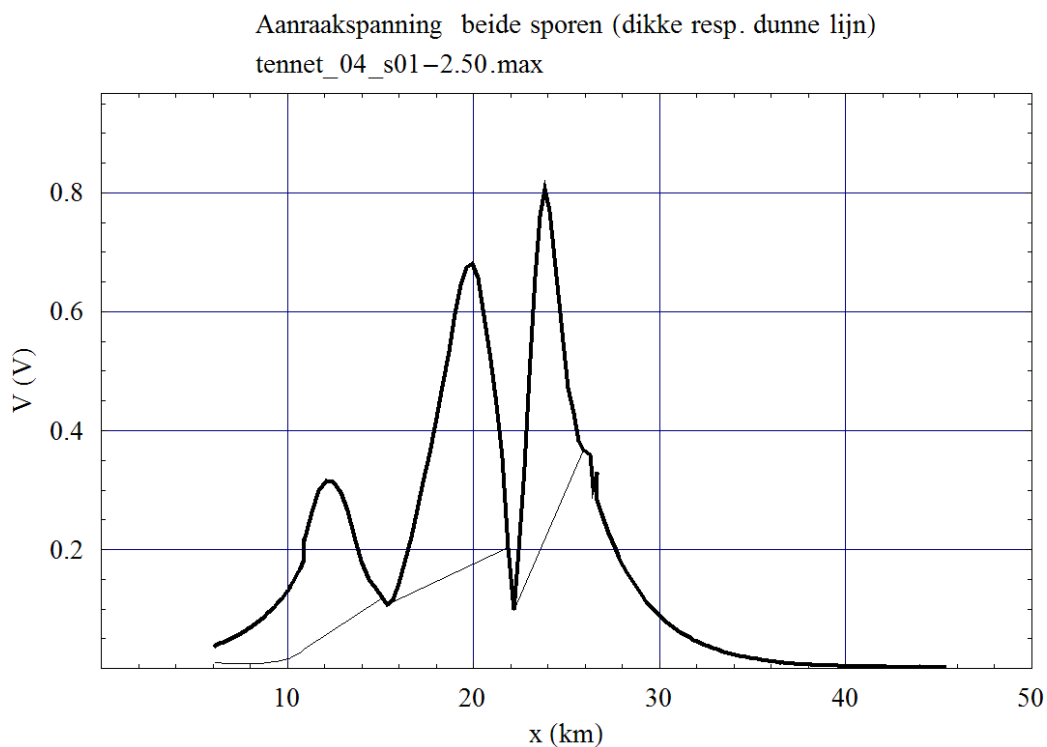
18.2 Onderhoud

Situatie TenneT: onderhoud 380 kV met 10% scheefbelasting

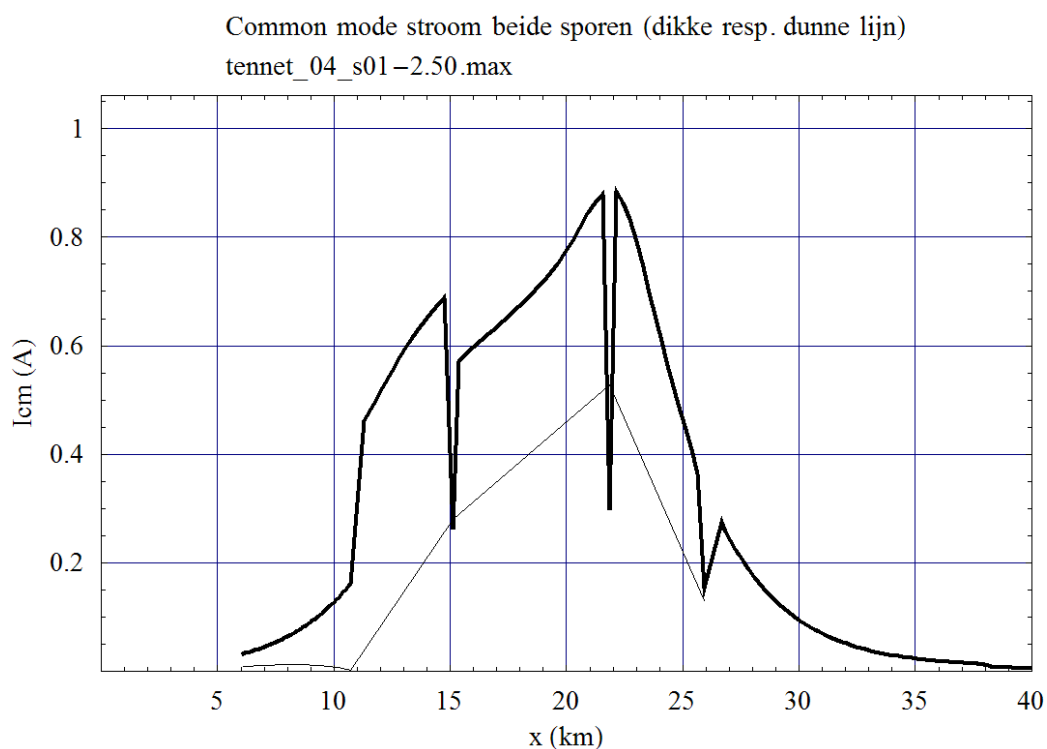
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

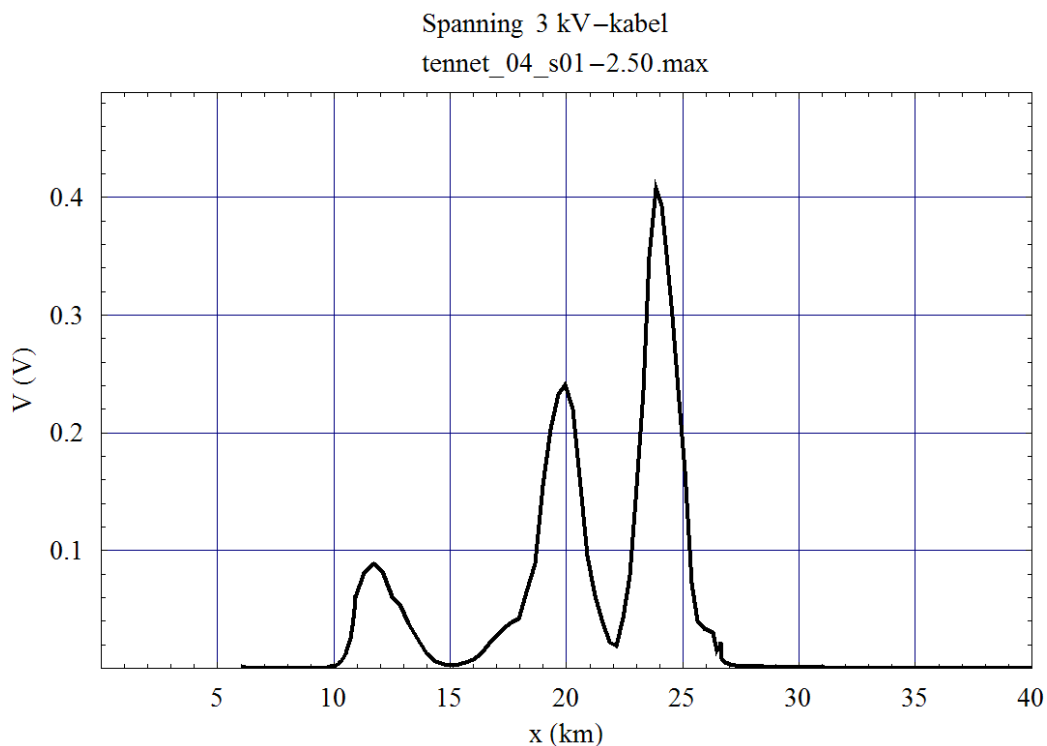
- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

2.5 Ωkm 

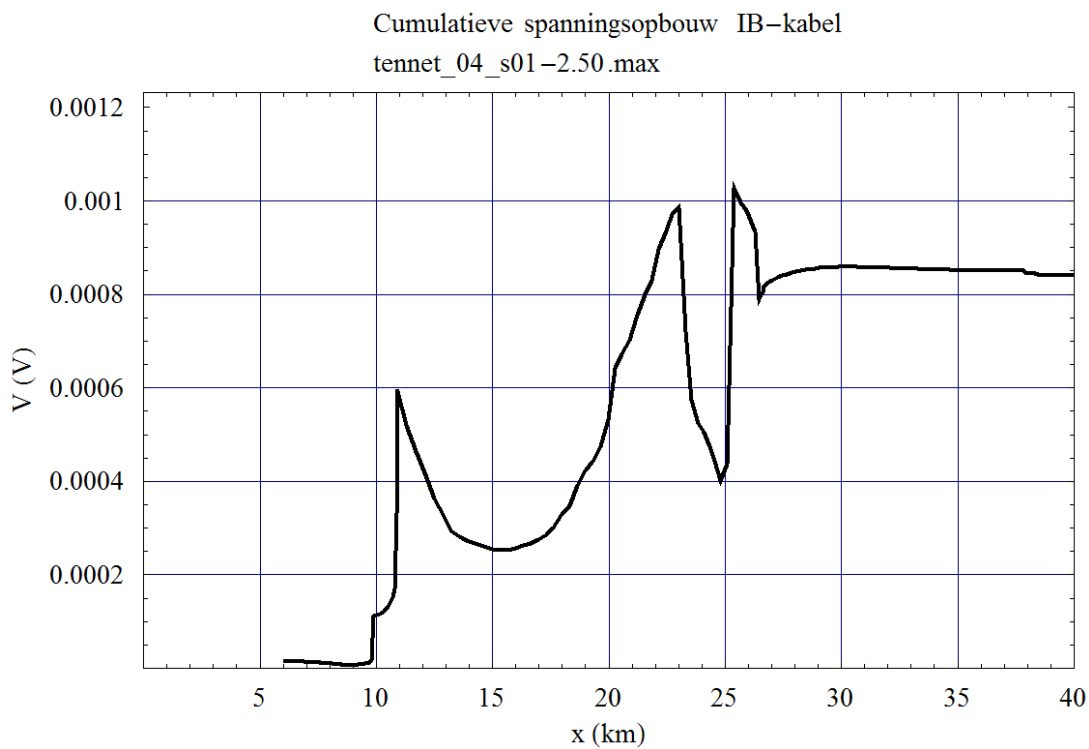
Figuur 67 Spoorstaaf-aardespanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



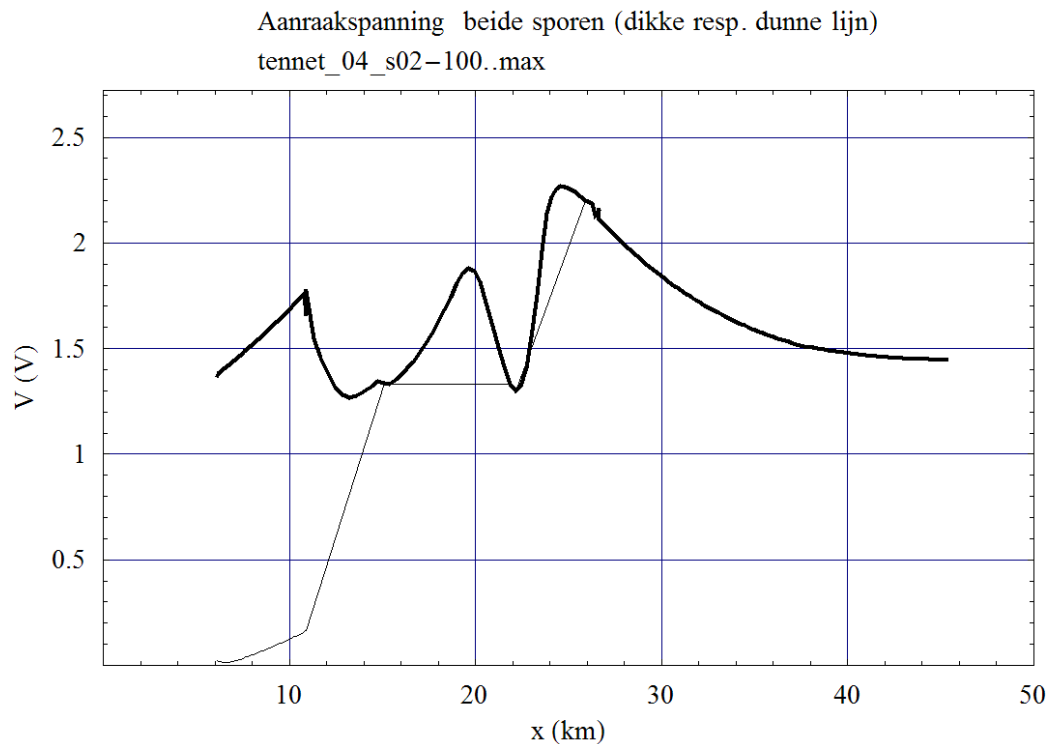
Figuur 68 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



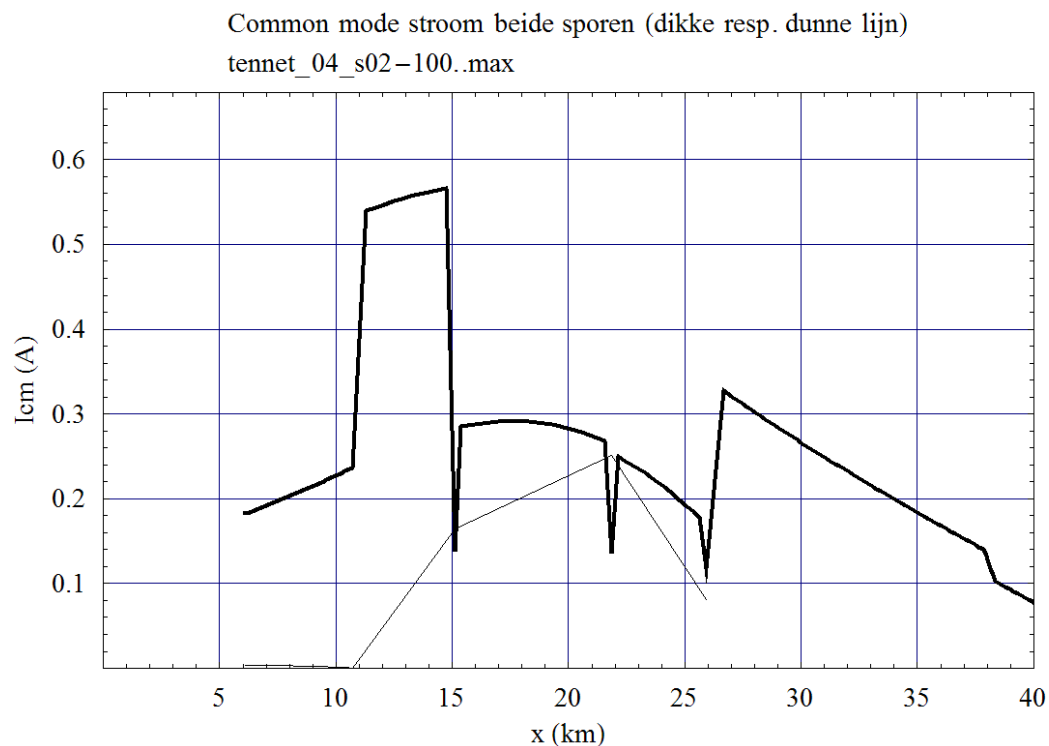
Figuur 693 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



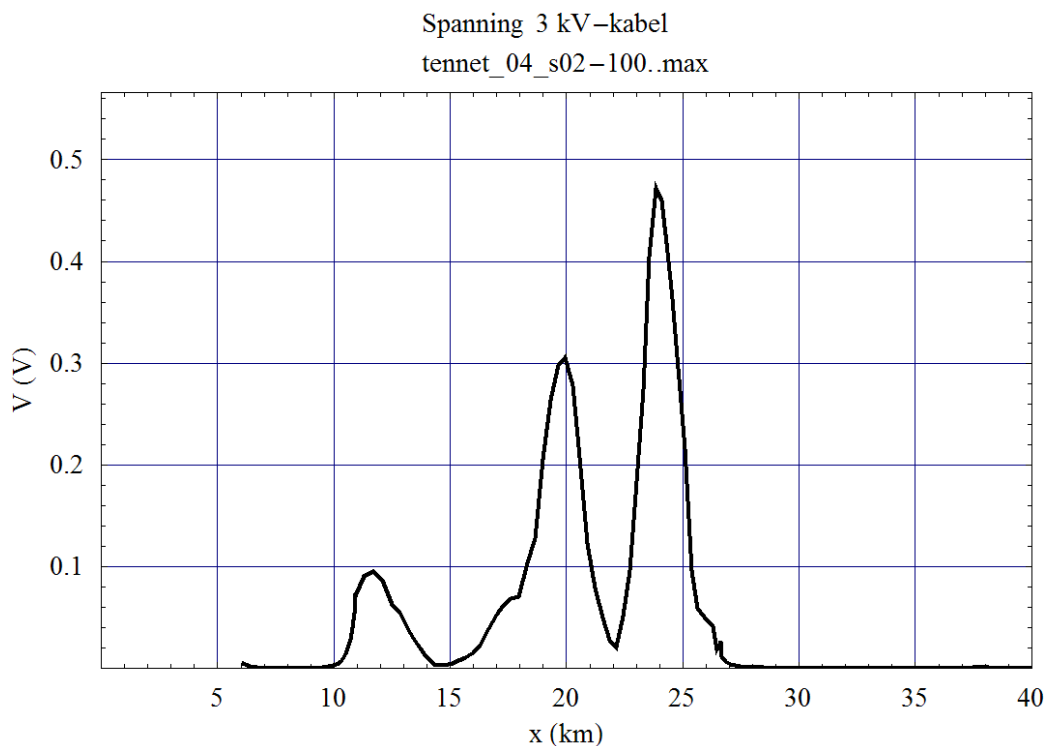
Figuur 70 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

100 Ω km

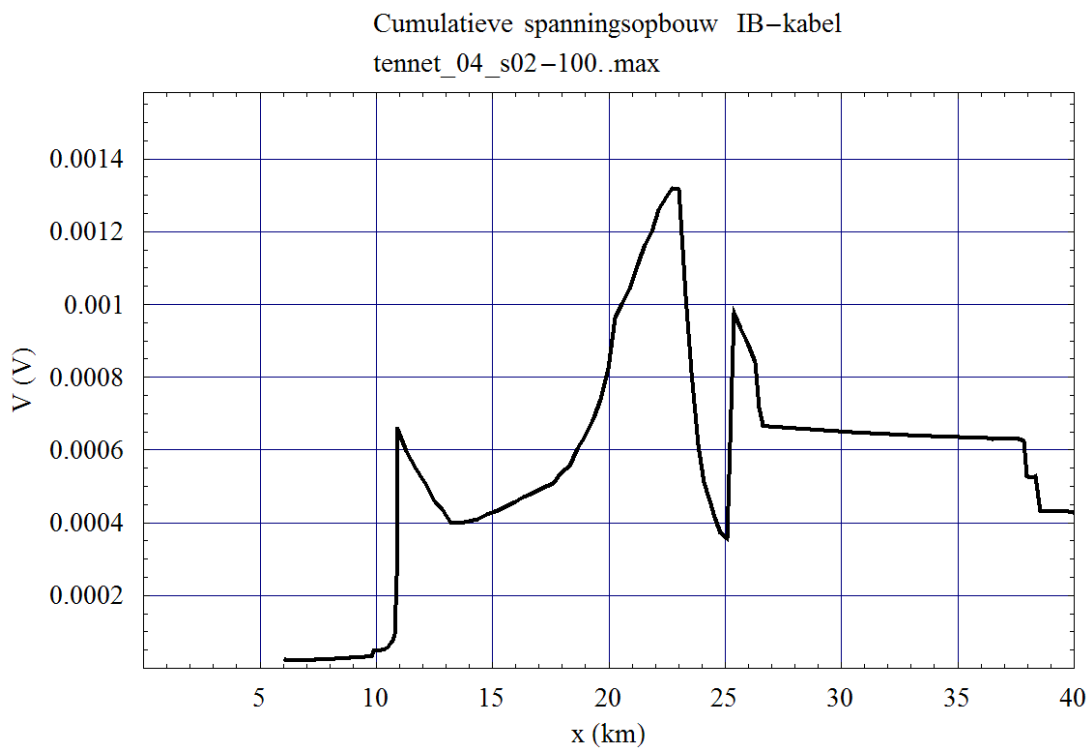
Figuur 71 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 72 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 73 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 74 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

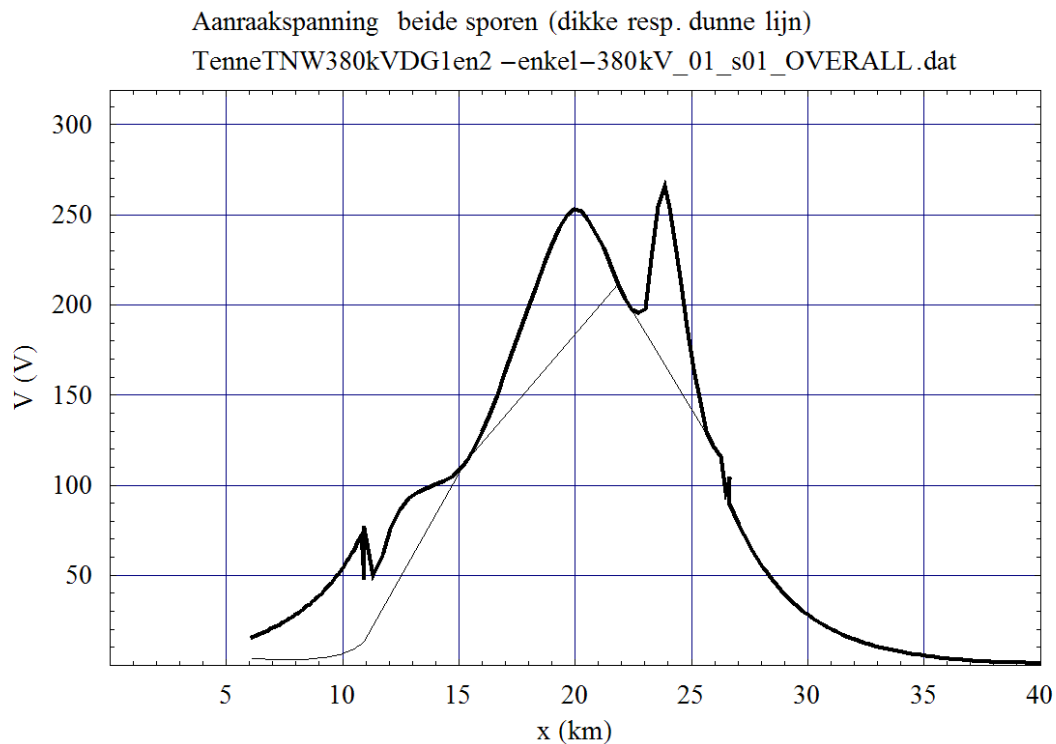
18.3 Kortsluiting

Situatie TenneT: kortsluiting 220 kV

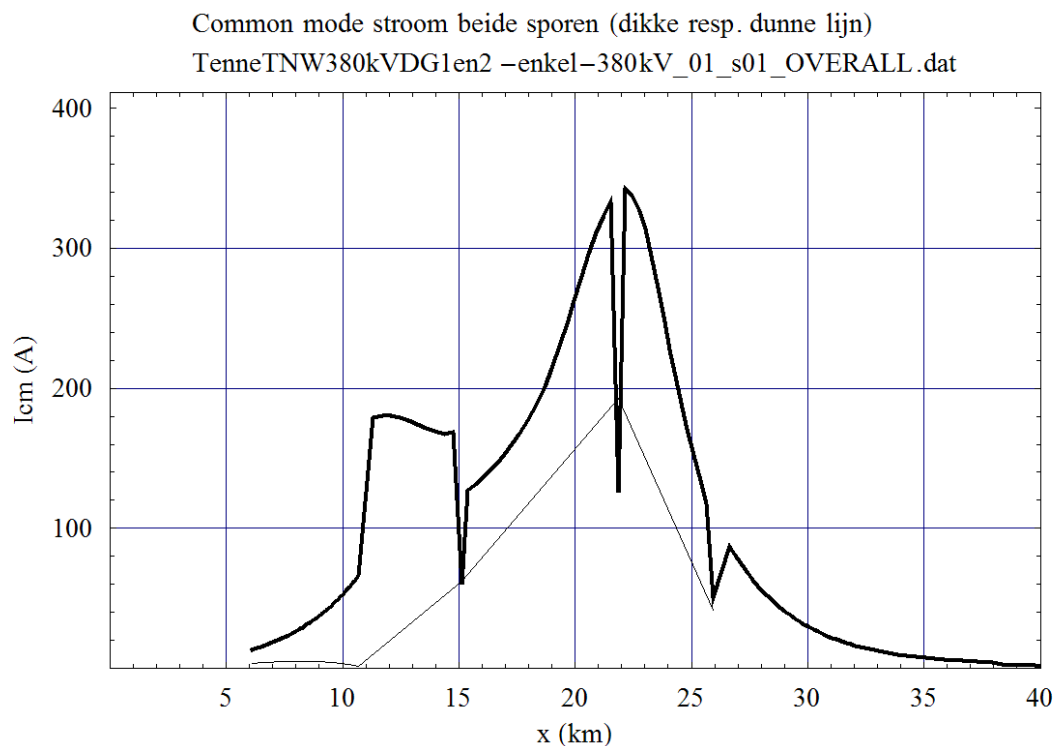
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

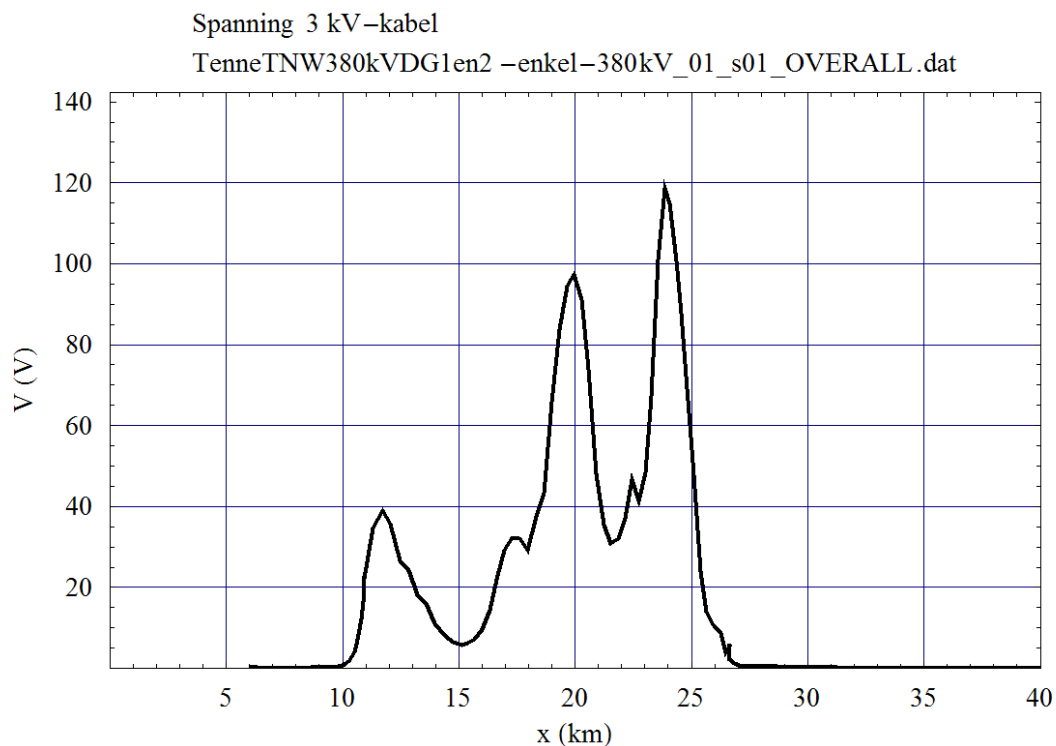
- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

2.5 Ωkm 

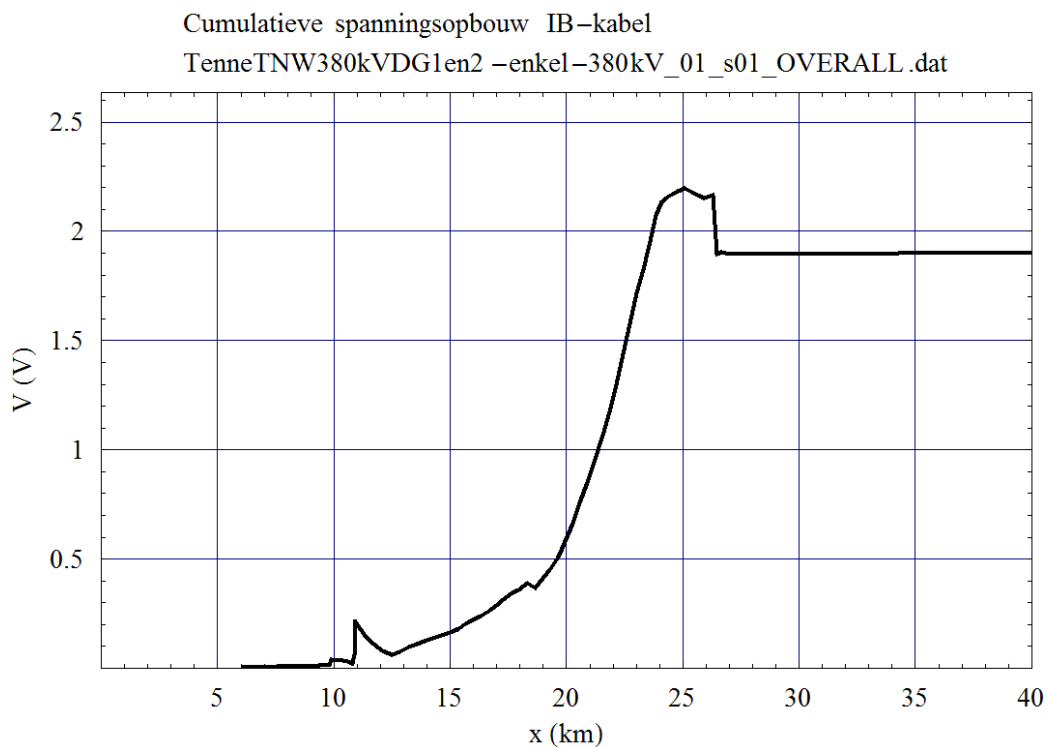
Figuur 75 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 76 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 77 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

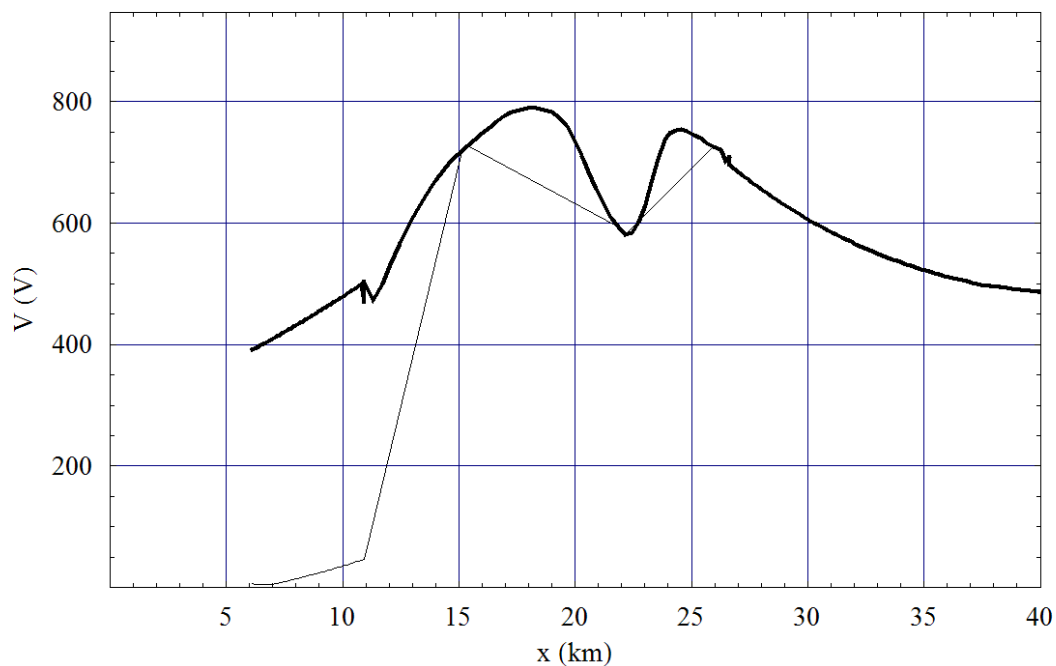


Figuur 78 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

100 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)

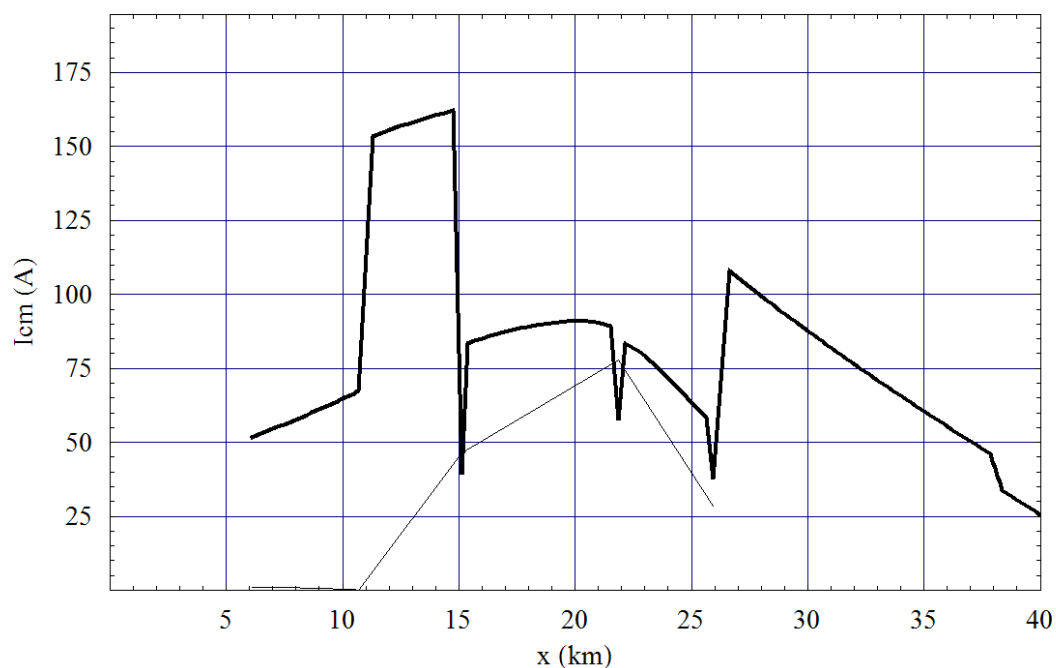
TenneTNW380kVDG1en2 -enkel-380kV_01_s02_OVERALL.dat



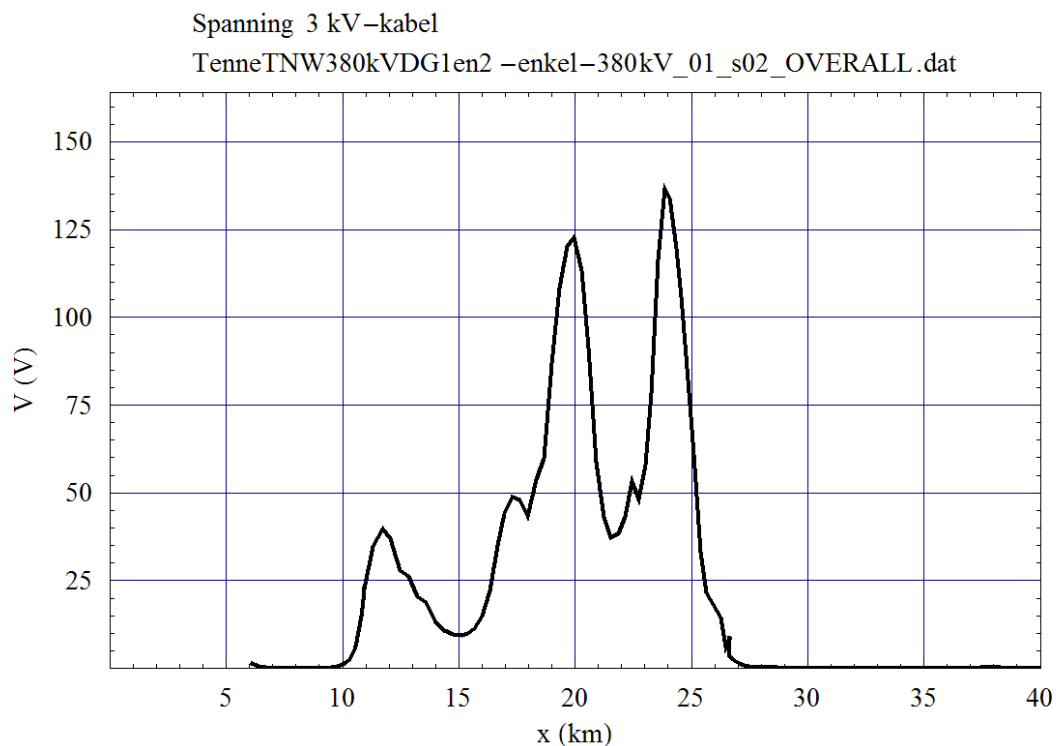
Figuur 79 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)

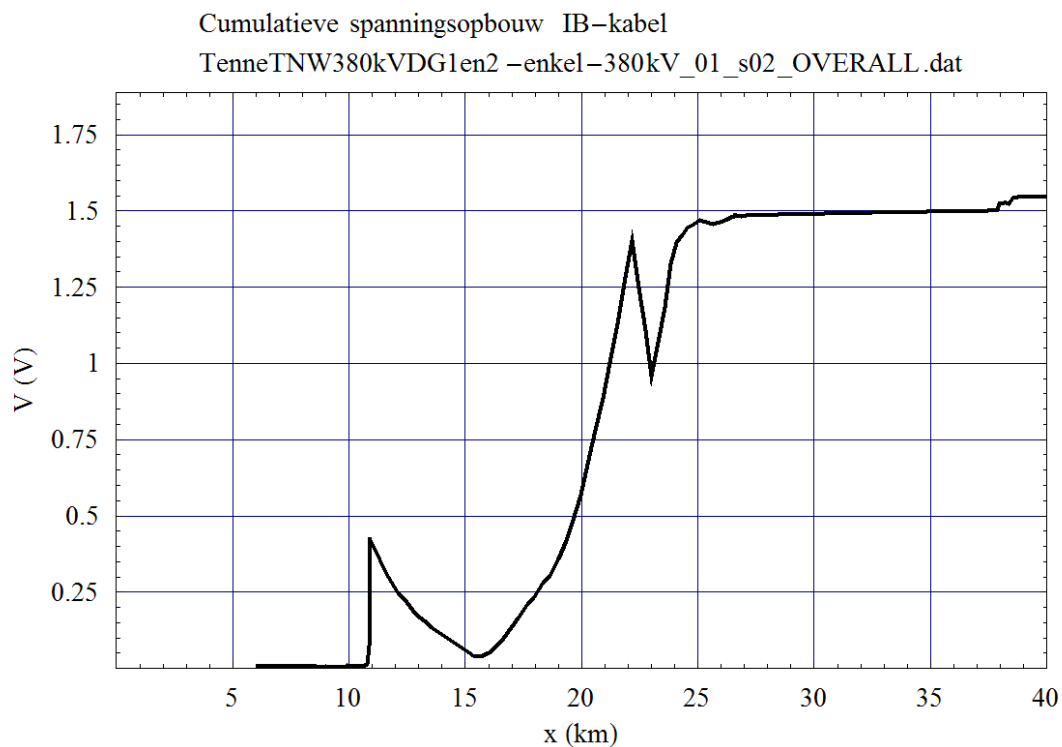
TenneTNW380kVDG1en2 -enkel-380kV_01_s02_OVERALL.dat



Figuur 80 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 81 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 82 Cumulative spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

19. Bijlage: Bestaand 220 kV simulatieresultaten tracé Leeuwarden - Groningen

In de figuren zijn ter controle van de simulatievariant codes opgenomen in de vorm van:

tennet_00_s01-2.50.max

Deze code staat voor:

tennet: projectnaam

00: simulatienummer voor de bedrijfsvoering

s01-2.50: afleidweerstand van spoorstaaf naar aarde in Ω km.

19.1 Normaal bedrijf

Situatie TenneT: normaal bedrijf met 10% scheefbelasting

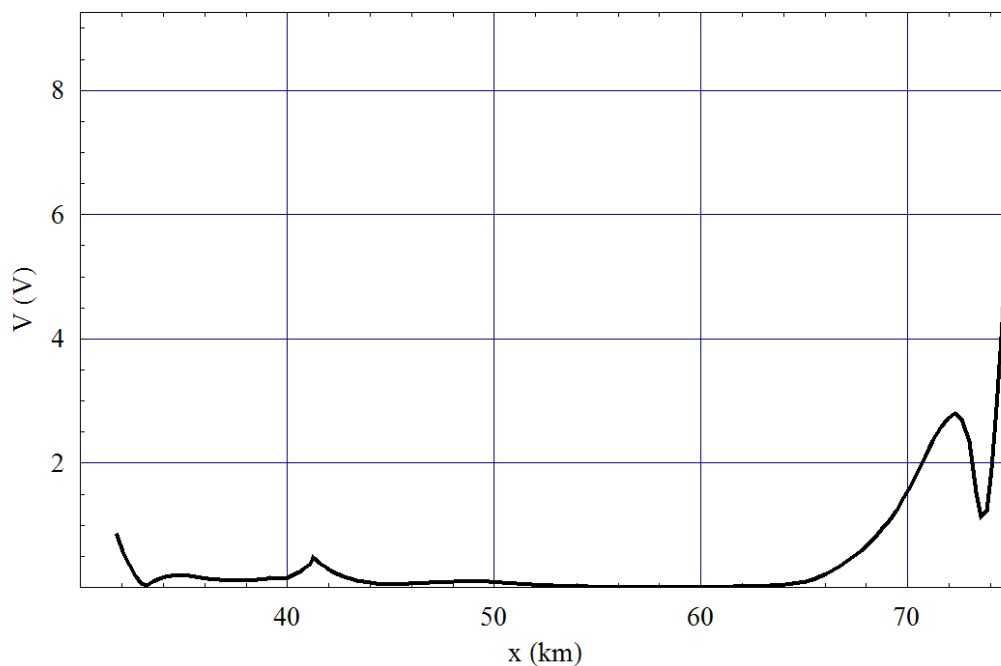
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardespanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

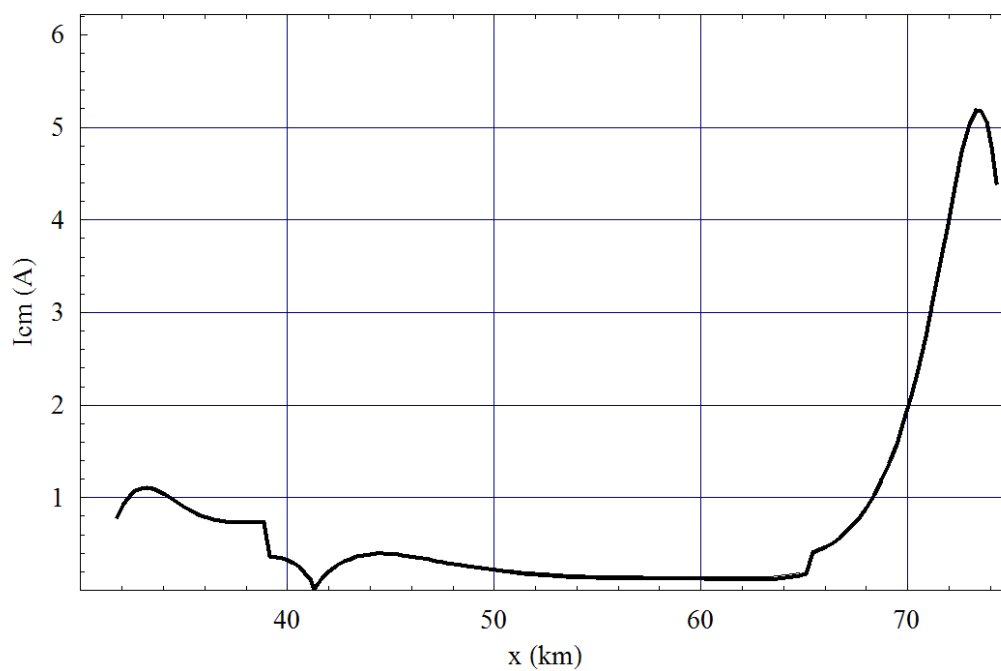
2.5 Ωkm

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s01-2.50.max



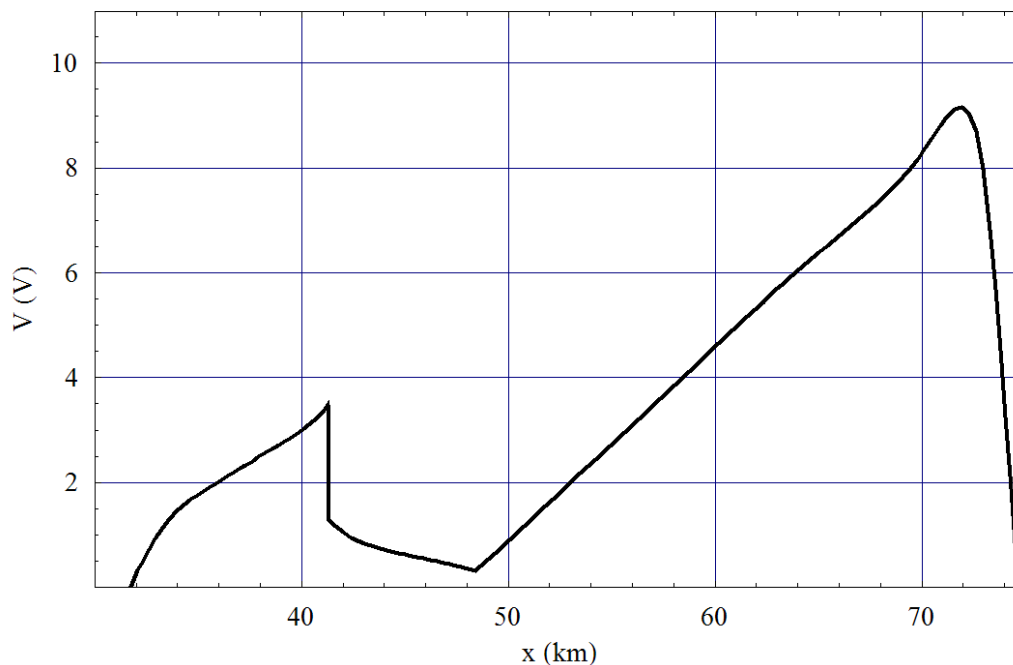
Figuur 83 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s01-2.50.max



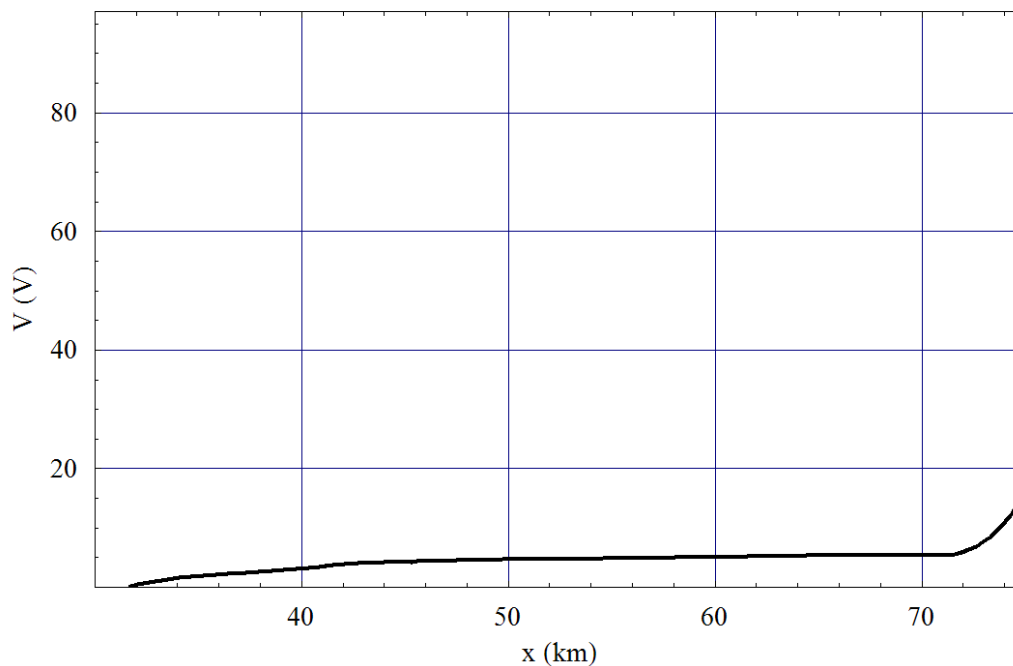
Figuur 84 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

Spanning 3 kV-kabel
tennet_02_s01-2.50.max



Figuur 85 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

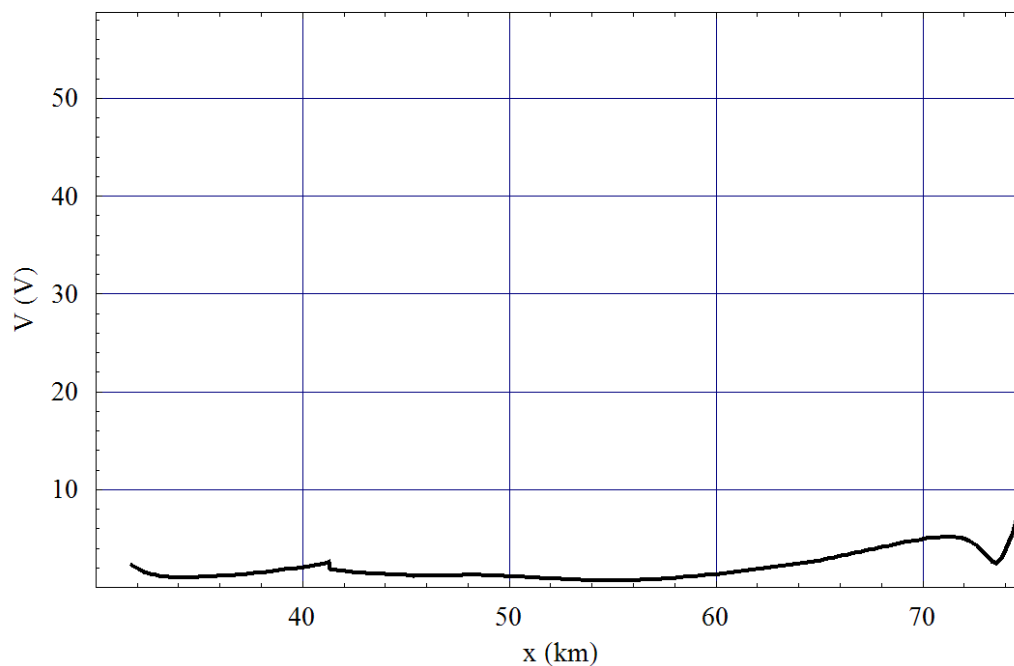
Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel
tennet_02_s01-2.50.max



Figuur 86 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

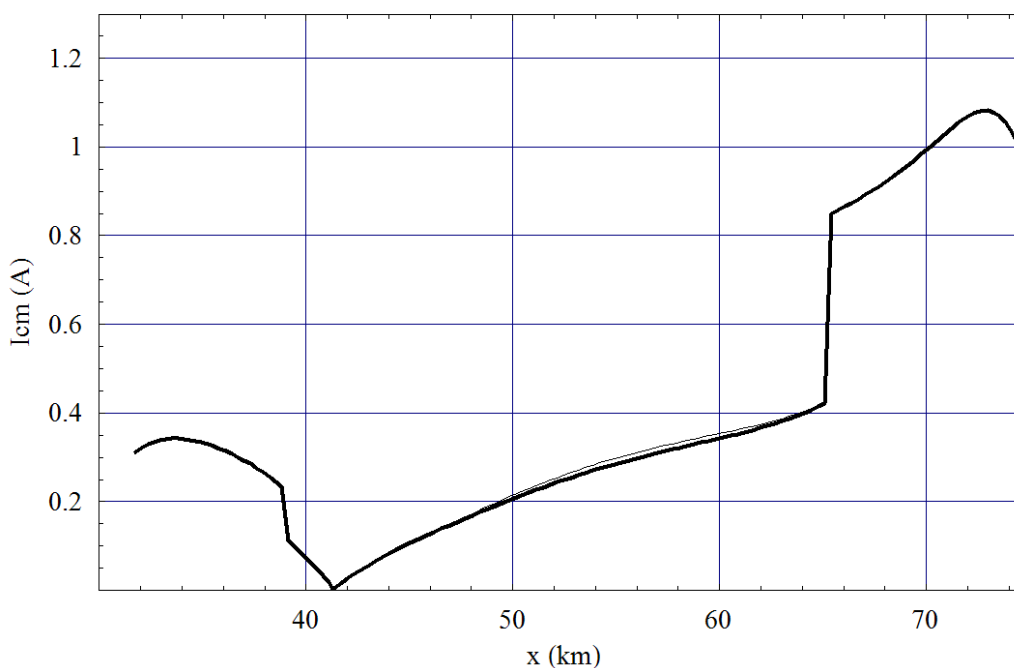
100 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s02-100..max

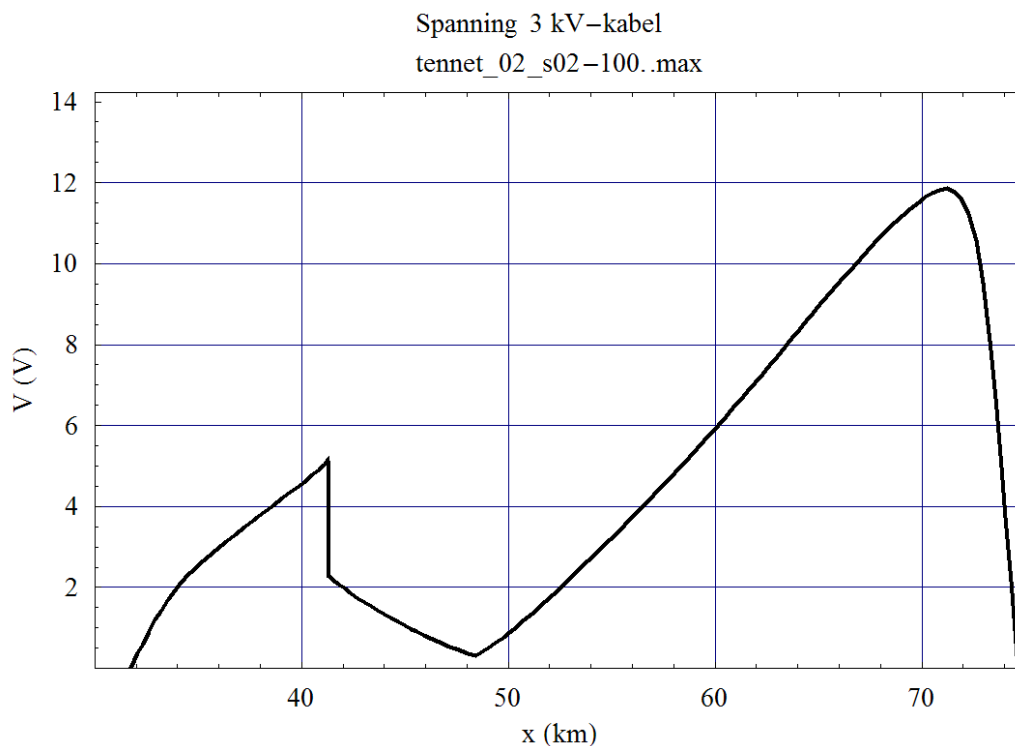


Figuur 87 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

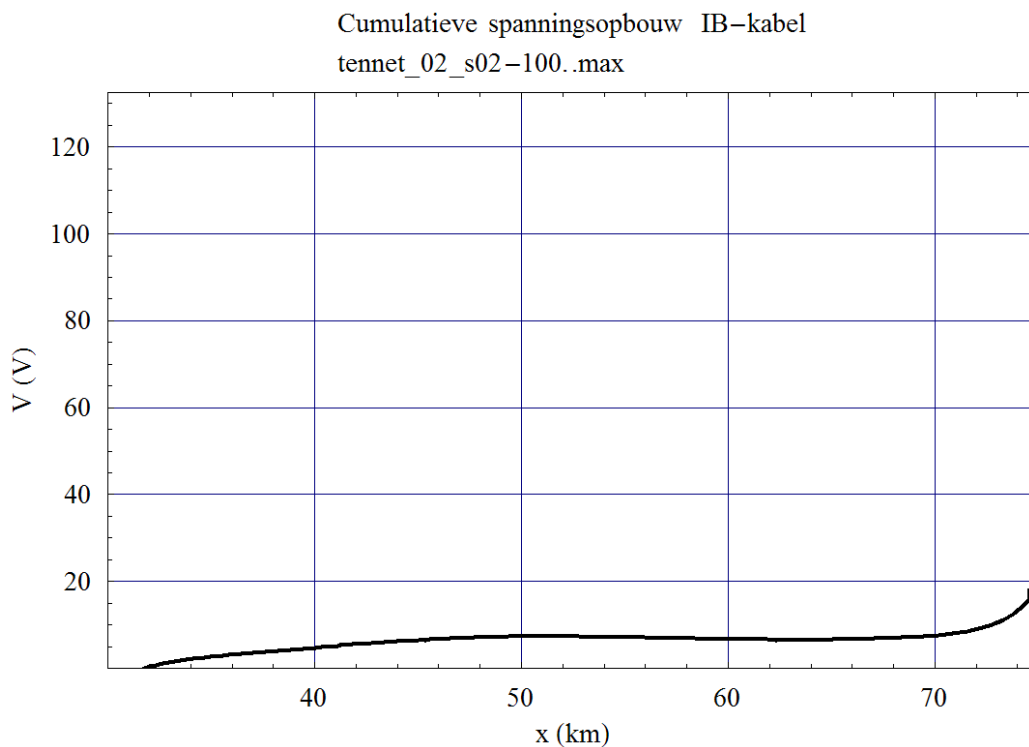
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_02_s02-100..max



Figuur 88 Common-mode-stroom per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 893 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 90 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

19.2 Onderhoud

Situatie TenneT: onderhoud 220 kV met 10% scheefbelasting

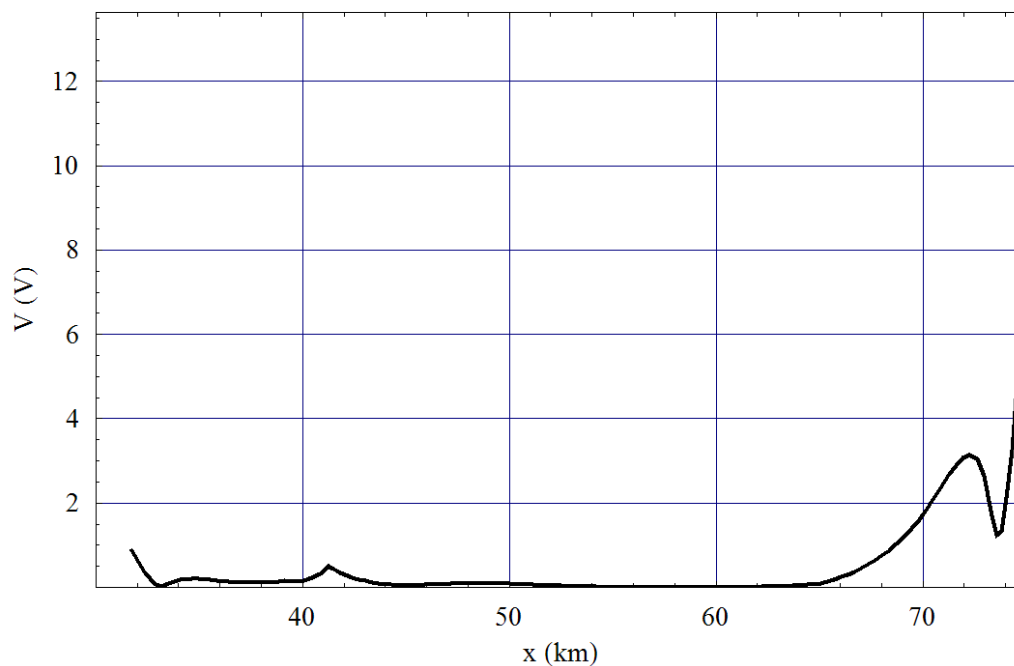
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

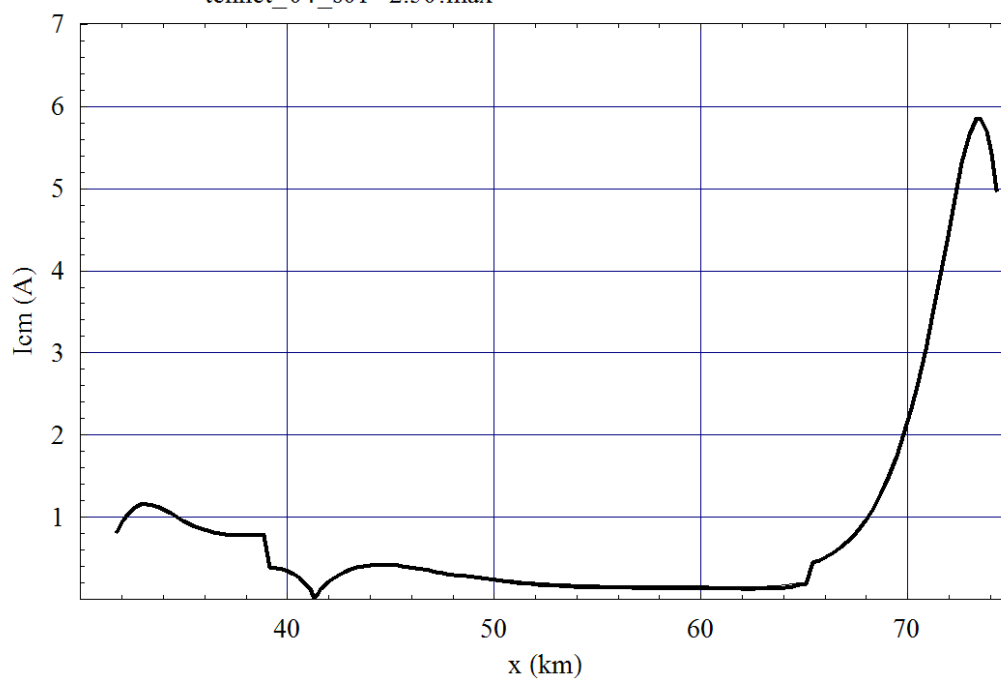
2.5 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s01-2.50.max

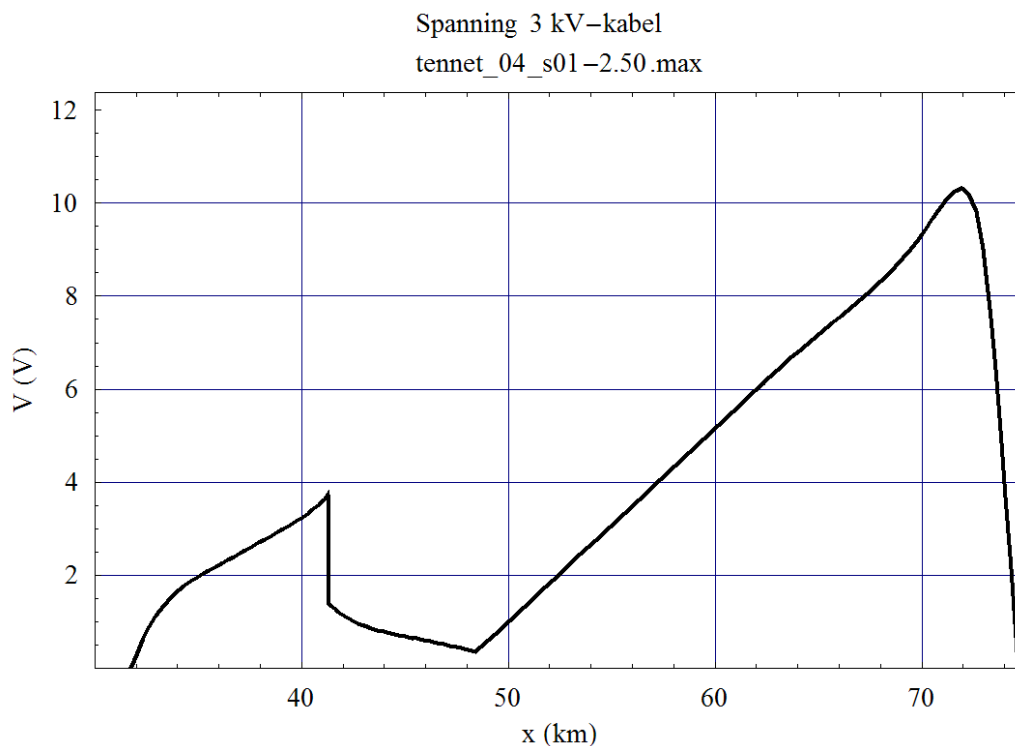


Figuur 91 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometrerings op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

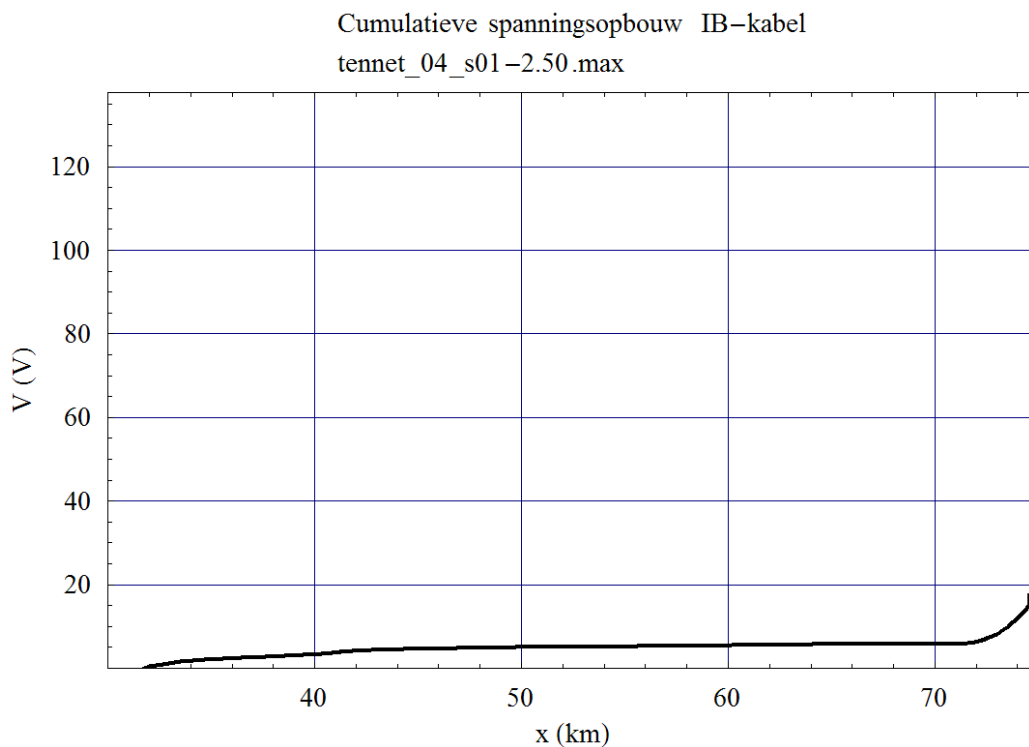
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s01-2.50.max



Figuur 92 Common-mode-stroom per geocodekilometrerings op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



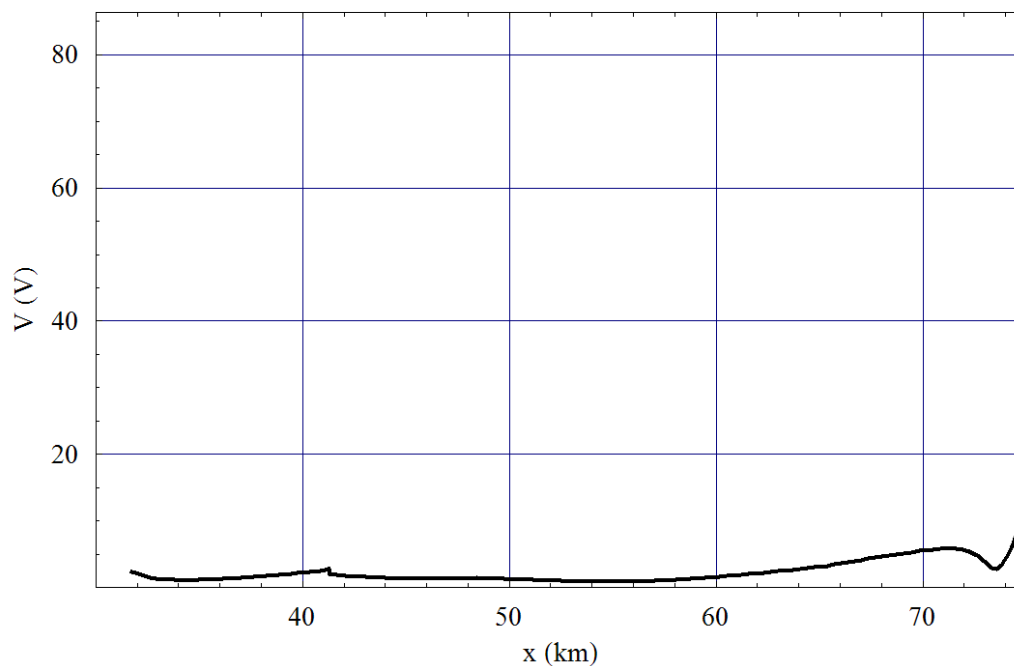
Figuur 93 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 94 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

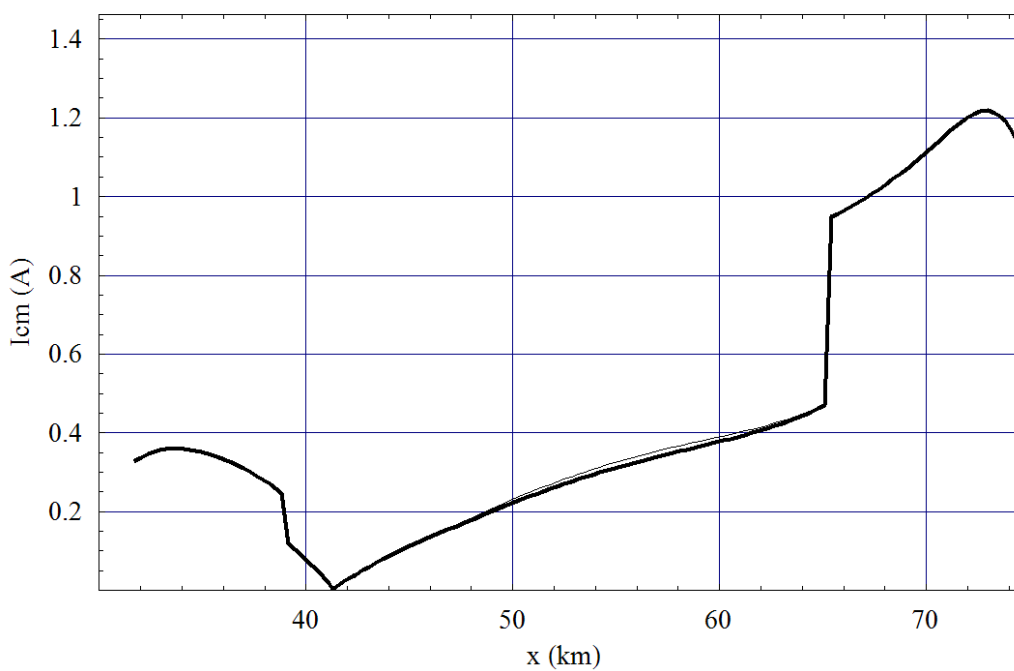
100 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s02-100..max

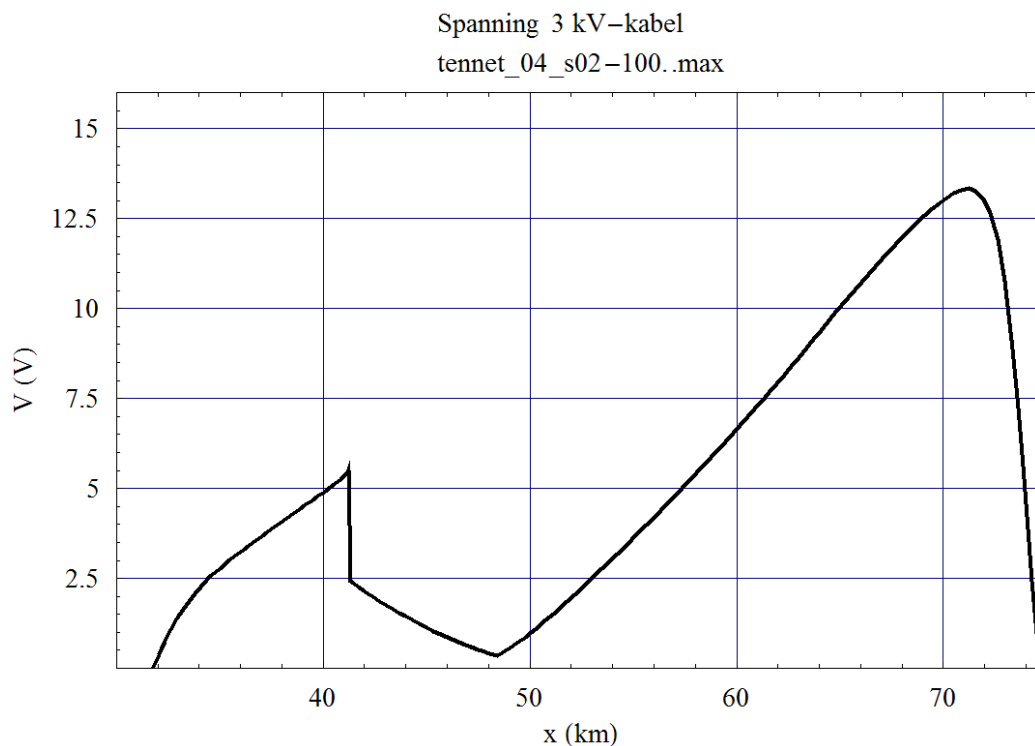


Figuur 95 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

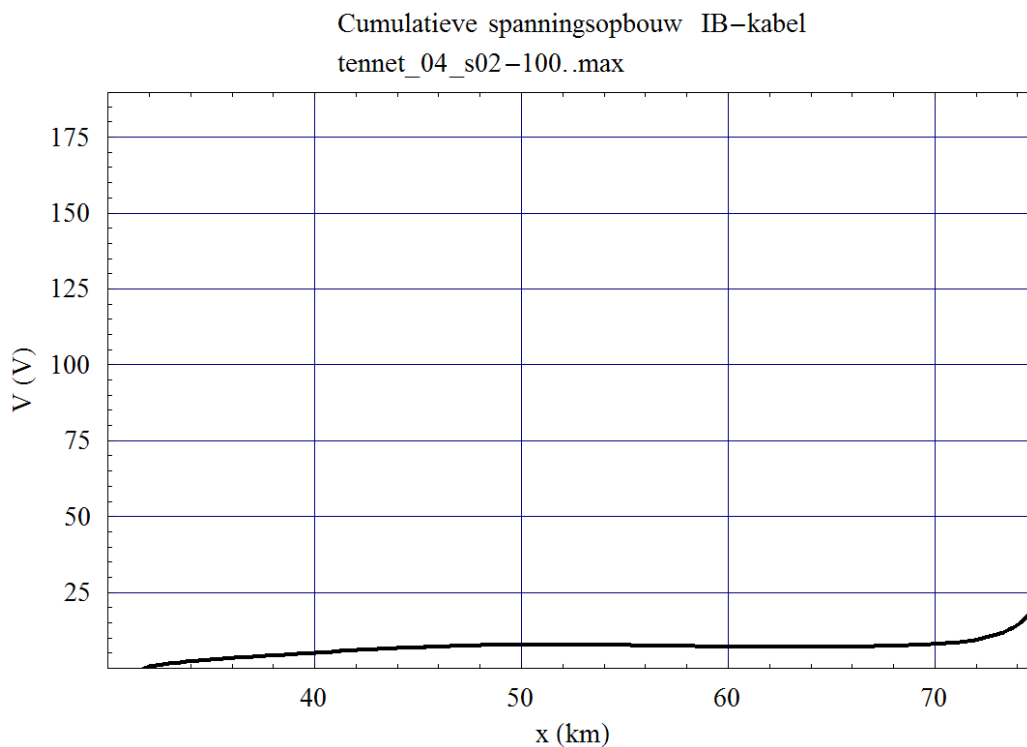
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s02-100..max



Figuur 96 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 97 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 98 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

19.3 Kortsluiting

Situatie TenneT: kortsluiting 220 kV

Situatie ProRail: normaal bedrijf

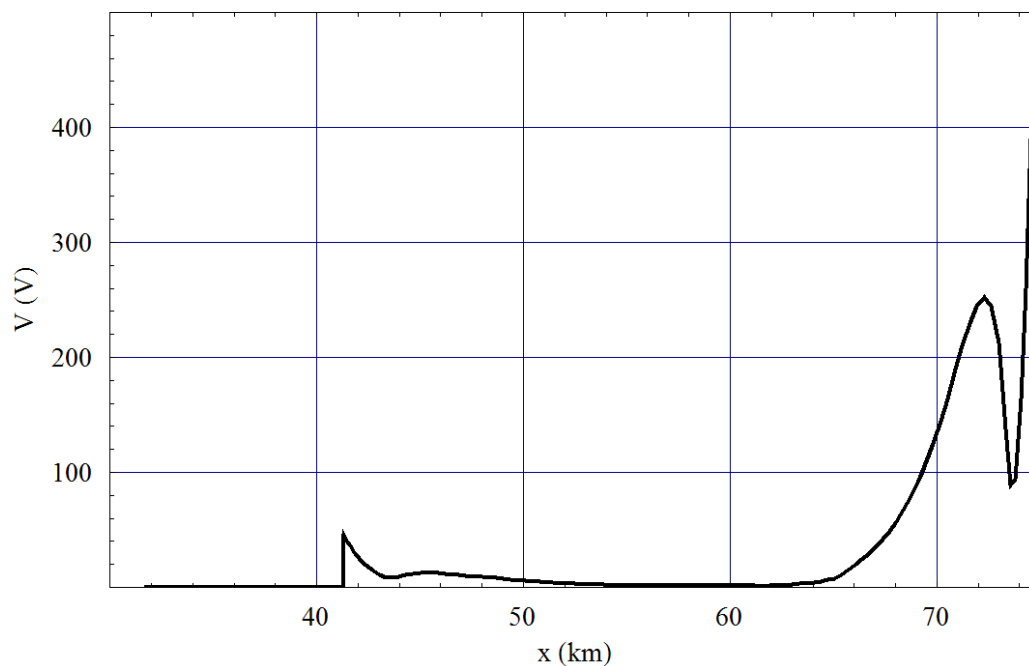
De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardespanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

2.5 Ω km

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)

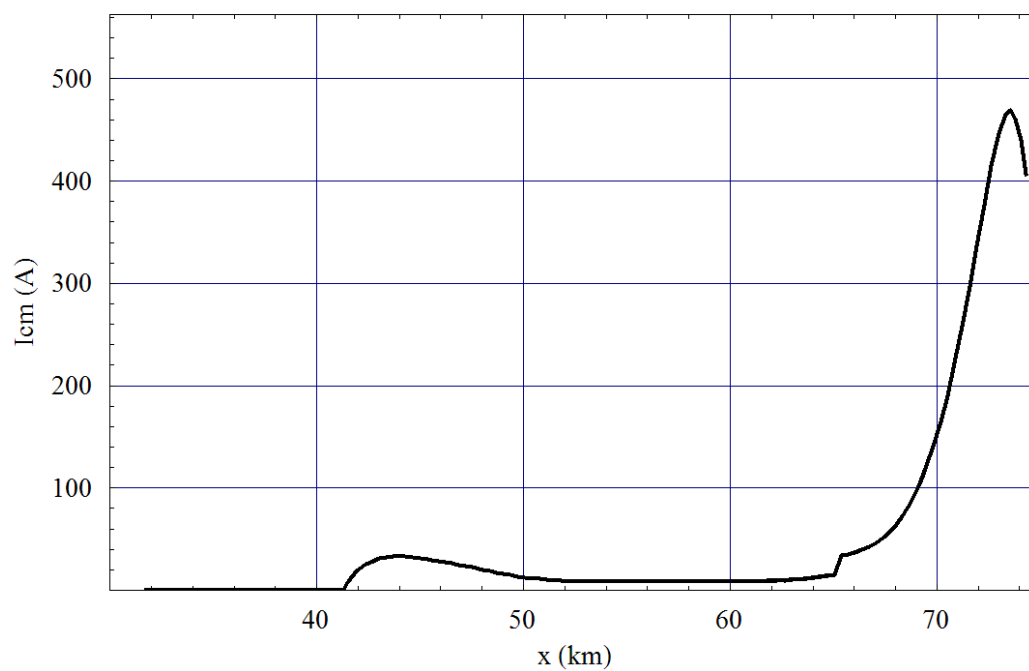
TenneTNW380kVDG1en2 -220kV_01_s01_OVERALL.dat



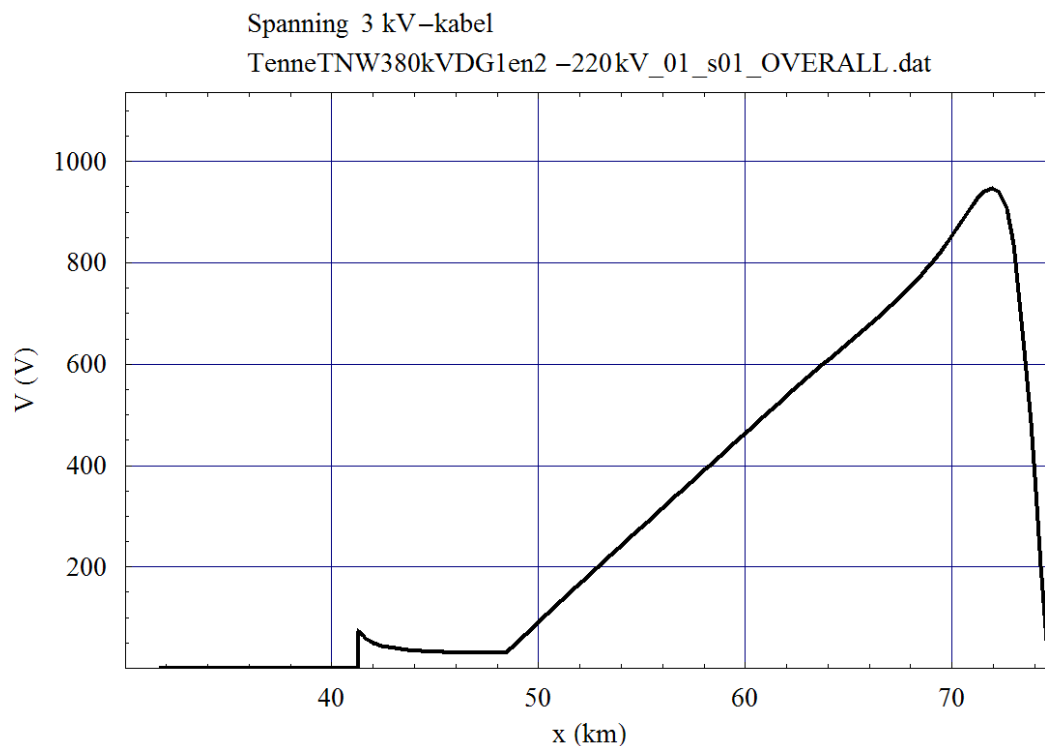
Figuur 99 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)

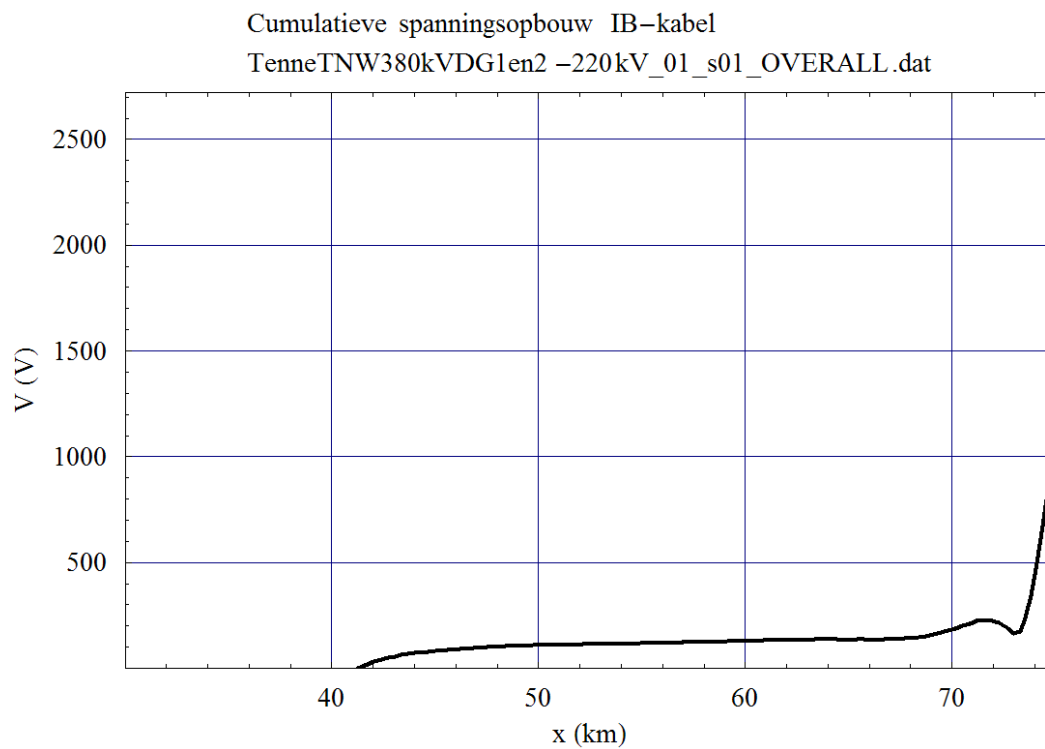
TenneTNW380kVDG1en2 -220kV_01_s01_OVERALL.dat



Figuur 100 Common-mode-stroom per geocodekilometring op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

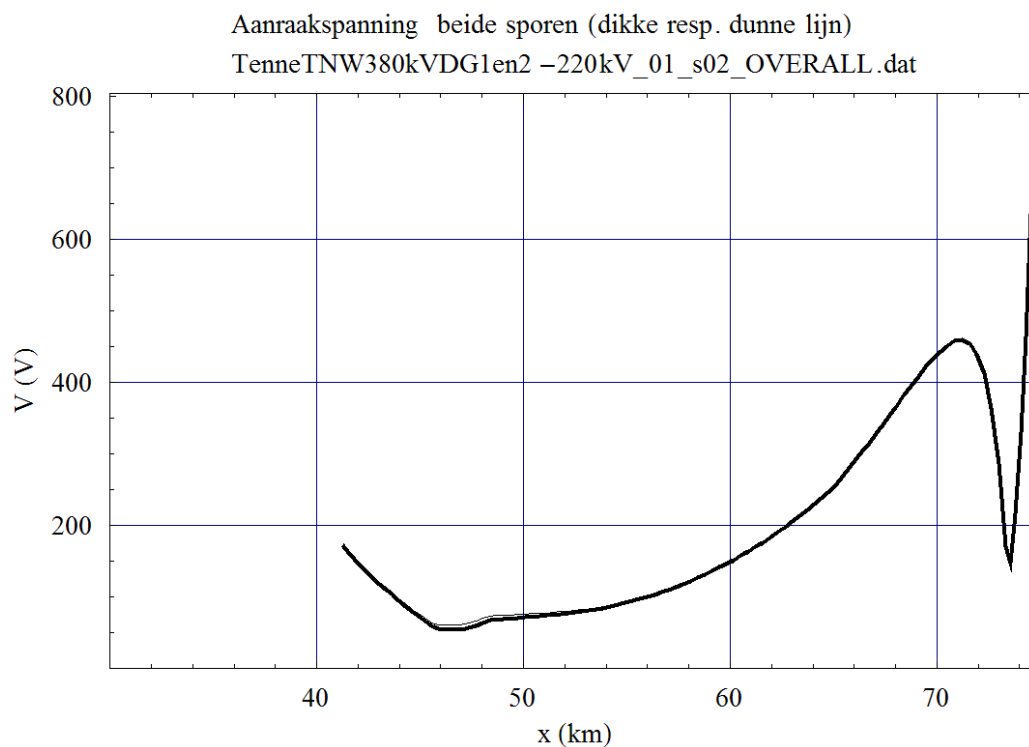


Figuur 101 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

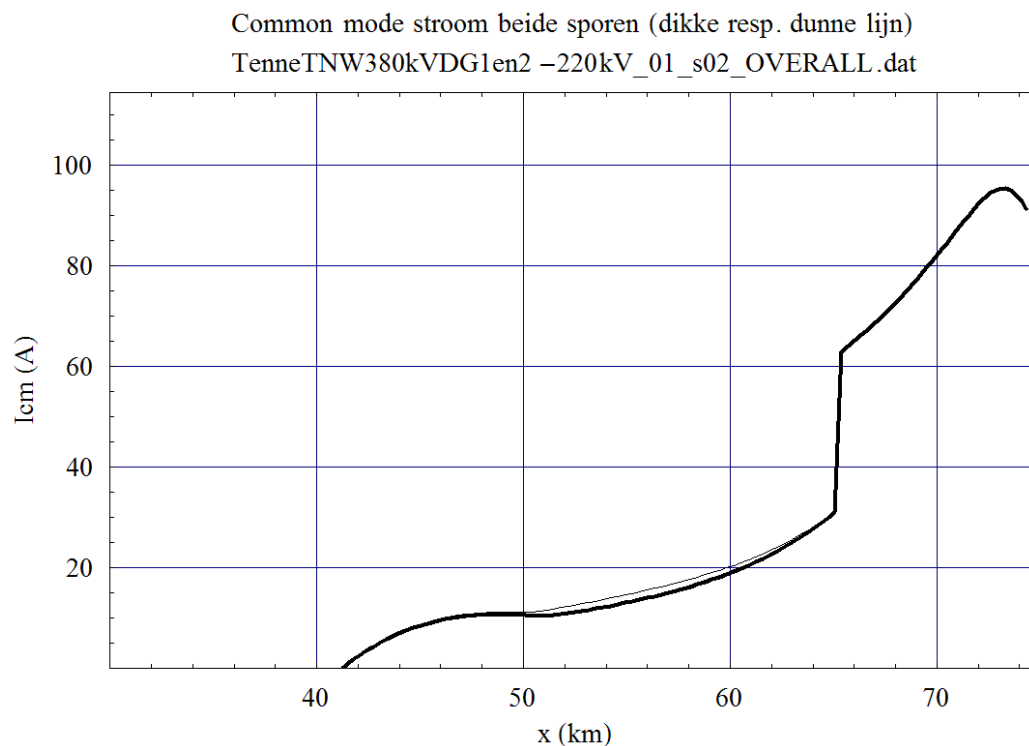


Figuur 102 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

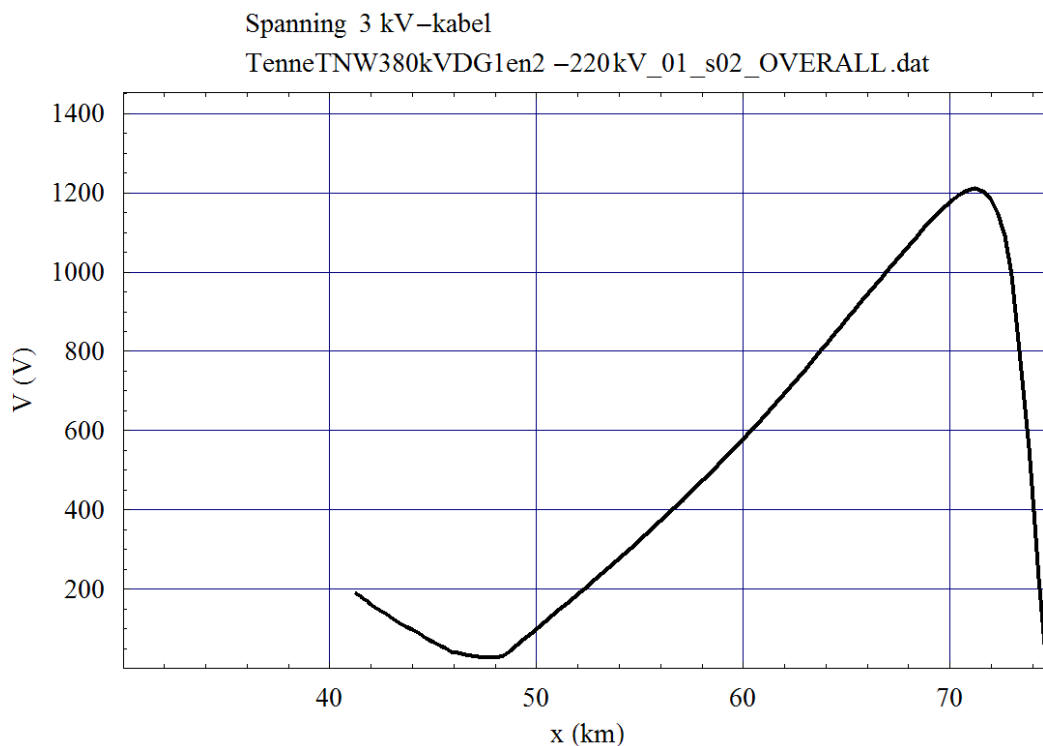
100 Ω km



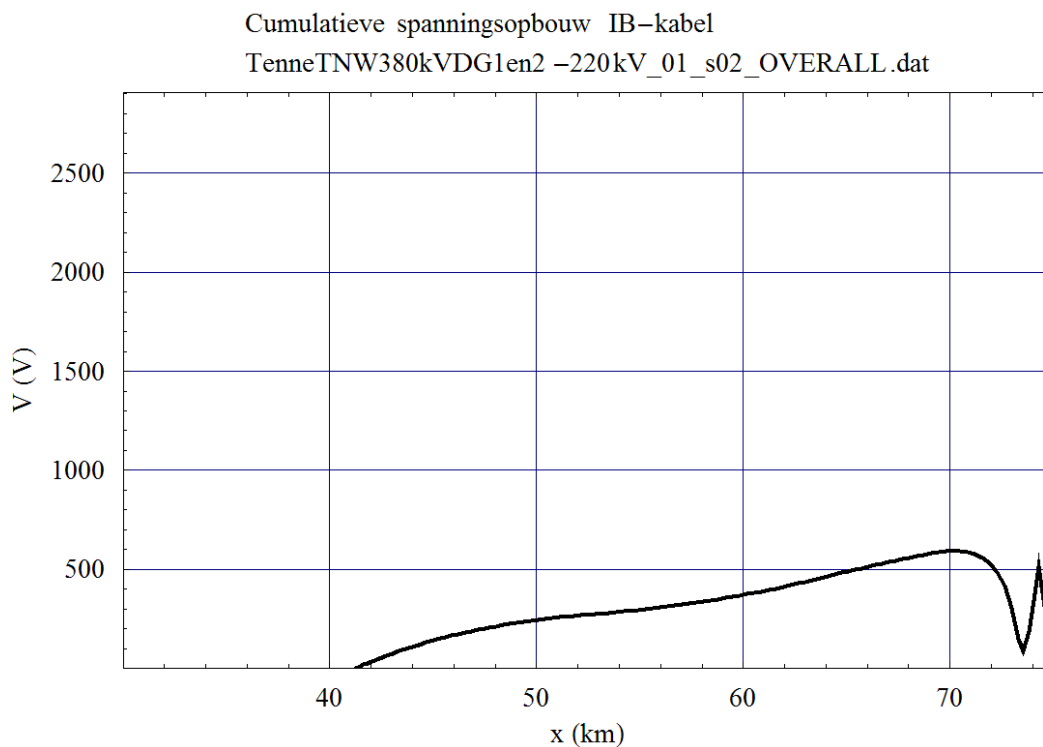
Figuur 103 Spoorstaaf-aardespanning per geocodekilometrerings op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 104 Common-mode-stroom per geocodekilometrerings op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 105 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.



Figuur 106 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometrerig op het baanvak Leeuwarden – Groningen.

20. Bijlage: Bestaand 220 kV simulatieresultaten tracé Sauwerd - Delfzijl

In de figuren zijn ter controle van de simulatievariant codes opgenomen in de vorm van:

tennet_00_s01-2.50.max

Deze code staat voor:

tennet: projectnaam

00: simulatienummer voor de bedrijfsvoering

s01-2.50: afleidweerstand van spoorstaaf naar aarde in Ω km.

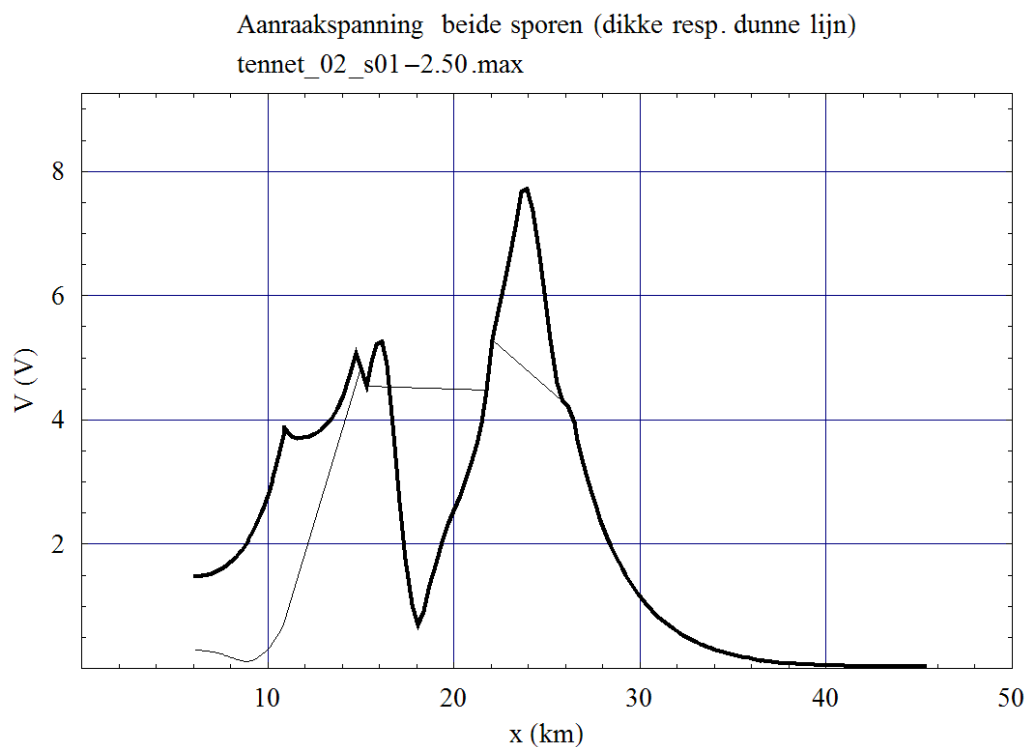
20.1 Normaal bedrijf

Situatie TenneT: normaal bedrijf met 10% scheefbelasting

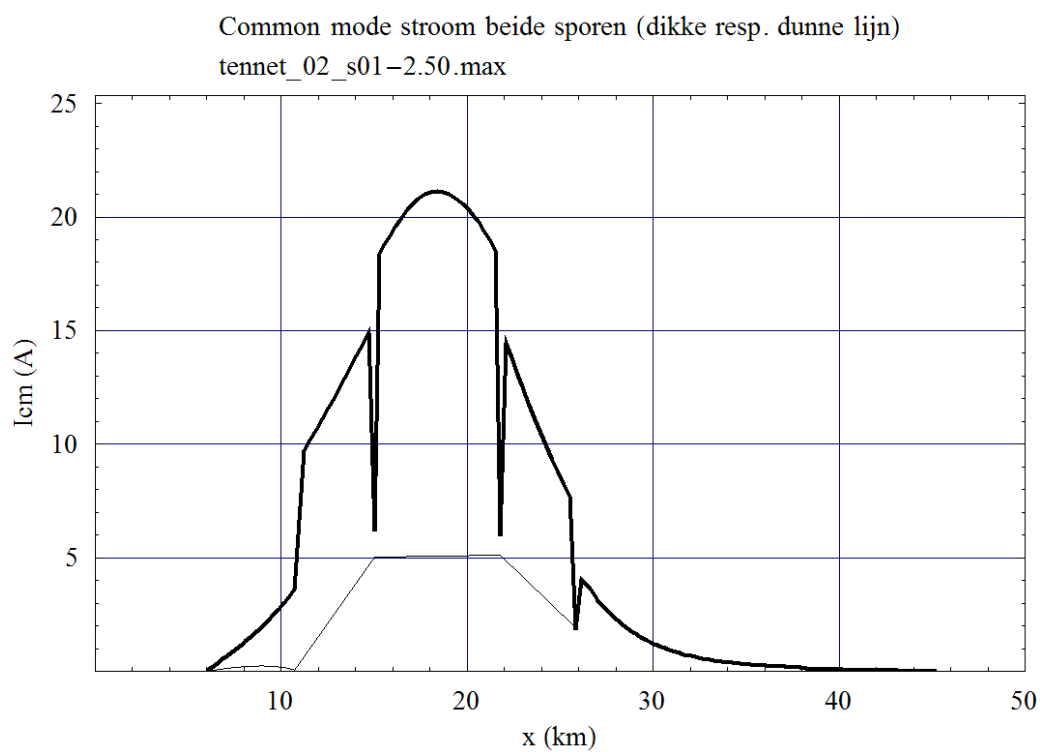
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

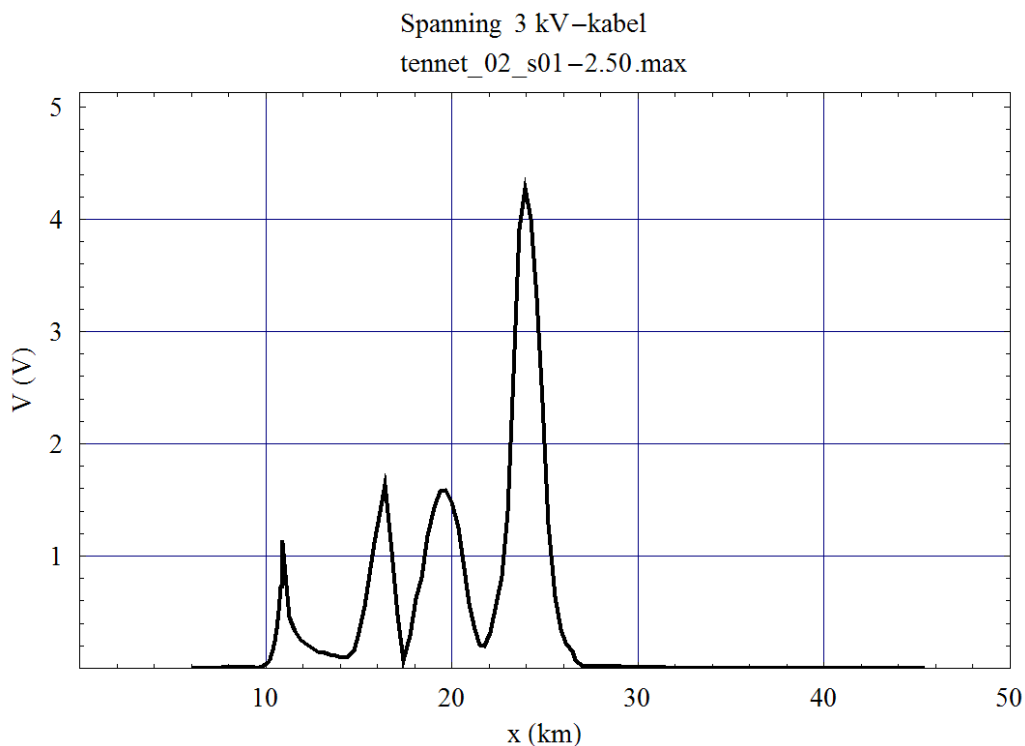
- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardspanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

2.5 Ωkm 

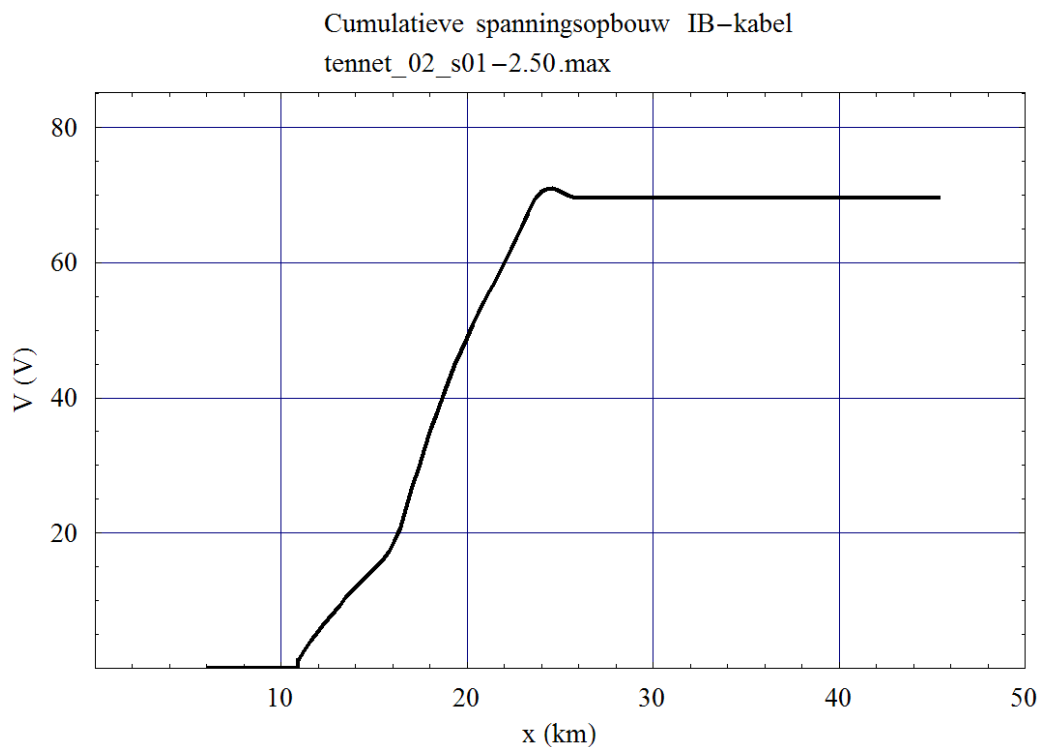
Figuur 107 Spoorstaaf-aardespanning per geocodekilometrerings op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 108 Common-mode-stroom per geocodekilometrerings op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



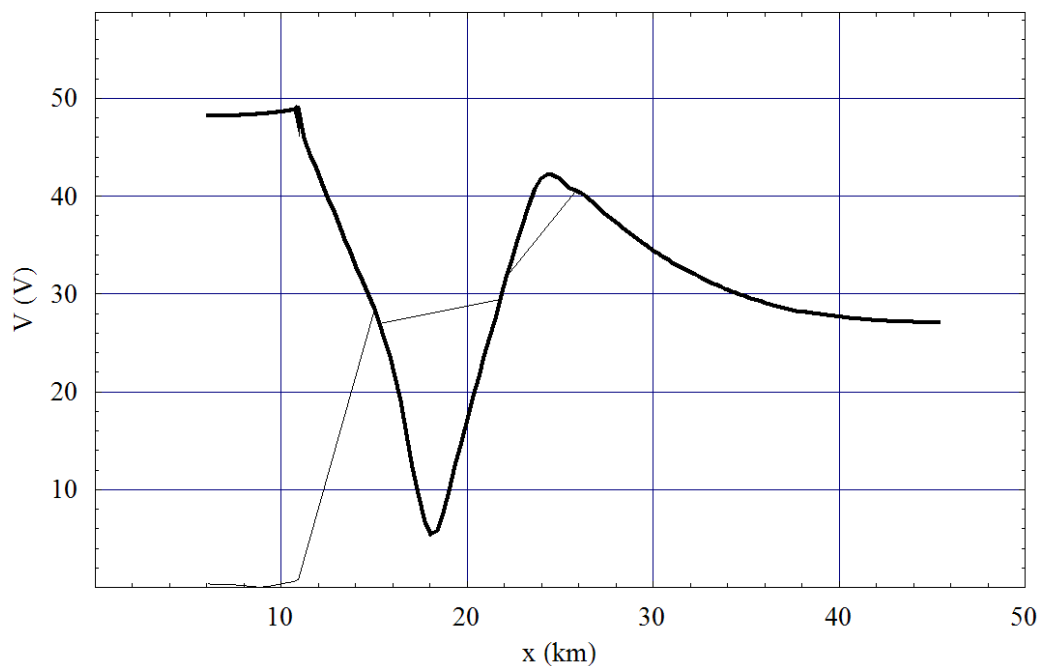
Figuur 109 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 110 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

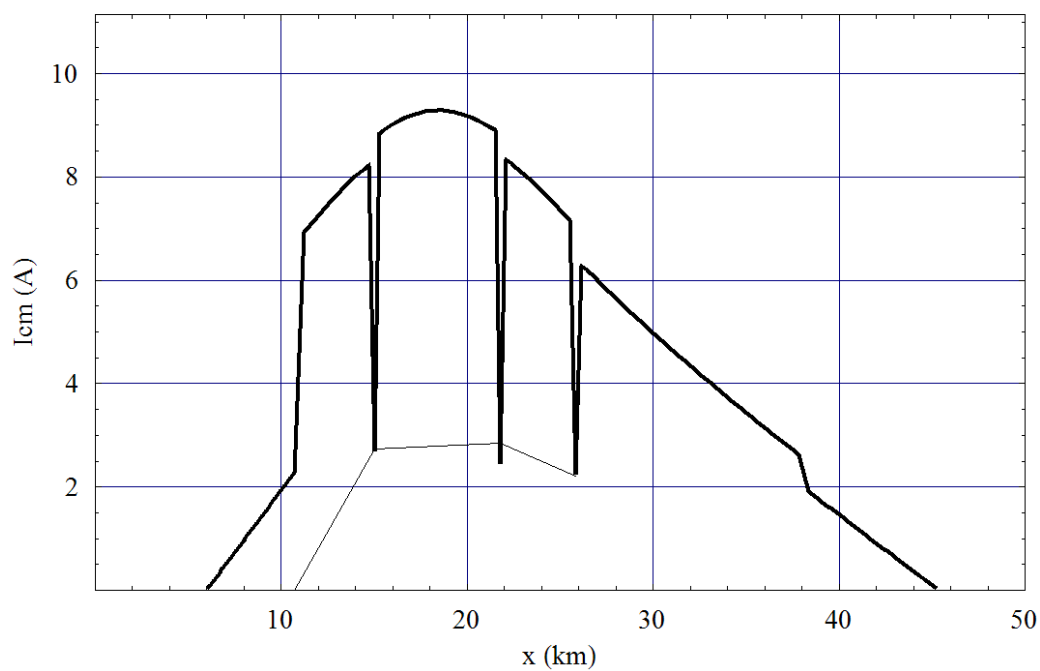
100 Ωkm

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
 tennet_02_s02-100..max

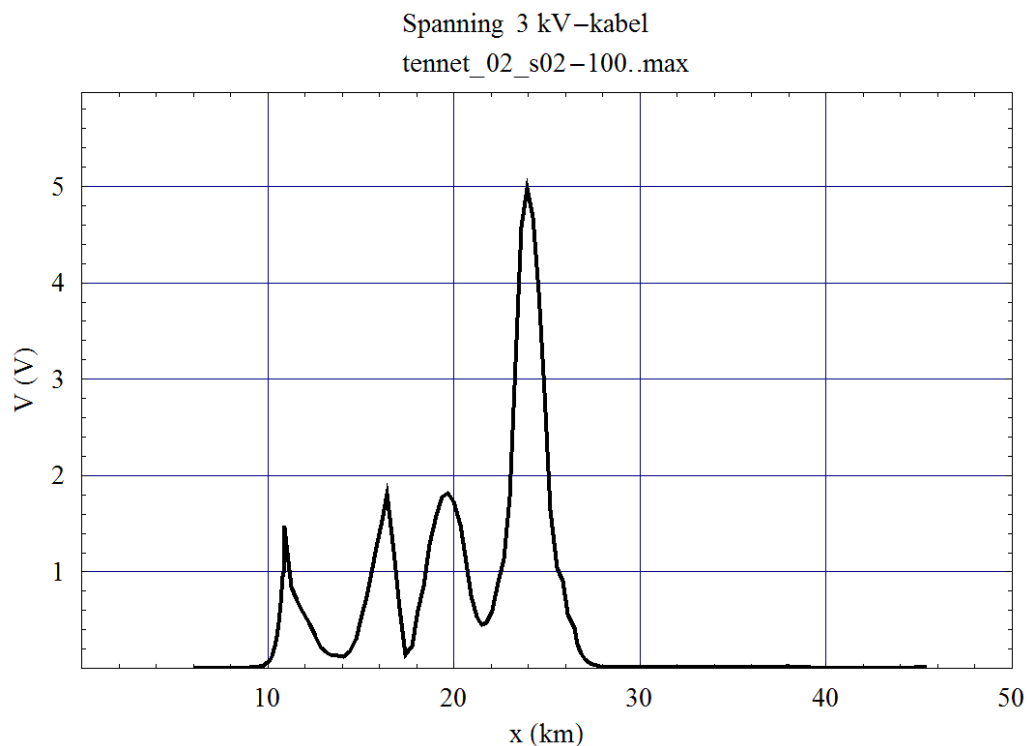


Figuur 111 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

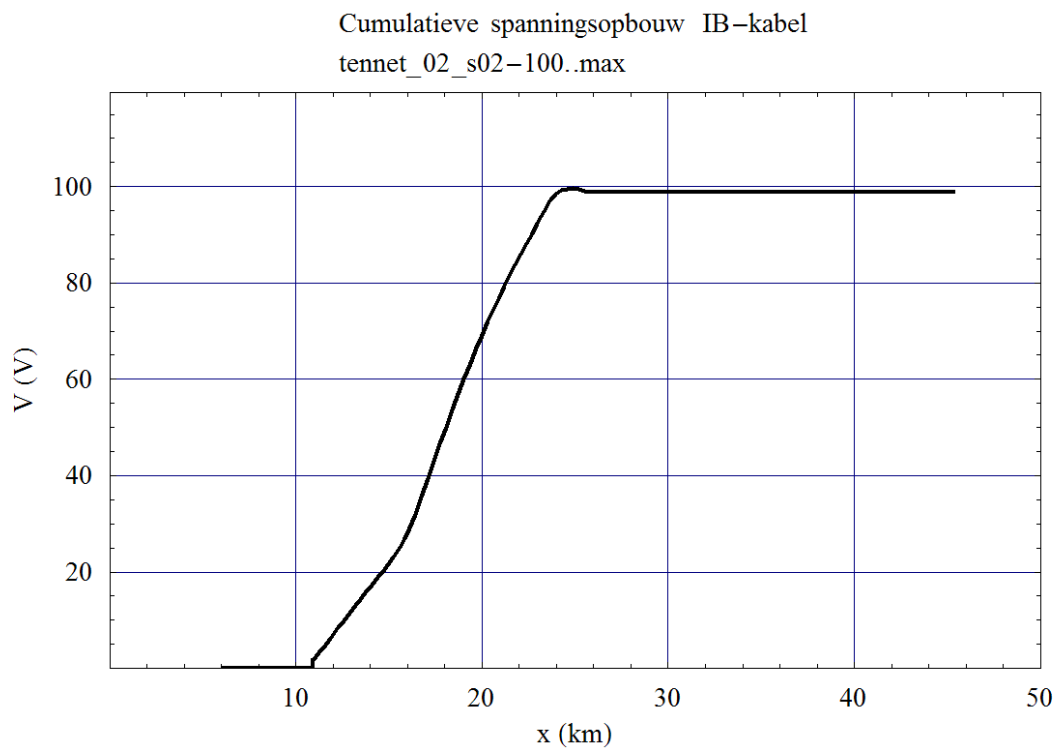
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
 tennet_02_s02-100..max



Figuur 112 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 113 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 114 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

20.2 Onderhoud

Situatie TenneT: onderhoud 220 kV met 10% scheefbelasting

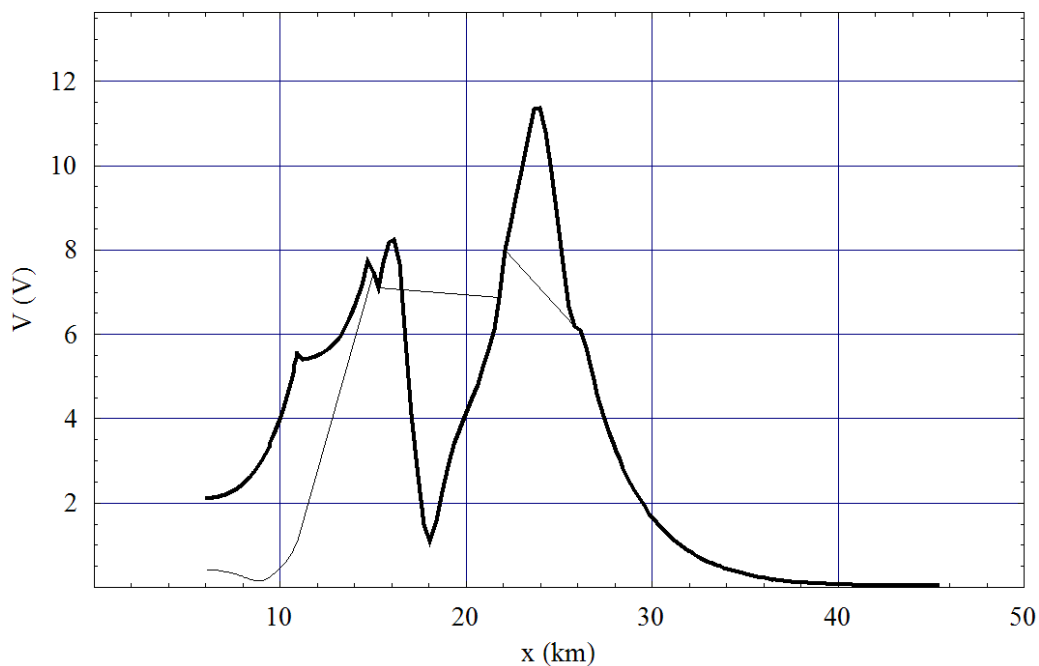
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardespanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

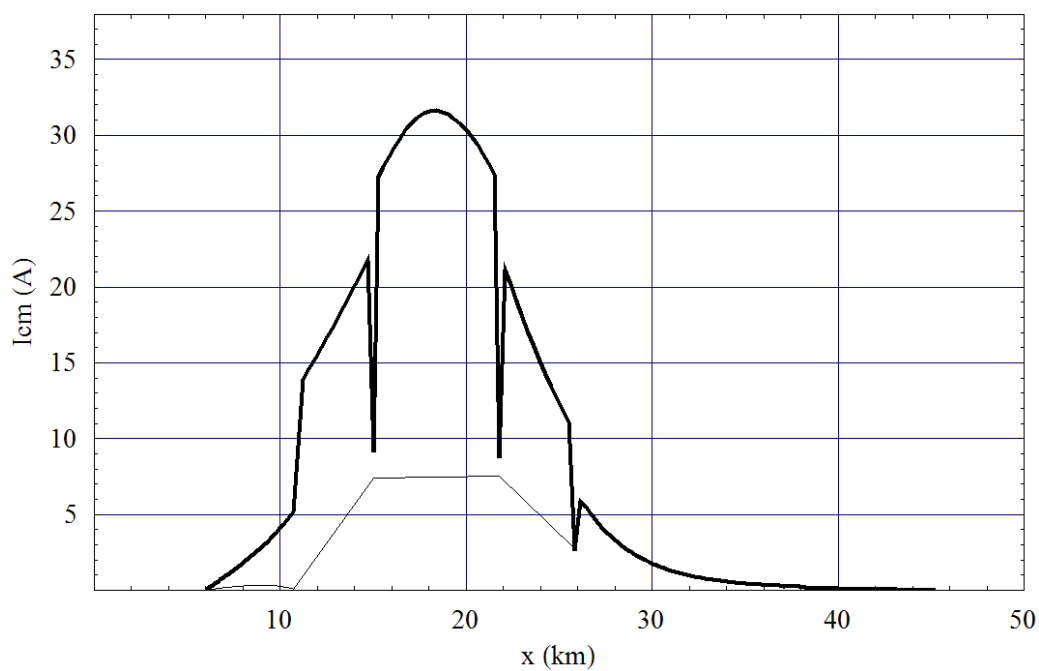
2.5 Ωkm

Aanraakspanning beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s01-2.50.max

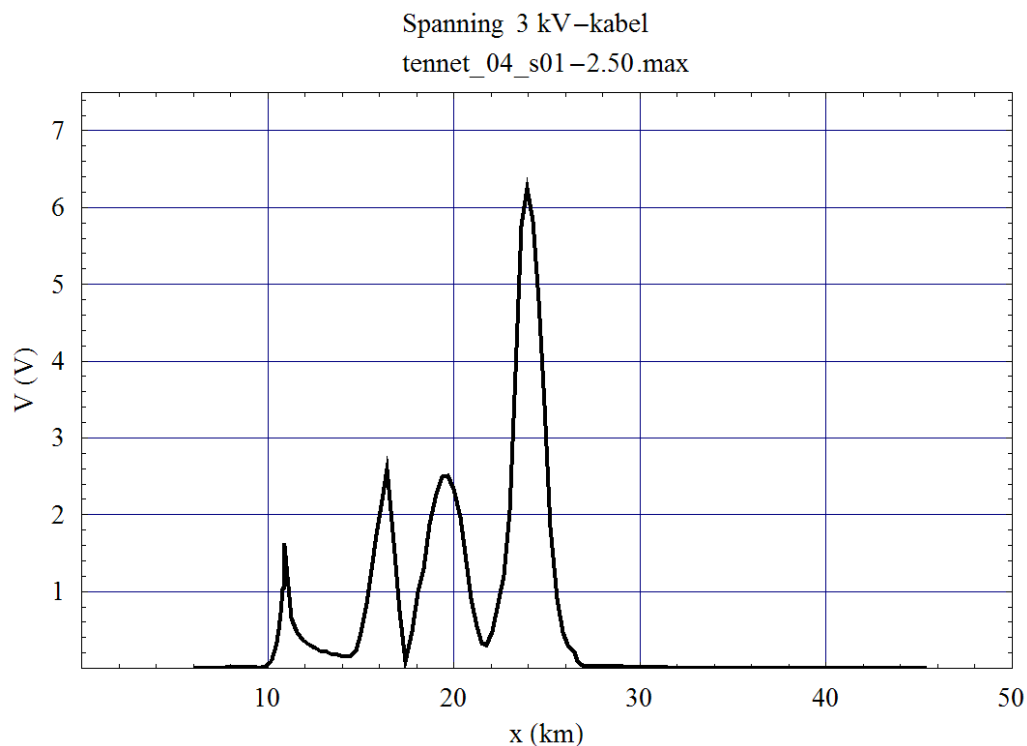


Figuur 115 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

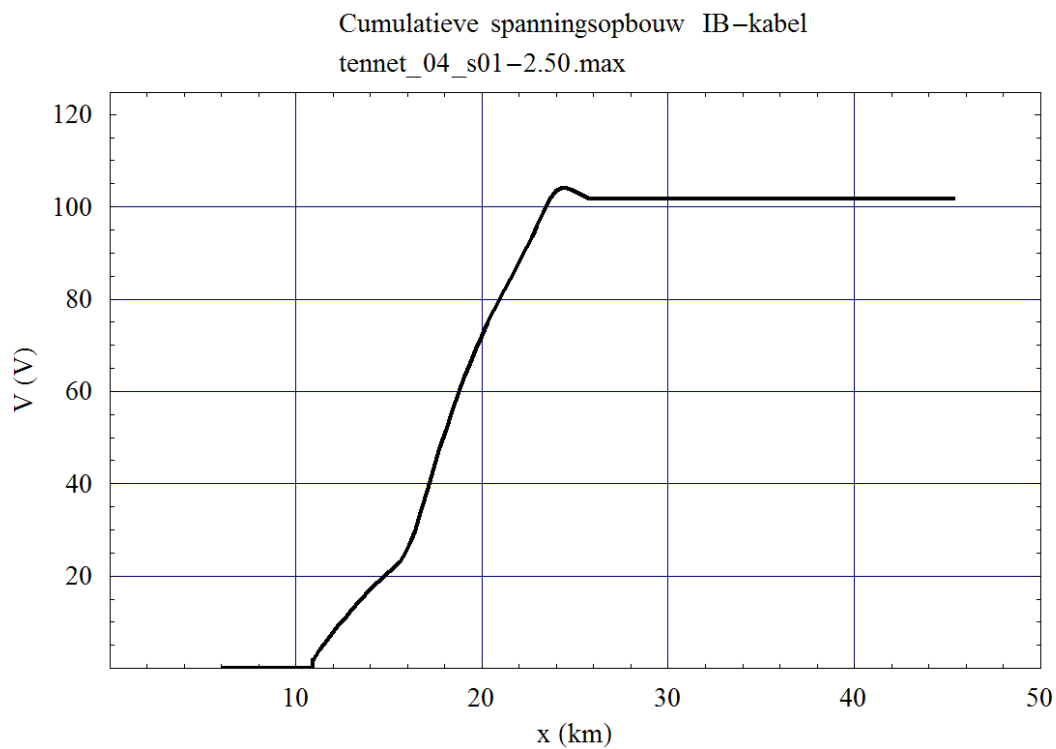
Common mode stroom beide sporen (dikke resp. dunne lijn)
tennet_04_s01-2.50.max



Figuur 116 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

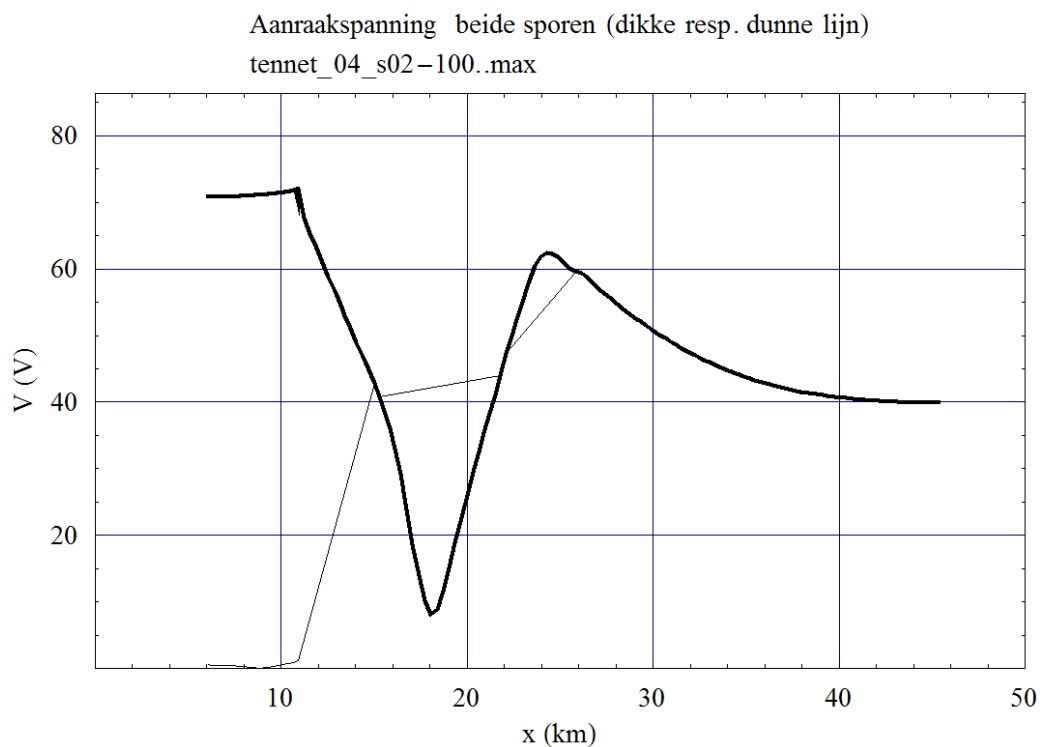


Figuur 117 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

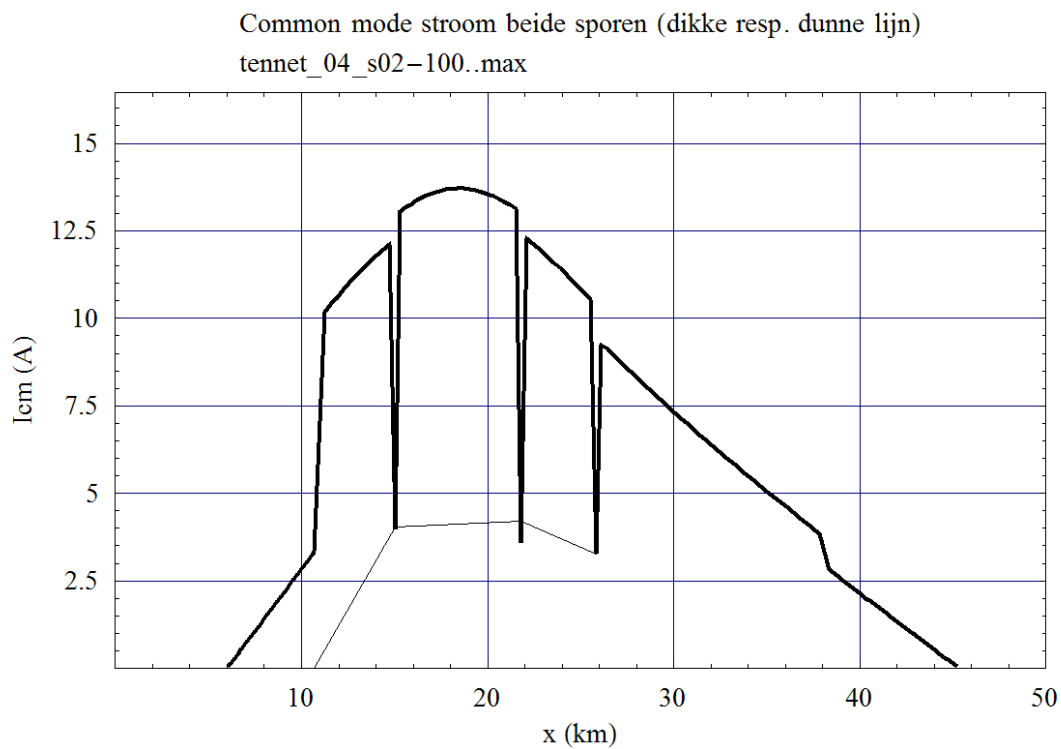


Figuur 118 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

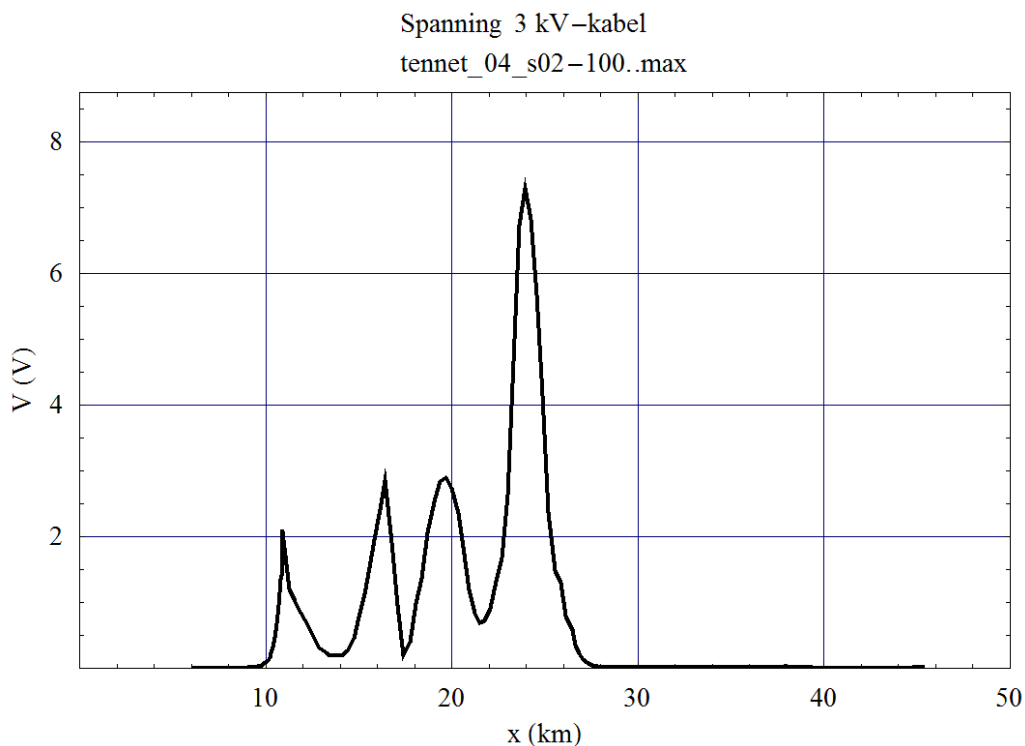
100 Ωkm



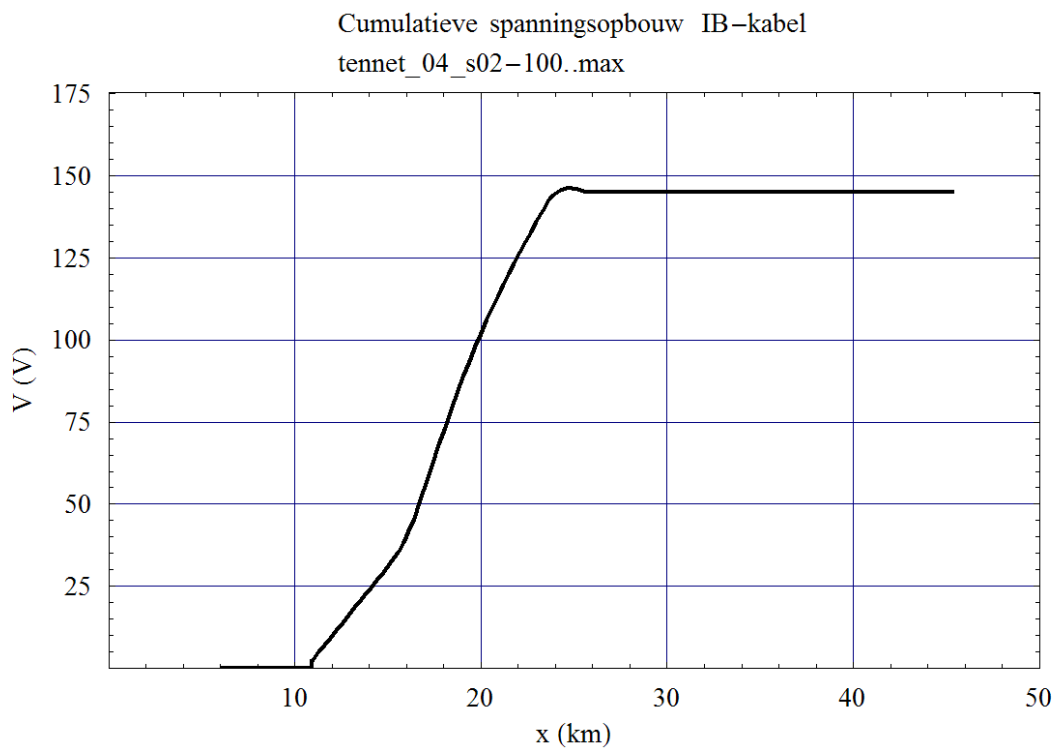
Figuur 119 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 120 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 121 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 122 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

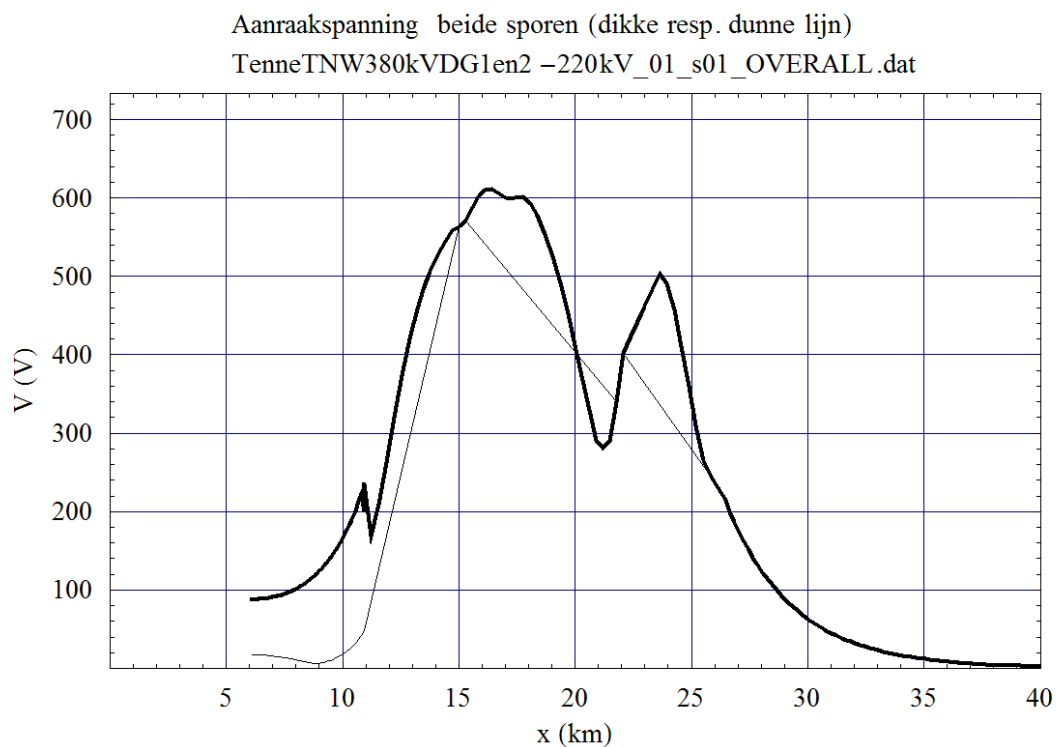
20.3 Kortsluiting witte circuit

Situatie TenneT: kortsluiting 220 kV witte circuit

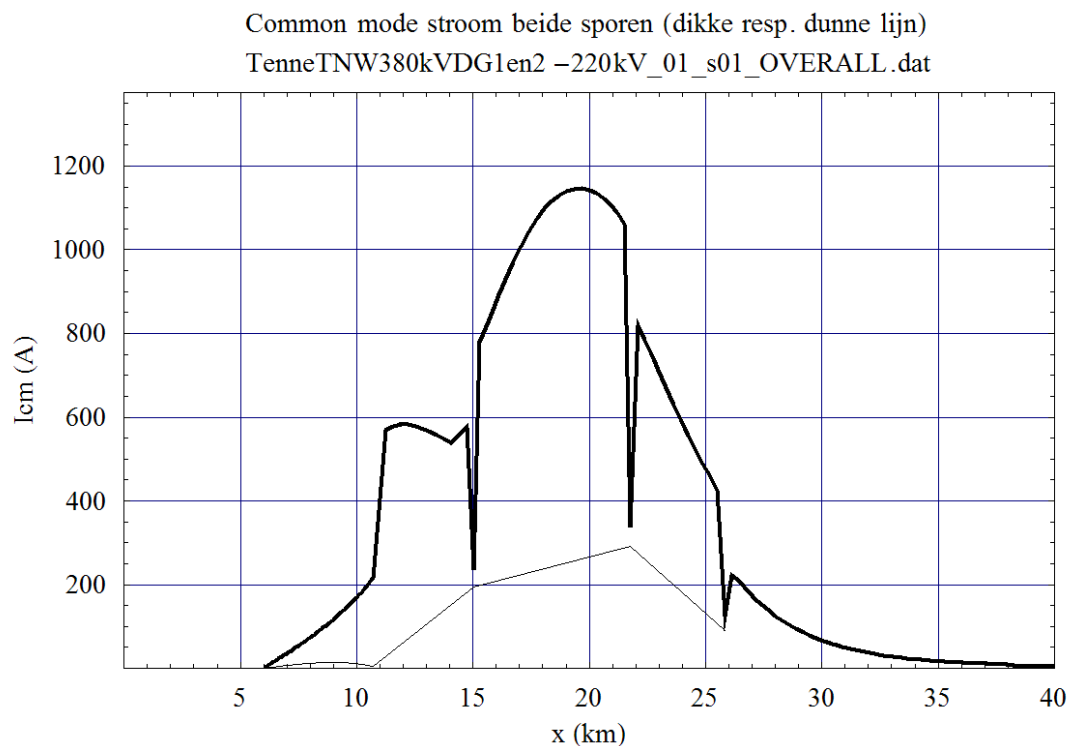
Situatie ProRail: normaal bedrijf

De simulatiegegevens zijn ingedeeld in twee hoofdcategorieën: 2.5 en 100 Ω km afleidweerstand. Per hoofdcategorie zijn de volgende gegevens afgebeeld:

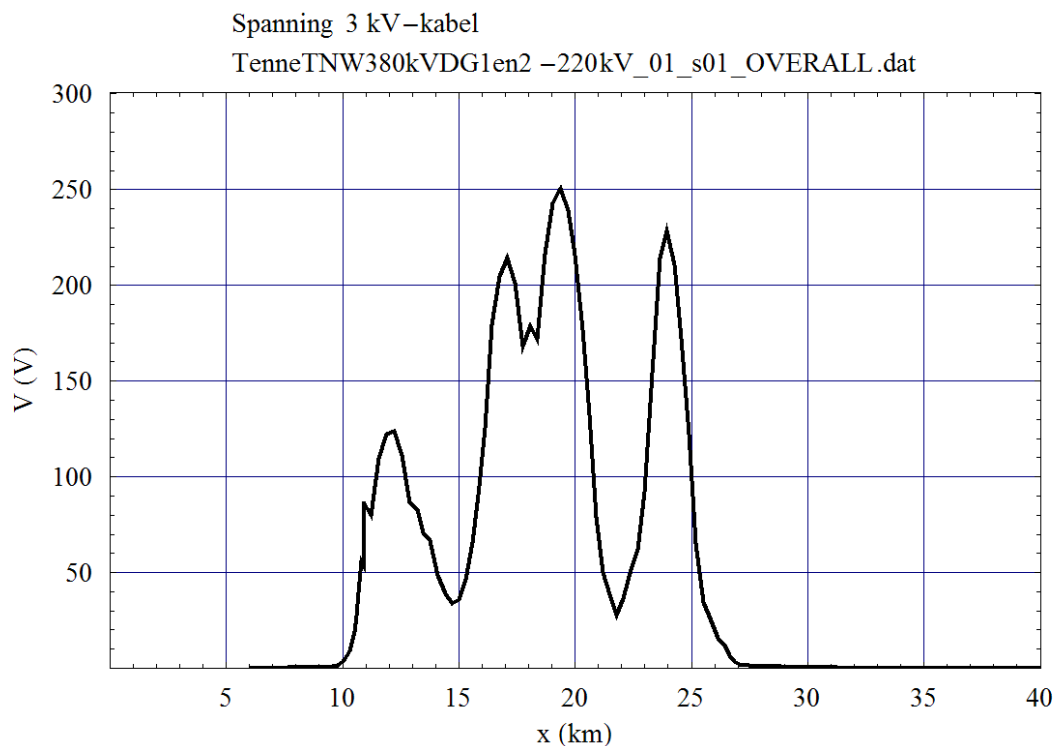
- Aanraakspanning spoorstaaf – aarde;
- *Common-mode*-stroom sporen;
- 3 kV-kabelmantel-aardespanning;
- Cumulatieve spanningsopbouw IB-kabel.

2.5 Ωkm 

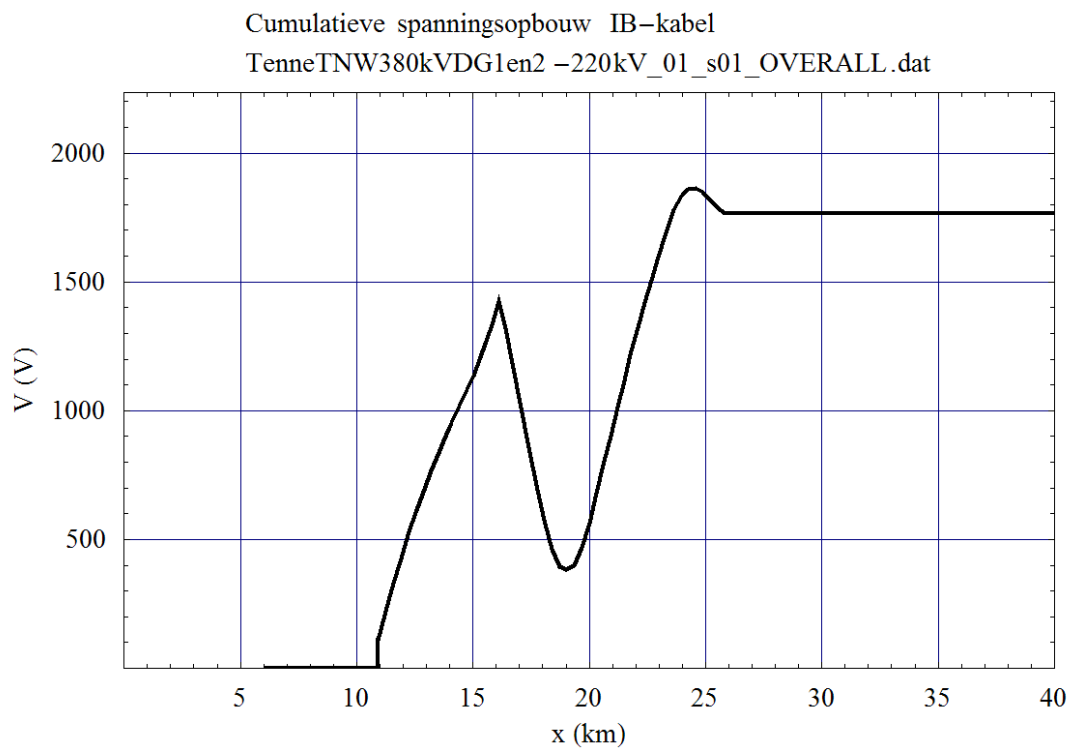
Figuur 123 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 124 Common-mode-stroom per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

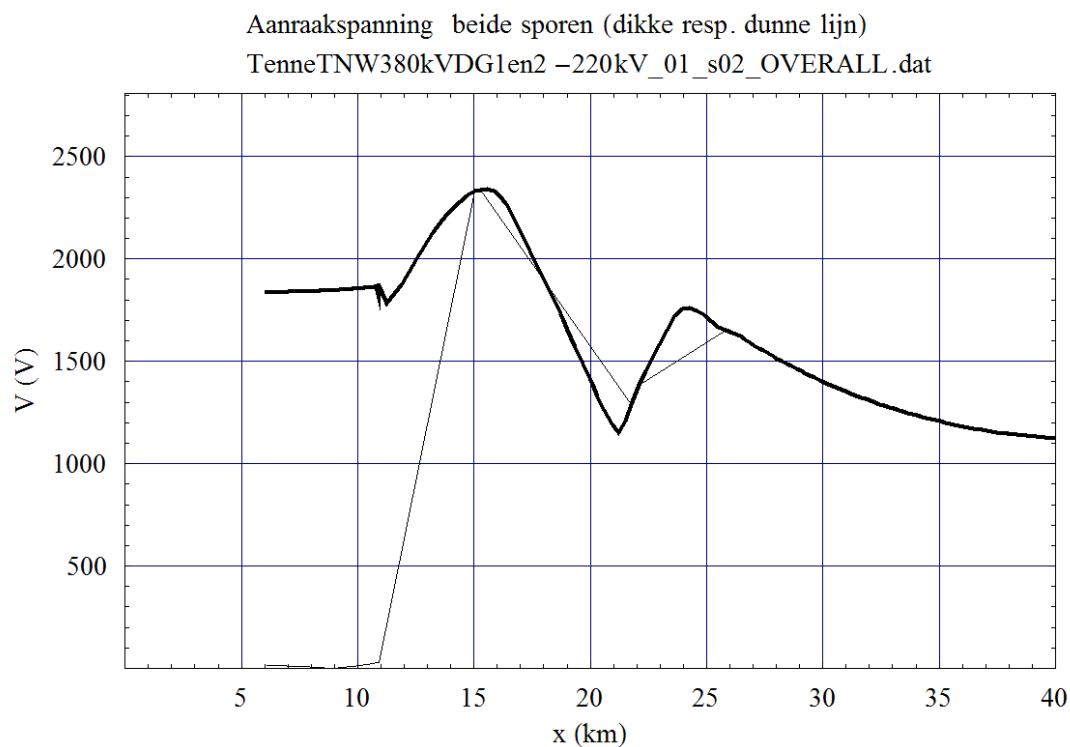


Figuur 125 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

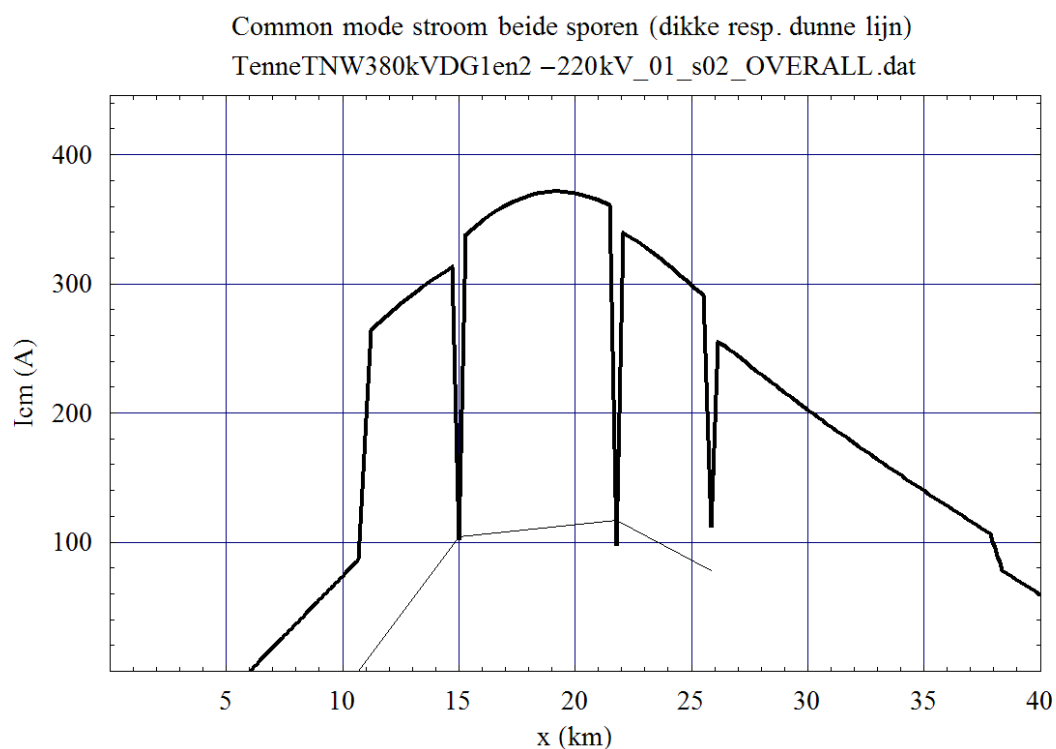


Figuur 126 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

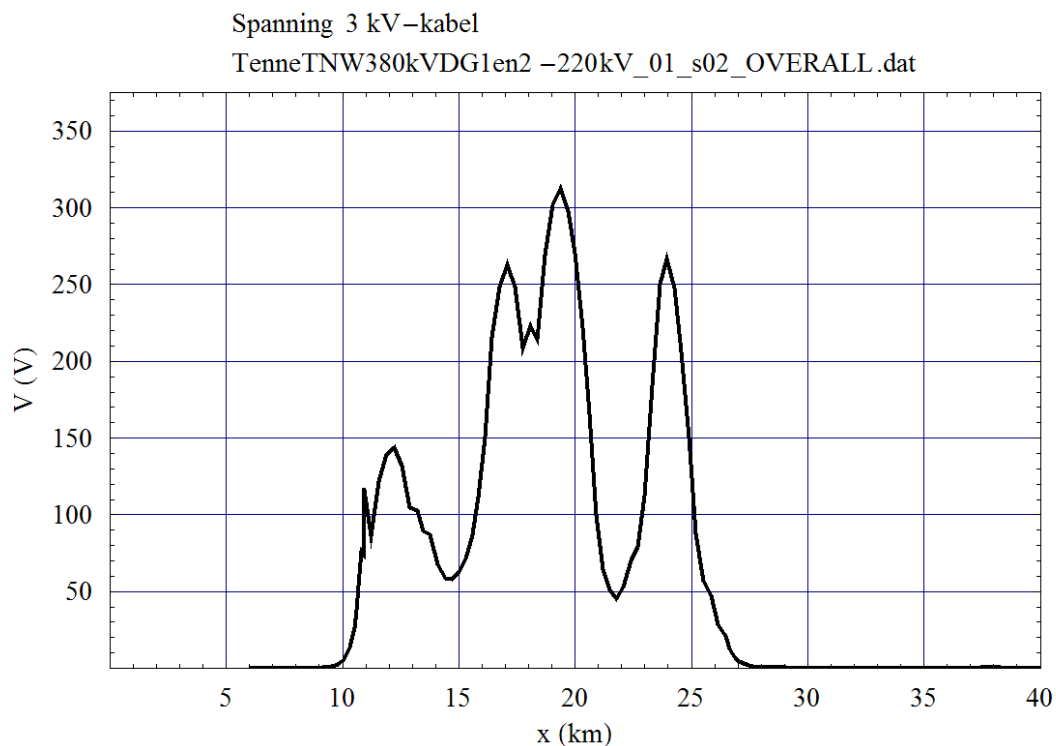
100 Ω km



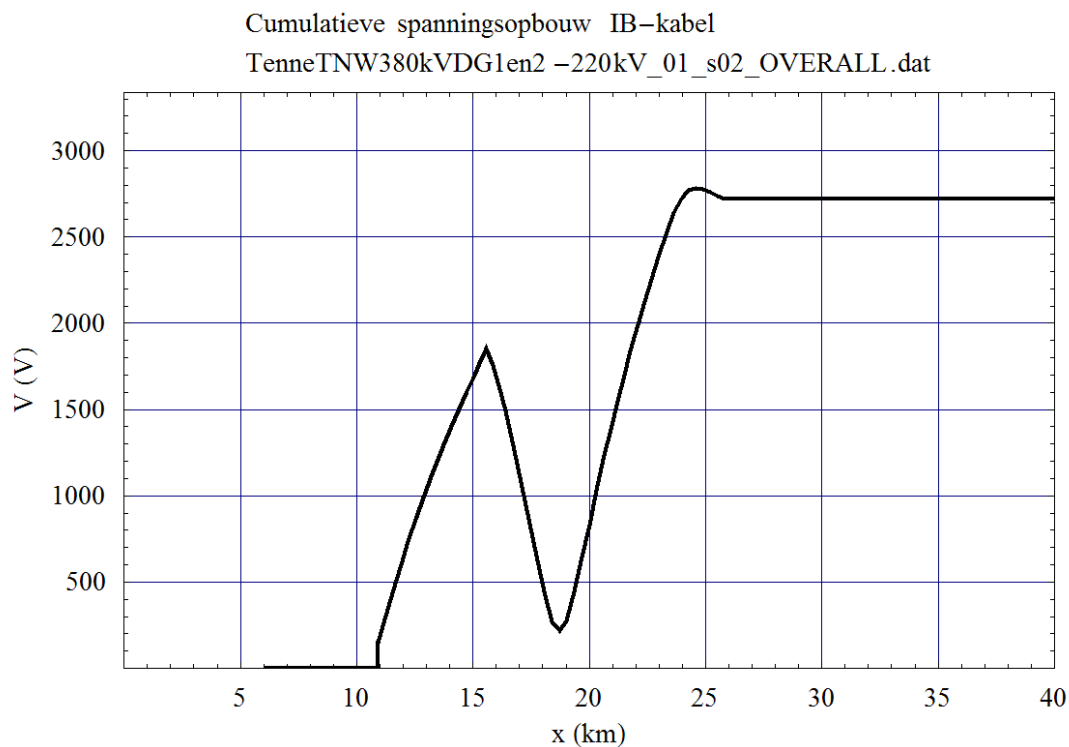
Figuur 127 Spoorstaaf-aardspanning per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 128 Common-mode-stroom per geocodekilometreering op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



Figuur 129 3 kV-kabelmantel-aardspanning per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.



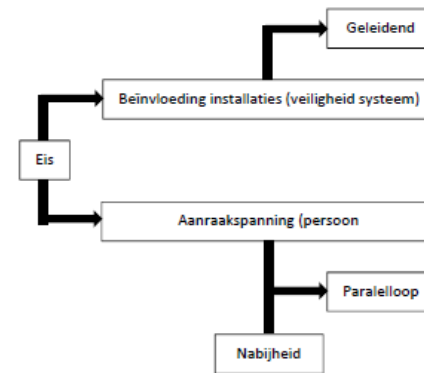
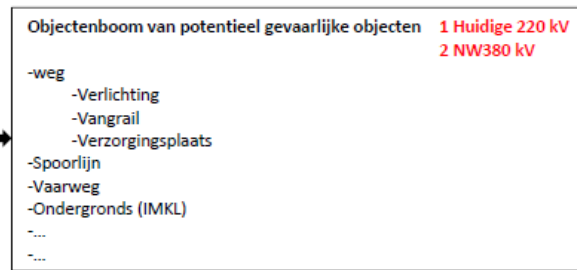
Figuur 130 Cumulatieve spanning op IB-kabel per geocodekilometring op het baanvak Sauwerd – Delfzijl.

21. Bijlage: Flow-chart

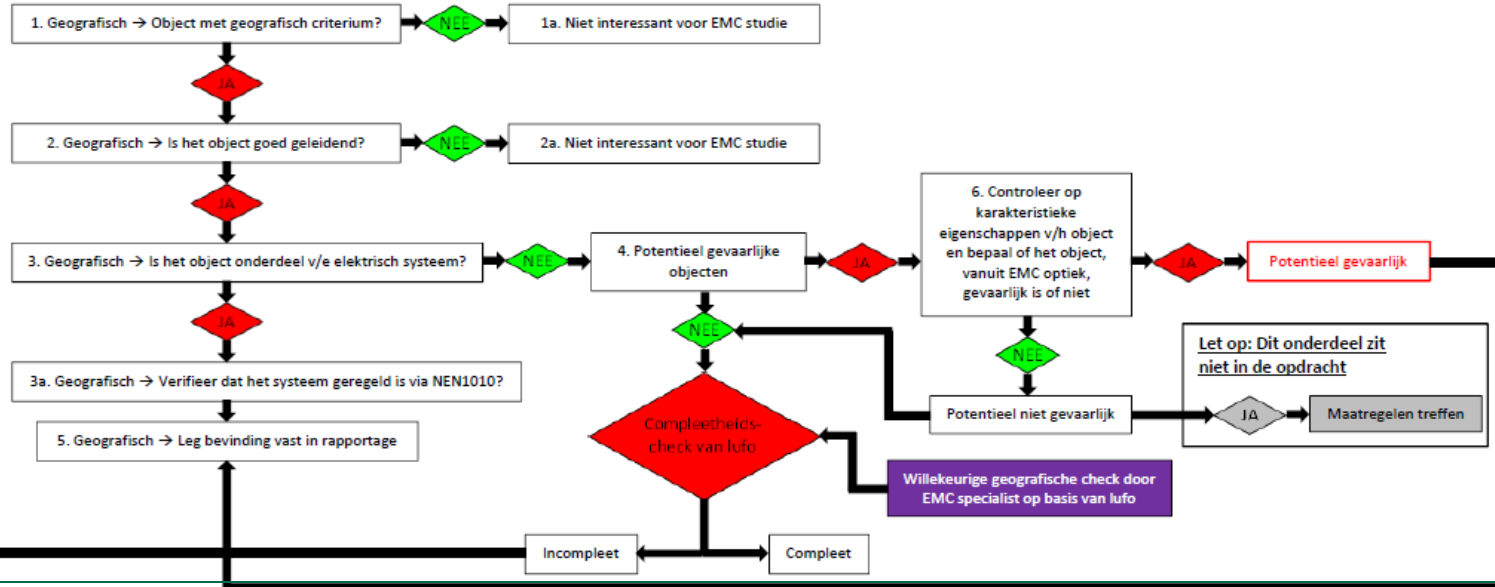
Schematische aanpak EMC studie Tennet NW 380

Stappenplan

1. Objectenboom (welke objecten zoeken we?)
2. Objectensoort – eis – informatiebron
3. Objectensoort – eigenaar – eis – informatiebron
4. Informatiebron – objecten genereren
5. Objecten – eigenaar



Trechtering GIS gegevens



22. Bijlage: beïnvloeding ProRail

In onderstaande tabellen zijn voor 220 kV huidig en NW380kV de beïnvloeding per soort weergegeven met een kleurindicatie:

- rood: zeker negatief beïnvloed;
- geel: onzeker over negatieve beïnvloeding (nadere studie nodig); en
- groen: zeker niet beïnvloed.
- N.v.t.: cluster valt in zijn geheel buiten de 2500-meterzone in deze variant

ProRail

Aantal Clusters	Bestaand220kV				VKA380kV			
	Groen	Geel	Rood	n.v.t.	Groen	Geel	Rood	n.v.t.
datatransport	15		1	4	19			1
Laagspanning	17			2	17			2
middenspanning	11			4	14			1
Overig	21	1	3	5	25	3	1	1

Order : P12071

Dossier : 12.074

Datum : 11 december 2015

