

# RAPPORT

AUTEUR Projectteam Movares  
GOEDGEKEURD DOOR PROJECTTEAM TENNET

CLASSIFICATIE C2 - Interne Informatie  
DATUM 4 mei 2026  
PAGINA 1 van 217  
DOCUMENT NUMMER **002.902.20 1299351**  
REFERENTIE M0004913  
VERSIE 8.0

## Nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding Diemen – Ens

IEA Deelrapport Techniek

## Inhoudsopgave

<b>1. Introductie</b>	<b>4</b>
1.1 Aanleiding voor een nieuwe hoogspanningsverbinding	4
1.2 Doelstelling van het project	4
1.3 Wat wil TenneT realiseren?	4
1.4 Leeswijzer	7
<b>2. Introductie onderzoeksalternatieven</b>	<b>8</b>
2.1 Onderzoeksalternatieven voor een nieuw tracé	8
2.2 Locatiealternatieven voor nieuwe hoogspanningsstations	12
2.3 Doel voorliggend document	14
<b>3. Uitgangspunten en generieke effecten tracering</b>	<b>15</b>
3.1 Wetgeving en beleid	15
3.2 Uitgangspunten (net)techniek	16
3.3 Gevolgen bij afwijkingen van de uitgangspunten	23
<b>4. Beoordelingssystematiek tracés</b>	<b>43</b>
4.1 Niveaus van beoordeling	43
4.2 Beoordelingssystematiek techniek	46
4.3 Beoordelingsmethodiek toekomstvastheid	53
<b>5. Effectenbeschrijving en -beoordeling tracés</b>	<b>54</b>
5.1 Beoordeling techniek deelgebied Noord	55
5.2 Beoordeling techniek deelgebied Zuid	84
5.3 Beoordeling techniek overige tracédelen	111
5.4 Beoordeling toekomstvastheid tracés	114
<b>6. Effectenbeschrijving en -beoordeling hoogspanningsstations</b>	<b>116</b>
6.1 Generieke effecten stations	116
6.2 Station Diemen	118
6.3 Station Almere	120
6.4 Station Lelystad	125
6.5 Station Ens	138
<b>7. Effectenbeschrijving en beoordeling van de invloed op het net</b>	<b>140</b>
7.1 Beschrijving van de te onderzoeken aspecten	140
7.2 Netberekeningen	142
7.3 Beoordeling van de resultaten van de netstudies	145

7.4 Doelmatigheid in relatie tot elektriciteitstransport	156
<b>8. Mitigerende maatregelen en optimalisaties</b>	<b>158</b>
8.1 (Net)technische benodigde en gewenste maatregelen	158
8.2 Voorgestelde mitigatie/optimalisatie vanuit andere effectbeoordelingen	185
8.3 Beoordeling van de mitigerende maatregelen	191
<b>9. Samenvatting en conclusies</b>	<b>194</b>
<b>10. Begrippen en afkortingen</b>	<b>204</b>
10.1 Verklarende woordenlijst techniek	204
10.2 Afkortingenlijst	216
10.3 Infographic Bovengronds Tenzij	217

## 1. Introductie

### 1.1 Aanleiding voor een nieuwe hoogspanningsverbinding

TenneT bereidt een nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding voor tussen Diemen en Ens (Noordoostpolder). Deze plannen worden gemaakt omdat steeds meer (duurzame) elektriciteit het elektriciteitsnet op komt, onder andere van de windparken op zee en grootschalige zonnenvelden op land. Daarnaast neemt door de energietransitie het verbruik van elektriciteit toe door elektrificatie van huishoudens, industrie en auto's. Dat vraagt steeds meer van onze elektriciteitsnetten. Voorzien wordt dat het huidige 380kV-net omstreeks 2030 te weinig capaciteit heeft om elektriciteit vanaf Ens naar Diemen te transporteren. Dit ondanks de opwaardering van de bestaande 380kV-verbinding die onlangs is uitgevoerd. Er moet dus een nieuwe hoogspanningsverbinding komen tussen Diemen en Ens, via Lelystad.

Er is een nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding nodig tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens, omdat de capaciteit van de huidige 380kV-hoogspanningsverbinding tussen Diemen en Ens onvoldoende is voor het elektriciteitstransport na 2030.

Daarnaast is in de buurt van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad een nieuw 380kV-hoogspanningsstation nodig, om de nieuwe 380kV-verbinding op het bestaande netwerk aan te kunnen sluiten. Ook is een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeewolde gewenst. Een uitgebreide toelichting op het voornemen van TenneT, de projectdoelstellingen en de randvoorwaarden staat beschreven in de Notitie Onderzoeksalternatieven.

### 1.2 Doelstelling van het project

De nieuwe verbinding is nodig om de energietransitie te faciliteren en toekomstige knelpunten in het elektriciteitsnet te voorkomen. De verwachting is dat knelpunten de komende jaren ontstaan en na 2030 sterk in risico toenemen, als gevolg van meer duurzame opwek en meer vraag naar elektriciteit. De verbinding is ook nodig voor meer internationaal stroomtransport van en naar Duitsland en de rest van Europa. Bovendien zorgt het voor meer ruimte op onderliggende elektriciteitsnetten.

Naast de hoogspanningsverbinding Diemen-Lelystad-Ens werkt TenneT aan diverse andere uitbreidingsprojecten. Er worden onder andere nieuwe verbindingen voorzien op de tracés Vierverlaten-Ens en Geertruidenberg-Krimpen aan den IJssel/Crayestein en er wordt een netuitbreiding in Noord-Holland-Noord voorbereid.

### 1.3 Wat wil TenneT realiseren?

Om invulling te geven aan de projectdoelstellingen bestaat de opgave uit verschillende onderdelen. Deze zijn hieronder eerst samengevat en schematisch weergegeven in Figuur 1-1. Na de figuur volgt een toelichting op elk onderdeel.

Samengevat gaat het om:

1. Een nieuwe 380kV-verbinding tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens. De voorgenomen nieuwe 380kV-verbinding bestaat uit twee gekoppelde deeltracés:
  - Een tracé tussen het bestaande hoogspanningsstation Diemen en een uit te breiden of nieuw te bouwen hoogspanningsstation Lelystad;
  - Een tracé tussen het nieuwe of uit te breiden bestaande hoogspanningsstation Lelystad en het bestaande hoogspanningsstation Ens;
2. Een uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad, of een nieuw 380kV-hoogspanningsstation daar in de buurt, om de nieuwe 380kV-verbinding op het bestaande net aan te sluiten;
3. Een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeewolde voor de uitbouw en versterking van het regionale elektriciteitsnet.



Figuur 1-1: Schematische weergave van de projectonderdelen.

### 1.3.1 380kV-verbinding

De voorgenomen nieuwe 380kV-verbinding komt tussen de bestaande hoogspanningsstations Diemen en Ens. Het is noodzakelijk dat de nieuwe hoogspanningsverbinding ook via Lelystad loopt.

### 1.3.2 Hoogspanningsstation Lelystad

Binnen de perceelgrenzen van het bestaande hoogspanningsstation in Lelystad is er een groot risico dat onvoldoende ruimte beschikbaar is voor de benodigde aansluiting van de nieuwe hoogspanningsverbinding. De ruimte is beperkt, doordat het station ingeklemd ligt tussen de IJsselmeerdijk en de snelweg A6. Daarnaast is er ook ruimte nodig voor andere reeds door TenneT geplande ontwikkelingen. De haalbaarheid van uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation wordt als onderdeel van de verkenning nader onderzocht.

Tegelijkertijd wordt, gezien het risico dat dit niet past, ook onderzoek gedaan naar de realisatie van een nieuw station. Hierbij geldt dat zowel de bestaande als nieuwe verbinding vanuit Diemen moet aanlanden op de nieuwe stationslocatie. De bestaande verbinding moet ook gekoppeld blijven aan het huidige station Lelystad, vanwege koppeling tussen het 380- en 150kV-net. De nieuwe verbinding kan vanaf een eventuele nieuwe stationslocatie rechtstreeks naar Ens lopen. De voor- en nadelen van de verschillende opties voor uitbreiding en nieuwbouw worden integraal afgewogen richting de keuze van een voorkeursalternatief.

### 1.3.3 Hoogspanningsstation Almere/Zeewolde

Op de middellange termijn (circa 2030) is versterking van het gehele 150kV-net in Flevoland noodzakelijk om de opgaven uit de regionale energiestrategie (RES) en de snelle elektrificatie in de Flevopolder te faciliteren. Hiervoor is een extra koppeling met het 380kV-net nodig. Hiermee is het mogelijk het 150kV-net op te delen in 2 pockets (deelnetten). Met die verdeling kan het transport tussen noordelijk en zuidelijk Flevoland via het 380kV-net lopen en ontstaat er extra ruimte op het 150kV-net voor bijvoorbeeld het aansluiten van grotere afnemers of opwekkers, zoals bedrijven of wind- en zonneparken. Om dit mogelijk te maken is een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeewolde nodig.

Met een nieuw hoogspanningsstation is het mogelijk om een zelfstandig 150kV-net in de regio Almere/Zeewolde te creëren. Daarmee kan onder andere de verdere ontwikkeling van woningbouw in Oosterwold en bedrijventerrein Stichtsekant worden gefaciliteerd. Op de korte termijn (2025-2027) worden ook al diverse aanpassingen in dit deelnet uitgevoerd. De korte-termijn-uitbreidingen (2025-2027) maken op zichzelf geen onderdeel uit van de verkenning voor de nieuwe 380kV-verbinding Diemen-Ens. Waar relevant brengen we wel de raakvlakken in beeld en worden deze uitbreidingen beschouwd als autonome ontwikkeling. De uitwerking van 150kV valt niet binnen de scope van dit project en zal in dit rapport niet in detail uitgewerkt worden.

Omdat het nieuwe hoogspanningsstation moet worden aangesloten op de bestaande en mogelijk ook op de nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding heeft de locatiekeuze voor het station een belangrijk raakvlak met de nieuwe 380kV-verbinding tussen Diemen en Ens. De locatie voor het nieuwe hoogspanningsstation Almere-Zeewolde wordt daarom ook als onderdeel van deze verkenning onderzocht.

## 1.4 Leeswijzer

In dit rapport wordt uitgebreid ingegaan op de technische analyse, effectbeschrijving en effectbeoordeling op technische aspecten van de verschillende onderzoeksalternatieven voor de nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding en de locatiealternatieven voor de nieuwe hoogspanningsstations.

In de beoordeling van de tracés op techniek is het onvermijdelijk om begrippen te gebruiken die horen bij dit vakgebied. Voor de leesbaarheid is in het laatste hoofdstuk (hoofdstuk 10) een begrippen- en afkortingenlijst toegevoegd.

Op 28 maart 2025 is een aanvulling op de NRD ter inzage gelegd. In deze aanvulling is een aanvullend alternatief ('alternatief grijs') gepresenteerd voor het deel van de nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Lelystad en Ens. Dit alternatief is toegevoegd omdat uit het concept-MER en de IEA blijkt dat het zeer onzeker is of het mogelijk is om met één van de vijf eerder onderzochte tracé-alternatieven hoogspanningsstation Ens te bereiken. Het toegevoegde alternatief is op een gelijk niveau onderzocht als de eerder onderzochte alternatieven. Dat betekent dat het plan-MER en deze IEA zijn aangevuld, inclusief alle bijbehorende (onderzoeks)rapporten.

Hoofdstuk	Welke informatie bevat dit?
1 Introductie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projectdoelstellingen in het kort</li> <li>- Doel van dit document</li> <li>- Wat leest u waar?</li> </ul>
2 Introductie onderzoeksalternatieven	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Welke onderzoeksalternatieven zijn er voor een nieuw tracé?</li> <li>- Welke locatiealternatieven zijn er voor de nieuwe hoogspanningsstations?</li> </ul>
3 Uitgangspunten en generieke effecten tracering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wetgeving en beleid hoogspanningsverbinding</li> <li>- Uitgangspunten techniek en standaarden</li> <li>- Gevolgen bij afwijkingen van de uitgangspunten</li> </ul>
4 Beoordelingssystematiek tracés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Op welke criteria worden de onderzoeksalternatieven beoordeeld</li> <li>- Hoe is de beoordeling opgezet</li> </ul>
5 Effectbeschrijving en -beoordeling tracés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beoordeling van de onderzoeksalternatieven op basis van de systematiek uit hoofdstuk 4</li> </ul>
6 Effectbeschrijving en -beoordeling hoogspanningsstations	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoe worden de locatiealternatieven voor hoogspanningsstations Almere-Zeewolde en Lelystad beoordeeld op technische haalbaarheid?</li> </ul>
7 Effectbeschrijving en -beoordeling op het net	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beoordeling van de beïnvloeding op het net van de onderzoeksalternatieven</li> </ul>
8 Mitigerende maatregelen en optimalisaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voorstellen vanuit techniek en vanuit andere effectbeoordelingen om knelpunten op te lossen of te omzeilen</li> </ul>

	- Beoordeling op basis van techniek op de voorstellen
9 Samenvatting en conclusies	- Samenvattend overzicht van de technische beoordeling en toekomstvastheid van de onderzoeksalternatieven inclusief mitigerende maatregelen.
10 Begrippen en afkortingen	- Begrippenlijst van technische termen - Afkortingenlijst

Tabel 1-1: Leeswijzer

## 2. Introductie onderzoeksalternatieven

### 2.1 Onderzoeksalternatieven voor een nieuw tracé

Er is een nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding nodig tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens. Een koppeling met het bestaande 380kV-net en het regionale 150kV-net in Lelystad is noodzakelijk om het knelpunt op te lossen: de nieuwe verbinding kan niet direct van Diemen naar Ens lopen zonder via Lelystad te gaan. Daarnaast is een uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad nodig of een nieuw 380kV-hoogspanningsstation daarbij in de buurt. Ook is een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeewolde nodig.

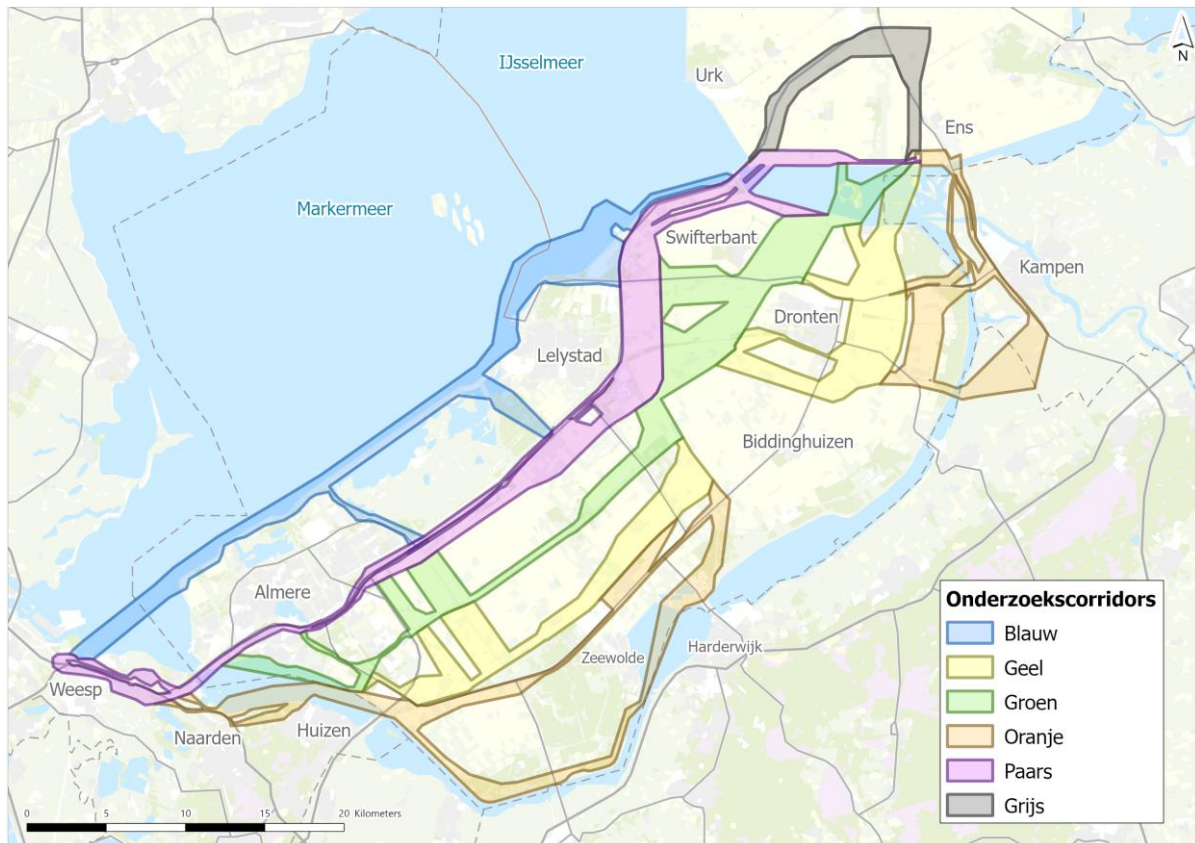
Hiervoor worden diverse onderzoeksalternatieven voor het nieuwe tracé en locatiealternatieven voor de nieuwe hoogspanningsstations onderzocht. Onderzoeksalternatieven zijn de te onderzoeken alternatieve routes voor de nieuwe verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens. Een onderzoeksalternatief bestaat uit de route tussen de hoogspanningsstations. Deze basisroutes zijn in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau gepresenteerd met vijf verschillende kleuren: blauw, paars, groen, geel en oranje. Het hoofdrapport van het plan-MER beschrijft hoe van die basisroutes tot de onderzoeksalternatieven (voor het tracé) en locatiealternatieven (voor de hoogspanningsstations) is gekomen. Dit is uitgebreider beschreven in het plan-MER: het alternatievendocument.

#### Onderzoeksalternatief grijs

In aanvulling op de eerdere vijf onderzoeksalternatieven is een aanvullend 'zesde' alternatief ('alternatief grijs') gepresenteerd voor het deel van de nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Lelystad en Ens. Op het moment dat dit alternatief werd uitgewerkt was al bekend dat er maatregelen nodig zijn om de weerstand van de bestaande en nieuwe verbinding gelijk te krijgen en de stroom gelijk over beide verbindingen te verdelen. Dit komt door het lengteverschil tussen beide verbindingen.

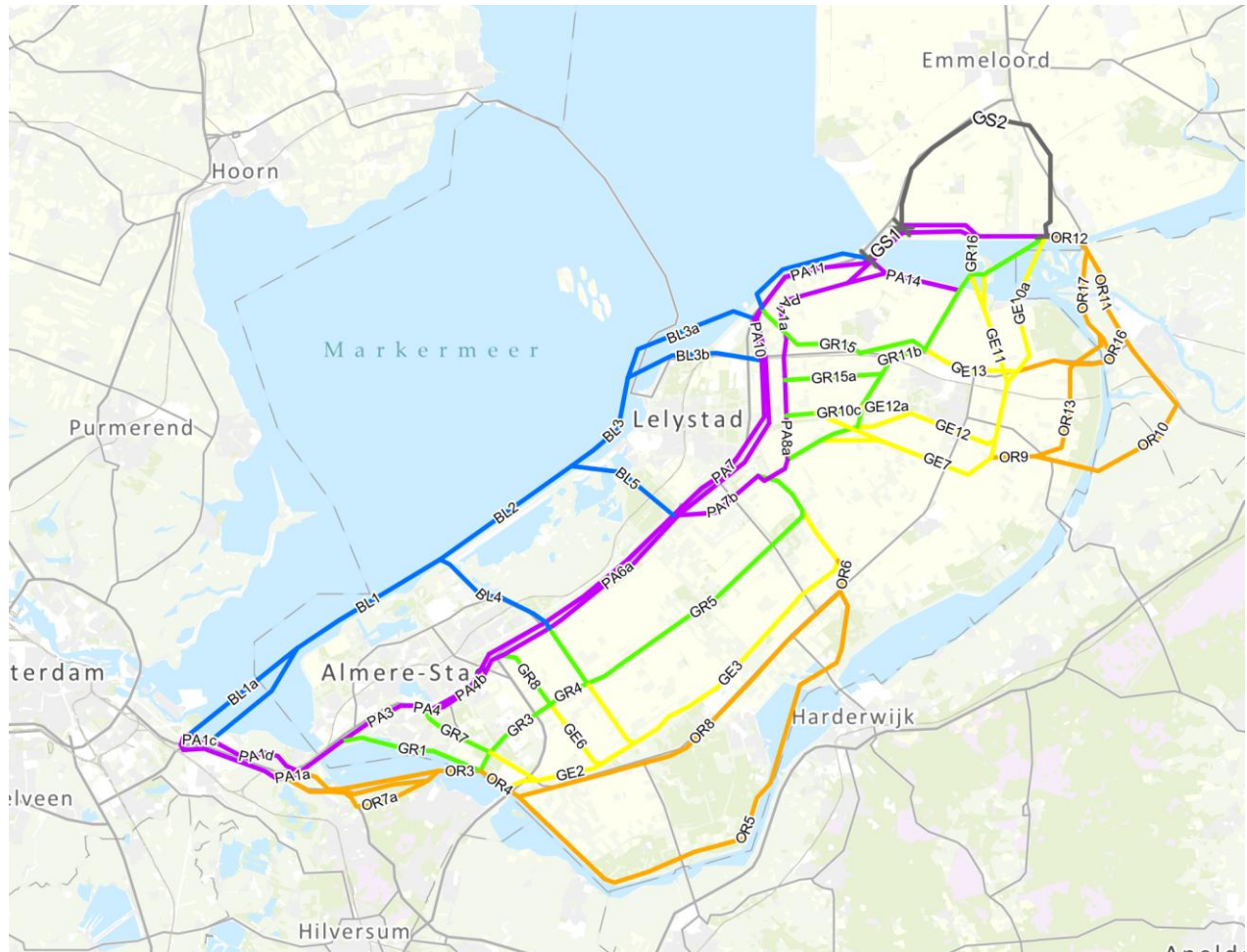
### Corridors en referentielijnen

De onderzoeksalternatieven voor de tracés bestaan uit een **corridor** met daarin een **referentielijn**. Corridors geven de onderzoeksruimte weer waarbinnen gezocht wordt naar een tracé voor de nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding. De corridor kan op de ene plek smaller zijn dan op een andere plek, afhankelijk van bijvoorbeeld aanwezige bebouwing of beschermde natuurwaarden. In Figuur 2-1 zijn de corridors weergegeven.



Figuur 2-1: Alle corridors, die de alternatieve routes vormen tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens.

Door elke corridor loopt tenminste één referentielijn, in sommige gevallen twee. Dit is een representatieve route voor de nieuwe hoogspanningsverbinding binnen de corridor, maar het hoeft nog niet de definitieve route te zijn. De referentielijnen vormen het uitgangspunt voor het onderzoeken van de effecten. Binnen de corridor wordt onderzocht welke schuifruimte er is voor de referentielijn, en waar deze tot de minste negatieve effecten leidt. Dit wordt in de integrale effectenanalyse beschouwd op basis van input vanuit de onderzoeken voor de thema's milieu, techniek, ruimtelijke kwaliteit, kosten en toekomstvastheid. In Figuur 2.2 zijn de referentielijnen weergegeven.



Figuur 2-2 Alle referentielijnen binnen de corridors, die het uitgangspunt vormen voor de effectstudies.

Een onderzoeksalternatief loopt van hoogspanningsstation tot hoogspanningsstation en heeft een eigen naamaanduiding. Een naam van een onderzoeksalternatief is opgebouwd uit drie onderdelen:

1. Het deelgebied: dat wil zeggen deelgebied zuid (tussen hoogspanningsstation Diemen en hoogspanningsstation Lelystad), of deelgebied noord (tussen hoogspanningsstation Lelystad en hoogspanningsstation Ens);
2. De kleur van het onderzoeksalternatief: één van de vijf kleuren; blauw, paars, groen, geel of oranje;
3. Nummering van varianten: in sommige gevallen worden er meerdere varianten van dezelfde basisroute onderzocht, bijvoorbeeld omdat er twee referentielijnen binnen een corridor liggen. Ook bestaat er onderscheid in stationslocaties en varianten op deeltracéniveau. Hiervoor wordt in de naam gebruikgemaakt van een toevoeging met nummer (-1, -2) of letter (a/b/c).

Een voorbeeld is de tweede van twee referentielijnen in deelgebied noord, voor het gele basisalternatief: Noord-Geel-2. En een voorbeeld voor deelgebied zuid voor het oranje alternatief waarbij het gaat om de tweede referentielijn is: Zuid-Oranje-2. In Figuur 2-3 zijn de voorbeelden weergegeven.



*Figuur 2-3 Uitsnede met daarop de referentielijn van Zuid-Oranje-2, tussen het bestaande hoogspanningsstation Diemen en het meest zuidelijke locatiealternatief voor hoogspanningsstation Lelystad. En de referentielijn Noord-Geel-2 verder vanaf het meest zuidelijke locatiealternatief voor hoogspanningsstation Lelystad naar het bestaande hoogspanningsstation Ens.*

### Deeltracés

Zoals in Figuur 2-3 te zien is, kan een referentielijn uit verschillende kleuren bestaan. Bij het samenstellen van een voorkeursalternatief is het namelijk ook mogelijk om verschillende gedeeltes van onderzoeksalternatieven met elkaar te combineren en op elkaar te laten aansluiten. Daarom is het ook belangrijk om in beeld te brengen in welke deeltracés de nadelige milieueffecten met name optreden. In de effectbeschrijving en -beoordeling wordt voornamelijk verwezen naar de onderzoeksalternatieven als geheel, maar wanneer het effect zich duidelijk voordoet op een bepaalde locatie, dan wordt ook naar de bijbehorende deeltracés verwezen. Voor de gekozen referentielijnen moet dezelfde stationslocatie voor Lelystad worden gekozen, bijvoorbeeld beide L-1 of L4.

Sommige deeltracés komen in meerdere onderzoeksalternatieven voor. Dat zijn met name de deeltracés die de aansluitingen vormen met de hoogspanningsstations. Er is ook een aantal extra verbindingsstukken mogelijk tussen de onderzoeksalternatieven, die geen onderdeel uitmaken van één van de referentielijnen. Dat komt omdat ervoor gekozen is om per 'basiskleur' maximaal twee complete referentielijnen te onderzoeken. De losse deeltracés, die geen onderdeel zijn van een referentielijn, worden wel onderzocht in de verschillende effectenstudies. Deze kunnen alsnog onderdeel uitmaken van het voorkeursalternatief, bijvoorbeeld wanneer er een combinatie gemaakt wordt van twee of meer onderzoeksalternatieven.

## 2.2 Locatiealternatieven voor nieuwe hoogspanningsstations

**Locatiealternatieven** zijn de alternatieve zoekgebieden voor de uitbreiding of nieuw te realiseren hoogspanningsstations nabij Lelystad en nabij Almere-Zeewolde. Voor de effectbeoordeling in deze fase is met name de omvang van de uitbreiding of het nieuwe hoogspanningsstation van belang om de (milieu)effecten te kunnen bepalen. Voor de realisatie van zowel een nieuw hoogspanningsstation nabij Lelystad, als het nieuwe hoogspanningsstation in de regio Almere/Zeewolde gaat het om een verwachtruimtebeslag van 10 tot 15 hectare. Voor een uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad gaat het om een ruimtebeslag van 2 tot 5 hectare.

Er zijn verschillende locatiealternatieven die worden onderzocht. Deze bestaan voor de nieuwbouwopties elk uit een **zoekgebied**, met daarbinnen het **referentievlak** van 15 hectare. Het ruimtebeslag van 15 hectare is een maximaal (worst case) ruimtebeslag, dat bij nadere uitwerking mogelijk kan worden verkleind. Het referentievlak wordt als uitgangspunt aangehouden voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Het referentievlak voor een nieuw hoogspanningsstation ligt nog niet vast, maar kent schuifruimte binnen het zoekgebied. De uitkomsten van de effectenstudies kunnen aanleiding zijn om binnen het zoekgebied een andere locatie voor het hoogspanningsstation verder te onderzoeken. Bijvoorbeeld als uit het onderzoek naar voren komt dat een hoogspanningsstation in het oorspronkelijke referentievlak de aanwezige en/of toekomstige functies of waarden in het gebied (ernstig) nadelig beïnvloedt. Dit wordt in de integrale effectenanalyse beschouwd op basis van input vanuit de thema's milieu, techniek, ruimtelijke kwaliteit, kosten en toekomstvastheid. Voor het locatiealternatief met uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstations bij Lelystad zijn schetsmatig mogelijkheden onderzocht; door de zeer beperkte ruimte is er hier geen schuifruimte.

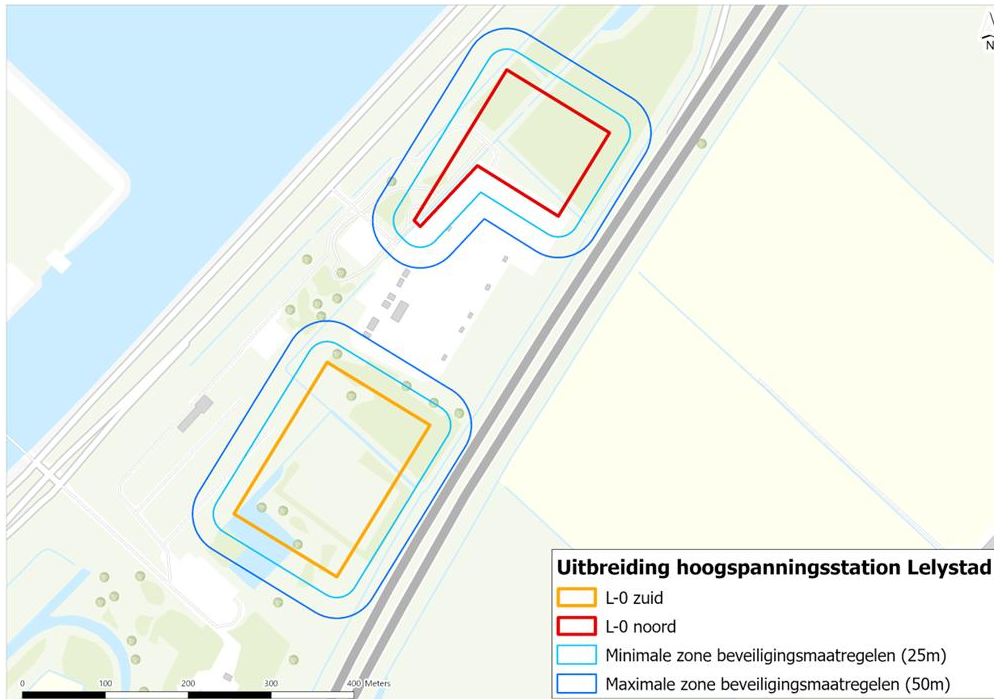
### **Uitbreiding van, of een nieuw, hoogspanningsstation Lelystad**

Binnen de perceelgrenzen van het bestaande hoogspanningsstation in Lelystad is er een groot risico dat onvoldoende ruimte beschikbaar is voor de benodigde aansluiting van de nieuwe hoogspanningsverbinding. De ruimte is beperkt, doordat het station ingeklemd ligt tussen de IJsselmeerdijk en de snelweg A6. Daarnaast is er ook ruimte nodig voor andere reeds door TenneT geplande ontwikkelingen. De haalbaarheid van uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation wordt als onderdeel van de verkenning nader onderzocht.

Figuur 2-4 toont het referentievlak waarbinnen wordt gezocht naar inpassing van de benodigde voorzieningen voor aansluiting op het bestaande hoogspanningsstation (L-0). Het vlak bestaat uit twee delen. Het zuidelijke vlak is te klein voor het volledige inpassen van de benodigde voorzieningen voor de aansluiting; voor het noordelijke vlak is zeer onzeker of het in te passen is. Er wordt daarom ook onderzoek gedaan naar mogelijkheden voor aansluiting met gebruik van beide vlakken.

Tegelijkertijd wordt, gezien het risico dat dit niet past, onderzoek gedaan naar de realisatie van een nieuw station. Hiervoor zijn vier locatiealternatieven (zie Figuur 2-5, L-1 tot en met L-4) voor nieuwbouw onderzocht.

Het alternatiefdocument geeft een nadere toelichting op (de totstandkoming van) de locatiealternatieven.



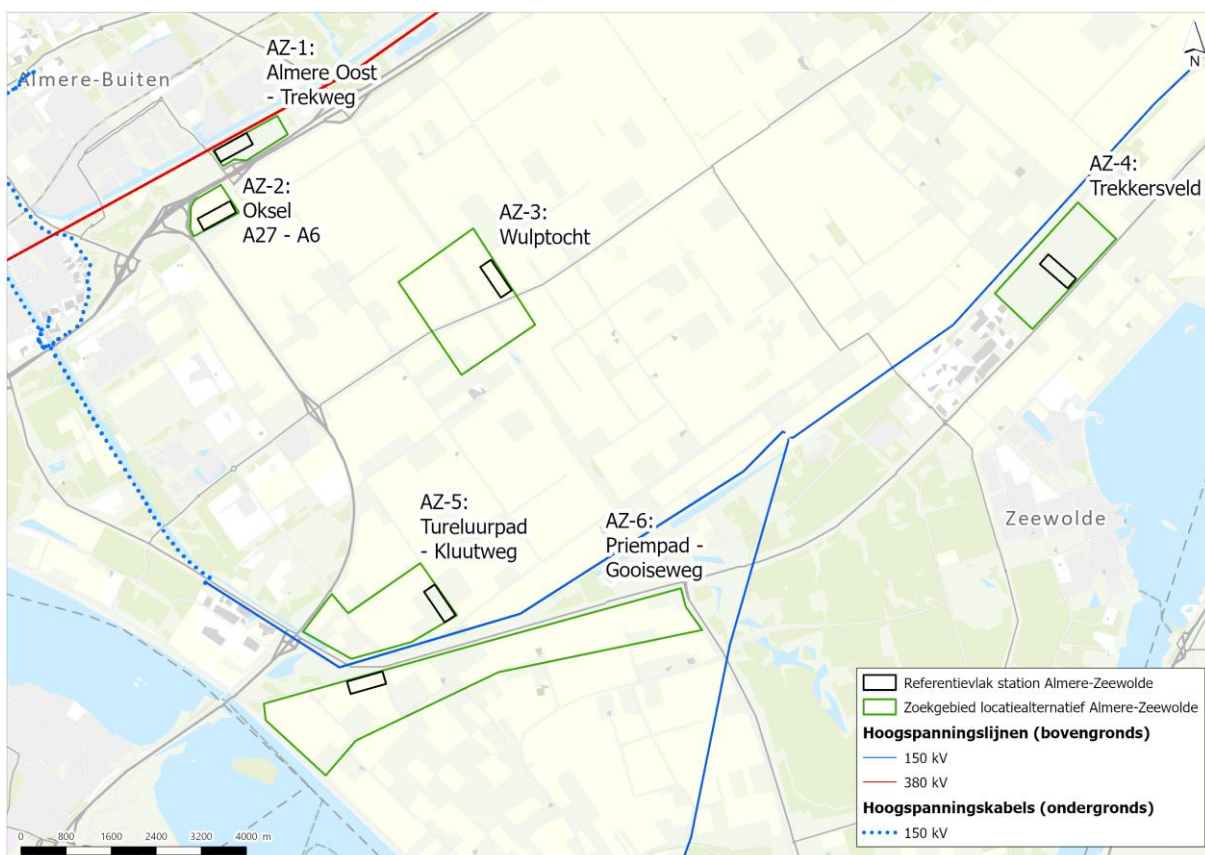
Figuur 2-4: Referentievlak (twee delen in oranje/rood) onderzoeksmogelijkheden uitbreiding bestaand hoogspanningsstation Lelystad



Figuur 2-5: Zoekgebieden en referentievlakken nieuw hoogspanningsstation Lelystad.

### Nieuw hoogspanningsstation Almere-Zeewolde

Op de middellange termijn (circa 2030) is versterking van het gehele 150kV-net in Flevoland nodig om de opgaven uit de regionale energiestrategie (RES) en de snelle elektrificatie in de Flevopolder te faciliteren. Hiervoor is een extra koppeling met het 380kV-net nodig. Hiermee is het mogelijk het 150kV-net op te delen in 2 pockets (deelnetten). Met die verdeling kan het transport tussen noordelijk en zuidelijk Flevoland via het 380kV-net lopen en ontstaat er extra ruimte op het 150kV-net voor bijvoorbeeld klantaansluitingen. Om dit mogelijk te maken is een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeewolde nodig. Hier zijn zes locatiealternatieven (Figuur 2-6 AZ-1 tot en met AZ-6) voor onderzocht. Meer informatie over de pocketvorming is te vinden op de website: <https://www.tennet.eu/nl/pocketvorming>.



Figuur 2-6: Zoekgebieden en referentievlakken nieuw 380kV-hoogspanningsstation Almere – Zeewolde.

### 2.3 Doel voorliggend document

In het voorliggende document worden de onderzoeksalternatieven uit de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) geanalyseerd en beoordeeld op hun technische haalbaarheid en toekomstvastheid. De onderzoeksalternatieven zijn hiervoor in het begin van de planMER-fase uitgewerkt tot corridors. Uitleg over onderzoeksalternatieven en corridors is te lezen in hoofdstuk 2.

### 3. Uitgangspunten en generieke effecten tracering

In de eerste plaats moet de nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding conformeren aan relevante wetgeving en beleid. Betreffende wetgeving en beleid zijn benoemd in paragraaf 3.1.

Van alle onderzoeksalternatieven wordt een risicoprofiel opgesteld om na te gaan of de projectdoelstellingen technisch haalbaar zijn. Dit wordt gedaan aan de hand van de technische uitgangspunten voor een 380kV-hoogspanningslijn. Met hoogspanningslijn wordt een bovengrondse verbinding aangeduid, een verbinding met masten en geleiders. Indien gesproken wordt over een hoogspanningsverbinding kan dit zowel een bovengrondse lijn als een ondergrondse kabel inhouden. Een hoogspanningsverbinding kan ook bestaan uit een gedeelte bovengrondse lijn met een gedeelte ondergrondse kabel. Een nieuwe 380kV-verbinding wordt in principe bovengronds aangelegd. De uitgangspunten voor een 380kV-hoogspanningslijn worden toegelicht in paragraaf 3.2. Als onderzoeksalternatieven voldoen aan de uitgangspunten zullen de technische risico's op het niet kunnen voldoen aan de projectdoelstellingen gering zijn omdat de standaarden leiden tot een degelijk en betrouwbaar ontwerp.

Indien van deze criteria moet worden afgeweken zal dit effect hebben op het risicoprofiel van de verbinding. De implicaties van verschillende afwijkingen worden beschreven in paragraaf 3.3.

#### 3.1 Wetgeving en beleid

Het is de wettelijke plicht van TenneT om te zorgen voor een veilige en betrouwbare energievoorziening. Hieruit volgt dat er streng wordt beoordeeld op de criteria die de veiligheid of de betrouwbaarheid zouden kunnen aantasten. Nagenoeg alle wettelijke kaders en TenneT beleidsdocumenten hebben hier mee te maken.

Onderstaand overzicht toont belangrijke beleidsdocumenten en eventueel een korte toelichting op de relevantie voor dit project. Daar waar uitgangspunten onderling strijdig zijn, geldt de volgende rangorde:

- 1 wettelijke bepalingen (waaronder Bouwbesluit / NEN / NEN-EN-normen, Constructieve veiligheid);
- 2 Energiewet en de Netcode elektriciteit van de Autoriteit Consument en Markt (Besluit 21 april 2016 met de wijzigingen van 19 april 2024).
- 3 Programma Energiehoofdstructuur (PEH, maart 2024).

## 3.2 Uitgangspunten (net)techniek

Voor zowel hoogspanningslijnen als voor stations wordt sterk ingezet op standaardisatie. Hiermee ontstaan verschillende voordelen waaronder een ontwerp dat goed zal presteren op het gebied van leveringszekerheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid. Met standaarden kan ook een korte doorlooptijd worden bereikt en een betere communicatie met betrekking tot de visualisatie van de ontwerp oplossingen. Deze paragraaf bevat de technische uitgangspunten inzake de voorgeschreven standaard oplossing.

Voor de uitgangspunten van nieuwe 380kV-hoogspanningsstations is de betreffende informatie, inclusief technische uitgangspunten, te vinden op de website: <https://www.tennet.eu/nl/modulair-bouwen>.

Voor de 380kV-hoogspanningsverbindingen is de betreffende informatie te vinden op de website: <https://www.tennet.eu/nl/nieuws/tennet-kiest-nieuwe-standaard-hoogspanningsmast>.

Het vervolg van de paragraaf is als volgt opgebouwd: eerst worden de technische uitgangspunten met betrekking tot de hoofdcomponenten en de standaard configuratie van de verbinding toegelicht, zoals de standaarden voor het traceren van de verbinding (paragraaf 3.2.1 en 3.2.2) en het vakwerkmasttype en de geleiders (paragraaf 3.2.3). Hierna worden de uitgangspunten in specifieke situaties toegelicht, zoals het kruisen van een andere hoogspanningsverbinding of groot infrastructureel object, traceren over water en veiligheid (paragraaf 3.2.4, 3.2.5 en 3.2.6). De beschouwde tracédelen kunnen niet altijd aan alle uitgangspunten voldoen. In paragraaf 3.3 zijn de consequenties beschreven van een aantal specifieke afwijkingen van de uitgangspunten.

De volgende basisuitgangspunten zijn van toepassing op de te realiseren 380kV-hoogspanningsverbinding:

- systeemspanning: 380kV;
- uitvoering verbinding: bovengrondse hoogspanningslijn met vakwerkmasten en dubbel circuit;
- capaciteit per circuit: 4kA continu-stroom;
- levensduur 50 jaar

### 3.2.1 Uitgangspunten tracering

Het uitgangspunt bij een 380kV-hoogspanningsverbinding is dat deze wordt uitgevoerd als een bovengrondse hoogspanningslijn met Moldau vakwerkmasten. Hierbij voldoet het tracé zoveel als mogelijk aan de onderstaande uitgangspunten:

- de tracés van de verschillende verbindingen worden op voldoende afstand van elkaar geplaatst. Dit principe wordt nader toegelicht in paragraaf 3.2.2;
- er wordt zoveel mogelijk in rechte lijnen getraceerd met een bij voorkeur zo kort mogelijke tracélengte;
- bij voorkeur bevindt zich geen bebouwing of infrastructuur binnen de zakelijk recht strook (ZRO strook). Dit is een streven en in het later op te stellen ontwerp dient dit nader bekeken te worden;
- het tracé dient voldoende afstand te houden tot externe infrastructuur met als doel de beïnvloeding op en van deze infrastructuur te beperken. Zie paragraaf 3.3.6 voor meer informatie;

- de afstand tussen twee masten, de zogenaamde veldlengte, wordt zoveel mogelijk constant van lengte gehouden. De als standaard aangehouden Moldau masten hebben een veldlengte tot 400 meter, welke gebruikt zal worden voor tracering. Het verschil in veldlengte tussen twee aangrenzende velden dient beperkt te blijven tot 10% van het grootste veld;
- bij het kruisen van wegen en obstakels met beperkte hoogte zoals struiken en afrastering voldoet een standaard Moldau mast met een hoogte tussen de 55 en 65 meter en een standaard veldlengte. Afhankelijk van de te kruisen infrastructuur of objecten kan voor een ander (meestal hoger) mastwerktype binnen dezelfde mastenfamilie worden gekozen. Sterk verhoogde masten (>10m hoger) dienen als paar - met gelijke hoogte - te worden geplaatst aan weerszijden van het te kruisen object. Ook kan een afwijkende veldlengte worden aangehouden wanneer sterk verhoogde masten worden gebruikt bij waterkruisingen. Kruisingen met andere hoogspanningslijnen wordt beschreven in paragraaf 3.2.4.

Hiernaast zijn de volgende constructieve uitgangspunten van toepassing op de hoogspanningsverbinding:

- bij lijnhoeken (waar het tracé van richting verandert) dient een hoekmast te worden toegepast.;
- een afspanmast is in principe een hoekmast zonder lijnhoek, die in staat is om geleiders met een verschil in trekkracht vast te houden;
- de maximaal toelaatbare hoek in een tracé is 120 graden (recht door is 180 graden). Bij scherpere hoeken moeten twee hoekmasten achter elkaar worden toegepast of kan er in bijzondere gevallen een special ontworpen worden;
- een fasewisseling van de geleiders dient te worden toegepast op afspanmasten waarbij de lijnhoek varieert tussen de 140 graden en 180 graden;
- de benodigde vrije ruimte achter een hoekmast (in de lijnrichting) voor het intrekken van de geleiders is drie keer de betreffende masthoogte. Voor een standaard hoekmast van de Moldau mastfamilie is dit minimaal 150 meter. Als er minder ruimte beschikbaar is moeten er tijdelijke constructieve maatregelen worden aangebracht om de verhoogde belasting op de traversen op te vangen.

### 3.2.2 Geografische spreiding en omvalcriterium

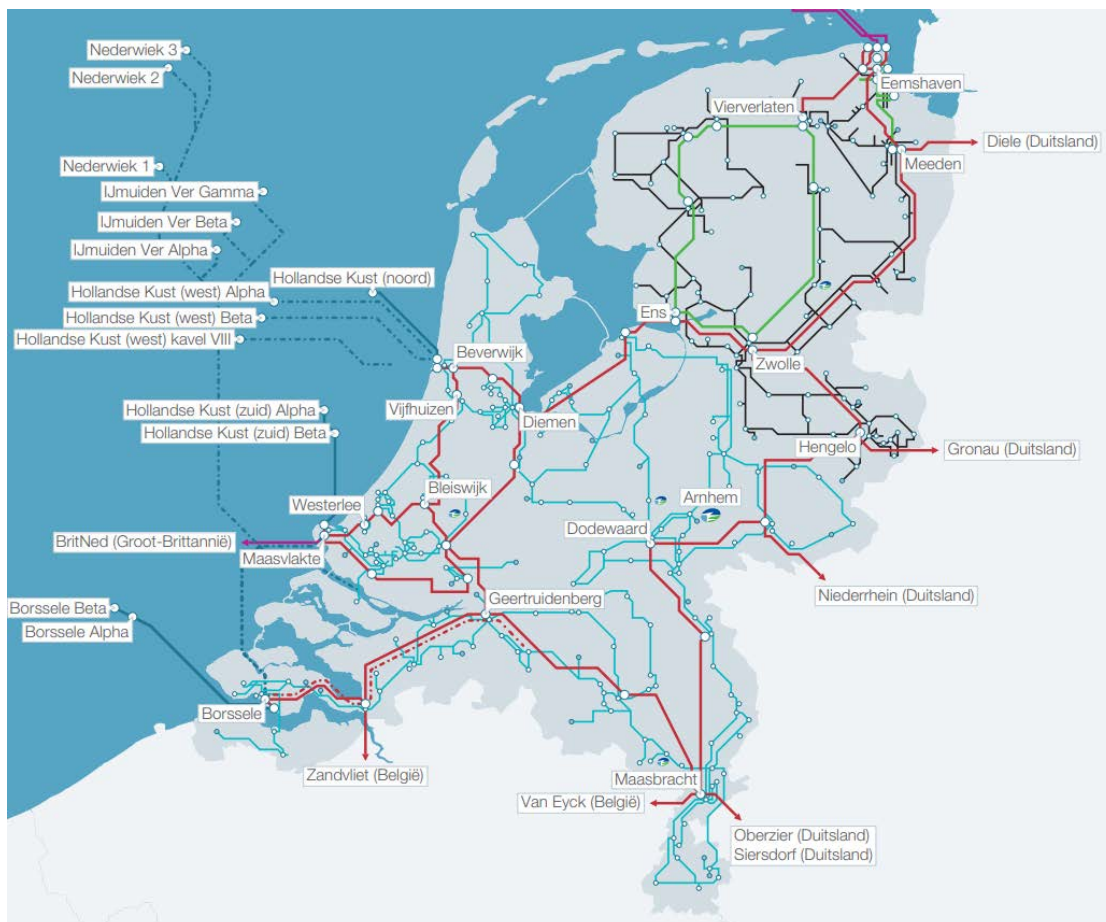
In verband met leveringszekerheid is het belangrijk dat een calamiteit in een 380kV-verbinding geen nadelig effect heeft op een andere 380kV-verbinding. Om het risico van een dubbele calamiteit te verminderen moeten de tracés van de verschillende verbindingen op voldoende afstand tot elkaar worden geplaatst. Het op deze manier voorkomen van mechanische beïnvloeding heet het omvalcriterium (valbereik).

Geografische spreiding is de spreiding van hoogspanningsverbindingen door het landschap. Dit wordt bekeken op het niveau van het totale elektriciteitsnet. In dit project is de geografische spreiding met name kritisch rondom stations of plekken waar veel verschillende verbindingen samenkomen.

In het geval van een natuurramp of een aanslag is de gewenste afstand om te voldoen aan de geografische spreiding zeker groter dan het valbereik. Het niet voldoen aan de geografische spreiding kan grote gevolgen hebben voor de leveringszekerheid. Niet alleen voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk, maar ook voor het Europese net.

In het Programma Energiehoofdstructuur staat dit als volgt verwoord: *“Zo is het, vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese energievoorziening, onaanvaardbaar om delen van de landelijke ring te combineren met een nieuwe 380kV-verbinding (in dat geval zou een 4-circuit verbinding met een spanning van 220kV of hoger ontstaan). Een complete onderbreking van zulke 4-circuitverbindingen kan namelijk leiden tot cascade-effecten binnen het Nederlandse en zelfs het Europese net.”*

In onderstaande figuur staat de Nederlandse netkaart. De verbindingen in het 380kV-net zijn cruciaal en in verband met de leveringszekerheid mogen de lijndelen niet in elkaars invloedssfeer vallen. Met name bij de hoogspanningsstations waar lijnen samenkomen en tussen Ens en Zwolle (waar een cluster aan hoogspanningslijnen gaat ontstaan) is dit een aandachtsgebied.



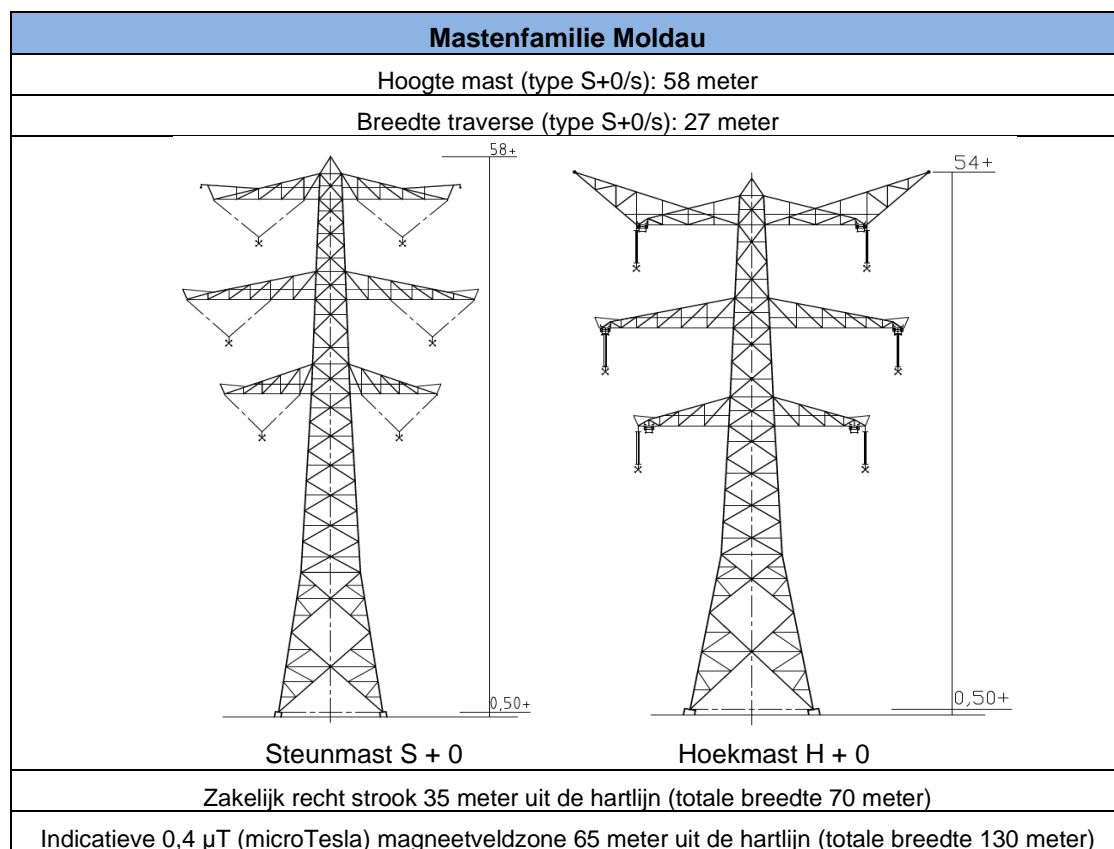
Figuur 3-1: Nederlandse Netkaart. 380kV is rood, 220kV is groen, 150kV is blauw en 110kV is zwart

### 3.2.3 Masttype Moldau

In het verleden zijn in Nederland verschillende masttypen toegepast voor een bovengrondse 380kV-hoogspanningsverbinding. Uit recent onderzoek is echter gebleken dat de recent ontwikkelde Moldau vakwerkmast het beste aan alle huidige eisen met betrekking tot magneetvelden voldoet. Hier is het voorzorgsbeleid voor magneetvelden van het KGG leidend in geweest. Met de Moldau masten kan een magneetveldzone gerealiseerd worden zo smal als redelijkerwijs mogelijk is. Dit zorgt voor zo min mogelijk gevoelige bestemmingen binnen deze magneetveldzone.

Daarom is er als nieuwe standaardmast binnen TenneT gekozen voor dit type en is het uitgangpunt voor de verbinding Diemen-Ens ook de Moldau mast, zie ook <https://www.tennet.eu/nl/nieuws/tennet-kiest-nieuwe-standaard-hoogspanningsmast>. De volgende uitgangspunten zijn hieraan gekoppeld:

- binnen de hoogspanningslijnverbinding dient vanwege zowel elektrotechnische als esthetische redenen één mastfamilie te worden toegepast. De elektrotechnische reden wordt toegelicht in paragraaf 3.3.7;
  - in de onderstaande afbeelding zijn de meest voorkomende Moldau masten afgebeeld inclusief maatvoering met betrekking tot de benodigde zakelijk recht strook en magneetveldzone.
- De mastenfamilie Moldau bestaat uit meerdere masten met verschillende hoogtes en verschillende typen zoals steunmast, hoekmast, eindmast, afspanmast en wisselmast.



Figuur 3-2: Karakteristieke gegevens van het Moldau masttype. Naast deze standaarden zijn ook masten met afwijkende hoogtes beschikbaar.

*NB: De definitieve ZRO breedte is nog niet bepaald en hangt van meerdere factoren af, waaronder het windgebied waarin de Hoogspanningslijn zich bevindt. Bij de normcommissie ligt nog een voorstel voor het aanpassen van de winddruk waardoor de uitzwaai van de geleiders groter wordt. Dat zou maatgevend kunnen zijn voor de definitieve ZRO breedte. Om deze reden wordt voor alle projecten 2x 35 meter aangehouden.*

*NB: bij de standaardmast (Moldau) wordt voor alle projecten 2x 65 meter aangehouden als indicatieve magneetveldzonebreedte. Als het tracé en alle mastlocaties en masthoogtes definitief zijn, zal de definitieve specifieke magneetveldzone worden berekend. De specifieke magneetveldzone is uiteindelijk bepalend bij het vaststellen of een woning of andere gevoelige bestemming zich in de magneetveldzone bevindt.*

### 3.2.4 Interactie met andere hoogspanningsverbindingen

Vanwege het belang van de 380kV-hoogspanningsverbinding voor de landelijke elektriciteitsvoorziening gelden de volgende uitgangspunten voor interactie met andere hoogspanningsverbindingen, waaronder kruisingen:

- de 380kV-verbinding wordt in principe bovengronds aangelegd. Het ondergronds uitvoeren (aanleg met kabels) van de 380kV-hoogspanningsverbinding is niet wenselijk. Zie ook: <https://www.tennet.eu/nl/aanleg-380kv-verbindingen-bovengronds>. (On)mogelijkheden tot afwijken van dit uitgangspunt worden toegelicht in paragraaf 3.3.1;
- een bovengrondse kruising met een bestaande 380kV-hoogspanningslijn dient voorkomen te worden in verband met de leveringszekerheid. Een kruising tussen de 380kV-hoogspanningslijn en een ondergrondse hoogspanningskabel is wel toegestaan. (On)mogelijkheden met betrekking tot dit uitgangspunt worden toegelicht in paragraaf 3.3.3;
- een bovengrondse kruising met een bestaande 150kV-hoogspanningslijn dient zo veel mogelijk voorkomen te worden. Een kruising tussen de 380kV-hoogspanningslijn en een 150kV hoogspanningslijn is, indien onvermijdbaar, wel toegestaan. Met name vanwege risico's voor de veiligheid verdient het in dit geval echter de voorkeur om (een zo kort mogelijk deel van) de betreffende 150kV-lijn te verkabelen, mits dit nettechnisch mogelijk is. De overige (on)mogelijkheden met betrekking tot dit uitgangspunt worden toegelicht in paragraaf 3.3.4;
- het uitgangspunt is om zoveel als mogelijk de bestaande infrastructuur (zoals 150kV-hoogspanningsverbindingen) te handhaven, om mogelijke negatieve impact op het elektriciteitssysteem en hoge maatschappelijke kosten te vermijden. In paragraaf 3.3.4 wordt toegelicht wat de (on)mogelijkheden zijn bij een kruising met een 150kV-verbinding;
- bij parallelloop tussen twee hoogspanningslijnen dient er 130% van de hoogte van de mast (dit komt neer op 75 meter voor een standaardmast, afgerond naar boven: 80 meter) "hart op hart" afstand gehouden te worden, dit is het valbereik (omvalcriterium) van de masten. Deze eis geldt niet voor de eerste mast vanaf een hoogspanningsstation;
- het combineren van meerdere spanningsniveaus op één (vakwerk)mast, bijvoorbeeld 380kV met 150kV, is in beginsel mogelijk indien dat is toegestaan vanuit een betrouwbare elektriciteitsvoorziening (zie PEH paragraaf 6.3.2). Er kleven wel nadelen aan, met name gezien de risico's voor de technische haalbaarheid in verband met de sterke onderlinge elektromagnetische beïnvloeding, daarnaast heeft het complexere onderhoud gevolgen voor netzekerheid. Mede door deze nadelen bestaat er op dit moment geen standaard gecombineerde mast. Voor verdere toelichting, zie paragraaf 3.3.7.3.

- en, in het onderhavige geval dat de bestaande 380kV verbinding wordt uitgebreid met een parallelle nieuwe 380kV verbinding en er dus ook elektrisch sprake is van 'parallellloop', moet ook de bestaande verbinding hiervoor geschikt worden gemaakt. Wat in dit geval o.a. betekent dat er transpositiemasten moeten worden geplaatst en dat de grotere nominaal- en kortsluitstroom kan worden gevoerd, waardoor ook het EMC-milieu van de bestaande verbinding opnieuw moet worden beschouwd. NB. Dit geldt voor alle tracé-alternatieven van de nieuwe verbinding.

### 3.2.5 Kruisingen met infrastructuur en traceren over water

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing bij kruisingen met infrastructuur en traceren over water:

- water(wegen), een spoorlijn of andere infrastructuur moet zo haaks mogelijk gekruist worden;
- de lengte van het tracé over water dient zo kort mogelijk te zijn. Bij kruisingen van brede waterwegen waar zeilschepen varen en de randmeren wordt uitgegaan van een vrije doorvaarthoogte van 40 meter. Dit is de 30 meter vrije doorvaarthoogte die Rijkswaterstaat aanhoudt, plus 5 meter om de veiligheid te garanderen en 5 meter om toekomstige ontwikkelingen (bijvoorbeeld het verhogen van de waterstand) te faciliteren. Het gebied van de recreatievaart loopt van oever tot oever en beperkt zich niet alleen tot de vaargeul;
- de beschermingszones van de dijken zijn in het algemeen opgedeeld in de kernzone en de beschermingszone. TenneT en het waterschap staan geen assets in de kernzone van een (primaire) waterkering toe. Daarnaast heeft TenneT de wens om de beschermingszone te vermijden, om eventuele technische risico's en lange vergunningsprocedures te vermijden. In paragraaf 3.3.5 worden mogelijke implicaties van traceren over water toegelicht;
- bij raakvlak met het spoor moeten de uitgangspunten zoals genoemd in de RLN Quickscan (zie toelichting in paragraaf 3.3.6) aangehouden worden;
- de afstand tot windturbines hangt af van de tiphoogte van de windturbine en de werpafstand van de wieken bij nominaal toerental. Gezien de vroege fase van dit project wordt een indicatieve afstand van 250 meter aangehouden ten opzichte van windturbines.

### 3.2.6 Veiligheid

Met betrekking tot veiligheid moeten alle ontwerpen voldoen aan de geldende regelgeving en normen en de constructies moeten veilig te realiseren én te onderhouden zijn. Het thema veiligheid komt voor in verschillende domeinen: elektrische, constructieve, nautische, water, externe (afstand tot spanningvoerende delen), en ARBO veiligheid. Ten aanzien van bouwactiviteiten en onderhoud zijn de ARBO veiligheidsaspecten bepalend. Hiervoor geldt de arbeidshygiënische strategie conform de arbeidsomstandighedenwet. Bij het beheersen van de risico's (nemen van maatregelen) dient het uitgangspunt te zijn: Het voorkomen en beperken van blootstelling aan risico's door maatregelen te nemen zo dicht mogelijk bij de bron. Een belangrijke ontwerpnorm hiervoor is NEN50341.

In alle fasen van het project worden risico-inventarisaties gehouden en worden risico-mitigerende maatregelen gedefinieerd, zeker op het gebied van veiligheid. Zie voor dit onderwerp ook het thematisch deelrapport externe veiligheid (deelrapport plan-MER), waarin milieueffecten van externe veiligheid zijn opgenomen. Een aantal aspecten waarin veiligheid een component vormt wordt in deze paragraaf behandeld.

### **Veiligheid voor mensen**

De veiligheid van mensen in de buurt van hoogspanningslijnen en hoogspanningsstations valt binnen dit kader. Het ontwerp voorziet erin dat er voldoende afstand is tot spanningvoerende onderdelen van de hoogspanningslijn en dat aanbevelingen voor de limieten van de van magneetvelden en elektrische velden voor publiek en beroepsbevolking niet wordt overschreden.

Daarnaast volgt TenneT het voorzorgsbeleid met betrekking tot magneetvelden. Dit beleid streeft ernaar langdurige blootstelling van burgers (volwassenen en kinderen) aan magneetvelden, afkomstig van de elektriciteitsinfrastructuur, zoveel mogelijk te voorkomen. Het recente beleid van 2023 verplicht TenneT tot het nemen van proportionele maatregelen op alle aspecten van het elektriciteitsnet, waaronder bovengrondse hoogspanningslijnen, ondergrondse hoogspanningskabels en hoogspanningsstations, met als doel het verminderen van magneetveldsterkte. TenneT volgt hierbij volledig de richtlijnen van het RIVM met betrekking tot hoogspanningslijnen, -kabels en -stations. De effecten betreffende magneetvelden zijn beschreven in het mer-rapport.

Een ander cruciaal aspect betreft aanraakspanning op metaalhoudende constructies en leidingen, dat is elektrische spanning die kan worden gevoeld als een object wordt aangeraakt. Deze spanning, die veroorzaakt kan worden door hoogspanningsinfrastructuur, moet binnen veilige grenswaarden blijven tijdens alle omstandigheden van het elektriciteitstransport. Deze veiligheidseis geldt dus ook in het geval van onverhoopte kortsluiting in het net.

Het waarborgen van een veilige situatie voor mensen gedurende zowel de realisatie als de bedrijfsvoering van een hoogspanningslijn staat buiten kijf. Alle ontwerpen en tracévarianten dienen te voldoen aan de veiligheidseisen.

### **Masten in het water**

In alle tracévarianten moeten waterpartijen worden gekruist en masten in het water zijn daarmee onvermijdelijk. Vanwege de doorgang van scheepvaart zullen deze masten hoog zijn en met betrekking tot realisatie en onderhoud geeft dit een extra veiligheidsrisico. Er is een risico met betrekking tot nautische veiligheid in verband met de scheepvaart. Ook is er een risico voor de waterveiligheid met betrekking tot de primaire keringen. Meer informatie over een hoogspanningslijn over het water is te vinden in paragraaf 3.3.5.

### **Veiligheid met betrekking tot andere infrastructuur**

Bij de tracering van de hoogspanningsverbinding wordt gestreefd naar een veilige afstand tot windturbines. Hiertoe worden in het ontwerp de richtlijnen gevolgd, waarbij de afstand tot de windturbines afhangt van de tiphoogte van de windturbine en de veiligheidsafstand ten aanzien van de werpafstand van de wieken bij nominaal toerental. In deze fase in het project wordt een indicatieve afstand van 250 meter aangehouden ten opzichte van windturbines. In Flevoland, Overijssel en de Noordoostpolder is dit niet altijd mogelijk. Er zal bepaald moeten worden of de risico's acceptabel zijn of dat windturbines moeten worden uitgekocht aangezien mitigerende maatregelen voor dergelijke infrastructuur in het ontwerp van TenneT beperkt zijn.

In Flevoland, Gelderland en Overijssel zijn er laagvlieggebieden van defensie. In een gebied waar oefeningen worden gehouden met laag vliegen is er een potentieel risico op een conflict met de hoogspanningslijn. De gebieden waar regelmatig op lage hoogte wordt gevlogen zijn in kaart gebracht en beschreven in deelrapport IEA omgeving en bij de tracering worden deze bij voorkeur gemedend.

Afstand tot buisleiding gevaarlijke stoffen en hogedrukgasleidingen is gewenst om de beschikbaarheid van de hoogspanningsverbinding zeker te stellen bij een calamiteit in deze buisleidingen. Zo is ook afstand tussen hoogspanningsmasten en een grote waterleiding gewenst om het risico van het wegspoelen van zand onder een mastfundering bij een leidingbreuk uit te sluiten. Tevens dient voorkomen te worden dat als gevolg van de locatie van de nieuwe hoogspanningsmasten het plaatsgebonden risico van buisleidingen de toegestane grenswaarde zal overschrijden. Een hoogspanningsmast kan omvallen en hierdoor de buisleiding beschadigen. Om dit risico te voorkomen dient minimaal de valafstand te worden aangehouden: het zgn. omvalcriterium. Buiten het valbereik van de masten is het zeker dat een buisleiding niet wordt geraakt. Binnen het valbereik zal een complex aanvullend onderzoek nodig zijn. Het omvalcriterium is afhankelijk van de masthoogte en bedraagt 130% van de hoogte van de mast: dit komt neer op ca. 75 meter voor een standaardmast van 58 meter hoogte. Voor verhoogde masten zal dit dus meer zijn. Het gaat dan vooral om bijvoorbeeld buisleidingen voor gas onder hoge druk of gevaarlijke inhoud. Een aandachtspunt voor de volgende fase is de overige aanwezige ondergrondse infrastructuur, zoals laagspanningskabels en overige leidingen. Naar verwachting zijn mitigerende maatregelen voor de conflicten met deze ondergrondse infrastructuur goed technisch oplosbaar.

### 3.3 Gevolgen bij afwijkingen van de uitgangspunten

In bovenstaande paragraaf staan algemene uitgangspunten die niet overal toepasbaar zijn. In deze paragraaf wordt nader ingegaan op een aantal afwijkingen van deze uitgangspunten en de gevolgen hiervan. Dit kunnen ontwerp oplossingen zijn die van invloed kunnen zijn op beschikbaarheid en leveringszekerheid van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Tevens wordt aandacht besteed aan constructieve en elektrische veiligheid en aan beïnvloeding van externe infrastructuur.

#### 3.3.1 Gevolgen ondergronds kabeldeel

In onderstaande tekst (in cursieve tekst op het einde van deze paragraaf) is het TenneT standpunt met betrekking tot kabels in het 380kV-net verwoord. De conclusie luidt: TenneT legt in principe nieuwe 380kV-verbindingen alleen bovengronds aan, met masten en lijnen. Alleen in uitzonderlijke gevallen, wanneer er geen ander alternatief mogelijk is, wordt onderzocht of het gebruik van een korte ondergrondse verbinding verantwoord is. Deze conclusie sluit aan op het PEH, Programma Energiehoofdstructuur die leidend is, paragraaf 6.3.2.

Het uitgangspunt voor de lijnverbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens betreft twee bovengrondse circuits met een capaciteit van 4.000 Ampère continu per circuit. De toepassing van een ondergronds kabeldeel in deze verbinding wordt beoordeeld als een zeer hoog risico voor de leveringszekerheid, mede vanwege de gereduceerde betrouwbaarheid, lange reparatietijden en lagere transportcapaciteit. Verder zijn er hogere

maatschappelijke kosten, kabels zijn beduidend duurder in vergelijking met een bovengrondse lijn.

Bij toepassing van horizontaal gestuurde boringen ligt de transportcapaciteit in de buurt liggen van 3.200 Ampère continu per circuit. Een mitigerende maatregel zou kunnen zijn om een dynamisch profiel te accepteren. Dit zou betekenen dat er gedurende vastgestelde tijdsblokken (bijvoorbeeld 's nachts) een lagere belasting mogelijk is, om mogelijk tijdelijk (bijvoorbeeld overdag) wel 4.000 Ampère toelaatbaar te maken. Voorwaarde om deze maatregel te kunnen toepassen, is dat er gebruik gemaakt kan worden van het verschil tussen een hoge dagbelasting en een lage nachtbelasting.

Vanwege de netstabiliteit en de spanningskwaliteit is de lengte van het kabeltracé tussen twee stations beperkt. De risico's nemen toe met de lengte van de kabels. Het hangt van de netsituatie af welke lengte aanvaardbaar is. Om dit te bepalen is een onderzoek nodig op het niveau van het hoogspanningsnet. In dat onderzoek worden meerdere aspecten getoetst. In hoofdstuk 5 komen deze aspecten aan bod.

Tot slot zijn bij de overgang van kabels naar de bovengrondse lijn en andersom opstijpunten nodig. In hoofdstuk 8 (begrippen en afkortingen) is meer informatie opgenomen over een opstijpunt en is een afbeelding toegevoegd uit een ander project. Voor deze opstijpunten en voor de aanleg van kabels moet voldoende ruimte aanwezig zijn.

***Betrouwbare 220 / 380kilovolt hoogspanningsverbindingen zijn cruciaal voor de leveringszekerheid van het landelijke hoogspanningsnet***

*Hoogspanningslijnen van 220 / 380 kilovolt (kV) wisselstroom zijn de zwaarste en grootste hoogspanningsverbindingen in Nederland. Via deze hoogspanningsverbindingen vindt grootschalig vermogenstransport plaats van elektriciteit die in binnen- en buitenland wordt opgewekt en getransporteerd wordt naar regionale netwerken met lagere spanningsniveaus. De 220 / 380kV-hoogspanningsverbinding zorgen hiermee voor transporten op (inter)nationaal niveau.*

*Met een netbeschikbaarheid van 99,99993% (in 2023) is het Nederlandse hoogspanningsnet zeer robuust en betrouwbaar, een onmisbare pijler onder onze welvaart. TenneT heeft als netbeheerder de wettelijke taak om de veiligheid en betrouwbaarheid van de netten en het transport van elektriciteit over het net op de meest doelmatige wijze te waarborgen. Het waarborgen van de betrouwbaarheid wordt in de toekomst ook steeds belangrijker, onder andere door de grootschalige ontwikkelingen van hernieuwbare energie opgewekt door windparken op de Noordzee. De huidige energietransitie leidt tot een verdubbeling of zelfs verdriedubbeling van de elektriciteitsvraag en daarmee ook naar de transportcapaciteit van het net. Grootschalige uitbreidingen van het elektriciteitsnet op land zijn nodig. Betrouwbare, nieuwe 220 / 380kV-verbindingen met de gestandaardiseerde hoogste transportcapaciteit zijn hierbij noodzakelijk.*

*Niet alleen op nationaal niveau is een betrouwbaar 220 / 380kV-netwerk van belang, ook op Europees niveau worden betrouwbare 220 / 380kV-hoogspanningsverbindingen steeds belangrijker. De Europese energiemarkt raakt steeds meer met elkaar verbonden, zodat elektriciteit altijd beschikbaar is tegen een prijs die zo concurrerend mogelijk is. Een sterk en robuust Europees netwerk is tevens noodzakelijk om grootschalige opwekking van duurzame energie in te passen in het kader van de Europese doelen om in 2050 CO<sub>2</sub> neutraal te zijn. De EU verordening 2019/943 (betreffende de interne markt voor elektriciteit) ligt hieraan ten grondslag.*

*Een belangrijk nadeel van een ondergrondse 220 / 380kV-hoogspanningsverbinding is dat deze de betrouwbaarheid van een verbinding aantast. Het PEH is hierin leidend en vandaar dat TenneT zeer terughoudend is in het toepassen van ondergrondse hoogspanningsverbindingen binnen het 220 / 380kV-hoogspanningsnetwerk. In de hiernavolgende paragraaf worden de nadelige gevolgen van ondergrondse verbindingen nader toegelicht.*

### **Redenen waarom 220 / 380kV-verbindingen bovengronds worden aangelegd**

*Ondergrondse hoogspanningsverbindingen worden in Nederland veelvuldig toegepast. Dat gebeurt echter vooral op lagere spanningsniveaus van 110 en 150kV. Nieuwe 110 en 150kV-verbindingen worden in beginsel ondergronds aangelegd. Bestaande bovengrondse 110 en 150kV-verbindingen blijven bij vervanging, opwaardering of aanpassing in beginsel bovengronds. De nadelige effecten op het netwerk, denk aan spanningshuishouding (blindvermogen) en spanningskwaliteit (harmonische vervuiling), zijn op dit spanningsniveau kleiner en daarom goed te mitigeren. Op de spanningsniveaus van 220 en 380kV leveren kabels aanzienlijk grotere problemen op waardoor verbindingen op deze spanningsniveaus in beginsel bovengronds worden aangelegd. In het hiernavolgende worden de achterliggende redenen van dit uitgangspunt nader toegelicht.*

*Daarbij wordt achtereenvolgens ingegaan op de volgende kenmerken van kabels:*

- *kabels hebben een lagere stroombelastbaarheid bij toepassing van maximaal 2 kabels per fase;*
- *kabels beïnvloeden het systeemgedrag en stabiliteit van het net negatief;*
- *kabels hebben grotere faalkansen;*
- *de hersteltijd bij storingen van kabels is langer;*
- *kabels kunnen leiden tot schadelijke overspanningen.*

### **Kabels hebben een lagere stroombelastbaarheid**

*Transport van elektriciteit vindt plaats door de zogenaamde geleiders. Dit zijn de 'lijnen' die hangen in hoogspanningsmasten of de 'kabels' die in de grond liggen. In geleiders waar stroom door heen loopt treden verliezen op. Dit uit zich in de vorm van warmte. Als de warmteontwikkeling te groot is kunnen lijn of kabel falen. Het is daarom belangrijk dat de warmteontwikkeling binnen de grenzen blijft van wat toelaatbaar is. De maximale belasting van de geleiders wordt hierop afgestemd.*

*Het grote voordeel van geleiders die in masten hangen is dat deze door de lucht worden geïsoleerd en gekoeld. Koeling door langsstromende lucht (wind) is over het algemeen een zeer effectieve manier van koelen. Geleiders die onder de grond liggen moeten elektrisch geïsoleerd worden van de omringende grond. Daarom zijn deze geleiders 'ingepakt' met een isolatiemateriaal van kunststof, een metaalmantel en een mechanische kunststof bescherming aan de buitenkant van de kabel. Deze kabels kunnen hierdoor hun warmte minder makkelijk kwijt dan geleiders die in de lucht hangen. Het gevolg is dat kabels minder stroom per mm<sup>2</sup> kunnen voeren. Om dezelfde transportcapaciteit te verkrijgen als een bovengrondse 380/220kV-verbinding (4000 A continu) zijn meerdere parallelle kabels per fase nodig, uiteindelijk meer dan op basis van een risicoafweging acceptabel is.*

*Op spanningsniveaus van 110 / 150kV kan in veel gevallen de vereiste lokale transportcapaciteit met één kabel per fase gehaald worden, waarbij de warmteontwikkeling van de kabels binnen de toelaatbare grenzen gehouden kan worden.*

Hierdoor zijn de verschillen in transportcapaciteit tussen een boven- en ondergrondse verbinding op deze spanningsniveaus beperkt.

### **Kabels beïnvloeden het systeemgedrag en stabiliteit van het net negatief**

Kabels hebben een dikke kunststof isolatielaag die invloed heeft op het 'elektrisch gedrag' van een verbinding. Deze isolatielaag zorgt voor extra verliezen, er is namelijk extra stroom nodig om de kabel op spanning te houden, het zogenoemde blindvermogen. De productie van blindvermogen zorgt voor een spanningsverhoging. TenneT heeft als (wettelijke) kerntaak om het transport van elektriciteit zo ongestoord mogelijk plaats te laten vinden, afwijkingen in de hoogte van de operationele spanning moeten worden voorkomen. Om de productie van blindvermogen door een kabel te compenseren zijn compensatiemiddelen (spoelen) nodig die op hoogspanningsstations geplaatst worden. Op systeemniveau werken de kabels en hun compensatiemiddelen in op het net als geheel en kunnen leiden tot afwijkingen in spannings- en frequentiegedrag. Deze afwijkingen kunnen weliswaar weer worden gecompenseerd of beter gezegd gestabiliseerd (middels filters), maar daarmee worden weer nieuwe elementen toegevoegd, die op hun beurt weer invloed uitoefenen op het netsysteem. Al deze extra elementen, die nodig zijn bij de introductie van (meer) kabels in het landelijk netwerk, maken dat het steeds lastiger wordt om de spanning (220 / 380kV) en de frequentie (50 Hz) stabiel te houden.

De nadelige gevolgen van blindvermogen spelen ook een rol bij lagere spanningsniveaus, maar in mindere mate. De effecten zijn namelijk kwadratisch afhankelijk van het spanningsniveau. De nadelige gevolgen van de spanningsopbouw zijn op de spanningsniveaus van 110 / 150kV weliswaar kleiner, maar ook hier worden de effecten op de stabiliteit van het net, door het toenemend aandeel van kabels, steeds zichtbaarder.

### **Kabels hebben grotere faalkansen**

Storingen vinden zowel bij boven- als ondergrondse verbindingen plaats. In een bovengrondse verbinding hangen de geleiders open en bloot in de lucht. De (relatieve) eenvoud van een bovengrondse verbinding maakt ook dat er nauwelijks storingen optreden als gevolg van technisch falen. Als een storing optreedt heeft dat meestal een externe oorzaak, denk aan achterstallig onderhoud (snoeien) van bomen waardoor een tak te dicht bij een geleider onder spanning komt. Dit kan een overslag veroorzaken waardoor de tak meteen verbrandt. Het systeem is zo gemaakt dat tegelijk de geraakte geleider heel kort wordt uit- en weer ingeschakeld waardoor uiteindelijk de levering niet onderbroken wordt. De kans dat een bovengrondse verbinding als gevolg van technisch falen of een externe storingsoorzaak (bijvoorbeeld ijsgroei op de geleider, aanrijden door een kraan / landbouwmachine of dat een aantal masten omvalt door uitzonderlijk sterke windvlagen) permanent uitvalt is zeer klein.

Kabelverbindingen zijn complexer van aard door hun opbouw met kabel, eindsluitingen, moffen, compensatiemiddelen en aardingsvoorzieningen. Daardoor zijn ze in vergelijking met bovengrondse verbindingen gevoeliger voor storingen als gevolg van technisch falen. Hoewel door technologische ontwikkelingen kabels wel betrouwbaarder worden, blijven met name de eindsluitingen van kabelverbindingen (de overgang van kabelisolatie naar de open lucht) gevoelig voor storingen, deze overgang is lastig te beheersen bij hoge spanningen. Vooralsnog blijft het verschil in betrouwbaarheid tussen een ondergrondse kabel en bovengrondse lijn relatief groot. Naast technische aspecten kunnen storingen bij ondergrondse verbindingen ook ontstaan door factoren zoals graafwerkzaamheden of werking van de bodem. Hoewel dit soort storingen beperkt voorkomen zijn de gevolgen meestal groot. Dat komt doordat kabels in de grond geïsoleerd

moeten worden door een (kunststof) mantel. Schade aan de mantel leidt meestal tot kortsluiting en definitieve uitschakeling van de betreffende verbinding. De kans dat een ondergrondse verbinding als gevolg van een storing en/of externe factoren uitvalt is hierdoor groter dan bij een bovengrondse verbinding.

De beschreven risico's gelden ook voor kabels van een lager spanningsniveau. De gevolgen van het uitvallen van een verbinding van een lager spanningsniveau zijn echter aanzienlijk kleiner dan van het uitvallen van een 220 / 380kV-hoogspanningsverbinding. Via een 220 / 380kV-hoogspanningsverbinding worden veel grotere vermogens getransporteerd en wordt een groter gebied voorzien dan een 110 / 150kV- hoogspanningsverbinding.

### **De hersteltijd bij storingen van kabels is langer**

Zodra een storing optreedt is dit bij een ondergrondse kabel minder eenvoudig op te lossen dan bij een bovengrondse lijn. In een bovengrondse verbinding zijn storingen vaak eenvoudig en snel op te sporen en zijn reparaties relatief eenvoudig uit te voeren. Dat geldt niet voor verbindingen die ondergronds liggen, hier zijn reparaties lastiger uit te voeren. Dit komt bijvoorbeeld doordat er eerst graafwerkzaamheden moeten worden uitgevoerd voordat een defect kan worden opgespoord en opgelost. Kabelreparatie leidt eigenlijk altijd tot vervanging, dus een nieuw stuk kabel of een nieuwe eindaansluiting. Dergelijke werkzaamheden zijn ingewikkeld en kosten doorgaans veel tijd. In geval een kabel in een HDD-boring (Horizontal Directional Drilling) ligt, zijn de werkzaamheden vaak nog complexer. In de meeste gevallen moet de kabel dan in zijn geheel worden vervangen. Herstelwerkzaamheden kunnen hierdoor voor ondergrondse verbindingen meerdere dagen tot enkele weken in beslag nemen terwijl dit voor bovengrondse verbindingen vaak in één tot enkele dagen uitgevoerd kan worden.

In Nederland is het landelijk netwerk redundant uitgevoerd. In het 380/220kV-net zijn alle verbindingen minimaal met twee circuits uitgevoerd en nemen elkaars transport ononderbroken over bij uitval van een van de circuits. Door de ringstructuren in het 380/220kV-net kan het transport ook via andere wegen plaatsvinden. Dat betekent dat een storing of defect van een kabel of lijn niet tot stroomuitval zal leiden. Wel zorgt de storing of het defect voor een tijdelijk meer kwetsbare situatie in het net. Andere storingen kunnen nu mogelijk minder eenvoudig worden opgevangen. In het geval ook andere kabels of lijnen in dezelfde verbinding een storing vertonen of defect raken kunnen de gevolgen ernstiger zijn en tot stroomuitval leiden. Ook hier zijn de gevolgen van een dergelijke situatie in een 220 / 380kV-hoogspanningsverbinding, vanwege het belang van een 220 / 380kV-verbinding, ernstiger dan in een 110 / 150kV-hoogspanningsverbinding.

### **Kabels kunnen leiden tot schadelijke overspanningen**

In sommige gevallen, zoals bij schakelhandelingen in het net, kunnen er snelle spanningsveranderingen ontstaan. Kabels kunnen in dergelijke situaties spanningsveranderingen verder versterken als gevolg van resonantie. Resonantie is een opslinger verschijnsel dat in het net kan leiden tot overspanningen (spanning gaat omhoog). Die overspanningen kunnen beschadiging en/of uitval van de kabel en van netcomponenten op stations tot gevolg hebben en kunnen zo uiteindelijk tot een stroomstoring leiden.

Deze risico's gelden overigens ook voor de lagere spanningsniveaus. Ook hier geldt echter dat deze risico's toenemen met een stijgend spanningsniveau van een verbinding.

### 3.3.2 Bundelen van hoogspanningslijnen

Het bundelen van hoogspanningslijnen betekent dat twee of meerdere lijnen parallel lopen op een bepaalde afstand. Technisch levert dit geen problemen op mits voldaan wordt aan voldoende tussenafstand tussen de lijnen. Het criterium hierbij is het omvalcriterium. Voor de nieuwe 380kV-lijn wordt een indicatieve maat aangehouden van 80 meter tot een andere 380kV-lijn. De waarde van 80 meter is gekozen omdat de benodigde afstand 130% van de hoogte van de mast is, dit komt neer op 75 meter bij een standaard mast, waarbij het afgerond is naar boven om een veiligheidsmarge in te bouwen voor het geval masten hoger zijn dan de standaard. Deze tussenafstand dient niet alleen als fysieke veiligheidsafstand, maar is ook van belang voor de bereikbaarheid en onderhoudbaarheid. Bundeling met een 150kV-lijn kan ook aan de orde zijn. De minimale tussenafstand dient dan 50 meter te bedragen.

In de gebundelde tracés dienen de masten bij voorkeur zodanig geplaatst te worden dat deze voor beide lijnen 'in de pas' lopen, dat wil zeggen dat de masten van beide lijnen bij elkaar staan, op dezelfde hoogte. Technisch uitgedrukt houdt dit in dat de lengteassen van de traversen overeenkomen. Deze wens komt vanuit de inpassing in de omgeving en heeft geen technische achtergrond.

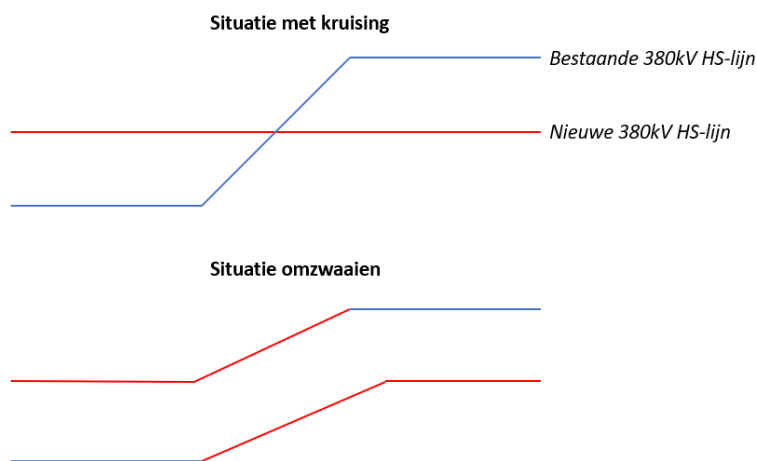
### 3.3.3 Kruising met bestaande 380kV-lijn

Een kruising met de bestaande 380kV-lijn is niet toegestaan in verband met de leveringszekerheid en de mogelijkheid tot het plegen van onderhoud als beide lijnen elkaar bovengronds kruisen. Er zijn een aantal oplossingsrichtingen die ook allen een aantal bezwaren hebben.

#### 3.3.3.1 Omzwaaien

Een optie waarbij een kruising wordt voorkomen, is het zogenaamde 'omzwaaien' van de nieuwe hoogspanningslijn met de bestaande hoogspanningslijn.

Het 'omzwaaien' van beide verbindingen is in Figuur 3-3 gevisualiseerd.



Figuur 3-3: Omzwaaien bestaande en nieuwe 380kV-verbinding.

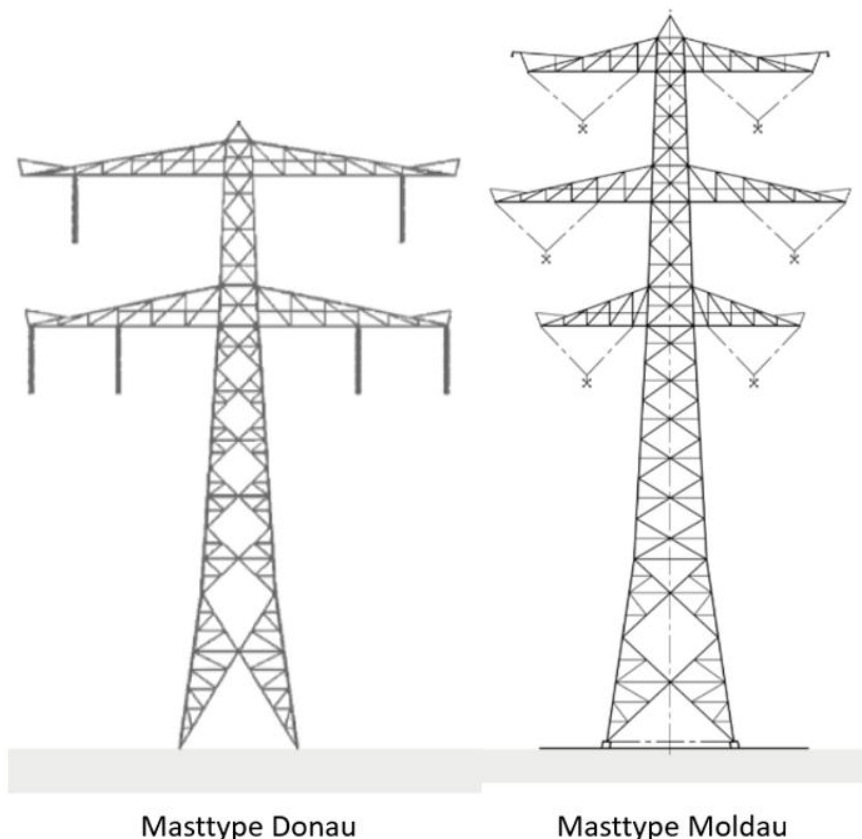
Bij het omzwaaien van verbindingen wordt de bestaande verbinding onderbroken. De nieuwe verbinding wordt gekoppeld aan de twee open einden van de onderbroken bestaande verbinding.

In het ontwerp moet dit worden ingepast, waarbij de masttypen (steunmasten en hoekmasten) en de mastposities moeten voldoen aan de TenneT ontwerpprincipes. In de praktijk kan dit inhouden dat de bestaande lijn over honderden meters moet worden aangepast. Dit principe kan alleen worden toegepast als de lijnen een verbinding vormen tussen dezelfde stations, bijvoorbeeld tussen 380kV-station Diemen en 380kV-station Lelystad.

Het zogenaamde 'omzwaaien' heeft een aantal technische consequenties:

**VNB's:** Voor het onderbreken of openknippen van de bestaande lijn zijn er VNB's (VNB = Voorziene Niet Beschikbaarheid, zie hoofdstuk Begrippen en Afkortingen) nodig nog voordat de nieuwe lijn in gebruik genomen kan worden. Gezien de hoge belasting van het net zijn de mogelijkheden voor het verkrijgen van VNB's beperkt, zeker indien de VNB duur lang is.

**Verschillende masttypen:** Met het omzwaaien ontstaan twee verschillende masttypes in de lijn. De bestaande hoogspanningslijn bestaat uit Donau masten en het gedeelte dat nieuw wordt gebouwd volgens de standaard bestaat uit Moldau masten (Figuur 3-4).



Figuur 3-4: Voorbeelden van steunmasten van het type Donau en Moldau.

- **asymmetrie:** Om de asymmetrie (ongelijkheid) van de spanningen op de drie geleiders binnen de eisen te houden die de overheid aan TenneT stelt, worden wisselmasten toegepast. Dat betekent dat een tracé in drie min of meer gelijke delen wordt verdeeld en dat in die drie delen de positie van de geleiders worden gewisseld/geoptimaliseerd. Op ongeveer 1/3-deel en 2/3-deel van het tracé komen zogenaamde wisselmasten waarin dat cyclisch wisselen van de fasegeleiders plaatsvindt. Dat wisselen van de fasegeleiders vindt altijd plaats in een hoekmast om de krachten op de masten die bij het wisselen van de fasen optreden op te kunnen vangen. Het omzwaaien van een bestaande en een nieuwe verbinding op een bepaalde plek zal nagenoeg altijd tot gevolg hebben dat de toegepaste verdeling van het tracé in drie delen teniet wordt gedaan en dat dit niet goed kan worden hersteld. Dit heeft als gevolg een niet-symmetrische verbinding en een grotere bijdrage aan de asymmetrie. Iedere bijdrage aan de asymmetrie vergroot het risico dat TenneT niet voldoet aan de eisen van de overheid met betrekking tot het voorzorgsbeleid voor magneetvelden. Het toepassen van Moldau-masten heeft echter een positieve invloed op het verbeteren van de magneetveldzone omdat deze hiervoor geoptimaliseerd zijn;
- **bescherming tegen bliksem en overspanningen:** Het is belangrijk dat alle isolatorkettingen in een verbinding gelijkwaardige bescherming bieden tegen bliksem- en overspanningen. Als er grote verschillen zijn tussen deze isolatorkettingen, kan het gebeuren dat bliksem inslaat op een fasegeleider bij het ene type mast, maar er geen overslag wordt veroorzaakt omdat de bliksemhoudspanning hoog genoeg is. De bliksempuls verspreidt zich dan over de geleiders. Wanneer er dan overgeschakeld wordt naar een ander masttype met een lagere bliksemhoudspanning, kan er wel overslag ontstaan, wat leidt tot kortsluiting. Dit kan de algehele bliksemprestatie van de verbinding verslechteren. Het is niet eenvoudig om de bliksemprestaties van verschillende masttypen gelijk te maken. De lengte van de isolatorkettingen en de configuratie van de geleiders spelen hierbij een rol. Ook verschillen de kans op blikseminslag tussen masttypen, bijvoorbeeld tussen Donau- en Moldau-masten. Als je twee verschillende masttypen in één verbinding gebruikt, moet er berekend worden of de algehele bliksemprestatie nog aan de vereisten van TenneT voldoet. Als dat niet het geval is, moeten mogelijke verbetermaatregelen worden onderzocht;
- **levensduur:** Het hergebruiken van bestaande masten in de nieuwe lijn heeft ook consequenties voor de levensduur. De bestaande verbinding is getoetst op afkeurniveau (een restlevensduur van 15 jaar) en na recente opwaardering van de bestaande lijn is een restlevensduur van 30 jaar gerealiseerd. De projectdoelstelling is om een nieuwe hoogspanningslijn te realiseren met een levensduur van 50 jaar, conform TenneT eis (AM-REQ 0935). Als delen van de bestaande verbinding hergebruikt zouden worden in de nieuwe lijn (ten gevolge van het omzwaaien), dan komt dat deel van de verbinding 20 jaar levensduur te kort, met als gevolg een lagere betrouwbaarheid en daarmee ook impact op de leveringszekerheid. Indien mogelijk kan het versterken van bestaande masten een optie zijn om de levensduur wel te behalen;
- **gedeeltelijke vervanging van de bestaande lijn:** Bovengenoemde complicaties bij het toepassen van twee verschillende masttypes in de lijn, kunnen tot de conclusie leiden dat bij 'omzwaaien' de bestaande lijn voor een deel moet worden vervangen door een lijn met Moldau masten. Dit zal van geval tot geval moeten worden onderzocht.

Samenvattend kan worden gesteld dat het kruisen van een bestaande 380kV-lijnverbinding met een nieuwe 380kV-lijnverbinding, waarbij we voldoen aan het TenneT uitgangspunt van geen kruising, complex is als daarvoor technische oplossingen gezocht moet worden. De meeste denkbare technische oplossingen hebben grote nadelen of de kosten om deze oplossing uit te voeren zijn zeer hoog. Een nader onderzoek op bovenstaande aspecten moet uitwijzen hoe groot deze risico's op technisch gebied zullen zijn. Mochten deze beheersbaar blijken dan zal dit ook effect hebben op de thema's ruimtelijke kwaliteit of omgeving.

Alle alternatieven waarbij een kruising met 380kV voorkomt en waarbij na het omzwaaien meerdere masttypes in de lijn aanwezig zijn, worden pas onderzocht als er geen andere tracé-oplossingen (zonder combinatie van masttypen in één lijn) mogelijk zijn. Hierbij valt wel op te merken dat een kruising nabij een station wel relatief eenvoudig op te lossen is met omzwaaien omdat het kan worden opgelost door het vervangen van één of mogelijk twee masten.

### 3.3.3.2 Scheidende constructie

Bij een kruising waarbij één van de twee verbindingen over de andere hangt, heeft een breuk in één van de geleiders van de bovenste lijn direct een effect op de onderliggende verbinding. Als dat kan worden voorkomen met een fysieke afscheiding is een kruising technisch haalbaar. Bij een fysieke afscheiding moet worden gedacht aan een constructie tussen beide lijnen. Deze constructie die boven de onderste hoogspanningslijn wordt aangebracht moet in staat zijn om bij een breuk in een geleider deze op te vangen en voldoende scheiding aan te brengen tussen beide lijnen. Een dergelijke kruising met een tussenliggende constructie zal zeer hoog en slecht bereikbaar worden en zal mede daarom op onderhoudbaarheid slecht scoren. Dit heeft negatieve impact op de beschikbaarheid.

### 3.3.3.3 Kabels

Een scheiding tussen twee kruisende 380kV-verbindingen waarbij één van de twee met kabels is uitgevoerd is geen wenselijke oplossing. In paragraaf 3.3.1 is verklaard waarom kabels geen wenselijke oplossing vormen.

## 3.3.4 Kruising met bestaande 150kV-lijn

In het Programma Energiehoofdstructuur (PEH paragraaf 6.3.2) is opgenomen dat bestaande 150kV-hoogspanningslijnen bij aanpassingen in beginsel bovengronds blijven. Bij een reconstructie van een 150kV-verbinding ten behoeve van de aanleg van een nieuwe 380kV-verbinding, spelen echter complicerende factoren een rol. Bovengrondse kruisingen van hoogspanningslijnen dienen zo veel mogelijk voorkomen te worden. Een belangrijke reden is dat TenneT meervoudige storingen wil voorkomen. Kruisingen van 380kV-verbindingen met 150kV-verbindingen zijn, indien onvermijdbaar, wel toegestaan.

Een bovengrondse kruising van de nieuwe 380kV-hoogspanningslijn met een bestaande 150kV-hoogspanningslijn is technisch mogelijk, maar het is geen wenselijke oplossing, vanwege meerdere redenen. Een dergelijke kruising levert grote risico's op voor de veiligheid en de technische haalbaarheid van de realisatie. Daarnaast heeft het complexere beheer en onderhoud nadelige gevolgen voor netzekerheid. In

voorkomende gevallen kan daarom worden bekeken of (een zo kort mogelijk deel van) de betreffende 150kV-lijn kan worden verkabeld. In alle gevallen moet echter wel worden bepaald of dit nettechnisch mogelijk is en of de technische consequenties (zoals de aanleg van blindstroomcompensatie spoelen, de aanleg van filtervelden), de kosten en de benodigde ruimte aanvaardbaar en haalbaar zijn.

### 3.3.5 Traceren over water

Een hoogspanningslijn over het water is technisch mogelijk, maar kent meerdere complicerende factoren waardoor het geen wenselijke oplossing is. Omdat in Nederland niet eerder een langere verbinding dan 3 km over het water is gerealiseerd, wordt in deze paragraaf uitgebreid stil gestaan bij de consequenties van een lange hoogspanningslijn over het water.

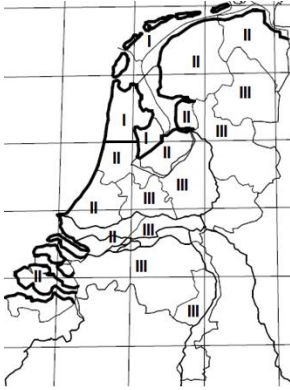
#### 3.3.5.1 Uitgangspunten en hoogte masten

Bij het traceren over land wordt een standaardmast type S+0 aangehouden. Bij het traceren over water dient rekening gehouden te worden met de vrije doorvaarhoogte van schepen. Deze is op de randmeren, het IJmeer en het Markermeer 30 meter. In deze technische analyse houden we 40 meter aan, dit is de 30 meter vrije doorvaarhoogte die Rijkswaterstaat aanhoudt, plus 5 meter om de veiligheid te garanderen en 5 meter om toekomstige ontwikkelingen (bijvoorbeeld het verhogen van de waterstand) te faciliteren. Omdat de schepen van de pleziervaart in principe overal kunnen varen en niet gebonden zijn aan de vaargeul, wordt voor het gehele tracé over water uitgegaan van deze doorvaarhoogte.

Dit betekent dat de hoogspanningsmasten minimaal circa 90 meter hoog worden bij een veldlengte van 400 meter. Hiervoor is een mast benodigd die buiten de standaard mastenfamilie valt (essentieel hoger dan de hoogste mast uit de Moldau-familie).

De standaardtype geleiders en ophangscharnieren zijn waarschijnlijk niet geschikt voor deze masthoogtes en dus zullen deze onderdelen speciaal voor dit project ontwikkeld moeten worden. Afhankelijk van de projectspecifieke omstandigheden is er nog de keuze tussen iets lagere masten in combinatie met kleinere veldlengtes of hogere masten in combinatie met grotere veldlengtes.

Hoogspanningsmasten op het water hebben ten opzichte van masten op het land een zwaardere fundering doordat de constructie grotere belastingen moet opnemen. De grotere belastingen ontstaan door de grote hoogte van de masten in combinatie met hogere windbelastingen vanwege de locatie in het zwaarder gekwalificeerde windgebied I in plaats van windgebied II.



*Figuur 3-5. Windgebieden in Nederland*

Verder is geen hoogspanningslijn mogelijk in gebieden met watersporters die tot grote hoogtes gaan zoals bijvoorbeeld bij kitesurfen, tenzij dergelijke sporten vanuit veiligheidsoverwegingen worden verboden in de buurt van hoogspanningslijnen.

### 3.3.5.2 Ontwerp en realisatie

Hoekmasten en afspanmasten worden zwaarder belast dan steunmasten, waardoor ook een zwaarder uitgevoerde fundering benodigd is. Voor deze masttypen ligt het voor de hand om de constructies op kunstmatige eilanden te plaatsen. De aanleg van de constructie zorgt voor hoge kosten voor ontwerp en realisatie. Daarnaast moet er met regelmaat onderhoud gepleegd worden aan de hoogspanningslijn tijdens de beheerfase. In het geval van sterke stroming rondom het eiland is bescherming tegen erosie een belangrijk aandachtspunt. Het ontwerp zal moeten worden voorzien van de benodigde veiligheidsvoorzieningen.

Indien de nieuwe hoogspanningslijn dicht bij de oever wordt aangelegd, ligt het voor de hand om schiereilandjes te maken waarop de masten worden geplaatst. Masten op schiereilandjes maken de masten makkelijker bereikbaar voor onderhoud, mits een toegangsweg aangelegd kan worden over de waterkering. Daarnaast zijn deze masten ook bereikbaar met een ambulance wanneer een ongeval plaatsvindt. Of het aanleggen van (schier)eilandjes kansrijk is, hangt af van een aantal factoren. In zijn algemeenheid geldt dat voor alle constructies op het water een vergunning nodig is van Rijkswaterstaat. In het deelrapport PLANMER is benoemd dat dit mogelijk conflicteert met Nederlandse wetgeving omtrent waterkwaliteit en -kwantiteit (volgens het Besluit kwaliteit leefomgeving), waarin het bestaande waterbergend vermogen een belangrijk aspect is.

Bij de hoekmasten worden de geleiders ingetrokken en zoals bij de uitgangspunten is vermeld is de benodigde vrije ruimte achter een hoekmast (in de lijnrichting) drie keer de betreffende masthoogte. Met masten van 90 meter hoog komt dit neer op bijna 300 meter.

Voor het intrekken van de geleiders op het water moeten voorzieningen worden getroffen. Er is een werkterrein nodig en een stabiele ondergrond, aspecten die er niet zijn op het water. In het geval dat een afspanlocatie op het land niet beschikbaar is, zal het intrekken van geleiders vanaf een ponton met lier worden uitgevoerd. De trekkracht, met een orde van grootte van 15 ton, heeft zowel een verticale als horizontale component. Het ponton zal dus stevig verankerd moeten worden. Het is zonder nader onderzoek niet te bepalen of het intrekken van geleiders vanaf een ponton werkbaar is omdat dit nog niet eerder is uitgevoerd. Mocht dit niet uitvoerbaar zijn, of te grote veiligheidsrisico's met zich meebrengen, dan zullen er eilanden aangelegd moeten worden voor deze operatie.

Omdat nog onvoldoende is uitgezocht of met pontons kan worden gewerkt, wordt in eerste instantie aangenomen dat voor de hoekmasten op het water een eiland wordt aangelegd. Er wordt voorlopig uitgegaan van een omvang van deze eilanden van 600 x 300 meter voor het intrekken van de geleiders, maar hierin kan zeker nog worden geoptimaliseerd. Indien na onderzoek blijkt dat het mogelijk is om de geleiders in te trekken vanaf een ponton kan worden volstaan met een veel kleiner eiland. De genoemde omvang van maximaal 600 x 300 meter is echter zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase noodzakelijk.

Het water in de meren kan ondiep zijn en dat werkt complicerend, omdat schepen en pontons een bepaalde diepgang nodig hebben voor de verschillende werkzaamheden (transport en montage van de constructie). Bij de bouw van de fundaties en de masten geeft dit een beperking en kleinere pontons zijn in de regel minder stabiel. Juist stabiliteit is een vereiste bij het werken met kranen en hoogwerkers vanaf een ponton. Er dient onderzocht te worden of het bouwen onder moeilijke omstandigheden een risico oplevert met

betrekking tot de kwaliteit en veiligheid.

De havens in de Nederlandse randmeren zijn allemaal havens voor de recreatievaart en niet geschikt voor deze grote transporten. Er zal een aparte (tijdelijke) haven nodig zijn voor het transport tenzij een aanpassing in een bestaande haven gerealiseerd kan worden.

Het gevolg van deze complicerende factoren bij het bouwen op het water is dat de doorlooptijd zal toenemen in de ontwerpfase, bij de voorbereiding van het werk, maar ook tijdens de realisatie. Daarnaast is de aanleg vele malen duurder dan bij standaard masten op het land.

### 3.3.5.3 Betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid

Als de hoogspanningslijn er eenmaal staat, moet deze onderhouden worden. Hoogspanningslijnen worden regelmatig geschouwd en afhankelijk van de conditie zijn inspecties noodzakelijk. Daarnaast zal op enig moment onderhoud als gevolg van slijtage nodig zijn. Zo is het noodzakelijk om op regelmatige basis de conservering (schilderwerk) bij te houden zodat stalen onderdelen niet aangetast worden in een corrosieve omgeving. Er worden watergedragen verfsoorten toegepast die van mindere kwaliteit zijn waardoor er vaker geconserveerd (geschilderd) moet worden. Ook moet rekening worden gehouden met agressieve ontlasting van vogels. De inspectie met betrekking tot conservering wordt regelmatig uitgevoerd ongeacht of de mast op het land of op het water staat.

Voor conservering van de masten wordt, vanwege wettelijke eisen voor bescherming van de natuur en mens, een conserveringssysteem gebruikt zonder zware metalen. Bij het schilderen en schoonspuiten van masten op land worden er doeken onder de masten gelegd om schilfers en verfspetters op te vangen. Dit is niet mogelijk bij masten op het water, tenzij er een platform aanwezig is of als de masten op een eiland staan.

Een onderhoudshandeling is het vervangen van onderdelen waarvan de levensduur korter is dan de levensduur van fundaties en masten. De masten op eilanden moeten bereikbaar en onderhoudbaar zijn, maar met storm, hoge golven en met ijsgang kan dat onveilige situaties opleveren. Als er geen hoogwerker ingezet kan worden, zullen alle werkzaamheden vanuit de mast verricht moeten worden. Dit leidt tot hogere veiligheidsrisico's en langere duur van de werkzaamheden.

Bij blikseminslag in de hoogspanningslijn kunnen herstelwerkzaamheden benodigd zijn. Met name de bliksemdraden zijn gevoelig voor bliksemschade. Bij een hoogspanningslijn op land vindt herstel plaats met een hoogwerker die dicht bij de lijn moet kunnen komen. Hiervoor is een stabiele ondergrond van belang. Bij lijnen boven het water is er naast het valgevaar bij werkzaamheden ook een verdrinkingsgevaar.

In het ontwerp zal bepaald moeten worden welke voorzieningen en mogelijkheden nodig zijn om adequaat onderhoud uit te kunnen voeren.

De bovengenoemde beperkingen zullen voor regulier onderhoud niet direct problemen veroorzaken. Het onderhoud met alle benodigde voorzieningen is te plannen en te organiseren. Bij vaarwegen waar de beroepsvaart vaart, zoals het Amsterdam-Rijnkanaal en het Ketelmeer, is een aandachtspunt hierbij dat onderhoud bij zulke vaarwegen ver van tevoren aangevraagd moet worden.

Daarnaast kunnen echter ook niet voorziene storingen voorkomen. Het gevolg van de slechte bereikbaarheid (onder andere voor materieel voor herstelwerkzaamheden) van masten in combinatie met eventuele slechte weersomstandigheden kan resulteren in de situatie dat de hoogspanningslijn op het water voor meerdere dagen niet beschikbaar is. Dit heeft zeer grote implicaties voor de leveringszekerheid aangezien de verbinding zich in de landelijke 380kV-ring bevindt. De gevolgen hiervan kunnen zelfs grensoverschrijdend zijn. Bij een lang tracé over water, inclusief hoekmasten, zijn bovendien weinig tot geen mogelijkheden om een noodlijn te plaatsen in geval van een calamiteit.

Bij het ontwerp en de aanleg zal zoveel als mogelijk rekening gehouden moeten worden met de mogelijkheid voor het herstel van storingen. Daarnaast zal bedacht en ingeregeld moeten worden hoe en met welke partijen storingen hersteld kunnen worden betreffende het werken op water, omdat dit ook een vergunningsaspect met zich meebrengt.

Een aanzienlijk risico voor storingen is dat schepen tegen een mast kunnen varen. Er is vooral recreatievaart in het gebied, de boten varen lang niet allemaal in de vaargeul. Dit vergroot de kans op een aanvaring/ongeluk. Daarnaast is er op het Markermeer sprake van beroepsvaart (binnenvaartklasse VA). Doordat de hoogspanningslijn een vaarweg doorkruist, kan het risico op aanvaring en grote schade door een zwaarder schip niet uitgesloten worden. Om de leveringszekerheid via deze verbinding te garanderen, is het noodzakelijk om maatregelen te nemen om aanvaringen te voorkomen. Voorbeelden van deze voorzorgsmaatregelen zijn de aanleg van aanvaarbeveiliging of een eiland waarop de mast staat zodat de impact van een schip (grotendeels) opgevangen wordt. Dat is dan tevens een bescherming tegen kruierend ijs. Een voorbeeld om het aanvaarrisico van schepen enigszins te beperken is het aanbrengen van verlichting om de zichtbaarheid te vergroten.

Bij uitvallen van een hoogspanningsverbinding is het noodzakelijk om zo snel mogelijk een tijdelijke noodverbinding op te zetten. De doorlooptijd voor het opzetten van een noodlijn over land is gelijk aan 2 à 3 dagen. In het geval van een lijn over het water is het plaatsen van een tijdelijke verbinding vanwege de complexe uitvoering niet mogelijk. Mede vanwege dit aspect is de betrouwbaarheid van verbindingen over het water lager dan verbindingen over land.

#### 3.3.5.4 Conclusie

Er zijn in deze paragraaf een aantal aspecten benoemd die bij een hoogspanningslijn op het water substantieel lastiger zijn. Deze hebben onder andere te maken met de realisatie, met onderhoud en storingsherstel. Een besluit om masten over het water uit te sluiten kan niet worden genomen omdat de nieuwe lijn tenminste twee meren zal kruisen, het IJmeer of Gooimeer en het Ketelmeer. Een gedeelte over het water is onvermijdbaar. De negatieve aspecten kunnen worden beperkt indien de afstand over het water geminimaliseerd kan worden én indien de kruising in een rechte lijn kan worden uitgevoerd (zodat er geen hoekmasten in het water staan).

De lengte wordt dan beperkt tot de geleiderlengte van één vak, de afstand tussen twee hoekmasten. Deze lengte is maximaal 5 kilometer en omdat de hoekmasten op het land dienen te staan, met voldoende werkgebied rondom de hoekmast, is de maximale lengte over het water in een rechte lijn bepaald op circa 4 kilometer.

In alle andere gevallen (zoals bij de blauwe tracédelen) moet per onderzoeksalternatief situationeel worden beschouwd of vanwege bovengenoemde problematiek wel kan worden voldaan aan de projectdoelstellingen. Vanwege de langere hersteltijd kan de beschikbaarheid immers niet in alle gevallen gewaarborgd worden, waardoor de leveringszekerheid niet gegarandeerd kan worden. Op het water is het niet mogelijk om binnen 1-2 dagen tijdelijke voorzieningen te treffen, waardoor storingsherstel mogelijk wordt.

In een vervolgonderzoek, bij het uitwerken van de plannen in het basisontwerp dient te worden nagegaan welke activiteiten bij een lijn over het land voorkomen en hoe deze activiteiten bij een lijn over het water uitgevoerd kunnen worden. Daarbij moet gedacht worden aan voorzieningen in het ontwerp (bijvoorbeeld eilanden met masten in plaats van masten op monopalen) of voorzieningen benodigd voor onderhoud en herstel (bijvoorbeeld een haven met vaartuigen, voorzieningen en opgeleid personeel). Daarnaast moet steeds worden geanalyseerd of de constructie veilig te bouwen is en de benodigde activiteiten veilig kunnen worden uitgevoerd.

### 3.3.6 Beïnvloeding externe infrastructuur

Hier wordt kort beschreven welke Elektromagnetische (EM) beïnvloedingsmechanismen er zijn, en of deze van toepassing zijn bij een hoogspanningslijnverbinding. Een complete analyse op basis van normeringen, waaronder de norm NEN3654 (wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen) en de RLN00398 het onderzoek van de beïnvloeding van nabijgelegen spoor, is een zeer uitgebreid onderzoek. Daarom wordt in deze fase van het project een risico-inschatting gemaakt van de beïnvloedingseffecten. Als kan worden aangenomen dat een eventuele beïnvloeding is op te lossen met mitigerende maatregelen in de externe infra of bij de TenneT hoogspanningsverbinding is een tracé-aanpassing niet noodzakelijk, een optimalisatie door bijvoorbeeld het tracé binnen de m.e.r.-corridor te verplaatsen is wel mogelijk.

Er zijn een aantal (EM-)beïnvloedingsmechanismen te onderscheiden, namelijk:

- capacatieve beïnvloeding ten gevolge van het elektrisch veld;
- inductieve beïnvloeding ten gevolge van het magnetisch veld;
- weerstandsbeïnvloeding;
- hoogfrequente beïnvloeding;
- thermische beïnvloeding;
- mechanische beïnvloeding.

### 3.3.6.1 Capacitieve beïnvloeding ten gevolge van het elektrisch veld

Tussen een spanningvoerende geleider en de aarde is een elektrisch veld aanwezig. De veldsterkte is het hoogst in de buurt van de geleiders. In verband met veiligheid worden er eisen gesteld aan de hoogte van het elektrisch veld.

Als gevolg van een elektrisch veld kan een groot en niet geaard metalen object elektrisch opgeladen worden. Indien een mens dit object aanraakt, zal de opgebouwde lading via het menselijk lichaam naar de aarde worden afgevoerd. Deze ontlading kan voelbaar, pijnlijk en zelfs dodelijk zijn afhankelijk van de grootte van de opgebouwde lading. Bij het vasthouden van het metalen object zal er ook een volgstroom door het menselijk lichaam gaan lopen. Indien het object kan worden geaard is dat een eenvoudige oplossing.

### 3.3.6.2 Inductieve beïnvloeding ten gevolge van het magnetisch veld

Als gevolg van het magneetveld worden spanningen geïnduceerd door metalen structuren die parallel lopen aan de hoogspanningsverbinding. Bij gesloten lussen kan er een kringstroom in de lussen gaan lopen. Dit is de inductieve beïnvloeding.

### 3.3.6.3 Magnetische velden

Als gevolg van een stroom door de geleider is er een 50 Hertz magneetveld rond de geleider aanwezig. Elektrische en elektronische apparatuur aanwezig in het 50 Hertz magneetveld kunnen mogelijk verstoord raken door het magneetveld. In het algemeen zijn de gebieden waar een hoogspanningslijn staat publiek toegankelijk en voldoet het ontwerp aan de wettelijke eis dat het magneetveld niet boven 100 microTesla mag komen. Dit is één van de ontwerpcriteria van de standaardisatie van masten.

TenneT houdt zich tevens aan het voorzorgsbeleid gedefinieerd door het voormalig ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), tegenwoordig ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) en de RIVM-handreiking voor het berekenen van de magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen. Op basis hiervan is de 0,4 microTesla zone gedefinieerd. Bij het traceren wordt er naar gestreefd om zo min mogelijk gevoelige bestemmingen te raken met de magneetveldzone van de verbinding.

### 3.3.6.4 Weerstandsbeïnvloeding

Bij een 1-fase kortsluiting over een isolator in een mast zal een deel van de kortsluitstroom via de mast en door de bodem terug naar de bron (de voedende hoogspanningsstations) vloeien. Bij de aarding van de mast zal de stroom naar de bodem uit treden. Als gevolg van de weerstand van de bodem en de stroom zal er een spanningsverschil in de bodem ontstaan. Hoe verder van het aardpunt, hoe kleiner de spanning. Dit afnemende verloop wordt de potentiaaltrechter genoemd. Een consequentie van dit fenomeen is dat er op een buisleiding van staal een te hoge spanning kan ontstaan. De NEN 3654 hanteert een afstand van 50 meter als een afstand waarbuiten geen weerstandsbeïnvloeding kan optreden.

### 3.3.6.5 Hoogfrequente beïnvloeding

Als gevolg van het hoge elektrische veld rond spanningvoerende geleiders kunnen er deelontladingen optreden (de zogenaamde corona-ontladingen rondom geleiders). Deze deelontladingen zijn hoogfrequent en zouden mogelijk radio, telecom en radarinstallaties kunnen verstoren. Het effect van dit fenomeen is

bepert qua afstand en leidt over het algemeen niet tot significant nadelige beïnvloeding.

### 3.3.6.6 Thermische beïnvloeding

Elke (hoogspannings-)verbinding waar stroom doorheen loopt wordt warm. Deze beïnvloedingsvorm dient alleen beschouwd te worden bij hoogspanningskabels. Afhankelijk van de stroomsterkte en grondgesteldheid wordt de bodem iets opgewarmd. De opwarming van de grond dient binnen gestelde limieten te blijven zodat leidingen in de nabijheid (en de producten die erdoorheen stromen) niet te veel worden opgewarmd door de hoogspanningskabels.

Hoewel de geleiders van een hoogspanningslijn ook warmte produceren is er geen beïnvloeding op overige infrastructuur. Een hoogspanningslijn waarbij de geleiders te zwaar belast worden gaat doorhangen en dit mag niet leiden tot gevaarlijke situaties waarbij de afstand tot de ondergrond te gering wordt.

### 3.3.6.7 Mechanische beïnvloeding

Mechanische beïnvloeding raakt ook externe veiligheid. Een voorbeeld is het omvallen van een mast (bij realisatie, onderhoudswerkzaamheden of extreme weersomstandigheden). Indien een mast omvalt kan deze op een weg, snelweg, spoorweg of vaarweg terechtkomen of een nabijgelegen buisleiding doorboren.

### 3.3.6.8 Beïnvloeding op spoorwegen

Spoorwegen zijn gevoelig voor elektromagnetische velden. Als een hoogspanningslijn binnen een afstand van 700 meter in de buurt van een spoorlijn loopt, moet onderzocht worden of er beïnvloeding optreedt. ProRail als beheerder van het spoorwegennet heeft hiervoor een richtlijn, de RLN00398. In deze richtlijn staan een 'quick scan'. Als deze quick scan wordt ingevuld kan het resultaat zijn dat er geen versturende beïnvloeding wordt verwacht of dat er conform de ProRail richtlijn RLN00398 nader onderzoek moet plaatsvinden. Uit het gedetailleerde onderzoek op basis van de RLN00398 moet blijken wat de mate van beïnvloeding inhoudt en welke mitigerende maatregelen getroffen kunnen worden. Deze maatregelen kunnen zowel bij de spoorweginstallaties als bij de hoogspanningslijn van TenneT zijn.

Afhankelijk van de locatie kunnen mitigerende oplossingen flinke gevolgen hebben voor de spoorweg en kan het onderzoek en de uitvoering van de maatregelen een lange doorlooptijd hebben. Om deze reden wordt dit specifiek gemeld in deze paragraaf.

## 3.3.7 Afwijken van mast-uitgangspunten

### 3.3.7.1 Wisselen masttype in een EHS-verbinding

Een bovengrondse 380kV-verbinding is in principe opgebouwd uit masten van één mastfamilie. De TenneT standaard voor 380kV zijn masten uit de mastfamilie Moldau. De bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens bestaat uit Donau masten en als een reconstructie nodig is aan de bestaande 380kV-lijn dient dit met Donau masten te worden uitgevoerd. Als daarvan wordt afgeweken heeft dit een aantal technische effecten die staan beschreven in de volgende paragraaf. Alleen in uitzonderlijke gevallen, wanneer er geen ander alternatief mogelijk is, wordt onderzocht of het toepassen van meerdere masttypen in één hoogspanningsverbinding verantwoord is.

### 3.3.7.2 Afwijking van standaardmasten type Moldau

De mastfamilie type Moldau is opgesteld met masten variërend in hoogte en met steunmasten en hoekmasten. De standaarden kunnen in de meeste situaties worden toegepast. In de onderzoeksalternatieven komen echter situaties voor waarbij geen gebruik gemaakt kan worden van de standaarden. Dit betreft met name zeer hoge masten bij de tracés die over water gaan. Daar zal de masthoogte ongeveer 95 meter bedragen. Daarvoor zullen hogere masten binnen het type Moldau ontwikkeld moeten worden. Naast de hogere masten bij tracés die over water gaan zijn er ook overgangsmasten nodig tussen de standaard en de circa 95 meter hoge exemplaren. Qua hoogte wellicht een standaardmast maar qua mechanische belasting wel degelijk anders ontworpen. Deze zullen afwijkend zijn binnen de standaarden van de mastenfamilie.

Tot de standaarden horen ook hoekmasten waarbij de hoek tussen 180 en 120 graden moet liggen. Indien in het tracé een scherpe hoek is gewenst, dient een speciale mast te worden ontworpen.

Een andere situatie waarbij de standaarden niet voldoen is bij hoogtebeperkingen in de buurt van Airport Lelystad en in de buurt van de defensielocatie in Zeewolde. Met het verkorten van de standaard veldlengte van 400 meter naar bijvoorbeeld 350 meter kunnen de masten lager worden.

Een standaard Moldau mast (S+0) is 58 meter hoog. Hierbij is de standaard veldlengte ca. 400 meter. Er is ook een standaard S-3 gedefinieerd (55 meter hoog) bij een veldlengte van 350 meter. Een lagere mast (bijvoorbeeld S-6) met een hoogte van 52 meter zit niet in de mastenfamilie maar kan wel ontworpen worden. Omdat de verkorting van de veldlengte niet lineair gaat met het verlagen van de mast wordt ingeschat dat bij een mast S-6 een veldlengte van circa 250 meter past. Het heeft geen zin om nog lagere masten te gaan ontwerpen omdat dan de masten zo dicht op elkaar komen te staan dat er beter gekozen kan worden voor portalen.

Een ander gevolg van het afwijken van een Moldau mast is dat de magneetveldzone zal wijzigen. Gezien het feit dat de Moldau mast is ontworpen op een zo klein mogelijk magneetveld zal de magneetveldzone bij afwijken van de Moldau in de meeste gevallen toenemen. Indien er wordt afgeweken zal op dit vlak opnieuw een analyse moeten worden uitgevoerd binnen de technische dan wel de mer-studies.

Het toepassen van portalen waarbij de geleiders naast elkaar in plaats van boven elkaar worden gemonteerd, zoals bij de Moldau masten, leidt wel tot een lagere bouwhoogte. Door de portalen op onderlinge afstanden van circa 100 meter te plaatsen kan een aanzienlijke reductie op de bouwhoogte worden bereikt. Een bijkomend nadeel is dat onder een hoogspanningslijn met portalen waarbij de geleiders lager hangen, er meer beperkingen zijn voor het gebruik van de grond. Het beeld in het landschap zal bij portalen aanzienlijk anders zijn dan bij de standaard masten.

### 3.3.7.3 Combineren van twee spanningsniveaus in één mast

Zoals beschreven in paragraaf 3.2.4, is het combineren van de nieuwe 380kV verbinding met een bestaande 150kV verbinding op één (vakwerk)mast in beginsel mogelijk, volgens PEH paragraaf 6.3.2. Echter, het combineren van meerdere circuits met verschillende spanningsniveaus in één vakwerkmast, een combimast, heeft een aantal technische consequenties:

- bij het combineren van meerdere spanningsniveaus in één vakwerkmast (bijvoorbeeld 380kV gecombineerd met 150kV), worden er twee verschillende circuits aan één zijde van de mast naast of boven elkaar opgehangen. In onderstaand figuur een voorbeeld van een mastbeeld van een combimast;



*Figuur 3-6: Voorbeeld van een combimast, de 380kV fasen hangen hoog op de bovenste traversen, de lagere spanning onderin. (Bron: hoogspanningsnet.com)*

- bij werkzaamheden aan één circuit van de 380kV zal het onderliggende circuit ook uit bedrijf genomen moeten worden. Er zijn dus meer VNB's (Voorziene Niet Beschikbaarheid) tegelijkertijd nodig. De kans op het verkrijgen van een gecombineerde VNB is nihil vanwege netcongestie en zodoende is onderhoud niet mogelijk;
- door de korte afstand is er een grotere inductieve koppeling tussen de circuits dan bij een solo-mast (waarbij er altijd een mastlichaam tussen de circuits zit en er dus meer afstand is). Dit zorgt voor hoge geïnduceerde stromen in een circuit dat tijdens werkzaamheden geaard is. Er kunnen stromen van honderden Ampères gaan lopen. Deze stromen lopen ook door de aarders op de stations en kunnen ook door werkaarders lopen. Beide zijn niet geschikt om deze hoge stromen langdurig te laten lopen en

ook niet geschikt om deze stromen te onderbreken (bij het verwijderen/uitschakelen van de aarders). De veiligheid voor personeel kan niet voldoende worden gegarandeerd;

- de overheid stelt eisen aan de asymmetrie waar TenneT zich aan moet houden. Om de elektrische parameters van een lijn voor alle drie de fasen gelijk te maken, zijn wisselmasten nodig. Zonder wisselmasten heeft de bovenfase een andere impedantie (weerstand) dan de midden- of onderfase en ontstaat er asymmetrie in de spanningen en stromen in het net. De drie fasen worden dan niet gelijk belast en de spanningen in de drie fasen lopen uiteen. Door bij de wisselmasten de positie van de fasen te verwisselen kan symmetrie worden bereikt. Het wisselen van de fasen dient zowel voor de 380kV als voor de 150kV gedaan te worden. Maar doordat de lagere spanning vaak meeloopt op slechts een deel van de verbinding of dat er ergens onderweg nog een ander 150kV-station wordt ingelust, past dit meestal niet. Indien het wel mogelijk is om benodigde symmetrie te bereiken middels vele wisselmasten, dan zijn er nadelige effecten op de visuele kwaliteit en de maatschappelijke kosten;
- in een aantal gevallen bestaat een bestaande 150kV-lijn uit drie circuits. In dat geval is deze 150kV-lijn niet op een combimast te combineren met een nieuwe 380kV-verbinding omdat er per spanningsniveau maar ruimte is voor twee circuits.

Samenvattend kan worden gesteld dat combineren onwenselijk is vanwege bovenstaande argumenten. Indien te weinig ruimte resteert om naast een 150kV hoogspanningslijn te bouwen kan ook worden onderzocht of het deels verkabelen van de 150kV een optie is, zie hiervoor paragraaf 3.2.4.

## 4. Beoordelingssystematiek tracés

Dit hoofdstuk presenteert de methodologie van het technisch onderzoek naar de onderzoeksalternatieven en stationslocatiealternatieven. De beoordeling van techniek in de IEA is gebaseerd op een risicoanalyse. De onderzoeksalternatieven en stationslocatiealternatieven worden beoordeeld op verschillende criteria, welke van invloed zijn op de technische haal- en maakbaarheid van het tracé. In paragraaf 4.1 staat beschreven op welke niveaus de alternatieven zijn beoordeeld. In paragraaf 4.2 staat hoe de alternatieven zijn beoordeeld op de aspecten leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid), beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase), technische maak- en haalbaarheid (realisatie), beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur en doorlooptijd. Paragraaf 4.3 beschrijft hoe de alternatieven scoren op toekomstvastheid.

### 4.1 Niveaus van beoordeling

De (net)technische beoordeling is een beoordeling die bestaat uit drie verschillende niveaus, het elektriciteitsnet, de onderzoeksalternatieven en de tracédelen.

#### 4.1.1 Elektriciteitsnet

Het is mogelijk dat een onderzoeksalternatief een positief oordeel krijgt op niveau van de hoogspanningsverbinding en de afzonderlijke tracédelen maar dat de beoordeling in het elektriciteitsnet een negatief oordeel krijgt. Indien er nieuwe alternatieven worden opgesteld waarbij verschillende tracédelen worden gecombineerd, zal deze alsnog (net)technisch beoordeeld worden. Hierbij zal de informatie van de diverse individuele tracédelen niet veranderen. De combinatie van tracédelen zal wel leiden tot een nieuwe beoordeling waaruit geconcludeerd kan worden dat het alternatief het knelpunt op het net niet oplost en het daarom geen oplossing is.

Het realiseren van de nieuwe verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens kan effecten hebben die niet alleen impact hebben op de nieuwe verbinding, maar ook op het hoogspanningsnet als geheel. Voorbeelden hiervan zijn:

- verdeling van de vermogensstromen in het net (doelmatig/efficiënt gebruik beschikbare transportcapaciteit);
- spanningskwaliteit;
- doelmatigheid/efficiëntie van de gekozen locatie van hoogspanningsstation(s) in relatie tot de locatie van nieuwe en bestaande hoogspanningsverbinding(en) en de bestaande hoogspanningsstation(s);

Deze punten worden hier onder verder toegelicht.

#### ***Verdeling van vermogensstromen in het net***

Het is essentieel om te toetsen hoe de elektriciteit zich verdeelt tussen nieuwe en bestaande verbindingen. Een onevenwichtige verdeling van elektriciteit kan namelijk leiden tot overbelasting van het netwerk. Dit kan resulteren in stroomstoringen, schade aan apparatuur en zelfs veiligheidsrisico's. Een goede balans tussen belastingen van de nieuwe en de bestaande verbinding zorgt voor een efficiënt en betrouwbaar elektriciteitsnetwerk.

Via netberekeningen wordt getoetst of het knelpunt in het elektriciteitsnet door de nieuw te bouwen verbinding wordt opgelost en hoe de stromen zich verdelen over de bestaande en nieuwe verbinding. Als de vermogensstromen niet gelijk zijn, dienen er maatregelen genomen te worden om de weerstanden en dus de vermogensstromen gelijk te krijgen. In de netberekeningen wordt ook nagegaan of de nieuw te realiseren verbinding geen nadelige effecten heeft op andere verbindingen in het net. Bijvoorbeeld; heeft de nieuwe verbinding geen nadelige gevolgen voor de belasting van andere verbindingen, die aan hoogspanningsstation Ens gekoppeld zijn, zoals de verbindingen richting Vierverlaten en Zwolle, zouden deze anders belast kunnen worden vanwege de uitbreidingen. De effecten op het elektriciteitsnet en de netberekeningen worden verder toegelicht in Hoofdstuk 7.

### ***Spanningskwaliteit***

Het begrip, spanningskwaliteit, verwijst naar de mate waarin de elektrische spanning voldoet aan de vereisten voor een goede werking van elektrische apparaten. Het omvat aspecten zoals de sinusvorm van de spanning, de stabiliteit ervan en de afwezigheid van storingen zoals spanningsdips, pieken of harmonische vervormingen. Een slechte spanningskwaliteit kan leiden tot storingen of beschadiging van gevoelige apparatuur, zoals computers, elektronica of industriële machines. TenneT is verantwoordelijk voor de leveringszekerheid. Dat betekent onder andere dat moet worden voldaan aan de kwaliteitseisen die worden gesteld in de Netcode. De Netcode bevat voorschriften voor netbeheerders en netgebruikers, op drie gebieden: het functioneren van de netten, het aansluiten van klanten op de netten en het transporteren van elektriciteit over de netten. Per alternatief moet onderzocht worden of de gekozen oplossing mogelijk is, wat de gevolgen op de spanningskwaliteit kunnen zijn en of deze gevolgen te mitigeren zijn. Dit wordt ook verder toegelicht in paragraaf 7.2.3. Zie ook: <https://www.netbeheernederland.nl/veiligheid-en-infrastructuur/spanningskwaliteit>.

### ***Doelmatigheid/ efficiëntie***

De verschillende alternatieven, kennen afhankelijk van de gekozen oplossing, een bepaald doelbereik dan wel een bepaalde efficiëntie in het oplossen van het knelpunt in het elektriciteitsnet. Dit doelbereik is afhankelijk van de interactie tussen het gekozen alternatief en de gekozen stationslocatie. Hierbij kan het bijvoorbeeld voorkomen dat de bestaande verbinding aangepast moet worden bij de keuze voor een stationslocatie die verder van de bestaande infrastructuur af staat. Hiermee zullen er additionele inspanningen verricht moeten worden om de gekozen oplossing mogelijk te maken. Deze interactie wordt verder toegelicht in hoofdstuk 1.

Naast de interactie tussen de verbinding en de stations is er relatie met de onderliggende elektriciteitsnetten. Hiermee kan een nieuwe verbinding in het 380kV net andere ontwikkelingen in het 150kV net mogelijk maken. Bijvoorbeeld het maken van de koppeling tussen het 380kV net en het 150kV net om het regionale net te ontzien door transport mogelijk te maken via het 380kV net, de zogenaamde pocketvorming. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 7.5.

#### 4.1.2 Onderzoeksalternatieven

Naast effecten op netniveau wordt gekeken naar effecten op het niveau van de onderzoeksalternatieven (de nieuwe verbinding en de twee stations). Dit betreft:

- leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid);
- beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase);
- technische maak- en haalbaarheid (realisatie);
- beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur;
- doorlooptijd.

Deze aspecten worden verder toegelicht in paragraaf 4.2. Er zijn referentielijnen, tracédelen, samengesteld voor een hele verbinding tussen Diemen en Lelystad en tussen Lelystad en Ens. De beoordeling is gedaan op basis van deze referentietracés. De lokale effecten op (kleine) onderdelen van een referentietracé leiden samen tot een beoordeling van een referentietracé, onderzoeksalternatief, als geheel. De beoordeling van de onderzoeksalternatieven en stationslocatiealternatieven worden beschreven in respectievelijk hoofdstuk 3 en 4.

#### 4.1.3 Tracédelen

Als er sprake is van lokale effecten, wordt dit aangegeven als een belemmering in een tracédeel. Zo kan de IEA inzicht geven in kansrijke (combinaties van) alternatieven. Als voorbeeld, van een belemmering, kan hier genoemd worden de hoogtebegrenzings rondom Lelystad Airport, de diverse buisleidingen in de buurt van tracédelen en de beïnvloeding van een lokaal gelegen spoorlijn of (grote) waterweg. De beoordeling van de tracédelen samen met de onderzoeksalternatieven wordt beschreven in hoofdstuk 5.

## 4.2 Beoordelingssystematiek techniek

### 4.2.1 Methodiek en klassegrenzen

Voor het thema Techniek toont tabel 4.1 de criteria waarop wordt beoordeeld. Onder de tabel volgt een toelichting per criterium.

Criterion	Onderzoek op basis van:
Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)	Risicoanalyse op basis van expert judgement op basis van (o.a.): <ul style="list-style-type: none"> <li>Aantal kilometers ondergronds;</li> <li>Aantal overgangen bovengronds-ondergronds;</li> <li>Geografische spreiding t.o.v. bestaande (380kV) verbindingen;</li> <li>Aantal kilometers bundelen met 150kV-verbinding;</li> <li>Aantal kruisingen;</li> <li>Beoordeling van het net op basis van nettechnische berekeningen.</li> </ul>
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)	Risicoanalyse op basis van expert judgement aan de hand van (o.a.): <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereikbaarheid verbindingen;</li> <li>Veiligheid tijdens beheer en onderhoud;</li> <li>Nabijheid van/afstand tot andere hoogspanningsverbindingen.</li> </ul>
Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)	Risicoanalyse op basis van expert judgement aan de hand van (o.a.): <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereikbaarheid verbinding, mastlocaties en stations</li> <li>Beschikbare ruimte voor werkterreinen en toegangswegen op mast- en stationslocaties;</li> <li>Niet-standaard masttypes benodigd;</li> <li>Tijdelijke voorzieningen en kruisingen (complexiteit en aantal);</li> <li>Voorziene niet beschikbaarheid (VNB) (aantal en tijdsduur);</li> <li>Veiligheid bij realisatie.</li> </ul>
Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur	Analyse van risico's rond beïnvloeding op externe objecten: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kabels en leidingen;</li> <li>Invloed elektrische velden en magneetvelden</li> <li>Risico vanuit overige stakeholders (bijv. radar defensie, scheepvaart, wegen, windturbines, spoor etc.).</li> </ul>
Doorlooptijd	Analyse van risico's rond het realiseren van de nieuwe verbinding dat zo dicht mogelijk aansluit bij de datum waarop het knelpunt in 2030 optreedt, op basis van: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ontwerpwerkzaamheden;</li> <li>VNB's;</li> <li>Aanbesteding en bouwwerkzaamheden.</li> </ul>

Tabel 4-1: Criteria van de beoordeling techniek.

Voor het thema techniek baseert de beoordeling zich op risicoprofielen. De verschillende risicoprofielen zijn aangeduid met kleuren. De score geeft het risicoprofiel op dat criterium weer. Omdat nog niet alles gedetailleerd is ontworpen, kan er in deze fase in de meeste gevallen niet met zekerheid gesteld worden of een optie wel of niet haalbaar is. Er kan wel een inschatting gegeven worden hoe groot de kans is dat tijdens het vervolg van het project het alternatief alsnog afvalt omdat het niet haalbaar blijkt. Een 'zeer hoog' risico (- -) in de beoordeling betekent dat er een zeer hoog risico aanwezig is dat het alternatief niet haalbaar blijkt en/of dat er aanzienlijke technisch problemen opgelost dienen te worden.

Een alternatief kan een score 'niet mogelijk' krijgen als het technisch niet mogelijk is om het tracé te realiseren. Een alternatief kan ook een parse score krijgen: dit betreft een onbeheersbaar risicoprofiel. Dit houdt in dat de beoordeling op de criteria dermate negatief uitvalt dat niet voldaan kan worden aan de projectdoelstellingen. Het risicoprofiel is onbeheersbaar en daarmee niet acceptabel voor TenneT. In dat geval komt het alternatief alleen in aanmerking indien geen beter onderzoeksalternatief voorhanden is.

Onderstaand zijn de risicoprofielen weergegeven.

Risicoprofiel	Betekenis
Niet mogelijk	Niet mogelijk
Onbeheersbaar	Onbeheersbaar risico, niet acceptabel voor TenneT
- -	Zeer hoog risico
-	Hoog risico
o	Neutraal risico
+	Laag risico
++	Zeer laag risico

Tabel 4-2: Beoordelingswijze techniek.

Er zit een aanzienlijk lengteverschil (factor 2) tussen het noordelijke deel van Lelystad naar Ens en het zuidelijke deel van Diemen naar Lelystad. Om een gelijkwaardig beeld te geven van de risico's, zijn de noordelijke en zuidelijke alternatieven los van elkaar beoordeeld en is er gecorrigeerd voor dit lengteverschil. Dat heeft als gevolg dat bijvoorbeeld eenzelfde aantal masten in een natuurgebied bij de (kortere) noordelijke tracés kan leiden tot een hoger risico dan bij de zuidelijke tracés. Als de beoordeling over beide gelijk zou zijn, zou dat betekenen dat alle zuidelijke tracés veel negatiever scoren en de noordelijke veel positiever, omdat er over het algemeen over een langere lengte ook meer belemmeringen worden gekruist.

#### 4.2.2 Effecten op leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)

De leveringszekerheid is erg hoog in Nederland en voor deze nieuwe verbinding gelden dezelfde hoge eisen. Uit de net-technische berekeningen moet blijken wat het risicoprofiel is van de onderzoeksalternatieven en of er bijvoorbeeld aanvullende maatregelen nodig zijn om de leveringszekerheid te borgen.

De leveringszekerheid hangt nauw samen met beheerbaarheid en beschikbaarheid. Een lagere beschikbaarheid of lastige situaties met betrekking tot beheerbaarheid hebben een negatieve invloed op de leveringszekerheid. Zo zal een hoogspanningslijn met veel masten in het water lager scoren op leveringszekerheid. Het storingsherstel kost meer tijd vanwege de lastige bereikbaarheid en vanwege de hoge masten. Indien er een tracé(deel) opgenomen is waarbij de hoekmasten niet op het land staan, indicatieve lengte hierbij is langer dan circa 4 km, wordt dit minimaal beoordeeld als een zeer hoog risico. Bij een langere lengte zal er situationeel beoordeeld worden of een andere risicoscore van toepassing is.

Bij verschillende onderzoeksalternatieven komt een kruising van een 380kV-verbinding voor. Afhankelijk van de gekozen manier van het kruisen, wordt een risicoscore toebedeeld op leveringszekerheid. Kruisingen nabij een hoogspanningsstation kunnen meestal voorkomen worden door een reconstructie van de bestaande situatie en worden daarom als minder risicovol beoordeeld.

#### **4.2.3 Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid**

Bij dit criterium worden door middel van een risicoanalyse risico's en technische complexiteiten van de alternatieven in beeld gebracht bij storing- of onderhoudssituaties. Deze risicoanalyse gebeurt op basis van expert judgement. Voor de beoordeling van dit criterium wordt een inschatting gemaakt van hoe complex het beheer en onderhoud van ieder onderzoeksalternatief zal zijn. Als input voor de risicoanalyse is beoordeeld hoeveel slecht bereikbare masten en masten met een hoog veiligheidsrisico aanwezig zijn in elk onderzoeksalternatief. Onder slecht bereikbare masten vallen masten op het water of masten in bosrijk gebied (NNN- of Natura2000-gebied), wat de bereikbaarheid voor beheer en onderhoud vermoeilijkt. Onder masten met een hoog veiligheidsrisico vallen masten op het water of masten die gebruikt worden bij een kruising met andere grote infrastructuur zoals wegen, spoorwegen en vaarwegen. Masten op het water of bij een kruising met grote infrastructuur zijn doorgaans hoger dan gemiddeld, wat het risico tijdens beheer en onderhoud groter maakt. Ook kan het gebrek aan bereikbaarheid van deze masten risico's met zich meedragen tijdens het uitvoeren van onderhoud, zoals bij een mast op het water waarbij het onderhoudsteam de mast moet bereiken met een vaartuig. Een ander voorbeeld is een mast in een vogelbroedgebied die niet bereikbaar is tijdens het broedseizoen.

#### **4.2.4 Technische maak- en haalbaarheid (realisatiefase)**

Bij dit criterium wordt gekeken naar de risico's en technische complexiteiten die zich kunnen voordoen tijdens de realisatiefase van de alternatieven. Deze risicoanalyse vindt plaats op basis van expert judgement, waarbij een inschatting wordt gemaakt van hoe ingewikkeld de realisatie van ieder alternatief zal zijn en of er bijzondere werkwijzen toegepast dienen te worden.

De technische maak- en haalbaarheid in de realisatiefase is cruciaal voor het kunnen implementeren van een nieuwe hoogspanningsverbinding. In deze fase worden verschillende technische aspecten beoordeeld om ervoor te zorgen dat het gekozen tracé daadwerkelijk gerealiseerd kan worden binnen de gestelde eisen en normen.

Een eerste stap in dit proces is het identificeren van eventuele knelpunten en uitdagingen die zich kunnen voordoen tijdens de aanleg van de hoogspanningsverbinding. Hierbij wordt onder andere gekeken naar de geografische kenmerken van het onderzoeksalternatief, zoals de aanwezigheid van water, bossen, of andere obstakels. Daarnaast wordt ook rekening gehouden met bestaande infrastructuur en mogelijke conflicten met andere elektriciteitsverbindingen. Voor de realisatie zijn werkterreinen nodig en dienen de mastlocaties goed bereikbaar te zijn met zware machines. Ten behoeve van de geleidermontage is opstelruimte nodig voor onder andere kabelhaspels en rem- en liermachines.

Dit resulteert per onderzoeksalternatief in een hoeveelheid slecht bereikbare masten, masten waarbij het werken op of nabij de mast een hoger veiligheidsrisico vormt en masten met beperkte aanlegruimte. Deze aspecten zijn belangrijk om mee te nemen omdat het de uitdagingen weergeeft bij realisatie. De aanlegruimte is van belang voor het bouwen van de masten en voor het intrekken van de geleiders. Voor het intrekken van geleiders is met name bij de hoekmasten in de lengterichting van de verbinding veel ruimte nodig. Bij verbindingen over het water, masten in een klaverblad van een weg of masten in natuurgebieden is er een hoog risico betreffende de bereikbaarheid, veiligheid en ruimte voor werkterreinen. Andere aspecten die meegenomen worden zijn het aantal kruisingen met bestaande 380kV-lijnen, benodigde 150kV-verkabelingen en kruisingen met grote infrastructuur. Een kruising met een bestaande 380kV-lijn leidt direct tot een zeer hoog risico. Lijnen op dit hoogste spanningsniveau dienen in beginsel bovengronds aangelegd te worden, maar een bovengrondse kruising van 380kV-lijnen is niet toegestaan in verband met de leveringszekerheid en de mogelijkheid tot het plegen van onderhoud. De oplossingsrichtingen die benoemd zijn in paragraaf 3.2.4, namelijk omzwaaien, scheidende constructie en 380kV-kabels, hebben ook allen een aantal bezwaren die resulteren in een zeer hoog risico voor de technische maakbaarheid. Voor meer detail over kruisingen zie paragraaf 3.2.4. Een uitzondering hierop is een kruising vlak bij een station, omdat een kruising vlak bij een station eenvoudiger op te lossen is. Bij een station kan over het algemeen van veld worden gewisseld. Tevens wordt voor de eerste mast bij het station een kleinere valafstand sneller geaccepteerd. De mogelijkheden voor het oplossen van kruisingen nabij de stations Diemen, Lelystad en Ens zijn reeds beschouwd en hieruit kan geconcludeerd worden dat de kruisingen oplosbaar zijn.

Het kruisen van een bovengrondse 150kV-verbinding is weliswaar toegestaan maar niet wenselijk (zie par. 3.3.4 voor een toelichting). Bij een kruising van een 150kV-lijn kan per situatie worden bekeken of (een zo kort mogelijk deel van) de betreffende lijn verkabeld kan worden, onder andere onder de voorwaarde dat het nettechnisch mogelijk is. De overige voorwaarden staan beschreven in par. 3.3.4. Uitgangspunt voor deze beoordeling is dat bij kruisen van een bestaande 150kV lijn, dit tot de verkabeling van betreffende lijn zal leiden. Op die manier wordt het knelpunt opgelost. Dit heeft echter wel gevolgen voor het 150kV-netwerk.

Ten slotte zijn er bij kruisingen met grote infrastructuur risico's bij de realisatie omdat er veelal hoge masten nodig zijn en omdat er rekening gehouden moet worden met de doorgang van voertuigen of vaartuigen. Bij het kruisen van een spoorlijn bijvoorbeeld moeten de bouw- en onderhoudswerkzaamheden zo worden gepland dat ze de normale treinoperaties minimaal verstoren en hiervoor zijn speciale technieken of methodieken nodig. Ook bij het traceren over water is het nodig om speciale technieken toe te passen om de verbinding aan te leggen, de technieken die worden toegepast bij de aanleg van een verbinding op het land

zijn deels toepasbaar.

De resultaten van deze risicoanalyse bieden inzicht in het vergelijken van de technische haalbaarheid van elk onderzoeksalternatief. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de individuele componenten, maar ook naar de samenhang tussen verschillende technische aspecten. Dit helpt bij het identificeren van mogelijke risico's die kunnen optreden tijdens de realisatie.

#### **4.2.5 Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur**

Bij het aspect beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur is vooral gekeken naar elektrische aanraakveiligheid, omgevingsaspecten die van invloed zijn op het ontwerp en invloed van hoogspanningsverbindingen en stations op externe infrastructuur. Bij dit criterium wordt een analyse gemaakt van risico's rond en impact op andere infrastructuren door de nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding. Het kan hierbij gaan om onder andere buisleidingen, spoorlijnen, kabels en metaalhoudende constructies. Waar bekend wordt dit meegenomen in de effectbeoordeling. Bij dit criterium wordt op basis van expert judgement beoordeeld of er problemen verwacht worden met externe infrastructuur. Er wordt een inschatting gemaakt van hoe ingewikkeld of technisch uitdagend de realisatie van ieder alternatief zal zijn. Hoe hoger het risicoprofiel, hoe hoger de ontwerpspanningen en de realisatiekosten zullen zijn om de beïnvloeding te kunnen oplossen. Dit heeft ook nadelige neveneffecten op de doorlooptijd van het project.

Hoogspanningslijnen, -kabels en -stations kunnen een breed scala aan elementen in de omgeving negatief beïnvloeden waaronder kabels en leidingen van externe partijen, elektrische apparaten, spoorlijnen, en telecomverbindingen. Als componenten en systemen ongestoord in hun omgeving kunnen functioneren en zelf ook geen storingen in de omgeving veroorzaken wordt dat elektromagnetische compatibiliteit (EMC) genoemd. Bij de realisatie van nieuwe hoogspanningslijnen is het essentieel om de EMC van omringende systemen en objecten te onderzoeken. Indien er sprake is van ontoelaatbare beïnvloeding, moeten passende maatregelen worden genomen. Een geaccepteerde situatie ontstaat wanneer deze maatregelen direct bij de bron, de hoogspanningsinfrastructuur of bij het betrokken systeem of object kunnen worden toegepast. Het tracéontwerp is vanaf het begin zorgvuldig opgesteld met het oog op mogelijke verstoringen en de mogelijkheid om geaccepteerde oplossingen te kunnen bereiken.

Bij hoogspanningslijnen worden EMC-beoordelingen doorgaans uitgevoerd tijdens de planfase en ontwerpfase. Dit omvat een EMC-studie die veel tijd vergt om alle potentiële raakvlakken te identificeren en te beoordelen op eventuele te grote negatieve effecten vanuit de nieuwe hoogspanningsverbinding. Als negatieve effecten worden berekend, worden passende maatregelen genomen om de impact te verminderen en elektromagnetische compatibiliteit te bereiken. Deze studies zijn nog niet uitgevoerd maar alle tracévarianten zijn wel beschouwd met een risico-inventarisatie voor de meest kritische en complexe systemen. In een latere fase zal voor het gekozen onderzoeksalternatief een beïnvloedingsstudie uitgevoerd worden.

De risico-inventarisatie die is uitgevoerd concentreert zich met name op buisleidingen van hogedruk gas, gevaarlijke stoffen, stadsverwarming en spoorwegen die parallel aan het tracé van de hoogspanningslijn lopen en de invloed op Antennepark Zeewolde. Hierbij is een inschatting gemaakt of potentiële beïnvloeding eenvoudig op te lossen is, of dat er misschien maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten weg te nemen. Dit is per tracédeel uitgevoerd. Dit is een inschatting zonder consultatie van de stakeholder en in de praktijk kan dit anders uitpakken.

#### **4.2.6 Invloed van de doorlooptijd op het project**

Volgens netberekeningen is er in 2030 sprake van een knelpunt op het elektriciteitsnet. De nieuwe verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens heeft als doel om dit knelpunt op te lossen. Het is daarom van belang om de verschillende alternatieven te beoordelen op het risico dat het alternatief niet in 2030 gerealiseerd kan zijn. Hiervoor is een risicoanalyse uitgevoerd op basis van de te verwachten doorlooptijden in ontwerpwerkzaamheden, het verkrijgen van VNB's en bouwwerkzaamheden van het betreffende onderzoeksalternatief. De publiekrechtelijke en privaatrechtelijke toestemmingen zijn hier buiten beschouwing gelaten.

##### **Ontwerpwerkzaamheden**

Een alternatief waarbij veel innovatieve of niet standaardoplossingen worden voorgesteld heeft een langere doorlooptijd. Het is nodig om meer tijd en middelen in te zetten om het alternatief te ontwikkelen en te implementeren. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een lange verbinding over het water, waarbij ook hoekmasten op het water komen te staan. Aangezien dit nog niet eerder is uitgevoerd door TenneT, moet het ontwerp volledig aangepast worden om over water te kunnen gaan. Ook de wijze van onderhoud, beveiliging, et cetera, moet worden gedefinieerd en de impact hiervan moet in het ontwerp worden verwerkt. Dit heeft een langere doorlooptijd tot gevolg.

##### **VNB's**

Om de nieuwe verbinding te realiseren zijn er VNB's nodig op bestaande verbindingen of stations. In verband met de congestie op het elektriciteitsnet is het steeds lastiger om een VNB te verkrijgen. Dit is vooral het geval bij 380kV-verbindingen. Als een alternatief een bestaande 380kV-verbinding kruist, zijn meer VNB's nodig, waardoor het risico op langere doorlooptijd toeneemt.

##### **Bouwwerkzaamheden**

Een innovatief ontwerp of een ontwerp waarin veel afwijkingen voorkomen van de standaarden kan leiden tot meer fouten en vertragingen tijdens de bouw en installatie van de hoogspanningsverbinding. Bij veel afwijkingen van de standaard is er een risico dat de gewenste levensduur van 50 jaar niet wordt gehaald. Daarnaast zullen sommige alternatieven een langere bouwtijd hebben omdat de realisatie complex is. De lastige bereikbaarheid van een verbinding door een natuurgebied kan ook gevolgen hebben voor een langere bouwtijd in vergelijking met andere tracés.

Het is belangrijk om een ontwerp te kiezen dat zowel functioneel als haalbaar is, om de doorlooptijd van het project te minimaliseren en te garanderen dat het knelpunt in het net in 2030 opgelost kan worden. Omdat er geen precieze indicatie te geven is van de doorlooptijd per alternatief wordt ook dit aspect met een risicofactor uitgedrukt.

### **Verkabelen 150kV**

Aanvullende werkzaamheden naar aanleiding van 150kV verkabeling (zoals spoel en filtervelden op al volle stations) zijn een risico voor de doorlooptijd ten aanzien van planologische procedures. Dit moet tijdig opgepakt worden. Dit is een aandachtspunt, maar dit aspect is niet meegenomen in de beoordeling.

### 4.3 Beoordelingsmethodiek toekomstvastheid

In paragraaf 5.4 is de toekomstvastheid van de onderzoeksalternatieven in kaart gebracht. Dit betreft de toekomstvastheid met betrekking tot het voldoen aan de projectdoelstellingen, ten gevolge van de tracékeuze. De beoordeling van toekomstvastheid ten gevolge van de keuze van de stationslocatie staat beschreven bij de betreffende stationsbeoordeling in hoofdstuk 6. Dit heeft te maken met de mogelijkheden tot fysieke uitbreidingen van het station. De beschouwing van de bijdrage aan de toekomstvastheid van het energienetwerk als geheel is opgenomen in hoofdstuk 7, dit gaat over de transportcapaciteit en hoe deze ingezet kan worden.

De beoordeling toekomstvastheid bestaat uit een expert judgement beschouwing. Hierbij wordt onder andere gekeken hoe lang de verschillende onderzoeksalternatieven een oplossing kunnen blijven bieden voor de geconstateerde problemen, of de onderzoeksalternatieven toekomstige uitbreidbaarheid mogelijk maken of beperken en of er goede koppelingen mogelijk zijn tussen de onderzoeksalternatieven en het onderliggende (regionale) netwerk.

Score	Betekenis	Wanneer toegekend
--	Zeer hoog risicoprofiel	veel risico's of beperkingen voor de toekomstige uitbreidbaarheid;
-	Hoog risicoprofiel	enkele risico's of beperkingen voor de toekomstige uitbreidbaarheid;
0	Neutraal risicoprofiel	niet of nauwelijks risico's of kansen die de toekomstige uitbreidbaarheid beïnvloeden;
+	Laag risicoprofiel	enkele kansen voor de toekomstige uitbreidbaarheid;
++	Zeer laag risicoprofiel	veel kansen voor de toekomstige uitbreidbaarheid;

Tabel 4-3: Klassegrenzen beoordeling toekomstvastheid.

Bij de analyse van de toekomstvastheid geldt als voorwaarde dat de bestaande knelpunten worden opgelost waarvoor dit project is opgestart. Met andere woorden: er is voldaan aan de projectdoelstelling.

Specifiek wordt er met betrekking tot toekomstvastheid op onderstaande aspecten beoordeeld:

- biedt de oplossing voldoende mogelijkheden voor een toekomstige inlusing van een nieuw 380kV-station, met als doel:
  - versterking van het onderliggende 150kV-net;
  - faciliteren van nieuwe klantaansluitingen;
- biedt de oplossing voldoende mogelijkheden om toekomstige uitbreiding in het 380kV-net te faciliteren.

## 5. Effectenbeschrijving en -beoordeling tracés

Paragraaf 5.1 en 5.1.10 beschrijven elk voor een deelgebied (respectievelijk deelgebied Noord en deelgebied Zuid) het totale effect van ieder onderzoeksalternatief op de volgende technische beoordelingscriteria:

- leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid);
- beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase);
- technische maak- en haalbaarheid (realisatie);
- beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur;
- doorlooptijd voor het ontwerp en realisatie.

Bovendien worden de grootste risico's voor elk aspect aangeduid en, waar mogelijk, toegewezen aan specifieke delen van het tracé. Voor de overzichtelijkheid worden uitsluitend de grootste risico's vermeld. In enkele gevallen kan daardoor een vertekend beeld ontstaan van het risiconiveau. Dit komt doordat meerdere middelgrote risico's cumulatief een groter risico kunnen vormen dan een alternatief dat weliswaar een paar grote risico's kent, maar weinig tot geen middelgrote risico's.

In paragraaf 5.1 en 5.1.10 wordt er beoordeeld op het niveau van onderzoeksalternatieven, zie paragraaf 4.1. Vandaar dat de loadflow berekeningen hier niet in meegenomen zijn, omdat dit valt onder het niveau van elektriciteitsnet. In paragraaf 7.2 wordt hier dieper op ingegaan.

De scores zijn weergegeven in tabellen, met een overzicht van de effectbeoordelingen per onderzoeksalternatief in de deelgebieden. Na de tabel volgt per onderzoeksalternatief de bijbehorende effectbeschrijving.

Voor het thema techniek is de beoordeling gebaseerd op risicoprofielen. De kleurscore in de tabel geeft het risicoprofiel voor de technische maak- en haalbaarheid weer. Paragraaf 4.2.1 geeft toelichting op de verschillende risicoprofielen. Voor de hoog-risico-profielen volgt hieronder een korte samenvatting:

Indien er bij één van de beoordelingscriteria '**niet mogelijk**' is weergegeven, is het technisch niet mogelijk om dit tracé te realiseren. De specifieke oorzaak, en het betreffende tracédeel dat dit conflict veroorzaakt, is in de tabel weergegeven met een zwarte stip. In de effectbeschrijving van het betreffende onderzoeksalternatief (in hoofdstuk 5) wordt benoemd of dit conflict mogelijk op te lossen is met een mitigerende maatregel. Betreffende mitigerende maatregelen zijn beschreven in hoofdstuk 8. De onderzoeksalternatieven zijn daarna opnieuw beoordeeld.

Een alternatief kan ook een parse score krijgen: dit betreft een '**onbeheersbaar risicoprofiel**'. Dit houdt in dat de beoordeling op de criteria dermate negatief uitvalt dat niet voldaan kan worden aan de projectdoelstellingen of een projectoverstijgende systeemimpact heeft die vanuit landelijk beleid niet acceptabel is. Het risico is onbeheersbaar en daarmee niet acceptabel voor TenneT. In dat geval komt het alternatief alleen in aanmerking indien geen beter onderzoeksalternatief voorhanden is. Deze score wordt

onder andere gegeven aan alternatieven die een zeer lang tracé over water bevatten. Er wordt dan niet aan de projectdoelstelling voldaan en het tracé kent dan beperkingen op bovengenoemde criteria.

Een **zeer hoog risico** (- -) in de beoordeling betekent dat er een risico aanwezig is dat het alternatief niet haalbaar blijkt of dat er aanzienlijke technisch problemen opgelost dienen te worden.

Voor een verklaring van de beoordeling “Onbeheersbaar risicoprofiel” of “Zeer hoog risico voor de haalbaarheid van de projectdoelstellingen”, wordt verwezen naar de betreffende effectbeschrijving en achtergronden in onderstaande paragrafen:

- zie paragraaf 3.2.2 Belang van geografische spreiding;
- zie paragraaf 3.3.1 Gevolgen ondergronds kabeldeel;
- zie paragraaf 3.3.3 Kruising met bestaande 380kV-lijn;
- zie paragraaf 3.3.5 Traceren over water;
- zie paragraaf 3.3.6 Beïnvloeding externe infrastructuur.

## 5.1 Beoordeling techniek deelgebied Noord

De onderstaande tabel bevat een overzicht van de effectbeoordelingen per onderzoeksalternatief in deelgebied noord. Paragraaf 4.2.1 geeft toelichting op de verschillende risicoprofielen. Na de tabel volgt per onderzoeksalternatief de bijbehorende effectbeschrijving.

Voor een correcte interpretatie van onderstaande tabel, dient men eerst de toelichting in de inleidende paragraaf van hoofdstuk 5 te lezen.

*Tabel 5-1: Effectbeoordeling techniek in deelgebied Noord. (Volgende pagina)*

NOORD	Blauw-1	Paars-1	Paars-2	Groen-1	Groen-2	Geel-1	Geel-2	Oranje-1	Oranje-2	Grijs-1
Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)	-- ● 8,5 km over water (7 km noorden van Lelystad en 1,5 km oversteek Ketelmeer) ● Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op het water	0	- ● Totaal 5 km over water (1 km tot IJsseloo, daarna 4 km) ● Langere hersteltijd bij storingen bij masten op het water	-- ● Kruising met 380kV, bestaande verbinding omzwaaien met verbinding met verschillende mastenfamilies	- ● 5 km over water (1 km tot IJsseloo en daarna 4 km) ● Langere hersteltijd bij storingen bij masten op het water	-- ● 4 km over water oversteek Ketelmeer bij IJsseldelta ● Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten in ondiep water	--	Onbeheersbaar risicoprofiel ● Voldoet niet voor geografische spreiding ● Voldoet niet voor strategisch netbeheer ● 380kV kabel nodig om kruising op te lossen	Onbeheersbaar risicoprofiel ● Voldoet niet voor geografische spreiding ● Voldoet niet voor strategisch netbeheer ● 380kV kabel nodig om kruising op te lossen	0
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)	-- ● Slecht bereikbare (hoek)masten op water en in natuurgebied	0	- ● Slecht bereikbare masten op water en in natuurgebied	0	- ● Slecht bereikbare masten op water en in natuurgebied	- ● Slecht bereikbare masten op water en in natuurgebied	0	0	0	0
Technische maak- en haalbaarheid (realisatiefase)	-- ● Slecht bereikbare locatie (hoek)masten op water en in natuurgebied	+	Niet mogelijk ● Ontoelaatbaar raakvlak met slibdepot, mast op dijk, heliplatform op het IJsseloo. Via GR13 niet mogelijk. ● Slecht bereikbare locatie masten op water en in natuurgebied ● Kruising met twee 150kV verbindingen ● Kruisingen grote infra (3x provinciale weg, 1x spoor en 3x vaarweg)	Niet mogelijk ● Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien ● Oversteek Ketelmeer over IJsseloo met haakse hoek bij aanlanding Noordoostpolder ● Ontoelaatbaar raakvlak met slibdepot, mast op dijk, heliplatform op het IJsseloo. Via GR13 en GR16 niet mogelijk.	Niet mogelijk ● Ontoelaatbaar raakvlak met slibdepot, mast op dijk, heliplatform op het IJsseloo. Via GR13 niet mogelijk. ● Slecht bereikbare locatie masten op water en in natuurgebied	- ● Slecht bereikbare locatie masten op water en in natuurgebied ● Kruisingen grote infra (1x provinciale weg en 6x vaarweg)	Niet mogelijk ● Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien ● Oversteek Ketelmeer over IJsseloo met haakse hoek bij aanlanding Noordoostpolder ● Ontoelaatbaar raakvlak met slibdepot, mast op dijk, heliplatform op het IJsseloo. Via GR16 niet mogelijk. ● Kruising met twee 150kV verbindingen ● Kruisingen grote infra (4x provinciale weg, 1x spoor en 3x vaarweg)	0 ● Kruisingen grote infra (5x provinciale weg en 7x vaarweg)	0 ● Kruising met twee 150kV verbindingen ● Kruisingen grote infra (6x provinciale weg, 2x spoor en 4x vaarweg)	+
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	+	+	+	-	-	-	0	--	--	-
Doorlooptijd	-- ● >5km over water leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw ● Raakvlak K&L moet opgelost worden	- ● Raakvlak K&L moet opgelost worden	- ● Oversteek Ketelmeer over IJsseloo	-- ● Oversteek Ketelmeer over IJsseloo ● Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw ● Raakvlak K&L moet opgelost worden ● Raakvlak met ProRail moet opgelost worden	- ● Oversteek Ketelmeer over IJsseloo ● Raakvlak K&L moet opgelost worden	- ● Complexe oversteek Ketelmeer ● Raakvlak met ProRail moet opgelost worden	- ● Oversteek Ketelmeer over IJsseloo ● Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw	- ● Raakvlak met K&L en ProRail moet opgelost worden	- ● Raakvlak met K&L en ProRail moet opgelost worden	- ● Raakvlak K&L moet opgelost worden

De bolletjes in dit overzicht duiden het totale risicoprofiel voor een deelaspect aan. Daarachter worden uitsluitend de grootste bijbehorende risico's vermeld. In enkele gevallen kan daardoor een vertekend beeld ontstaan van het risiconiveau. Voor een volledige onderbouwing van deze effecten leest u de onderstaande paragrafen.

### 5.1.1 Noord-Blauw-1

Alternatief Noord-Blauw-1 loopt vanaf locatiealternatief A6 Noord ten noordwesten van de IJsselmeerdijk over het water naar de Ketelbrug. Het alternatief kruist vlak voor de Ketelbrug de A6 en steekt daarna tussen de bestaande 380kV-verbinding en de A6 het Ketelmeer over. Vervolgens loopt de verbinding aan de noordzijde van de bestaande verbinding parallel in oostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-1: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Blauw-1 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Het tracé kruist bij station Ens een 380kV-verbinding (PA13), omdat dit dicht bij het station is wordt dit niet beoordeeld als een hoog risico, zie paragraaf 4.2.2. Bij de volgende tracés waar een kruising met 380kV dicht bij een station plaats vindt, wordt dit niet meer genoemd. Ten noorden van Lelystad (BL6) loopt het tracé 7 km over water. Bij de kruising van het Ketelmeer (PA12) is dit 1,5 km. Zoals beschreven in paragraaf 3.3.5, hebben de masten op het water een lage beschikbaarheid vanwege de langere hersteltijd bij storingen tot gevolg. Vandaar dat dit tracé een zeer hoog (- -) risicoprofiel op de leveringszekerheid heeft.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Net zoals bij het aspect leveringszekerheid zorgen de over water en natuurgebied lopende tracédelen BL6 en PA12 voor een grote negatieve impact op de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid. Uit paragraaf 3.3.5 volgt dat de masten op het water grote implicaties hebben voor de veiligheid. De grote hoeveelheid slecht bereikbare masten zorgen voor een zeer hoog risico. Daarnaast is er ook een grote hoeveelheid hogere masten nodig die zorgen voor een hoger veiligheidsrisico. Dit samen zorgt ervoor dat Noord-Blauw-1 een zeer hoog (- -) risicoprofiel heeft op basis van beheer- en onderhoudbaarheid.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

In het tracé zijn er een aantal locaties die grote uitdagingen met zich meebrengen voor de technische maak- en haalbaarheid. In het gebied van tracédeel BL6 zijn twee rijen windturbines in aanbouw. Deze constructies komen voor de Flevolandse kust te staan. Door dit geplande windturbinepark is het tracé alleen haalbaar wanneer de nieuwe verbinding niet in de risicozone van de windturbines komt te liggen. Het huidige uitgangspunt voor de risicozone is gebaseerd op het handboek risicozonering, wat een inschatting is op basis van aannames (zoals valafstand en kentallen op basis van hoogte en vermogen), maar hierin zit nog een onzekerheidsmarge. Er is dus een risico dat de zones nog groter uitvallen, met name voor de windturbines met groot vermogen. Indien uit berekeningen blijkt dat de indicatieve zones groter uitvallen dan het huidige uitgangspunt, zal de referentielijn mogelijk meer richting de waterkering moet worden geschoven om buiten de risicozone van de windturbines te blijven.

Om de vaarweg ter plaatse van de Ketelbrug over te steken, zijn extra hoge masten benodigd. De realisatie van constructies op monopalen of kunstmatige eilandjes is uitvoeringstechnisch zeer complex. De masten dienen bovendien zeer hoog te zijn om te voldoen aan de vrije doorvaarhoogte. Dit maakt de opgave extra complex. Vanwege de hoogte van de masten geeft dit ook tijdens realisatie een extra veiligheidsrisico, dit staat verder toegelicht in paragraaf 3.2.6 Veiligheid.

De delen van het tracé die over water lopen, brengen een zeer hoog risico met zich mee wat betreft de technische maak- en haalbaarheid. Het grootste risico wordt gevormd door de moeilijk bereikbare masten en masten met beperkte aanlegmogelijkheden. Bovendien dragen de risico's van de hogere masten en kruisingen met belangrijke infrastructuur bij aan het algehele risicoprofiel van Noord-Blauw-1. Vanwege de lange delen over het water en het feit dat er meerdere knikken in de lijn zitten, zijn meerdere hoekmasten nodig, wat zorgt voor een hoger risico wat betreft technische maak- en haalbaarheid. De combinatie van deze factoren zorgt voor een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Een kabel of buisleiding kan door toedoen van verschillende elektromagnetische (EM) beïnvloedingsmechanismen worden beïnvloed door de nieuwe verbinding, zie paragraaf 3.3.6. In het tracé is er één locatie waar de nieuwe verbinding grote invloed heeft op de externe objecten en infrastructuur. Bij PA12 ligt een hogedrukgasleiding parallel voor 3 km op een afstand van 70 meter wat zorgt voor een zeer hoog risico. Daarnaast is er nog een middelhoog risico bij PA13 door de nabijheid van een hogedrukgasleiding. Vanwege het feit dat er voor de rest geen beïnvloeding van externe objecten en

infrastructuur is, wordt het risicoprofiel als laag (+) beoordeeld.

### ***Doorlooptijd***

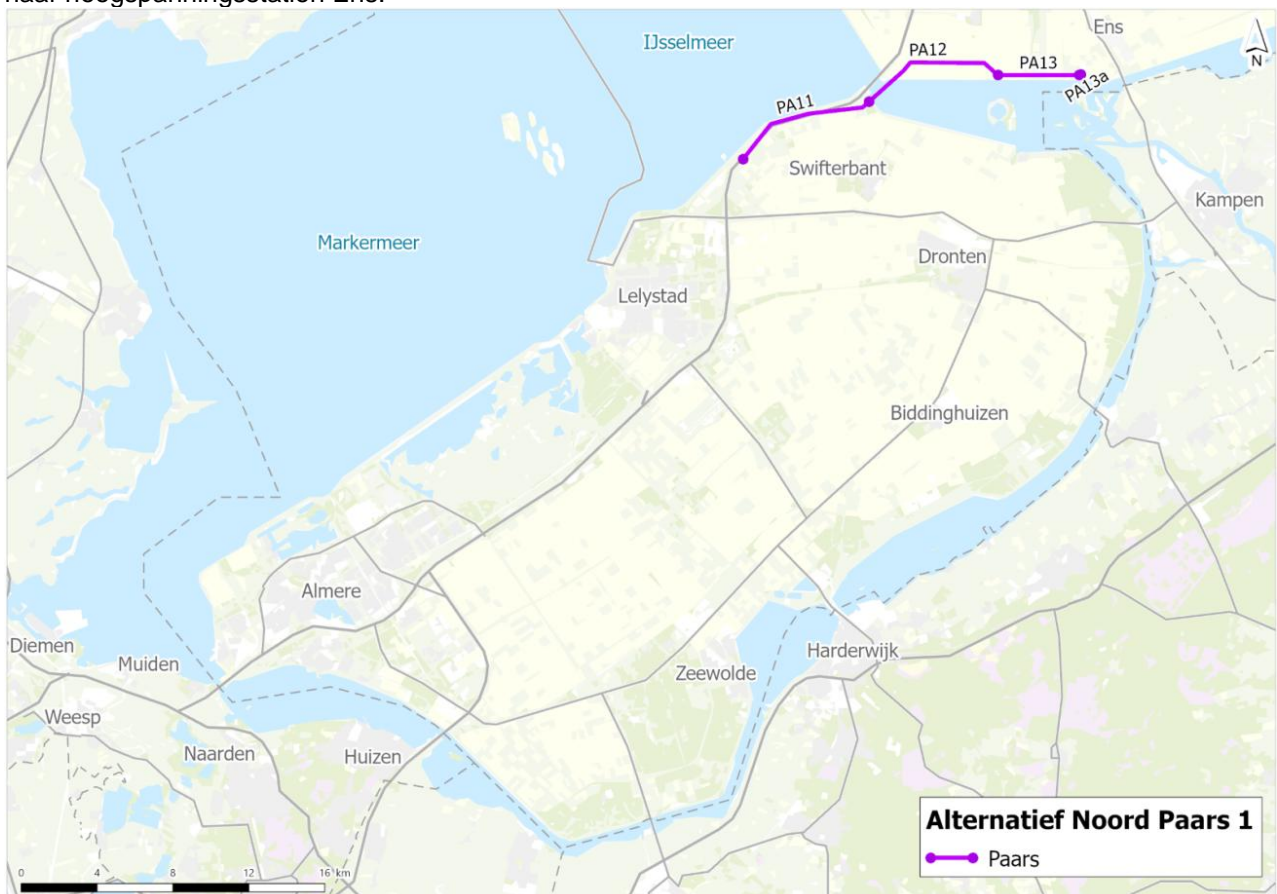
Tracédeel BL6 gaat over het water. Dit deel is vrij lang waardoor het noodzakelijk is om een aantal hoekmasten en afspanmasten op het water te plaatsen. Daarnaast zijn extra hoge masten benodigd voor de kruising van de vaarweg ter plaatse van de Ketelbrug (PA12). Voor dergelijke complexe constructies is een volledig nieuw mastontwerp nodig. Het ontwerpen heeft een lange doorlooptijd. Beide afwijkingen van de standaardmastenfamilie dragen bij aan een lange doorlooptijd van het project. Daarnaast is er ook een hoog risico met betrekking tot één buisleiding. Het uitvoeren van de onderzoeken, het bepalen van mitigerende maatregelen, het bereiken van een overeenkomst met de stakeholders en het (laten) uitvoeren van de maatregelen kost tijd. In combinatie met de lange afstand over water zorgt dit ervoor dat dit tracé is beoordeeld als zeer hoog (- -) risico.

### ***Conclusie***

Noord blauw 1 heeft zeer hoge risico's voor de aspecten leveringszekerheid, beheer en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. Vanuit techniek gezien zorgen alle risicoprofielen bij elkaar ervoor dat dit tracé een onbeheersbaar risicoprofiel heeft. De kans is groot dat de projectdoelstellingen niet gehaald worden en daarmee is Noord-Blauw-1 geen goed alternatief, tenzij er geen betere alternatieven zijn.

### 5.1.2 Noord-Paars-1

Alternatief Noord-Paars-1 loopt vanaf locatiealternatief A6 Noord parallel aan de zuidzijde van de A6 richting het Ketelmeer. Het alternatief steekt het Ketelmeer over parallel aan de bestaande 380kV-verbinding. Vervolgens loopt de verbinding aan de noordzijde van de bestaande verbinding parallel in oostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-2: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Paars-1 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Noord-Paars-1 heeft weinig technische uitdagingen. Voor de kruising van het Ketelmeer (PA12) staan een beperkt aantal masten, 3 à 4 stuks, op het water. Het deel over het water (1,5 km) is relatief kort en in een rechte lijn, waardoor de negatieve invloed op de leveringszekerheid laag is. Op basis van risico's scoort het alternatief neutraal (0).

#### **Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)**

De beheerbaarheid en onderhoudbaarheid krijgt een neutrale (0) score. Over het algemeen zijn de masten in dit tracédeel goed bereikbaar, met uitzondering van de masten op het Ketelmeer (PA12). Het aantal slecht bereikbare masten is gering, waardoor dit geen grote negatieve impact heeft op de score van het aspect. Vandaar dat dit wordt beoordeeld als een neutraal (0) risicoprofiel.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

De omstandigheden voor Noord-Paars-1 zijn gunstig voor de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding. In dit tracédeel zijn er geen noemenswaardige complicerende factoren voor dit aspect. Een aantal masten komen in het Ketelmeer (PA12) te staan, maar de locaties voor de aanleg van deze mastfundaties zijn goed bereikbaar, zowel vanaf land als vanaf het water. De risico's zijn laag (+) voor de technische maak- en haalbaarheid.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Bij PA12 ligt een hogedrukgasleiding parallel op een afstand van 70 meter over 3 km, wat zorgt voor een zeer hoog risico. Daarnaast is er nog een middelhoog risico bij PA13 door de nabijheid van een hogedrukgasleiding. Hiernaast heeft Noord-Paars-1 mogelijk een raakvlak met de toekomstige Lelylijn bij PA11. Dit valt echter op te lossen door het schuiven van het tracé van de beoogde hoogspanningsverbinding binnen de corridor. Vanwege het feit dat er voor de rest geen beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur is, wordt het risicoprofiel als laag (+) beoordeeld.

### ***Doorlooptijd***

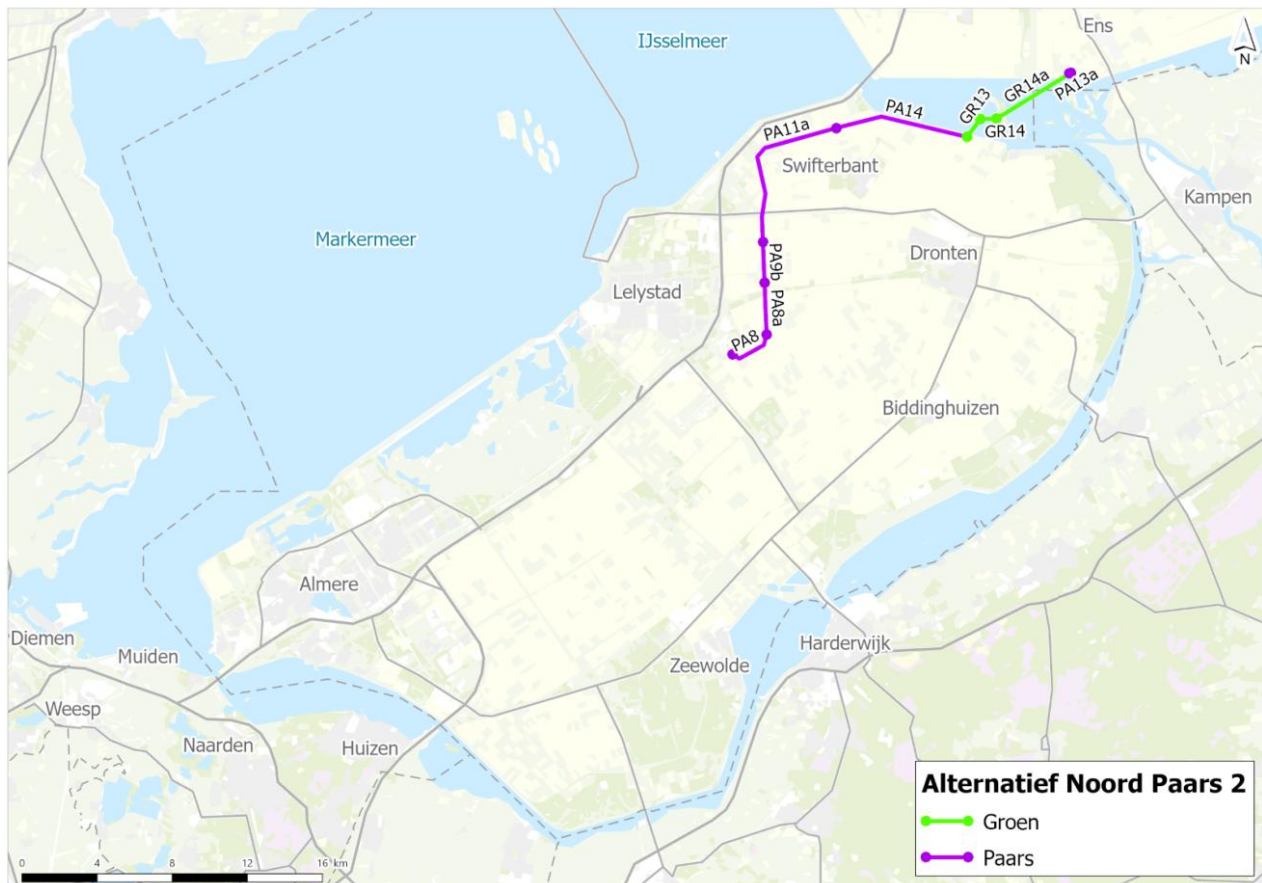
De doorlooptijd van het project voor deeltracé Noord-Paars-1 heeft een hoog (-) risico. Het tracé over het land kent weinig uitdagingen tijdens de bouw van de masten, omdat er voldoende ruimte rondom het tracé beschikbaar is. Maar er is een zeer hoog risico met betrekking tot één buisleiding. Het uitvoeren van de onderzoeken, het bepalen van mitigerende maatregelen, het bereiken van een overeenkomst met de stakeholders en het (laten) uitvoeren van de maatregelen kost tijd.

### ***Conclusie***

Noord-Paars-1 scoort neutraal tot goed op de verschillende aspecten. Door het ontbreken van aspecten van zeer hoge risico's, is Noord-Paars-1 op technisch gebied een goed haalbaar alternatief.

### 5.1.3 Noord-Paars-2

Alternatief Noord-Paars-2 loopt vanaf locatiealternatief Larserringweg in noordelijke en daarna oostelijke richting parallel aan de bestaande hoogspanningsverbindingen in het gebied. Ter hoogte van het Ketelmeer buigt het alternatief af en volgt de Kustlijn in oostelijke richting. Het alternatief steekt ter hoogte van het IJsseloog het Ketelmeer over. Vanaf het IJsseloog loopt het alternatief in een rechte lijn direct over water in noordoostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-3: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Paars-2 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Het grootste deel van Noord-Paars-2 gaat over het land (PA8, PA8a, PA9b, PA11a, PA14). Storingen in dit deel van de lijn zijn snel op te lossen waardoor de leveringszekerheid hoog is. Dit geldt echter niet voor het tracé over het water GR13 (1 km) en GR14a (4 km), met een totale lengte van 5 km. In totaal komen er dan 12 (2+10) masten op het water en twee hoekmasten op het IJsseloog. Masten op het water scoren op basis van betrouwbaarheid en de beschikbaarheid slechter dan masten op het land, zie paragraaf 3.3.5. De lange lengte van de verbinding over water zorgt voor een hoog (-) risicoprofiel voor leveringszekerheid.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

De risico's op basis van beheerbaarheid en onderhoudbaarheid zijn voor Noord-Paars-1 hoog (-). Deze risicoscore is voornamelijk gebaseerd op het deel van de verbinding dat de kruising met het Ketelmeer maakt (GR13, GR14, GR14a). De masten op het water en in een natuurgebied zijn moeilijk bereikbaar wat zorgt voor een hoger risico voor beheer en onderhoud. Zie paragraaf 3.3.5 voor verdere toelichting.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Op het gebied van de technische maak- en haalbaarheid van de nieuwe verbinding zijn verschillende aandachtspunten:

- de kruising ter plaatse van het Ketelmeer (GR13, GR14, GR14a) is een aandachtspunt. De lijn maakt twee knikken op het IJsselooog. Op deze plaatsen wordt een hoekmast geplaatst. Echter blijkt uit overleg met Rijkswaterstaat dat dit niet mogelijk is vanwege verschillende aspecten. Ten eerste bevindt zich een helikopterplatform op het IJsselooog nabij het tracé. Daarnaast bevindt zich een slibdepot in de lijn van het tracé. Dit slibdepot kan mogelijk ontplofbaar resten bevatten. Vanuit technisch oogpunt is het ook niet toelaatbaar om masten in een waterkering te plaatsen (zie paragraaf 3.2.5). Door het tracé te verplaatsen en het IJsselooog te vermijden, kan dit risico worden vermeden, maar daarmee ontstaat het risico dat een hoekmast in het water moet worden geplaatst en is de reden om überhaupt via het IJsselooog te traceren (gebruik te maken van het aanwezige land voor de oversteek van het Ketelmeer) tenietgedaan;
- een ander kritisch punt in het Ketelmeer is de kruising van het Ramsdiep. Om deze vaarweg vanaf het IJsselooog over te steken, is een overspanningslengte van ca. 500 meter benodigd. Ook zijn zeer hoge masten benodigd om te voldoen aan de minimale doorvaarthoogte in combinatie met de grote overspanningslengte;
- enkele windturbines moeten randvoorwaardelijk worden verwijderd om dit alternatief te kunnen verwezenlijken.

Daarnaast zijn er een aantal kruisingen met bestaand infrastructuur. Zo moet drie keer een vaarweg gekruist worden, één keer een spoorlijn en drie keer een provinciale weg. Voor alle kruisingen zijn hogere masten benodigd (zie paragraaf 3.2.5). Tot slot wordt bij PA8 en PA9B een 150kV-verbinding gekruist, die naar verwachting lokaal verkabeld zal moeten worden (indien dit nettechnisch mogelijk is). De combinatie van deze uitdagingen, inclusief de moeilijk bereikbare masten op het water en in natuurgebied zorgen voor een hoge risicobeoordeling. Vanwege een ontoelaatbaar raakvlak met het slibdepot, mast op een dijk, en heliplatform op het IJsselooog wordt dit tracé beoordeeld als niet mogelijk op basis van technische maak- en haalbaarheid.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Voor Noord-Paars-2 is er één aandachtspunt. Nabij station Lelystad zijn er hoogtebeperkingen ingesteld vanwege de aanliegroutes van vliegveld Lelystad (PA8, PA8a). Hiervoor is een Verklaring van geen bezwaar nodig om deze te kunnen realiseren. Waarbij PA8 zeer dicht op de verlengde strook van de start- en landingsbaan ligt. De risico's gerelateerd aan externe objecten en infrastructuur zijn beheersbaar en dus komt de beoordeling uit op een laag (+) risicoprofiel. Hierbij geldt wel de veronderstelling dat er voor de

trajecten nabij de luchthaven een Verklaring van geen bezwaar wordt verstrekt.

### ***Doorlooptijd***

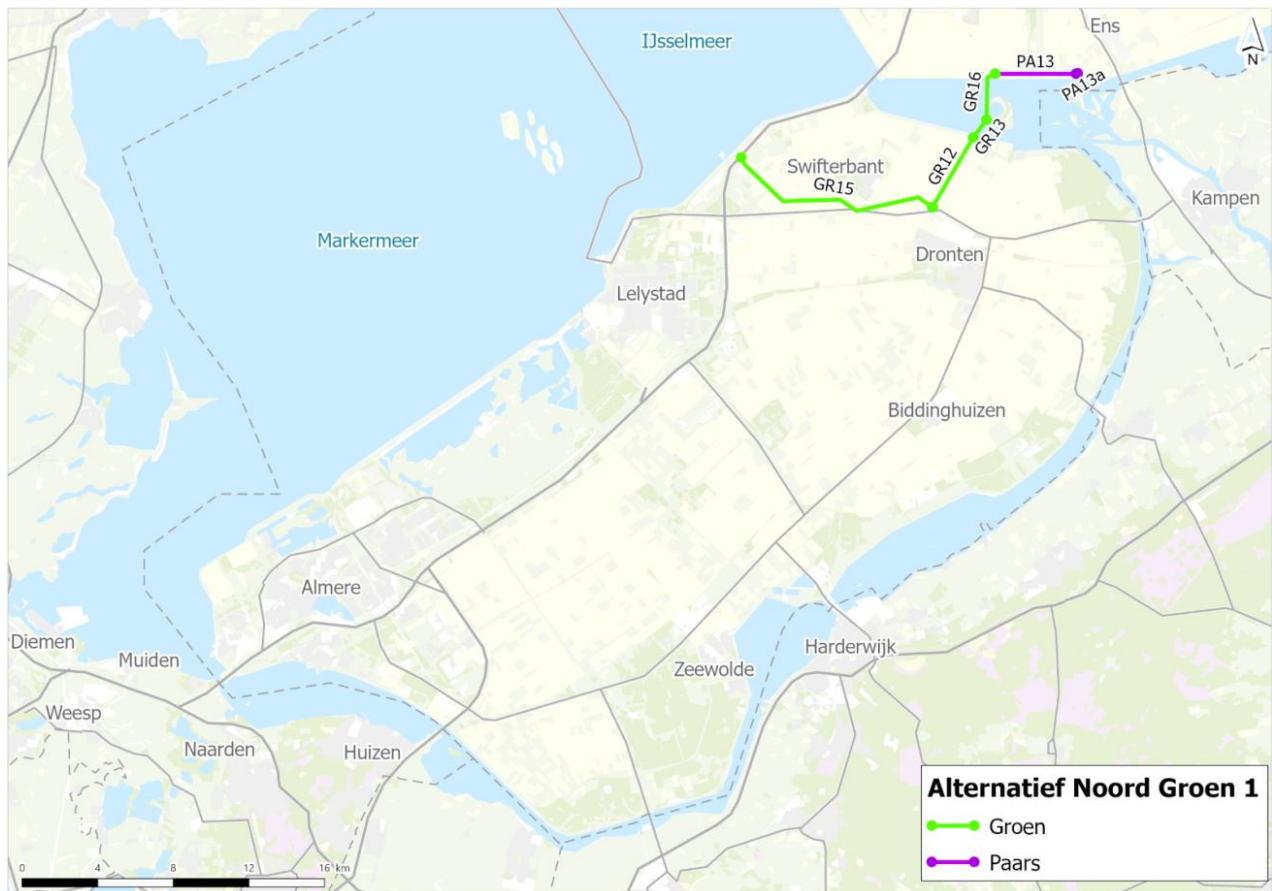
De risico's voor verwachte ontwerpwerkzaamheden, VNB's en bouwwerkzaamheden zijn voor de verbinding over het land (PA8, PA8a, PA9b, PA11a, PA14) goed te overzien, maar dit is niet het geval voor het deel over het water (GR13, GR14, GR14a). Voor de kruising van het Ketelmeer is een overspanningslengte van ca. 500 meter benodigd. Om te voldoen aan de eis met betrekking tot de minimale doorvaarthoogte zijn zeer hoge masten benodigd. De constructies van hogere masten zijn een stuk complexer waardoor de benodigde tijd voor het ontwerpen en uitvoeren van dergelijke constructies sterk toeneemt. Een langere planning leidt tot hogere risico's voor de doorlooptijd. Noord-Paars-2 heeft voor dit aspect een hoog (-) risicoprofiel.

### ***Conclusie***

Voor de meeste aspecten van Noord-Paars-2 geldt een hoog risicoprofiel. De uitdagingen ter plaatse van de kruising van het Ketelmeer zijn groot. Aan het plaatsen van een aantal hoekmasten op het IJsseloog zijn ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot, mast op dijk, en het helikopterplatform. Door het raakvlak met het IJsseloog is dit alternatief niet mogelijk zonder mitigatie. Voor mitigatie mogelijkheden zie paragraaf 8.1.11.

### 5.1.4 Noord-Groen-1

Alternatief Noord-Groen-1 loopt vanaf locatiealternatief A6 Noord in zuidoostelijke richting naar de N307. Het alternatief loopt ten noorden van de N307 in oostelijke richting en buigt ter hoogte van Dronten af naar het noorden tot het Ketelmeer. Het alternatief steekt ter hoogte van het IJsselmeer het Ketelmeer over in noordelijke richting en kruist bij aanlanding in de Noordoostpolder de bestaande 380kV-verbinding. Vervolgens loopt de verbinding aan de noordzijde van de bestaande verbinding parallel in oostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-4: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Groen-1 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Noord Groen-1 kent een zeer hoog (- -) risicoprofiel met betrekking tot de leveringszekerheid. Dit wordt veroorzaakt door de kruising met de bestaande 380kV-verbinding bij deeltracé GR16. Omzwaaien resulteert in een zeer hoog risico op verminderde leveringszekerheid door de verbinding met verschillende mastenfamilies, paragraaf 3.3.3 en 3.3.7.3. Andere oplossingen zoals het uitvoeren van de verbinding als kabel of een overkluizing (een scheidende constructie bij kruisen met 380kV) is niet mogelijk vanwege de verhoogde masten op het water en een gebrek aan ruimte achter de Zuidermeerdijk, zie 3.3.4. Daarnaast loopt het tracé 2 km over water, wat ook een negatieve invloed heeft op de leveringszekerheid. Vandaar dat dit tracé als zeer hoog risico (--) beschouwd wordt.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Voor de tracédelen gelden lagere risico's voor het deel over het land (GR15, GR12, PA13) en hogere risico's voor het deel over het water van 2 km (GR13, GR16). De hogere risico's komen voort uit de slechte bereikbaarheid van de constructies op het water voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden. Uit bovenstaande beschouwing volgt een risicobeoordeling die gelijk is aan neutraal (0).

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Over het algemeen heeft Noord-Groen-1 middelhoge risico's met betrekking tot aantallen slecht bereikbare masten, masten met beperkte aanlegruimte en kruisingen met grote infrastructuur. Dit volgt onder andere uit de relatief kortere kruising met het Ketelmeer (GR13, GR16). Het tracé is echter beoordeeld als niet mogelijk vanwege de ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot, helikopterplatform en mast op de kering van het IJsselooog (zie Noord-Paars 2). Daarnaast zijn er nog verschillende aandachtspunten:

- ter plaatse van de aankomst op Schokland en in de buurt van station Ens (PA13) zijn er twee kruisingen met de bestaande 380kV-hoogspanningslijn. De kruising met de bestaande 380kV bij aanlanding op de Noordoostpolder ter hoogte van IJsselooog (bij GR16) brengt een onbeheersbaar technisch risico met zich mee. Zowel het kruisen van de nieuwe lijn met de bestaande lijn bij aanlanding als het omzwaaien van de lijnen om een kruising te vermijden, zijn beiden zeer technisch complex en onwenselijk, zie paragraaf 3.3.3. Daarop kan specifiek voor deze locatie worden toegevoegd dat overkluizing (een scheidende constructie bij kruisen met 380kV) erg hoog is;
- ter plaatse van de aanlanding op Schokland vanaf het Ketelmeer (GR16) zit er een knik in de lijn. Om deze knik te maken, is een hoekmast benodigd. Voor de exacte locatie van deze knik zijn er twee mogelijkheden: in de beschermingszone van de dijk rondom het Ketelmeer of in het Ketelmeer. In het geval van masten in de beschermingszone, zal eerst een onderzoek nodig zijn om te bepalen of een mastconstructie invloed heeft op de stabiliteit van het dijklichaam, maar het uitgangspunt vanuit techniek is dat er geen masten op een waterkering worden geplaatst. Indien het plaatsen van de mast in de beschermingszone van de kering op constructieve grond niet haalbaar is, zal de hoekmast in het water komen te staan. Aan de uitvoerbaarheid van een hoekmast in het water zijn grote uitvoeringstechnische risico's verbonden, zie paragraaf 3.3.5;
- enkele windturbines zullen randvoorwaardelijk uitgekocht moeten worden om dit alternatief te kunnen realiseren.

De bovenstaande redenen en de ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot en helikopterplatform zorgen ervoor dat dit tracé voor technische maak- en haalbaarheid als niet mogelijk beoordeeld is.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

In dit tracé zijn er een aantal locaties waar beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur plaats vindt. Een van de grote technische uitdagingen is de grote gevaarlijke inhoud buisleiding ten noorden van Dronten (GR12). Deze leiding loopt over een afstand van 1,5 km parallel aan de hoogspanningslijn op een afstand van 80 meter. Verderop in het tracé bij Schokland (PA13) loopt de lijn parallel aan een hogedrukgasleiding. Omdat de afstand 230 meter is, wordt dit niet gezien als hoog risico. Datzelfde geldt voor GR15, waarbij de parallelloop 800 meter is op een afstand van 75 meter. Daarnaast loopt op het tracé een spoorlijn parallel

(GR15) voor 2 km. Op één gedeelte van GR15 is de afstand tot het spoor 165 meter. Vanwege bovengenoemde beïnvloedingsaspecten heeft Noord-Groen-1 op basis van dit aspect een hoog (-) risicoprofiel.

### ***Doorlooptijd***

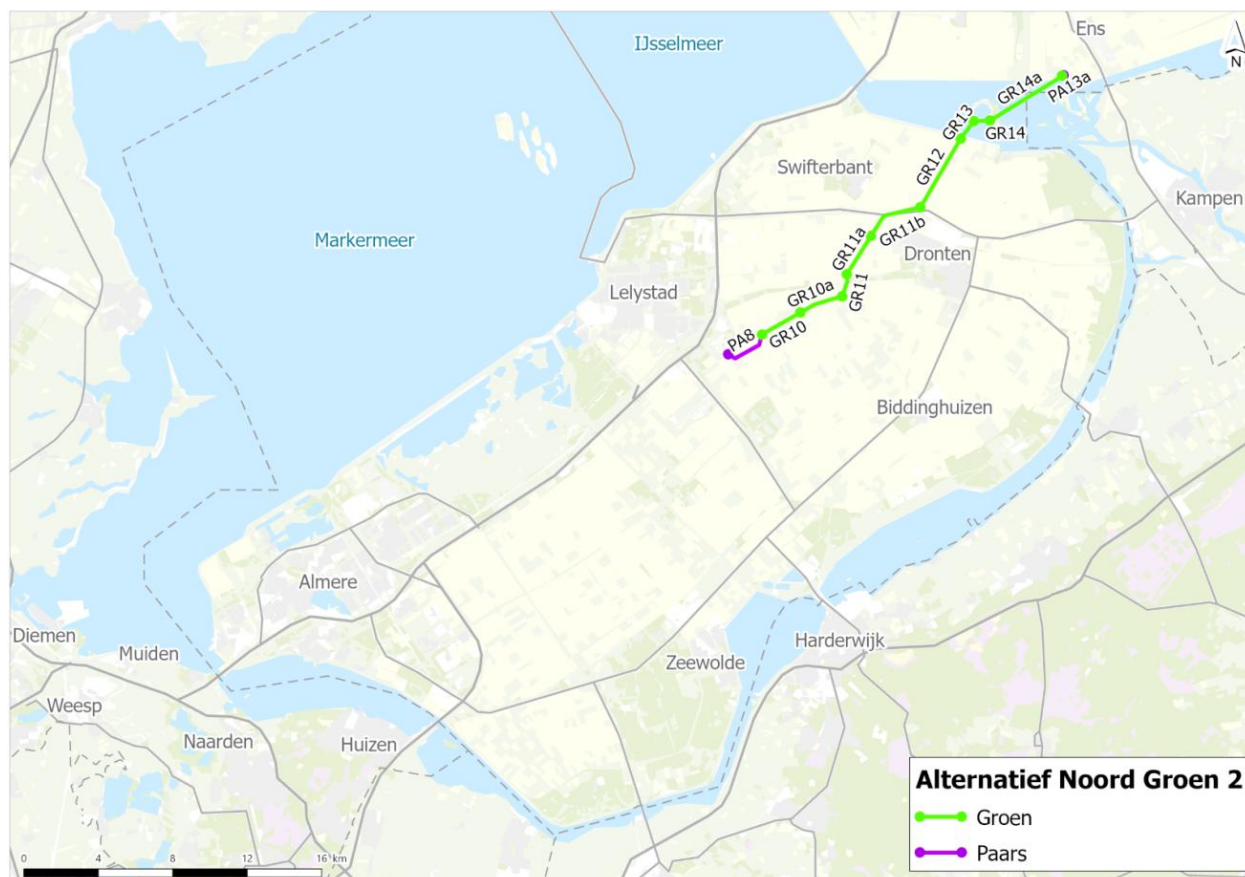
Met betrekking tot de doorlooptijd kent Noord-Groen-1 een aantal uitdagingen. In het Ketelmeer maakt de lijn een knik ter plaatse van IJsselooog (GR16). Zoals beschreven in de technische maak- en haalbaarheid van Noord-Groen-1, zal de knik in het tracé op de dijk of in het Ketelmeer gesitueerd zijn. Deze mast zal technisch zeer complex zijn met grote risico's op vertragingen in zowel het ontwerp- als het realisatieproces. Een andere uitdaging is de kruising met de bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien wat leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw. Als laatste moet het raakvlak van de leiding (GR12) opgelost worden. Daarnaast is er ook een zeer hoog risico met beïnvloeding van kabels, leidingen en spoorlijn. Het uitvoeren van de onderzoeken, het bepalen van mitigerende maatregelen, het bereiken van een overeenkomst met de stakeholders (ProRail bij spoor) en het (laten) uitvoeren van de maatregelen kost tijd. Vandaar dat de risico's voor dit aspect zijn te categoriseren als zeer hoog (- -).

### ***Conclusie***

Uit de beschrijvingen bij de verschillende aspecten blijkt dat er verschillende risico's optreden. De risicoscore voor de verschillende aspecten varieert van neutraal tot niet mogelijk. Vanwege de niet mogelijk op technische maak- en haalbaarheid door de ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot, de dijk en het helikopterplatform op het IJsselooog is de risicobeoordeling van Noord-Groen-1 niet mogelijk.

### 5.1.5 Noord-Groen-2

Alternatief Noord-Groen-2 loopt vanaf locatiealternatief Larserringweg in noordoostelijke richting naar het Ketelmeer. De bestaande verbinding kruist hierbij twee bestaande 150kV-verbinding en loopt tussen Swifterbant en Dronten door. Het alternatief steekt ter hoogte van het IJsselmeer het Ketelmeer over. Vanaf het IJsselmeer loopt het alternatief in een rechte lijn direct over water in noordoostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-5: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Groen-2 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

In tracé Noord-Groen-2 zijn er grote verschillen in de risico's voor de leveringszekerheid. Het tracé vanaf station Lelystad tot de noordkust van Flevoland (PA8, GR10, GR10a, GR11, GR11a, GR11b, GR12) gaat over het land. Storingen in dit deel van het tracé zijn snel oplosbaar. Dit is echter niet het geval voor het tweede deel van de verbinding. Bij dit deel gaat ongeveer 5 km over water (GR13 en GR14a), waardoor een groot aantal masten op het water en in natuurgebied staan. Dit heeft een negatief effect op de leveringszekerheid, zie ook paragraaf 3.3.5. Door het lange tracé in het water zijn de risico's voor dit aspect hoog (-)

***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

De risico's voor de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid zijn vergelijkbaar met de risico's voor de leveringszekerheid. Hierbij zijn de risico's voor het tracé dat over land gaat (PA8, GR10, GR10a, GR11, GR11a, GR11b, GR12) goed te overzien, omdat de masten goed bereikbaar zijn. Bij het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden zijn de risico's dus vrij laag. De masten op het water en in het Ketelmeer (GR13 en GR14a) zijn slecht bereikbaar wat een grote invloed heeft op het beheer en onderhoud van de lijn. Dit is ook beschreven in paragraaf 3.3.5. De lengte van de oversteek over het Ketelmeer is ook aanzienlijk langer dan bijvoorbeeld alternatief Noord-Groen-1. Een onderhoudsteam kan de masten alleen bereiken door het inzetten van een vaartuig of een helikopter. Dit brengt grote risico's met zich mee. Het relatief grote tracé over het water ten opzichte van de totale tracélengte resulteert voor de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid in een risicoscore gelijk aan hoog (-).

***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Een groot deel van Noord-Groen-2 onderscheidt zich door de grote tracélengte waarbij de masten goed te realiseren zijn. Voor dit deel over het land (PA8, GR10, GR10a, GR11, GR11a, GR11b, GR12) zijn standaard masten vaak toepasbaar waardoor geen grote uitdagingen te verwachten zijn in de ontwerp- en uitvoeringsfase. Er moet wel een enkele windturbine worden uitgekocht en het tracé kruist één 150kV-verbinding, die naar verwachting lokaal verkabeld zal moeten worden (indien dit nettechnisch mogelijk is). Ook zijn er vier kruisingen met grote infrastructuur.

Vanaf het punt waar de masten op het water en natuurgebied komen te staan (GR13 en GR14a), neemt ook de complexiteit in de technische maak- en haalbaarheid toe. Zo maakt het tracé twee knikken op het IJsselooog (GR14). Op deze plaatsen is een hoekmast voorzien. Echter blijkt uit overleg met Rijkswaterstaat dat dit niet mogelijk is vanwege verschillende aspecten, zoals beschreven bij de beoordeling van Noord-Paars-2.

Afgezien van of de masten op het IJsselooog of op het naastgelegen water zouden staan, zijn de risico's voor de technische maak- en haalbaarheid groot. Op het Ketelmeer komen hoge masten te staan, in de orde van 100 meter hoog, vanwege de eis met betrekking tot de minimale doorvaarhoogte. Zoals blijkt uit paragraaf 3.3.5 zijn de risico's voor de verbinding over het water over het algemeen groter dan eenzelfde verbinding over het land. De afstand van de verbinding tussen het IJsselooog en de noordelijke oever van het Ketelmeer bij station Ens is meer dan 4 km. Mede door het gebrek aan geschikte locaties voor een afspanmast op het IJsselooog, resulteert dit in een hoger risico op het gebied van technische maak- en haalbaarheid omdat dan een afspanmast op het water moet komen te staan, met de nodige implicaties. Een meer westelijke aanlanding op Schokland biedt geen soelaas, gezien de aanlanding dan sterk wordt gecompliceerd, zo niet onmogelijk gemaakt, door de kruising met de bestaande 380kV-lijn.

Een ander kritisch punt in het Ketelmeer is ook hier de kruising van het Ramsdiep, met zeer grote veldlengte en zeer hoge masten tot gevolg, zoals beschreven bij Noord-Paars-2.

Daarnaast heeft de verbinding ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot en het heliplatform op het IJsselooog waardoor deze als niet mogelijk wordt beoordeeld.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Voor Noord-Groen-2 liggen er uitdagingen voor beïnvloeding. Op verschillende locaties in het tracé bevinden zich raakvlakken met externe objecten en infrastructuur. Bij het tracédeel GR11b loopt een buisleiding gevaarlijke stoffen op 80 meter langs het tracé en maakt vervolgens ook een kruising. De totale lengte van de parallelloop is 2,8 kilometer. Ook de grote gevaarlijke inhoud buisleiding ten noorden van Dronten (GR12) vormt een zeer hoog risico. Deze leiding loopt over een afstand van 1,5 km parallel aan de hoogspanningslijn op een afstand van 80 meter. Nader onderzoek moet uitwijzen voor de noodzaak van het verplaatsen van het nieuwe tracé om de beïnvloeding voldoende te kunnen mitigeren. Een middelhoog risico wordt veroorzaakt door GR10a waarbij een hogedrukgasleiding wordt gekruist en daardoor voor 2 km in de buurt blijft lopen.

Bij tracédeel GR11b kruist de hoogspanningslijn de spoorlijn Lelystad – Dronten, dit zorgt echter niet voor grote risico's. Nabij station Lelystad zijn er hoogtebeperkingen ingesteld vanwege de aanvliegeroutes van vliegveld Lelystad (PA8). Hiervoor is een verklaring van geen bezwaar nodig om deze te kunnen realiseren, omdat PA8 zeer dicht op de verlengde strook van de start- en landingsbaan ligt.

Op basis van deze punten komt de beoordeling uit op een hoog risicoprofiel (-).

### ***Doorlooptijd***

De risico's met betrekking tot de doorlooptijd voor tracédeel Noord-Groen-2 bevinden zich voornamelijk ter plaatse van het Ketelmeer (GR13, GR14, GR14a). Voor dit deel zijn extra hoge masten benodigd. De masten zijn nog hoger om de kruising met het Ramsdiep te maken vanwege een afwijkende veldlengte van circa 500 meter. Een toelichting op dit aspect voor masten in het water is gegeven in paragraaf 3.3.5. Daarnaast is er een gevaarlijke inhoud buisleiding aanwezig in tracédeel GR11b en GR12. Als tijdens het ontwerp blijkt dat de haalbaarheid van het tracé in het geding is, neemt de doorlooptijd van het project enorm toe. De doorlooptijd bij dit alternatief komt daarom uit op een hoog (-) risico.

### ***Conclusie***

Uit de beschrijvingen bij de verschillende aspecten blijkt dat er verschillende risico's optreden. De risicoscore voor de verschillende aspecten varieert van hoog tot niet mogelijk. Vanwege de niet mogelijk op technische maak- en haalbaarheid door de raakvlakken op het IJsseloog is de risicobeoordeling van Noord-Groen-2 niet mogelijk.

### 5.1.6 Noord-Geel-1

Alternatief Noord-Geel-1 loopt vanaf locatiealternatief A6 Noord in zuidoostelijke richting naar de N307. Het alternatief loopt ten noorden van de N307 in oostelijke richting en buigt ter hoogte van de Ketelweg af naar het noorden tot het Ketelmeer. Het alternatief steekt ten oosten van Ketelhaven het Ketelmeer over in een rechte lijn direct over water in noordoostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-6: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Geel-1 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Het grootste deel van Noord-Geel-1 gaat over het land (GR15, GE13). Storingen in dit deel van de lijn zijn snel op te lossen waardoor de leveringszekerheid hoog is. Dit geldt echter niet voor het tracédeel over het water. De verbinding heeft een kruising van circa 4 km over het Ketelmeer (GE10a). Masten op het water scoren op basis van betrouwbaarheid en de beschikbaarheid slechter dan masten op het land, zie paragraaf 3.3.5. Bij dit specifieke onderzoeksalternatief is de corridor (bij GE10a) geprojecteerd over de IJsseldelta, waarbij de masten relatief moeilijk bereikbaar zullen zijn door de beperkte waterdiepte. Dit kan leiden tot een relatief lang storingsherstel en levert daarmee extra risico op voor de leveringszekerheid. Door genoemde masten op het water zijn de risico's voor de leveringszekerheid zeer hoog (- -).

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

De risico's op basis van beheerbaarheid en onderhoudbaarheid zijn voor Noord-Geel-1 hoog (-). Deze risicoscore is voornamelijk gebaseerd op het deel van de verbinding dat de kruising met het Ketelmeer maakt (GE10a). Masten op het water zijn moeilijk bereikbaar, te meer wanneer ze zich in ondiep water bevinden, zoals het geval is in de IJsseldelta (GE10a), en dit leidt tot hogere kosten in relatie met beheer en onderhoud. Zie paragraaf 2.2.3 voor verdere toelichting.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Het is technisch voordelig dat er geen kruisingen met bestaande hoogspanningslijnen voorkomen op het tracé Noord-Geel-1. Op het gebied van de technische maak- en haalbaarheid van de nieuwe verbinding is echter vooral de kruising ter plaatse van het Ketelmeer (GE10a) een aandachtspunt. Zoals is aangegeven in paragraaf 3.3.5, is het realiseren van masten op het water een stuk complexer dan masten op het land. Vooral vanwege de slechtere bereikbaarheid en uitdagingen rond bouwen op het water.

In de IJsseldelta bevinden zich weliswaar kleine eilanden, maar het zal niet mogelijk zijn om alle masten binnen de standaard veldlengte van 400 meter op een bestaand eiland te plaatsen. Zoals gezegd levert het realiseren van masten in (ondiep) water technische risico's op. Alternatief is een tracé met grote overspanningslengtes, wat resulteert in verhoogde masten die eveneens een risico voor de technische maak- en haalbaarheid opleveren, zoals beschreven in paragraaf 3.3.7.

Een ander kritisch punt voor de maakbaarheid is de kruising met drie grote vaarwegen: de vaarweg door het Vossemeer, het Keteldiep en het Ramsdiep. Daarnaast kruist het tracé ook nog drie kleinere vaarwegen. Deze vaarwegen beperken de uitvoering en relatief hoge masten zijn benodigd om te voldoen aan de minimale doorvaarthoogte in combinatie met de grote overspanningslengte. Naast de vaarwegen wordt ook vier keer een provinciale weg gekruist. Daarnaast overschrijdt het tracé de veiligheidsafstand van verschillende windturbines. Deze windturbines, een stuk of vijf, zullen randvoorwaardelijk moeten worden uitgekocht indien na een trefkansanalyse blijkt dat het additionele risico onaanvaardbaar is. De risicobeoordeling van dit deeltracé komt hiermee uit op hoog (-).

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Voor Noord-Geel-1 liggen een aantal externe objecten en infrastructuur in de buurt van de nieuwe verbinding. Het tracé loopt bij GR15 en GE13 in oost-westrichting en loopt meerdere kilometers parallel aan de spoorlijn. Hoewel de afstand tot het spoor overal meer dan 200 meter bedraagt treedt er mogelijk ontoelaatbare beïnvloeding op. De verwachting is dat de eventuele overschrijdingen oplosbaar zijn en de beïnvloeding met maatregelen binnen de perken kan blijven. De vraag of er een overschrijding van de toets criteria plaatsvindt en de mogelijke mitigerende maatregelen zal blijken uit een EMC-studie conform de RLN00398.

Er wordt relatief weinig beïnvloeding op grote buisleidingen verwacht voor dit tracé. Alleen bij GR15 doorlopend in GE13 is er een parallelloop met een hogedrukgasleiding van 2 km op ongeveer 80 meter afstand. De risico's gerelateerd aan externe objecten en infrastructuur, voornamelijk met de spoorlijn en één buisleiding, zijn uiteindelijk beoordeeld op hoog (-).

### ***Doorlooptijd***

Hoewel voor dit tracé de verwachting is dat de beïnvloeding van de spoorlijn op te lossen is, kennen de te nemen maatregelen in het spoor over het algemeen een lange doorlooptijd als hiervoor buitendienststellingen nodig zijn. Het tracé kruist het Ketelmeer in een soort deltagebied waar ondiepe plaatsen voorkomen. Het realiseren van een hoogspanningslijn in dit gebied is uitdagend en heeft een negatieve invloed op de doorlooptijd. De beoordeling van tracé Noord-Geel-1 resulteert in een hoog (-) risico voor de doorlooptijd.

### ***Conclusie***

Voor de meeste aspecten van Noord-Geel-1 geldt een hoog risicoprofiel. De uitdagingen ter plaatse van de kruising met het Ketelmeer zijn groot. De beïnvloeding ten gevolge van parallelloop met ProRail infra moet worden gemitigeerd. Vanwege de opeenstapeling van risico's vanuit techniek is dit een alternatief met een onbeheersbaar risicoprofiel.

Naar aanleiding van dit onbeheersbare risicoprofiel zijn er mitigerende maatregelen beschouwd, die beschreven staan in paragraaf 8.1.11. Uit betreffend onderzoek kwam naar voren dat bij een lange oversteek van het Ketelmeer, waarbij er bovendien hoekmasten benodigd zijn op eilanden of in het water, een opeenstapeling van risico's optreedt, waardoor een dergelijk alternatief als onhaalbaar wordt beoordeeld. Daarmee verandert de eindconclusie niet.

### 5.1.7 Noord-Geel-2

Alternatief Noord-Geel-2 loopt vanaf locatiealternatief Larserringweg in oostelijke richting ten zuiden van Dronten langs. Ten oosten van Dronten buigt het alternatief af naar het noorden en loopt langs de oostkant van Dronten tot aan het Ketelmeer. Het alternatief steekt ter hoogte van het IJsselmeer het Ketelmeer over in noordelijke richting en kruist bij aanlanding in de Noordoostpolder de bestaande 380kV-verbinding. Vervolgens loopt de verbinding aan de noordzijde van de bestaande verbinding parallel in oostelijke richting naar hoogspanningsstation Ens.



Figuur 5-7: Overzichtsk kaart tracéniveau alternatief Noord-Geel-2 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Noord-Geel 2 kent een zeer hoog (- -) risicoprofiel met betrekking tot de leveringszekerheid. Dit wordt veroorzaakt door de kruising met de bestaande 380kV-verbinding bij deeltracé GR16. Omzwaaien resulteert in een zeer hoog risico op verminderde leveringszekerheid door de verbinding met verschillende mastenfamilies, zie 3.3.3 en 3.3.7. Andere oplossingen zoals het uitvoeren van de verbinding als kabel of een overkluizing is niet mogelijk vanwege de verhoogde masten op het water en een gebrek aan ruimte achter de Zuidermeerdijk, zie 3.3.4.

Daarnaast bevindt de corridor van Noord-Geel-2 zich bij GE9 gedeeltelijk in het laagvlieggebied van defensie. De implicaties hiervan worden toegelicht bij Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2. In dit tracé staan een paar masten op het water, maar vanwege de kruising met 380kV bij GR16 wordt dit tracé beoordeeld als zeer hoog (- -) risico.

#### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Doordat dit tracé het Ketelmeer haaks kruist met het IJsselooog in het midden, wordt het aantal masten op water enigszins beperkt. Over dezelfde tracédelen gelden lagere risico's voor het deel over het land (PA8, GR10, GE7a, GE7, GE9, GE11) en hogere risico's voor het deel over het water in totaal 2 km (GE11a, GR16). De hogere risico's komen voort uit de slechte bereikbaarheid van de constructies op het water en in natuurgebied voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden. Uit bovenstaande beschouwing volgt een neutrale (0) beoordeling voor het aspect beheer en onderhoud.

#### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Noord-Geel-2 wordt als niet mogelijk beoordeeld voor de technische maak- en haalbaarheid vanwege het feit dat tussen GE11a en GR16 de lijn een knik maakt op het IJsselooog. Op deze plaats is een hoekmast gepositioneerd. Omdat deze hoekmast en een aantal steunmasten in de kernzone van de waterkering zijn geplaatst is het tracé technisch niet mogelijk. Daarnaast heeft het tracé ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot en het helikopterplatform op het IJsselooog. Door het tracé te verplaatsen en de kering van het IJsselooog te vermijden kan dit risico worden verlaagd, maar daarmee ontstaat de noodzaak van een hoekmast in het water, met de technische risico's tot gevolg die beschreven zijn in paragraaf 3.3.5

Een ander zeer hoog risico is de kruising met de bestaande 380kV bij aanlanding op de Noordoostpolder ter hoogte van IJsselooog (bij GR16). Dit is dezelfde situatie als bij Noord-Groen-1, beschreven in paragraaf 5.1.4. Zowel het kruisen van de nieuwe lijn met de bestaande lijn als het omzwaaien van de lijnen om een kruising te vermijden, zijn beiden zeer technisch complex en onwenselijk, zie paragraaf 3.3.3. Daarop kan specifiek voor deze locatie worden toegevoegd dat overkluizing (een scheidende constructie bij kruisen met 380kV) erg hoog is.

Een ander aandachtspunt zijn de conflicten met de 150kV-infrastructuur; er zijn twee kruisingen met 150kV-lijnen bij GE8 en PA8, die naar verwachting lokaal verkabeld zullen moeten worden (indien dit nettechnisch mogelijk is) (zie paragraaf 3.3.4). Naast de genoemde punten zijn er ook nog acht kruisingen met grote infrastructuur namelijk, vier keer een provinciale weg, één keer een spoorlijn en drie vaarwegen. Alles bij elkaar opgeteld en het ontoelaatbare raakvlak op het IJsselooog wordt dit beoordeeld als niet mogelijk op technische maak- en haalbaarheid.

#### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Nabij station Lelystad zijn er hoogtebeperkingen ingesteld vanwege de aanvliegroutes van vliegveld Lelystad. PA8 ligt zeer dicht op de verlengde strook van de start- en landingsbaan. Er is een verklaring van geen bezwaar nodig om hier benodigde masthoogtes te kunnen realiseren.

Daarnaast is het risicoprofiel van de beïnvloeding op leidingen hoog vanwege vier middelhoge risico's

namelijk bij GE7a, GE7 en GE11 zijn een aantal kruisingen met buisleidingen voor transport van gas en gevaarlijke stoffen, vanwege de niet haakse kruising wordt dit beoordeeld als middelhoge risico's. In tracédeel PA13 loopt er een gasleiding parallel aan het tracé over circa 4,5 km van een HD-gasleiding op circa 230 meter. Het risicoprofiel wordt als neutraal (0) geschat voor dit tracé.

### ***Doorlooptijd***

De problematiek met de kruising van de bestaande 380kV-verbinding zorgt ervoor dat de ontwerperperiode langer zal zijn in vergelijking met andere tracés. Dit geldt eveneens voor de realisatie. Daarnaast is de oversteek van het Ketelmeer via het IJsseloog ook problematisch voor de doorlooptijd.

De combinatie van deze risico's leidt tot een hoog (-) risicoprofiel met betrekking tot doorlooptijd.

### ***Conclusie***

Uit de beschrijvingen bij de verschillende aspecten blijkt dat er verschillende risico's optreden. De risicoscore voor de verschillende aspecten varieert van neutraal tot niet mogelijk. Vanwege de niet mogelijk op technische maak- en haalbaarheid door de ontoelaatbare raakvlakken met het slibdepot, de dijk en het helikopterplatform op het IJsseloog is de risicobeoordeling van Noord-Geel-2 niet mogelijk.

### 5.1.8 Noord-Oranje-1

Alternatief Noord-Oranje-1 loopt vanaf locatiealternatief A6 Noord in zuidoostelijke richting naar de N307. Het alternatief loopt ten noorden van de N307 in oostelijke richting tot aan de oostkant van de Flevopolder. Het alternatief kruist ten noorden van de Roggebotsluis het Vossemeer en loopt langs de westkust van Overijssel in noordelijke richting naar de Ramspolbrug. Na het kruisen van de Ramsgeul loopt het alternatief parallel aan de bestaande hoogspanningsverbindingen in westelijke richting naar station Ens.



Figuur 5-8: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Oranje-1 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Het grootste deel van Noord-Oranje-1 gaat over het land (GR15, GE13, OR14); storingen in dit deel van de lijn zijn snel op te lossen waardoor de leveringszekerheid daar hoog is. In het oostelijk deel van het tracé zitten echter een aantal kruisingen met grote waterwegen, waaronder de kruising van de HS-lijn nabij de Ramspolbrug (in tracédeel OR12). In vooronderzoek is naar voren gekomen dat een bovengrondse kruising ontwerp-technisch zeer lastig is vanwege een scherpe hoek in het tracé, de beschermingszone van de waterkering en de nabijheid van de bestaande 380kV- en 220kV-hoogspanningslijnen tussen Ens en Zwolle. Een ander genoemd aspect in dit vooronderzoek is de geografische spreiding: Er is een risico dat bij een calamiteit zowel de HS-lijnen Ens – Zwolle, de 220kV- en 380kV-verbinding, en de nieuwe EHS-lijn Diemen – Ens uitvallen. (Net)technisch is het van belang dat hoogspanningsstation Ens bereikbaar blijft via

de oostelijke of westelijke aansluiting van de landelijke ring, in het geval van een calamiteit. Als beide aansluitrichtingen in elkaars mechanisch beïnvloedingsgebied liggen is er een onbeheersbaar risico voor de leveringszekerheid. Dit kan grote gevolgen hebben voor de leveringszekerheid in Nederland en zelfs in het Europese net (zie paragraaf 2.2.1) voor verdere toelichting). Dit is voor TenneT een reden om deze variant, de bovengrondse kruising bij de Ramspolbrug, niet te accepteren.

In paragraaf 3.3.1 is echter beschreven dat een ondergrondse verbinding een zeer hoog risico voor de leveringszekerheid oplevert, waardoor aan dit tracé (OR12) een zeer hoog risicoprofiel wordt toegekend. Met het ondergronds brengen van de verbinding blijft het conflict met de bestaande 220kV- en 380kV-verbindingen, in de Noordoostpolder ten zuiden van Ens (eveneens OR12), echter nog deels bestaan, aangezien deze dan nog steeds in elkaars beïnvloedingsgebied vallen. Ook doorkruist het tracé een laagvlieggebied van defensie nabij Kampen (OR17a en OR17). Door laag te vliegen blijven de vliegtuigen buiten het beeld van de radar. Hierbij wordt er onder hoogspanningslijnen door gevlogen. Dat gebeurt nu bij de bestaande 150kV-lijn, maar kan ook bij een nieuwe 380kV-lijn. Echter bij een calamiteit zijn de gevolgen ernstig omdat de nieuwe 380kV-lijn zich in de landelijke 380kV-ring bevindt. Het niet voldoen voor geografische spreiding en strategisch netbeheer zorgt ervoor dat dit tracé een onbeheersbaar risicoprofiel heeft op leveringszekerheid.

#### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Noord-Oranje-1 heeft, in vergelijking met andere onderzoeksalternatieven, een beperkt aantal masten op het water, wat gunstig is voor het risico tijdens beheer en onderhoud. Echter, het tracé kruist een relatief groot NNN-bosgebied in noordoost Flevoland (OR17a). Hierdoor is de bereikbaarheid verminderd en het risico van onderhoud verhoogd, wat resulteert in een neutraal (0) risicoprofiel

#### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Bij Noord-Oranje-1 zijn relatief veel kruisingen met grote infrastructuur. Er zijn vijf kruisingen met provinciale wegen en er wordt zeven keer een vaarweg gekruist. Deze kruisingen zijn naar verwachting wel technisch haalbaar.

Gunstig aan dit tracé is dat er geen kruisingen met bestaande 380kV of 150kV-lijnen zijn (behalve nabij de stations) en het aantal masten op slecht bereikbare plaatsen is laag, maar er zijn wel een aantal masten met beperkte aanlegruimte. Ook overschrijdt het tracé de veiligheidsafstanden van verschillende windturbines. Deze windturbines, een stuk of vijf, zullen moeten worden onderworpen aan een trefkansanalyse om te bepalen of het additionele risico aanvaardbaar is. Indien geconcludeerd wordt dat dit additionele risico niet aanvaardbaar is, dienen de windturbines te worden uitgekocht. Daarom scoort dit onderzoeksalternatief neutraal (0) op technische maak- en haalbaarheid.

#### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Bij dit tracé speelt in Flevoland grotendeels dezelfde uitdaging als bij Noord-Geel-1. Er liggen een aantal externe objecten en infrastructuur in de buurt van de nieuwe verbinding. Het tracé loopt bij GR15 en GE13 in oost-westrichting en loopt meerdere kilometers parallel aan de spoorlijn. Hoewel de afstand tot het spoor

overal meer dan 200 meter bedraagt, is een nader onderzoek benodigd om de urgentie voor het inpassen van een mitigerende maatregel te bepalen. Verder zijn er in het tracé meerdere parallellopen met hogedrukgasleidingen bij GR15 en GE13 is er een parallelloop van 2 km op 80 meter afstand. Ook bij OR14 is er een 2,5 km parallelloop op 80 meter. Bij OR17a en OR12 zijn er ook buisleidingen in de nabijheid, maar deze zorgen voor middelhoge risico's. Wegens het grote aantal uitdagingen omtrent de beïnvloeding komt de score op dit aspect uit op een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

### ***Doorlooptijd***

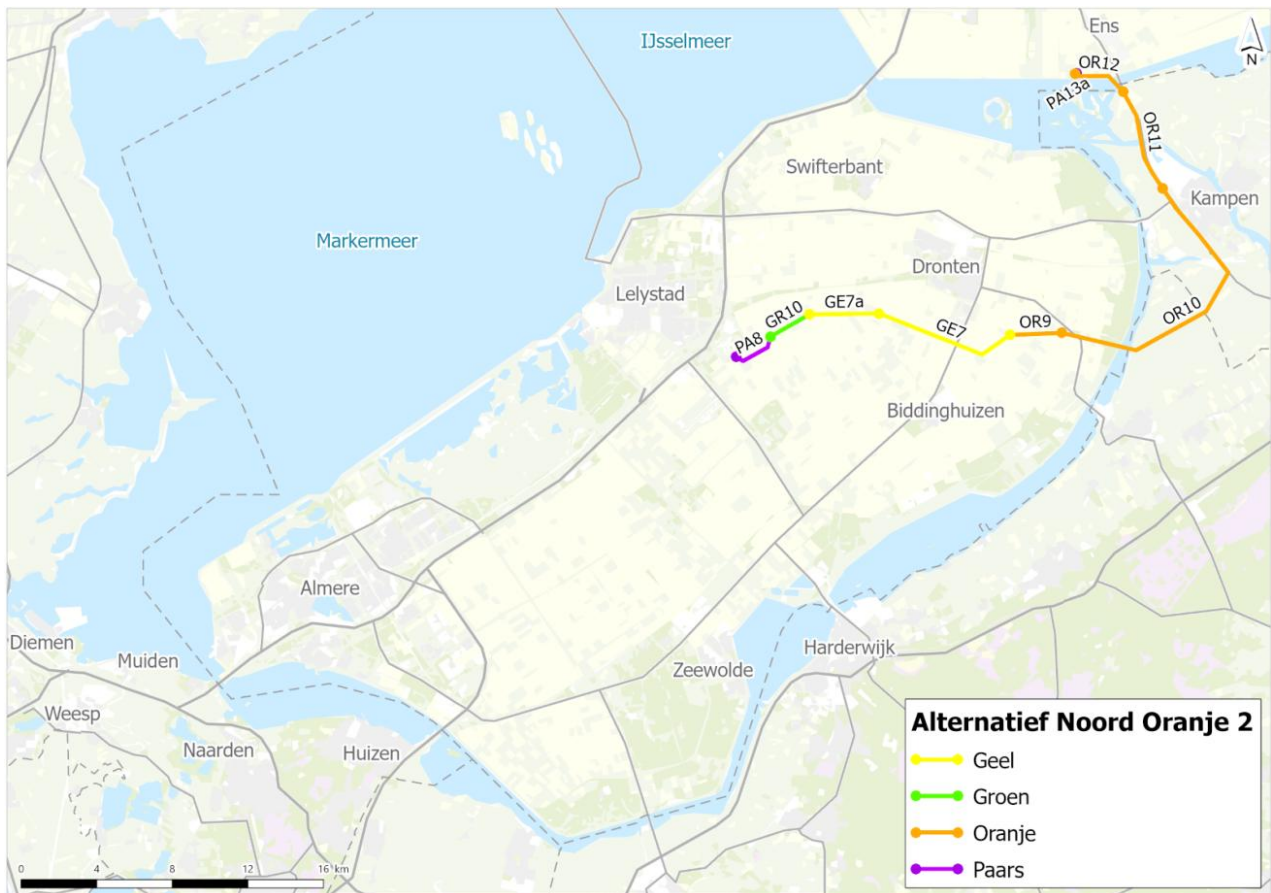
Het risico's op toename van de doorlooptijd heeft te maken met de beïnvloeding van het spoor en de buisleidingen. Het uitvoeren van de onderzoeken, het bepalen van mitigerende maatregelen, het bereiken van een overeenkomst met de stakeholders (ProRail bij spoor) en het (laten) uitvoeren van de maatregelen kost tijd. De beoordeling hiervan leidt tot een hoog (-) risicoprofiel.

### ***Conclusie***

Tracé Noord-Oranje-1 heeft een onbeheersbaar risicoprofiel, vanwege het niet voldoen aan het criterium voor geografische spreiding zoals beschreven is bij het aspect leveringszekerheid. De benodigde leveringszekerheid is hiermee niet haalbaar.

### 5.1.9 Noord-Oranje-2

Alternatief Noord-Oranje-2 loopt vanaf locatiealternatief Larserringweg in oostelijke richting ten zuiden van Dronten langs. Ten oosten van Dronten loopt het alternatief parallel aan de bestaande 150kV-verbinding richting het Drontermeer. Na het oversteken van het Drontermeer kruist de 380kV-verbinding de 150kV-verbinding en loopt in noordoostelijke richting naar de N50. Het alternatief volgt de N50 in noordelijke richting naar de Ramspolbrug. Na het kruisen van de Ramsgeul loopt het alternatief parallel aan de bestaande hoogspanningsverbindingen in westelijke richting naar station Ens.



Figuur 5-9: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Oranje-2 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Noord-Oranje-2 kent bij Ramspolbrug (OR12) dezelfde technische problematiek als Noord-Oranje-1: de beoogde ondergrondse verbinding levert een zeer groot risico voor de leveringszekerheid op. Wanneer er geen ander alternatief mogelijk is, wordt onderzocht of het gebruik van een kort stuk kabel verantwoord is. Ook bij dit tracé geldt het niet voldoen aan geografische spreiding en strategisch netbeheer, zie Noord-Oranje-1. Het tracé ligt ook in het laagvlieggebied van defensie waarbij met oefeningen met vliegtuigen onder hoogspanningslijnen wordt gevlogen. De geografische spreiding en strategisch netbeheer zorgen ervoor dat dit tracé een onbeheersbaar risicoprofiel heeft op leveringszekerheid.

***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Vergelijkbaar met Noord-Oranje-1 heeft Noord-Oranje-2 een beperkt aantal masten op het water, wat gunstig is voor het risico tijdens beheer en onderhoud. Ten zuiden van Kampen staat het tracé ook in een hoogwatergeul (Reevediep). Dit is een waterverbinding tussen de rivier de IJssel bij Kampen en het Drontermeer die dient als overloop. In het natte seizoen kan de hoogspanningslijn in dit gebied moeilijk bereikbaar zijn, maar dit wordt niet gezien als hoog risico. Hierdoor is dit tracé beoordeeld als neutraal (0) risicoprofiel.

***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Noord-Oranje-2 biedt gunstige elementen, zoals lage aantallen slecht bereikbare masten en geen kruisingen met bestaande 380kV. Er zullen wel twee windturbines uitgekocht moeten worden om het alternatief te realiseren. Daarnaast zijn er twee kruisingen met bestaande 150kV-infrastructuur bij PA8 en OR10, die naar verwachting lokaal verkabeld zullen moeten worden (indien dit nettechnisch mogelijk is) (zie paragraaf 3.3.4). Ook zijn er relatief veel kruisingen met grote infrastructuur (zes provinciale wegen, twee spoorlijnen en vier vaarwegen) resulterend in een neutraal (0) risicoprofiel.

***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Bij dit tracé is één van de hoofdoorzaken van de hoge risicoscore de parallelloop met de spoorlijn nabij Kampen Zuid. De parallelloop is circa 2 km op een afstand van ongeveer 300 meter, maar ook met een schuine spoorkruising. Bij een calamiteit in de 380kV-lijn kan dit ernstige gevolgen hebben. Dit is uitgebreid toegelicht bij alternatief Noord-Oranje-1. Bij OR10 ligt het tracé op parallel aan een gevaarlijke inhoud buisleiding over een lengte van 1,2 km op een afstand van 0 tot 150 meter. Daarnaast zijn er nog vier middelhoge risico's met buisleidingen (GE7, GE7a, OR11 en OR12). Tot slot zijn er nabij station Lelystad hoogtebeperkingen ingesteld vanwege de aanvliegroutes van vliegveld Lelystad (PA8). Hiervoor is een Verklaring van geen bezwaar nodig om deze te kunnen realiseren, omdat PA8 zeer dicht op de verlengde strook van de start- en landingsbaan ligt. Dit tracé kent vanwege de verschillende beïnvloedingen een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

***Doorlooptijd***

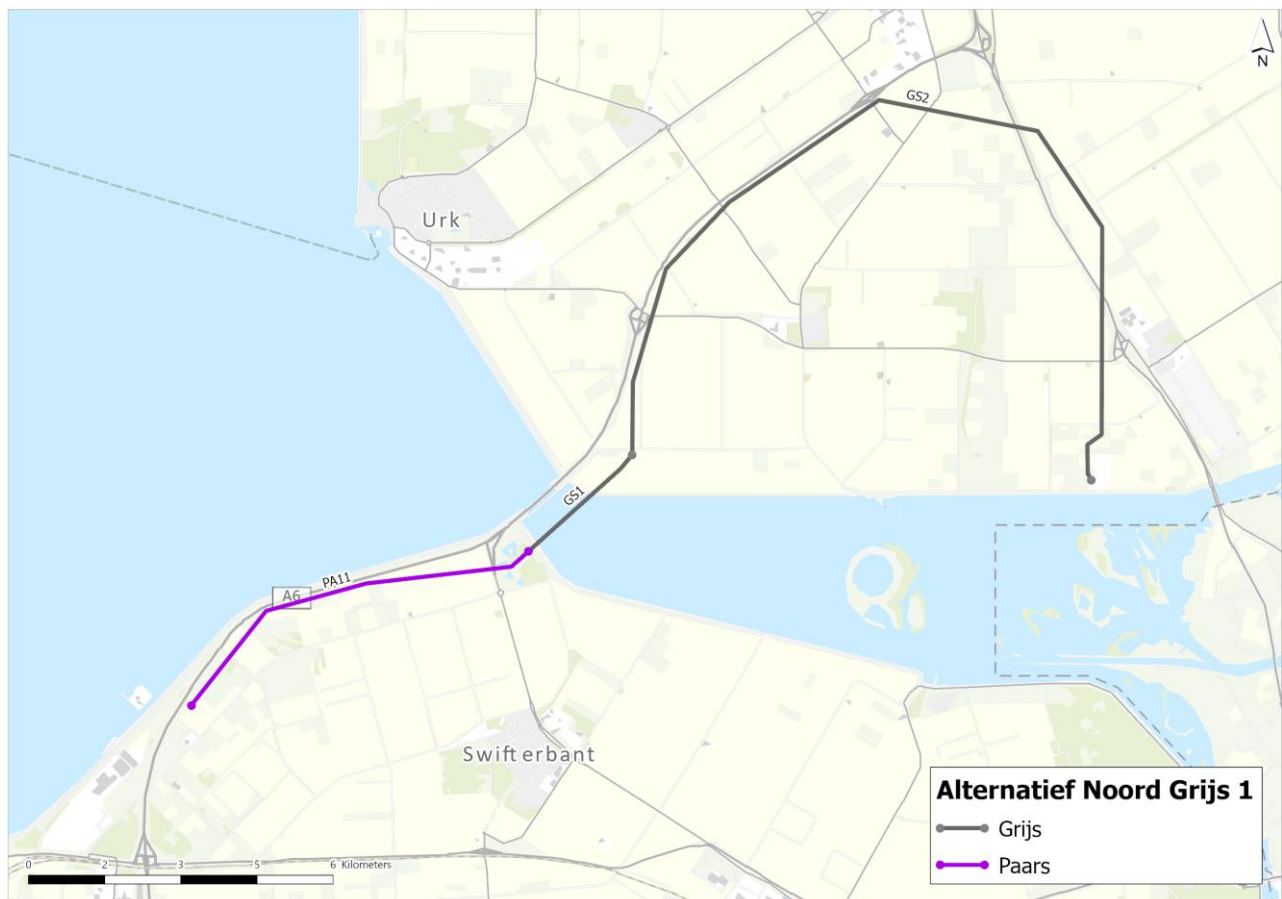
Zoals eerder beschreven kan het oplossen van de beïnvloeding op het spoor en buisleidingen een lange doorlooptijd betekenen. Deze aspecten zorgen voor een hoog (-) risico.

***Conclusie***

Tracé Noord-Oranje-2 heeft een onbeheersbaar risicoprofiel, vanwege het niet voldoen aan het criterium voor geografische spreiding en strategisch netbeheer. Benodigde leveringszekerheid is hiermee niet haalbaar.

### 5.1.10 Noord-Grijs-1

Alternatief Noord-Grijs-1 steekt het Ketelmeer over parallel aan de bestaande 380kV-verbinding. Vervolgens loopt de verbinding langs de A6 en de N50 naar hoogspanningsstation Ens. Voor het tracédeel GS2 is ook een dubbele verbinding onderzocht, dit staat verder beschreven in paragraaf 8.1.17.



Figuur 5-10: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Noord-Grijs-1 in deelgebied Noord.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Noord-Grijs-1 heeft weinig technische uitdagingen. Voor de kruising van het Ketelmeer (GS1) staan een beperkt aantal masten, 3 à 4 stuks, op het water. Zoals beschreven in paragraaf 3.3.5, hebben de masten op het water een lage beschikbaarheid vanwege de langere hersteltijd bij storingen tot gevolg. Het deel over het water (1,5 km) is relatief kort en in een rechte lijn, waardoor de negatieve invloed op de leveringszekerheid laag is. Op basis van risico's scoort het alternatief neutraal (0).

#### **Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)**

De beheerbaarheid en onderhoudbaarheid krijgt een neutrale (0) score. Over het algemeen zijn de masten in dit tracédeel goed bereikbaar, met uitzondering van de masten op het Ketelmeer (GS1). Het aantal slecht bereikbare masten is gering, waardoor dit geen grote negatieve impact heeft op de score van het aspect. Vandaar dat dit wordt beoordeeld als een neutraal (0) risicoprofiel.

**Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)**

De omstandigheden voor Noord-Grijs-1 zijn gunstig voor de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Een aantal masten komen in het Ketelmeer (GS1) te staan, maar de locaties voor de aanleg van deze mastfundaties zijn goed bereikbaar, zowel vanaf land als vanaf het water. Verder zijn er een aantal kruisingen met grote infrastructuur, namelijk één keer met een vaarweg en twee keer met de nationale weg de N50. Er zijn ook zes kruisingen met ondergrondse 110kV-verbindingen, maar daar kan rekening mee worden gehouden in de ontwerpwerpfase. Aangezien het grootste deel normale realisatie op land is, wordt het risicoprofiel als een laag (+) beoordeeld.

**Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur**

Voor Noord-Grijs-1 liggen er uitdagingen voor beïnvloeding. Op verschillende locaties in het tracé bevinden zich raakvlakken met externe objecten en infrastructuur. Bij het westelijke deel van GS2 is een parallelloop met een hogedruk gasleiding van 2,4 km op circa 100-140 meter afstand. In deze parallelloop heeft de referentielijn ook een direct raakvlak met een aantal gasleidingen, voor circa 1,2 km binnen 50 meter. Dit blokkerende punt zal opgelost moeten worden door het schuiven van de lijn. Daaropvolgend is er ook een parallelloop binnen 700 meter van een buisleiding met gevaarlijke inhoud. Dit betreft een afstand van 340-700 meter over 4,4 km. Ten oosten is er ook een parallelloop met een hogedruk gasleiding van 1,4 km op 180-220 meter. Met de 220kV-verbinding Ens-Oudehaske is een parallelloop van 4,1 km op 150 meter afstand en met de verschillende ondergrondse 110kV-verbindingen is voor een totale lengte van 10,7 km parallelloop op circa 80-450 meter. Deze raakvlakken en parallelloop worden als hoog risico beoordeeld, maar de lijn kan mogelijk binnen de corridor worden verschoven. Als het tracé zuidelijker wordt geplaatst, verkleint de afstand tot Schokland, wat een uitdaging kan vormen voor planologie en landschappelijke inpassing – met name met het oog op eventuele aantasting van Werelderfgoed. Op basis van deze punten komt de beoordeling uit op een hoog risicoprofiel (-).

Hiernaast heeft Noord-Grijs-1 mogelijk een raakvlak met de toekomstige Lelylijn, in een aparte notitie wordt het raakvlak met de Lelylijn beschreven. Het raakvlak valt waarschijnlijk op te lossen door het schuiven van het tracé van de beoogde hoogspanningsverbinding binnen de corridor. Ook is er een raakvlak met de toekomstige 380kV-verbinding VVL-ENS, dit wordt verder beschreven in hoofdstuk 8.1.16.

**Doorlooptijd**

De doorlooptijd van het project voor deeltracé Noord-Grijs-1 heeft een hoog (-) risico. Het tracé over het land kent weinig uitdagingen tijdens de bouw van de masten, omdat er voldoende ruimte rondom het tracé beschikbaar is. Maar er is een hoog risico met betrekking tot verschillende externe infrastructuur (van derden). Het uitvoeren van de onderzoeken, het bepalen van mitigerende maatregelen, het bereiken van een overeenkomst met de stakeholders en het (laten) uitvoeren van de maatregelen kost tijd.

**Conclusie**

Voor een aantal aspecten geldt voor Noord-Grijs-1 een hoog risicoprofiel. Er zijn uitdagingen met betrekking tot de beïnvloeding van hoge druk buisleidingen en de bestaande hoogspanningsinfrastructuur. Concluderend is dit alternatief waarschijnlijk wel haalbaar, mits de risico's ondervangen kunnen worden.

## 5.2 Beoordeling techniek deelgebied Zuid

De onderstaande tabel bevat een overzicht van de effectbeoordelingen per onderzoeksalternatief in deelgebied zuid. Paragraaf 4.2.1 geeft toelichting op de verschillende risicoprofielen. Na de tabel volgt per onderzoeksalternatief de bijbehorende effectbeschrijving.

Voor de onderzoeksalternatieven Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1 en Zuid-Geel-1 is de technische beoordeling uitgevoerd voor de referentielijn die ter plaatse van Hollandse Brug circa 300 meter naar het zuidoosten opgeschoven is, vanwege een onacceptabel conflict met een buisleiding gevaarlijke inhoud ter plaatse. Dit staat beschreven en uitgelegd in paragraaf 8.1.1.

Deze verschuiving is randvoorwaardelijk voor de haalbaarheid van dit alternatief en is hier daarom opgenomen. De tracédelen PA1a, PA2 en PA3 zijn gewijzigd in PA1e, PA2a en PA3a.

*Tabel 5-2: Effectbeoordeling techniek in deelgebied Zuid. (Volgende pagina)*

ZUID	Blauw-1	Blauw-2	Paars-1*	Paars-2 *	Groen-1*	Geel-1*	Oranje-1	Oranje-2
Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)	Onbeheersbaar risicoprofiel ● 44 km over water (voor de kust van Flevoland) ● Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op het water	Onbeheersbaar risicoprofiel ● 18 km over water (voor de kust van Flevoland) ● Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op het water ● 380kV kabel nodig om kruising op te lossen	--	0	--	0	--	--
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfasen)	--	--	-	-	-	-	--	-
Technische maak- en haalbaarheid (realisatiefase)	--	--	--	0 Na verschuiven tracé bij Muiderberg	--	-	--	--
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	+	0	Niet mogelijk Na verschuiven tracé bij Hollandse brug	-- Na verschuiven tracé bij Hollandse brug	-- Na verschuiven tracé bij Hollandse brug	-- Na verschuiven tracé bij Hollandse brug	0	0
Doorlooptijd	--	--	-	-	--	--	--	--

De bolletjes in dit overzicht duiden het totale risicoprofiel voor een deelaspect aan. Daarachter worden uitsluitend de grootste bijbehorende risico's vermeld. In enkele gevallen kan daardoor een vertekend beeld ontstaan van het risiconiveau. Voor een volledige onderbouwing van deze effecten leest u de onderstaande paragrafen.

### 5.2.1 Zuid-Blauw-1

Alternatief Zuid-Blauw-1 gaat vrijwel volledig door het water. De verbinding steekt het IJmeer over en loopt verder langs de noordkant van de Flevolandse kust. In het IJmeer gaat de verbinding langs het forteiland Pampus en gaat deze dwars door een Natura 2000 gebied. Daarnaast is er een kruising met een vaarweg. Voor het deel langs de kustlijn gaat de verbinding eerst door het Markermeer langs de Oostvaardersdijk. Deze dijk maakt onderdeel uit van de primaire kering van de Flevopolder. In dit dijkvak met een totale lengte van 24 km liggen ligt de Pampushaven en het Oostvaardersdiep. Ter hoogte van Lelystad loopt de verbinding voor een aantal kilometer parallel met de Markerwaarddijk waarop de N307 is gelegen. De verbinding maakt een kruising met deze primaire waterkering en loopt vervolgens verder door in de richting van de Noordoostpolder. Het deel vanaf de parallelloop met de Markerwaarddijk ligt in een Natura 2000 gebied.

De onderzoekscorridor van dit alternatief valt gedeeltelijk over het land langs de kust bij Flevoland. Het alternatief verplaatsen waardoor het over het land loopt zou het risicoprofiel mogelijk verlagen, door het verminderen van masten op het water bij deeltracé BL1. Dat voldoet echter niet aan de doelstelling van dit onderzoeksalternatief, een verbinding geheel door het water.



Figuur 5-11: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Zuid-Blauw-1 in deelgebied Zuid.

### ***Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)***

Dit alternatief traceert bijna volledig over water. In totaal gaat het om 44 km over water, de risico's op basis van betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn door het traceren over water erg hoog, zie paragraaf 3.3.5. Als een tracé langer dan 4 km in een rechte lijn over water loopt wordt dit minimaal beoordeeld als een zeer hoog risico vanwege de benodigde tijd voor storingsherstel en verhoogde masten. Daarnaast kruist dit tracé ook een bestaande 380kV-verbinding bij station Diemen, maar omdat dit dicht bij het station is wordt dit niet gezien als hoog risico. Omdat bij alle andere onderzoeksalternatieven dit ook het geval is, wordt hier verder niet op ingegaan bij de andere onderzoeksalternatieven. Dit alternatief overschrijdt de grenswaarde van 4 km over water dusdanig, ook in vergelijking met de andere alternatieven, dat het risicoprofiel is beoordeeld als onbeheersbaar risicoprofiel.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Het volledige tracé loopt door het water en natuurgebieden, en heeft daardoor veel problemen op het gebied van beheer- en onderhoudbaarheid. Het tracé steekt het IJmeer over (BL1a) en loopt vervolgens voor een deel langs de Flevolandse kust (BL1, BL2, BL3a, BL3). Bij BL1a, BL3 en BL3a worden vaarwegen gekruist. Hiervoor zijn sterk verhoogde masten met een hoogte van ongeveer 90 meter nodig, wat zorgt voor een hoger veiligheidsrisico van de masten. Met de grote hoeveelheid masten op het water is het risicoprofiel van Zuid-Blauw-1 zeer hoog (- -).

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Voor het realiseren van deze verbinding zijn er grote risico's, omdat het tracé vrijwel volledig over het water loopt. Om materiaal aan te voeren voor het bouwen van de mastconstructies, zijn de delen over water moeilijk bereikbaar. Daarnaast dragen de verhoogde masten op het water en de uitdagingen rond bouwen op het water bij aan de complexiteit in de uitvoeringsfase. Ook zijn er nog negen kruisingen met grote infrastructuur. Hiernaast heeft Zuid-Blauw-1 mogelijk een raakvlak met de toekomstige Lelylijn bij PA10a. Dit valt echter op te lossen door het schuiven van het tracé van de beoogde hoogspanningsverbinding binnen de corridor. Bovenstaande factoren resulteren in een beoordeling met een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Doordat het tracé bijna volledig over het water gaat, zijn er weinig raakvlakken met externe objecten en infrastructuur. Hoewel het alternatief wel twee keer een warmteleiding van Vattenfall met een diameter van 0,7 meter kruist bij BL1a en PA1b. Vanwege het feit dat dit de enige buisleidingen zijn die een risico hebben is het totale risicoprofiel laag (+).

### ***Doorlooptijd***

BL1a, BL1, BL2, BL3 en BL3a lopen allemaal over het water. Lange HS-verbindingen over water komen in Nederland niet voor en moeten volledig nieuw ontworpen worden. Het opstellen van standaarden voor een tracé over water en het maken van ontwerpen heeft een lange doorlooptijd tot gevolg. Vanwege het feit dat bij PA1b het risico op beïnvloeding van de buisleiding dusdanig hoog is moet er onderzoek naar gedaan worden. Ondanks dat het een relatief kort tracé is het risicoprofiel vanwege de grote delen over water en de mogelijke raakvlakken zeer hoog (- -).

### **Conclusie**

Zuid-Blauw-1 heeft een zeer hoog risicoprofiel op de aspecten, beheerbaarheid en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. Op leveringszekerheid heeft dit tracé een onbeheersbaar risicoprofiel en een zeer hoog risico dat de projectdoelstelling niet gehaald kan worden. Daarom heeft dit alternatief een onbeheersbaar risicoprofiel.

## 5.2.2 Zuid-Blauw-2

Alternatief Zuid-Blauw-2 steekt vanaf station Diemen in noordoostelijke richting het IJmeer over naar de westpunt van de Flevopolder. Het alternatief loopt parallel met de noordwestkust van de Flevopolder over water om Almere heen en loopt dan tussen Almere en de Oostvaardersplassen door richting de A6. Het alternatief kruist vervolgens de A6 en bestaande 380kV-verbinding en buigt daarna af in noordoostelijke richting. Het alternatief loopt daarna globaal parallel aan de bestaande 380kV-verbinding in noordoostelijke richting naar locatiealternatief Larserringweg



Figuur 5-12: Overzichtskartaat tracéniveau alternatief Zuid-Blauw-2 in deelgebied Zuid.

### Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)

Voor Zuid-Blauw-2 zijn de risico's vergelijkbaar met Zuid-Blauw-1. De verbinding steekt ook het IJmeer over (BL1b) en loopt vervolgens voor een deel langs de Flevolandse kust (BL1). De totale lengte over water is 18 km. Dit deel over water is zo lang dat dit een onbeheersbaar risico oplevert voor de leveringszekerheid. Dit omdat vanwege de (hoek)masten op het water er bij storingen een langere hersteltijd is. Daarnaast wordt er bij BL4 een bestaande 380kV-verbinding gekruist. Voor deze kruising is verkabelen gekozen, vanwege de ruimtelijke situatie (kanaal en snelweg). Een kabel heeft negatieve gevolgen voor de leveringszekerheid, zie 3.3.1. De risico's op basis van betrouwbaarheid en beschikbaarheid zorgen vanwege de grote delen over

water voor een onbeheersbaar risicoprofiel.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Zuid-Blauw-2 vertoont vergelijkbare problemen met beheerbaarheid als Zuid-Blauw-1 door het hoge aantal masten over water bij BL1b en BL1, zie 3.3.5. Daarnaast zijn er ook een grote hoeveelheid hogere masten nodig, wat zorgt voor een hoger veiligheidsrisico van de masten. Het risicoprofiel is daarom zeer hoog (- -).

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

De grote hoeveelheid slecht bereikbare masten en masten met een beperkte aanlegruimte zorgen voor een zeer hoog risico. Ook zijn er nog tien kruisingen met grote infra en een groot aantal hogere masten, wat wordt gezien als middelhoge risico's. Daarnaast zullen enkele windmolens randvoorwaardelijk moeten worden uitgekocht om dit alternatief te kunnen realiseren. Alle risico's bij elkaar zorgt ervoor dat Zuid-Blauw-2 een zeer hoog (- -) risicoprofiel heeft op technische maak- en haalbaarheid.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Bij Pa7b geldt een bouwhoogtebeperking vanuit Luchthavenbesluit (LHB) Lelystad. Luchthaven Lelystad moet hiervoor een verklaring geen bezwaar afgeven. De verklaring geen bezwaar is een ontwerpvoorwaarde: de genoemde oplossing is enkel realiseerbaar als de verklaring wordt afgegeven. Vanwege het feit dat PA7b niet aan een aanvliegroute ligt is er een lager risico ten opzichte van bijvoorbeeld PA8. Net zoals bij Zuid-Blauw-1 is er bij PA1b een conflict met een warmteleiding van Vattenfal. Daarnaast zijn er bij BL1b, BL4 en PA6a nog middelhoge risico's wat betreft beïnvloeding op buisleidingen. Ook zijn er middelhoge risico's voor de beïnvloeding van het spoor bij BL4 vanwege een niet haakse kruising met het spoor. Met betrekking tot beïnvloeding heeft dit onderzoeksalternatief een gemiddelde hoeveelheid uitdagingen waardoor een neutraal (0) risicoprofiel is toegekend.

### ***Doorlooptijd***

BL1b en BL1 lopen lang over het water. Lange HS-verbindingen over water komen in Nederland niet voor en moeten volledig nieuw ontworpen worden, zie voor een toelichting paragraaf 3.3.5. Dit heeft een lange doorlooptijd tot gevolg. Daarnaast is er ook een zeer hoog risico buisleiding (PA1b) die mogelijk opgelost moet worden. Zuid blauw 2 heeft daarom een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

### ***Conclusie***

Zuid-Blauw-2 heeft een zeer hoog risicoprofiel op de aspecten, beheerbaarheid en onderhoudbaarheid en doorlooptijd. Voor leveringszekerheid is Zuid blauw 2 beoordeeld met een onbeheersbaar risicoprofiel. Er is daarmee een zeer hoog risico dat de projectdoelstelling niet gehaald kan worden. Technisch gezien is dit geen goed alternatief en heeft daarmee een onbeheersbaar risicoprofiel.

### 5.2.3 Zuid-Paars-1

Alternatief Zuid-Paars-1 volgt in grote lijnen het tracé van de bestaande 380kV-hoogspanningsverbinding tussen Diemen en Lelystad. Deze bestaande 380kV-hoogspanningslijn wordt ook meermaals gekruist door het alternatief. Daarnaast volgt het alternatief de tracés van de snelwegen A1 en de A6. Ook zijn er stukken parallelloop tussen het treinspoor van de Flevolijn en het beoogde alternatief. Er is hiermee sprake van een bundeling van verscheidene interregionale infrastructuur. Dit alternatief bevat een korte kruising over water bij het Gooimeer om vervolgens langs Almere Stad richting Lelystad te traceren.



Figuur 5-13: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Zuid-Paars-1 in deelgebied Zuid.

Het originele tracé Zuid-Paars-1 loopt tussen Noord-Holland en Flevoland parallel aan de snelweg A6 naast de Hollandse brug via deeltracés PA2 en PA3. Echter, ter plaatse is een onacceptabel conflict met een buisleiding gevaarlijke stoffen waardoor het tracé circa 300 meter naar het zuidoosten opgeschoven is. Dit conflict wordt uitgelegd in paragraaf 8.1.1. Deze verschuiving is randvoorwaardelijk voor de haalbaarheid van dit alternatief en is hier daarom opgenomen. De tracédelen PA2 en PA3 zijn gewijzigd in PA2a en PA3a. De beoordeling techniek in deze paragraaf is gebaseerd op de gewijzigde tracédelen en noemen we daarom: Zuid-Paars-1\*.

### ***Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)***

Zuid-Paars-1\* heeft significante uitdagingen op het gebied van leveringszekerheid. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat ter plaatse van de Hakkelaarsbrug, gelegen ten zuidwesten van Muiderberg, het alternatief de bestaande 380kV-verbinding tussen Diemen en Lelystad kruist (PA1d). Een kruising tussen twee bovengrondse 380kV verbindingen is niet toegestaan, waardoor een oplossing hiervoor randvoorwaardelijk is voor de haalbaarheid van dit alternatief. De oplossingsrichtingen hiervoor zijn omzwaaien, een scheidende constructie of een verkabeling, zoals beschreven in paragraaf 3.3.3. Echter de ruimtelijke situatie van de bundeling van de bestaande hoogspanningsverbinding, het treinspoor en de snelweg A6, maken de situatie complex. Een scheidende constructie lijkt onrealistisch vanwege de grote overspanning. Een combinatie van omzwaaien en een zeer grote en hoge overspanning van een hoogspanningsverbinding over het spoor en de A6 lijkt eveneens onrealistisch ter plaatse. Dan resteert de oplossingsrichting van de verkabeling. De mogelijke noodzaak van een verkabeling in de landelijk ring resulteert in een zeer hoog (- -) risico op leveringszekerheid, zoals toegelicht in paragraaf 3.3.1.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Zuid-Paars-1\* loopt door Almere en heeft daarom rondom PA3a en PA4a veel masten waar beperkt ruimte is voor beheer en onderhoud. Ook staan er bij PA2a en PA3a veel masten in een natuurgebied, waardoor de masten slechter bereikbaar zijn. Dit alternatief heeft daarom een hoog (-) risicoprofiel voor de beheer- en onderhoudbaarheid.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Op het gebied van technische maak- en haalbaarheid heeft Zuid-Paars-1 verschillende uitdagingen waardoor dit alternatief een zeer hoog (- -) risicoprofiel heeft:

- Zuid-Paars-1 heeft bij PA7 een kruising met de bestaande 380kV-verbinding. Aangezien deze kruising zich niet in de buurt van een hoogspanningsstation bevindt, is de mogelijkheid om de verbindingen om te zwaaien uitgesloten. Om deze kruising te mitigeren zal ofwel een overkluizing gemaakt moeten worden (uitgangspunt beoordelingstabel) of zal de beoogde verbinding gedeeltelijk in de vorm van een kabel gerealiseerd moeten worden. Beide oplossingen zijn zeer onwenselijk en resulteren respectievelijk ofwel in een zeer hoog risico op technische maak- en haalbaarheid dan wel in een zeer hoog risico op leveringszekerheid;
- in deeltracé PA1c en PA1d bij Muiden en Vecht is de beschikbare ruimte beperkt als gevolg van de aanwezigheid van het natuurgebied IJmeer, de Rijksweg A1/A9, nieuwbouw en de bestaande 380kV-verbinding. Om hier de nieuwe lijnverbinding te realiseren zal er een mast in het water in het natuurgebied IJmeer moeten komen, of, indien dit niet mogelijk blijkt, zal de bestaande verbinding gedeeltelijk verplaatst moeten worden, wat technisch niet wenselijk is;
- door beperkte beschikbare ruimte in het genoemde gebied en verderop in het tracé ter hoogte van de Oostvaardersplassen, bevat dit alternatief een hoog aantal beperkt toegankelijke mastlocaties met beperkte aanlegruimte, wat resulteert in een hoog risico op technische maak- en haalbaarheid;
- daarnaast is er een groot aantal kruisingen met grote infrastructuur. Ook zijn er meerdere kruisingen met 150kV-verbindingen, die naar verwachting lokaal verkabeld zullen moeten worden in de buurt van station Diemen en station Lelystad ten aanzien van de masten die daar nieuw gerealiseerd worden (zie

- paragraaf 3.3.4). Bij Pa7 geldt een bouwhoogtebeperking vanuit het Luchthaven. Luchthaven Lelystad moet hiervoor een verklaring geen bezwaar afgeven. De verklaring geen bezwaar is een ontwerpvoorwaarde: de genoemde oplossing is enkel realiseerbaar als de verklaring wordt afgegeven;
- rondom HS-station Lelystad kruist het alternatief tweemaal een 150kV hoogspanningsverbinding en ook tweemaal de bestaande 380kV-verbinding tussen Diemen en Ens. Vanwege ruimtebeperkingen rondom het station is er de noodzaak voor de het omzwaaien van de bestaande 380kV-verbinding en wordt verwacht dat de 150kV-verbinding lokaal verkabeld zal moeten worden.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Dit alternatief is over grote afstand gebundeld met verscheidene infrastructurele assets waaronder de bestaande 380kV-verbinding (over de gehele lengte van het tracé), gedeeltelijk de Flevospoorlijn (bij PA2a tot en met PA7) en een aantal hogedrukgasleidingen.

De grootste belemmering voor dit alternatief is een onacceptabel conflict met betrekking tot een hogedruk buisleiding bij PA4a. Deze hogedruk buisleiding bevindt zich in dezelfde strook als het alternatief, waardoor er geen ruimte is om de masten te plaatsen en een onbeheersbaar risico ontstaat met betrekking tot weerstandsbeïnvloeding. Gezien de impact en de complexiteit die het verplaatsen van een dergelijke buisleiding met zich mee zou brengen, is dit nagenoeg onhaalbaar. Hierdoor is dit alternatief, zonder mitigatie, als niet mogelijk beoordeeld. Eventuele mitigerende maatregelen staan benoemd in paragraaf 8.1.3, echter deze maatregelen zijn in de beoordeling in dit hoofdstuk niet meegenomen.

Naast dit onacceptabele conflict zijn er ook nog raakvlakken met andere externe objecten en infrastructuur. Enkele hiervan zijn beoordeeld met een hoog risicoprofiel, maar zijn mogelijk wel te mitigeren door ofwel het schuiven van het alternatief binnen de corridor ofwel het verplaatsen van de asset. Dit geldt onder andere voor de grote warmteleiding bij station Diemen (PA1b). Ook bevat dit tracé 400 meter parallelloop met een HD-gasleiding op 45 meter afstand (PA1d) wat zorgt voor hoge risico's op het gebied van inductieve beïnvloeding. Bij PA4 komt er een hoekmast terecht op een hogedruk gasleiding, wat hoge risico's met zich meebrengt op het gebied van weerstandsbeïnvloeding. Het alternatief bevat eveneens grote risico's met betrekking tot beïnvloeding op Prorail infrastructuur. Het tracé bevat parallelloop met de Flevospoorlijn bij PA6, over een lengte van 3 km op 500 meter afstand.

Daarnaast zijn er nog raakvlakken met externe objecten en infrastructuur welke met een middelhoog risico zijn ingeschat. Waaronder parallelloop met hogedruk gasleiding op 350 meter afstand (PA2a) en het tracé komt dichtbij woningen en het stadsverwarmingsnet Almere (Pa3a). Daarnaast is er lange parallelloop (circa 10 km) met een hogedruk gasleiding op ruime afstand (700m) (PA6). Ook is er parallelloop (circa 10 km) met een hogedruk gasleiding op ruime afstand (700m) (PA6). Ook kruist het alternatief het spoor door middel van een kabel en heeft daarna op enige afstand parallelloop (PA1d en PA2a).

Bij station Lelystad (PA10 en PA10a) lopen ook leidingen van Gasunie in de buurt. De effecten van de nieuwe lijn op deze assets kan pas goed worden bepaald als duidelijk wordt waar het nieuwe station Lelystad gebouwd gaat worden. Hiernaast heeft Zuid-Paars-1 mogelijk een raakvlak met de toekomstige

Lelylijn bij PA10a. Dit valt echter op te lossen door het schuiven van het tracé van de beoogde hoogspanningsverbinding binnen de corridor.

Vanwege het onacceptabele conflict bij PA4a wordt dit onderzoeksalternatief beoordeeld als niet mogelijk.

### ***Doorlooptijd***

Dit alternatief is relatief kort en zal om die reden minder tijd nodig hebben om te ontwerpen en te bouwen. Echter moeten bovenstaande knelpunten met kabels en leidingen, de Flevospoorlijn en de kruising met de bestaande 380kV-verbinding (PA7) worden opgelost. Om te komen tot geaccepteerde oplossingen en het implementeren van mitigerende maatregelen zal veel tijd kosten. Het risico op het niet halen van de projectdoelstelling komt daarbij op hoog (-).

### ***Conclusie***

Zuid-Paars-1\* heeft een zeer hoog risicoprofiel op leveringszekerheid in verband met het stuk kabel (PA1d) wat randvoorwaardelijk is voor dit alternatief, en op technische maak- en haalbaarheid in verband met een kruising met de bestaande 380kV-lijn (PA7). Daarnaast is er een onacceptabel conflict met een hogedrukgasleiding bij PA4a, resulterend in een beïnvloeding op externe infrastructuur die niet mogelijk is. Daarom scoort dit alternatief niet mogelijk vanuit techniek.

### 5.2.4 Zuid-Paars-2

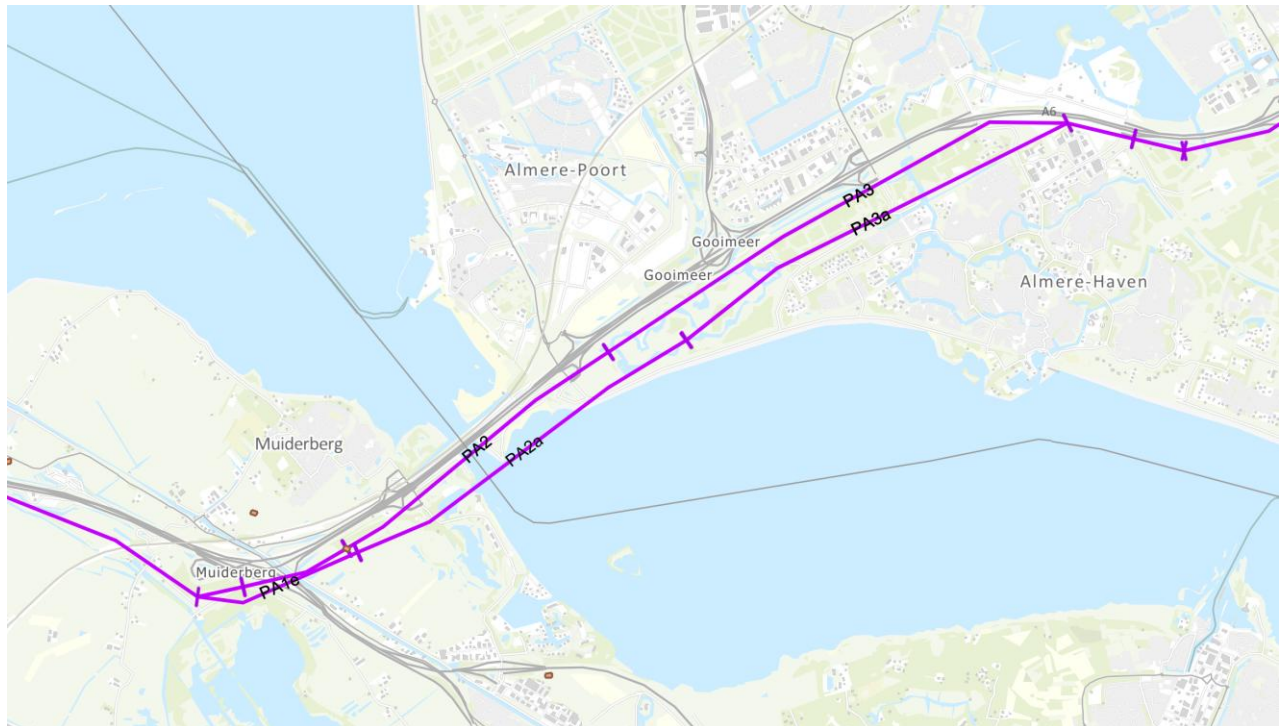
Zuid-Paars -2 volgt op het eerste oog hetzelfde tracé als Zuid Paars-1, echter zijn er een aantal verschillen:

- Zuid Paars-2 eindigt bij de zuidelijke stationslocatie Larserringweg bij Lelystad. Hierdoor is het alternatief Zuid Paars-2 korter dan Zuid-Paars-1;
- bij station Diemen vertrekt Zuid Paars-2 in zuidelijke richting in plaats van de noordelijke richting van Zuid Paars-1. Hierdoor is het stuk tracé tot aan de kruising bij het Gooimeer anders, en wordt het stuk kabel bij de Hakkelaarsbrug vermeden;
- tussen Almere en Lelystad traceert Zuid-Paars-2 ten oosten van de A6 terwijl Zuid Paars-1 ten westen van de A6 traceert.



Figuur 5-14: Overzichtskartaal tracéniveau alternatief Zuid-Paars-2 in deelgebied Zuid.

Het tracé Zuid-Paars-2 loopt tussen Noord-Holland en Flevoland parallel aan de snelweg A6 naast de Hollandse brug. Hier speelt hetzelfde onacceptabele conflict met een buisleiding gevaarlijke stoffen waardoor het tracé circa 300 meter naar het zuidoosten opgeschoven is, vergelijkbaar als bij Zuid-Paars-1. Deze verschuiving is randvoorwaardelijk voor de haalbaarheid van dit alternatief en is hier daarom opgenomen. De tracédelen PA1a, PA2 en PA3 zijn gewijzigd in PA1e, PA2a en PA3a. De beoordeling techniek in deze paragraaf is gebaseerd op de gewijzigde tracédelen en noemen we daarom: Zuid-Paars-2\*.



Figuur 5-15: Overzichtskaart tracéwijzigingen Zuid-Paars 2 in deelgebied Zuid.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Zuid-Paars-2\* heeft slechts een beperkt aantal masten op water staan, bij PA2a. Hierdoor krijgt Zuid-Paars-2\* een neutraal (0) risicoprofiel toegewezen voor leveringszekerheid.

#### **Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)**

Zuid-Paars-2\* loopt door Almere en heeft daarom rondom PA3a, PA4 en PA4b veel masten waar een beperkte ruimte is voor beheer en onderhoud. Ook staan er bij PA2a en PA3a veel masten in een natuurgebied, waardoor de masten slechter bereikbaar zijn. Dit alternatief heeft daarom een hoog (-) risicoprofiel voor de beheer- en onderhoudbaarheid.

#### **Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)**

Door een gebrek aan ruimte bij Diemen zal naar verwachting de 150kV-lijn Diemen – Breukelen gedeeltelijk verkabeld moeten worden ten behoeve van de nieuwe 380kV masten. De 150kV-lijn is eigendom van TenneT en bij verkabeling van deze lijn is het mogelijk om het bestaande tracé te behouden zonder wijzigingen. Vanwege de nabije parallelloop met de 150kV Diemen – 's Graveland bij Muiden en Vecht is de verwachting dat een gedeelte van deze 150kV ook verkabeld zal moeten worden. Zoals beschreven in par. 3.3.4 blijven bestaande 150kV-lijnen bij aanpassingen in beginsel bovengronds. Indien het echt noodzakelijk is, is een stuk verkabelen mogelijk, maar het is niet het uitgangspunt. In alle gevallen moet worden bepaald of dit nettechnisch mogelijk is en of de technische consequenties (zoals de aanleg van blindstroomcompensatie spoelen, de aanleg van filtervelden), de kosten en de benodigde ruimte aanvaardbaar en haalbaar zijn.

Bij HS-station Diemen (PA1) is er een aanzienlijk gebrek aan ruimte. De meeste gunstige manier om aan te landen bij station Diemen is via het zuiden, zoals Zuid-Paars-2\*. Echter zijn hier ook enkele consequenties aan verbonden:

- een kruising met de bestaande 380kV-verbinding vlakbij station Diemen is onvermijdelijk. De bestaande 380kV-verbinding moet omgehangen worden en aan een ander veld van HS-station Diemen gekoppeld worden;
- er is een raakvlak met een zoekgebied voor de opwek van windenergie: mogelijk beperkt de nieuwe hoogspanningslijn de locatiekeuze voor nieuwe windturbines.

Deze consequenties gelden voor elk alternatief dat richting het zuiden vertrekt van station Diemen. Er zal bij deze alternatieven hiernaar verwezen worden.

Over het gehele tracé zijn er nog enkele implicaties met middelhoog risico:

- Zuid-Paars-2\* bevat een groot aantal kruisingen met grote infrastructuur. Daarnaast is aanlanding bij hoogspanningsstation Diemen vanaf elke richting uitdagend vanuit technisch oogpunt en vanwege de grote hoeveelheid bestaande omringende infrastructuur;
- Zuid-Paars-2\* bevat slechts enkele masten op het water. Dit is gunstig voor de technische maak- en haalbaarheid;
- bij PA7b geldt een bouwhoogtebeperking vanuit LHB Lelystad. Luchthaven Lelystad moet hiervoor een verklaring geen bezwaar afgeven. De verklaring geen bezwaar is een ontwerpvoorwaarde: de genoemde oplossing is enkel realiseerbaar als de verklaring wordt afgegeven.

Zuid-Paars-2\* heeft na de randvoorwaardelijke aanpassingen aan het tracé een neutraal (0) risico voor technische maak- en haalbaarheid.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Zuid-Paars-2\* vertoont gelijkenis in uitdagingen wat betreft beïnvloeding van externe infrastructuur en objecten als het alternatief Zuid-Paars-1\*. Ook dit alternatief is over grote afstand gebundeld met verscheidene infrastructurele assets waaronder de bestaande 380kV-verbinding (over de gehele lengte van het tracé), gedeeltelijk de Flevolijn (bij PA2a tot en met PA7) en een aantal gasleidingen.

Bij PA1 en PA1e kruist het tracé meermaals hogedruk gasleidingen met een significante diameter. Daarnaast heeft het tracé parallelloop met een hoge gasleiding op een afstand 90 meter afstand bij PA1e. Ook bevat het tracé parallelloop met een buisleiding gevaarlijke inhoud over een lengte van 3 km op een afstand van 200 m (PA1). Bij een buisleiding gevaarlijke inhoud moet gedacht worden aan buisleidingen welke bijvoorbeeld bedoeld zijn voor aardgas, waterstof, kerosine, olie of olieproducten. Bij PA3a en PA4 heeft dit tracé dezelfde uitdagingen als Zuid-Paars-1, namelijk mogelijke inductieve beïnvloeding op het stadsverwarmingsnet van Almere (PA3a) vanwege parallelloop en weerstandsbeïnvloeding op een hogedruk gasleiding (PA4) doordat er een hoekmast op komt te staan.

Daarnaast ligt het tracéalternatief bij PA4b tussen het bedrijventerrein Twentsekant en de snelweg A6. Hierdoor komt de ZRO-strook van het tracé ofwel over het bedrijventerrein ofwel over de A6 te liggen. Daarnaast bevat het alternatief grote risico's met betrekking tot beïnvloeding op Prorail infrastructuur. Het tracé bevat parallelloop met de Flevospoorlijn bij PA6a, over een lengte van 3 km op 800 meter afstand.

Net zoals Zuid-Paars-1\* doorkruist het tracé van Zuid-Paars-2\* nabij station Lelystad een gebied waarvoor hoogtebeperkingen zijn ingesteld vanwege de aanliegroutes van vliegveld Lelystad (PA6a, PA7b) met risico op het gebied van vergunbaarheid als gevolg.

De bovengenoemde risico's zorgen voor een zeer hoog (- -) risicoprofiel voor Zuid-Paars-2\* op het gebied van beïnvloeding op externe objecten en infrastructuur.

### ***Doorlooptijd***

Dit alternatief is relatief kort en zal om die reden minder tijd nodig hebben om te ontwerpen en te bouwen. Echter bovenstaande knelpunten met kabels en leidingen, Prorail infrastructuur en genoemde uitdagingen op het gebied van technische maak- en haalbaarheid moeten worden opgelost. Het opstellen van een geaccepteerd ontwerp kan veel tijd kosten. Het risico op het niet halen van de projectdoelstelling komt daarbij op hoog (-).

### ***Conclusie***

Zuid-Paars-2\* scoort neutraal op leveringszekerheid en technische maak- en haalbaarheid. Het alternatief heeft echter een hoog risicoprofiel op beheerbaarheid en onderhoudbaarheid en een zeer hoog risicoprofiel met betrekking tot beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur. Concluderend is dit alternatief waarschijnlijk wel haalbaar, mits de risico's ondervangen kunnen worden.

### 5.2.5 Zuid-Groen-1

Alternatief Zuid-Groen-1 loopt vanaf station Diemen ten zuiden van de A1 in oostelijke richting naar knooppunt Muiderberg. Ter hoogte van de A6 kruist het alternatief de A1 en daarna het Gooimeer. Het alternatief loopt daarna over water langs de zuidkust van de Flevopolder. Het alternatief buigt vervolgens af in noordoostelijke richting om de N302 te volgen tot de bestaande 150kV-verbinding. Ter hoogte van de 150kV-verbinding buigt het alternatief af in noordwestelijke richting en loopt parallel met de 150kV-verbinding richting locatiealternatief Larserringweg.



Figuur 5-16: Overzichtskaart onderzoeksalternatief Zuid-Groen-1 in deelgebied Zuid.

De beoordeling techniek in deze paragraaf is gebaseerd op de gewijzigde tracédelen, zoals genoemd bij Zuid-Paars-2. Vandaar dat we het Zuid-Groen-1\* noemen.

### ***Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)***

Een deel van de verbinding gaat ten zuiden van Almere-Haven (GR1) over het Gooimeer heen (7km over water), waarvoor veel masten op het water benodigd zijn. Dit heeft aanzienlijke gevolgen voor de leveringszekerheid van de verbinding, zoals beschreven in paragraaf 3.3.5. Voor het deel over het water geldt een langere hersteltijd ten opzichte van het tracé over het land. Zuid-Groen-1 heeft voor het aspect leveringszekerheid zeer hoge (- -) risico's.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Zuid-Groen-1\* heeft veel masten op het water bij het Gooimeer (GR1). Deze masten zijn slecht bereikbaar dat tot gevolg heeft dat de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid hoge risico's heeft. Over het resterende deel van het tracé zijn de risico's veel lager. Op basis hiervan zijn de risico's voor de totale tracélengte gelijk aan hoog (-).

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

De technische maakbaarheid hangt af van de onderstaande punten:

- zoals beschreven in 3.3.5 komt traceren over water met verschillende implicaties vanwege de slechte bereikbaarheid van de mastlocaties. Het stuk traceren over water bij het Gooimeer (GR1) is de voornaamste reden dat de technische maak- en haalbaarheid van Zuid-Groen-1 een zeer hoog risico heeft;
- net zoals Zuid-Paars-2 vertrekt de verbinding van station Diemen in zuidelijke richting (PA1). Hoewel dit de vertrekrichting met het laagste risico is, leidt dit tot het volgende; omzwaaien van de bestaande 380kV-verbinding en naar verwachting het deels verkabelen van de 150kV-verbinding Diemen – Breukelen en Diemen – 's Graveland;
- in het tracé zijn er zeventien kruisingen met grote infrastructuur aanwezig. De kruisingen zijn uit te splitsen in: acht keer een vaarweg, vier keer een snelweg, vier keer een provinciale weg en één spoor. Voor deze kruisingen zijn hoge masten benodigd, zie ook paragraaf 3.2.5;
- om dit alternatief te kunnen realiseren zullen randvoorwaardelijk enkele windturbines geamoveerd moeten worden.

Vooraf het grote aantal masten zorgt voor implicaties op de technische maak- en haalbaarheid. De bovenstaande punten leiden tot een zeer hoog (- -) risico voor Zuid-Groen-1\*.

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Zuid-Groen-1\* heeft gedeeltelijk parallelloop met Prorail infra (PA1) waarbij twee masten op relatief korte afstand staan (150 en 250 meter). Onderzoek naar de toelaatbaarheid van de inductieve beïnvloeding op de ProRail infrastructuur is benodigd en of er voldoende mitigerende maatregelen getroffen kunnen worden. Daarnaast zijn er nog twee middelhoge risico's voor Prorail infra (PA1e en PA2a), vanwege parallelloop. Daarnaast liggen er leidingen met gevaarlijke inhoud en hogedrukgasleidingen parallel aan het tracé (GR3 en GR5). Voor de leiding met gevaarlijke inhoud gaat het over 3 km en 1,5 km parallelloop op een afstand van respectievelijk 200 meter en 150 meter. Voor de hogedrukgasleiding gaat dit over 2,5 km en 7 km parallelloop met respectievelijk een afstand van 120 meter en 140 meter. Bij GR3 is op een bepaald stuk de

afstand tot de hogedruk gasleiding 40 meter, vanwege de mogelijkheid van het verschuiven van de lijn wordt dit beoordeeld als zeer hoog risico. Naast bovengenoemde beïnvloedingen zijn er nabij station Lelystad hoogtebeperkingen ingesteld vanwege de aanvliegroutes van vliegveld Lelystad (GR5, GR6). Hiervoor is een verklaring van geen bezwaar nodig om deze te kunnen realiseren. Waarbij GR6 zeer dicht op de verlengde strook van de start- en landingsbaan ligt. De beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur heeft een zeer hoog (- -) risico.

### **Doorlooptijd**

Zuid-Groen-1\* loopt over het water langs Almere-Haven. Voor dit alternatief gaat meer dan 5 km over het water. Een dergelijke HS-verbinding over het water komt in Nederland niet voor en moeten volledig ontworpen worden, zie voor toelichting paragraaf 3.3.5. Dit heeft een lange doorlooptijd tot gevolg. Daarnaast zijn oplossingen benodigd voor de raakvlakken met bovengenoemde objecten en infrastructuur, zie hierboven. Vooral de K&L en parallelloop ProRail behoeven veel aandacht en nemen hierdoor veel tijd in beslag vanwege de beperkte afstand met de nieuwe verbinding. De benodigde doorlooptijd zal voornamelijk voortkomen uit de diverse (complexe) berekeningen en afstemming die hiervoor nodig is betreffende de mitigerende maatregelen. Het onderzoeksalternatief heeft vanwege de bovenstaande complexiteiten een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

### **Conclusie**

Zuid-Groen-1\* heeft op alle aspecten een hoog of zeer hoog risico. Dit komt voornamelijk door de kruising met het Gooimeer en de grote hoeveelheid raakvlakken met externe objecten en infrastructuur. Vooral de vele buisleidingen zorgen voor veel raakvlakken. Uitzondering op de grote hoeveelheid raakvlakken met externe objecten is het tracédeel GR4 en GR6. Voor GR5 geldt dat er wel veel raakvlakken zijn, maar hier betreft het raakvlakken met gasleidingen richting woningen. Deze zijn gemakkelijker te mitigeren. Er is daarmee een zeer hoog risico dat de projectdoelstelling niet gehaald worden en daarmee is dit geen goed alternatief als er andere betere alternatieven aanwezig zijn. Concluderend is dit alternatief waarschijnlijk wel haalbaar, mits de risico's ondervangen kunnen worden.

### 5.2.6 Zuid-Geel-1

Alternatief Zuid-Geel-1 loopt vanaf station Diemen ten zuiden van de A1 in oostelijke richting naar knooppunt Muiderberg. Ter hoogte van de A6 kruist het alternatief de A1 en daarna het Gooimeer. Het alternatief loopt tussen Almere-Haven en Almere-Hout door in zuidoostelijke richting naar de bestaande 150kV-verbinding. Het alternatief loopt daarna helemaal parallel met deze verbinding, eerst in noordoostelijke, daarna in noordwestelijke richting naar locatiealternatief Larserringweg.



Figuur 5-17: Overzichtskarta onderzoeksalternatief Zuid-Geel-1 in deelgebied Zuid.

De beoordeling techniek in deze paragraaf is gebaseerd op de gewijzigde tracédelen, zoals genoemd bij Zuid-Paars-2. Vandaar dat we het Zuid-Geel-1\* noemen.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Bij Zuid-Geel-1\* zijn er alleen masten over het water bij de oversteek van de Hollandse brug. Dit betreft een oversteek van ongeveer 2 km. Er zijn geen andere grote belemmeringen die de leveringszekerheid nadelig beïnvloeden. Daarom heeft Zuid-Geel-1 een neutraal (0) risicoprofiel voor dit onderdeel.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Zuid-Geel-1\* loopt voor een groot deel door natuurgebieden (PA3, GR7) die slecht bereikbaar zijn en daarom is er in dit alternatief weinig ruimte voor het opstellen van werkterreinen. Zuid-Geel-1\* heeft daarmee een hoog (-) risico op beheerbaarheid en onderhoudbaarheid.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Voor Zuid-Geel-1 gelden de volgende punten met een relatie tot de technische maak- en haalbaarheid:

- net zoals Zuid-Paars-2 en Zuid-Groen-1 vertrekt de verbinding van station Diemen in zuidelijke richting (PA1). Hoewel dit de vertrekrichting is met het laagste risico, leidt dit tot het volgende; omzwaaien van de bestaande 380kV-verbinding, naar verwachting het deels verkabelen van de 150kV-verbinding Diemen – Breukelen en deels verkabelen van de 150kV-verbinding Diemen – 's Graveland. Bij GE5 ligt de nieuwe verbinding op dezelfde locatie als de 150kV-verbinding Almere-Zeewolde. Afhankelijk van de exacte locatie van de nieuwe verbinding zal naast de verkabeling van de 150kV-verbinding deze mogelijk ook verlegd moeten worden om het tracé haalbaar te maken. Het lokaal verkabelen van deze verbinding wordt gezien als randvoorwaardelijk. Een verkabeling heeft voor de technische maak- en haalbaarheid een hoog risico;
- er is een bouwhoogtebeperking in de buurt van het Defensie Antennepark Zeewolde (GE3). Hiervoor zijn mitigerende maatregelen nodig. Om radarverstoringen te voorkomen is de maximale hoogte van de masten afhankelijk van de afstand tot het antennepark. Op basis van de ligging van het tracé in Figuur 5-17 is deze hoogte gelijk aan ca. 40 meter. Met Moldau masten is dat niet mogelijk, bij het verkleinen van de veldlengte is slechts een paar meter in masthoogte te bereiken. Er zijn portalen nodig om deze lagere bouwhoogte te realiseren;
- in het tracé zijn er 18 kruisingen met grote infrastructuur aanwezig. De kruisingen zijn uit te splitsen in: 8x vaarweg, 4x snelweg, 5x provinciale weg en 1x spoor. Voor deze kruisingen zijn hoge masten benodigd, zie ook paragraaf 3.2.5;
- om dit alternatief te kunnen realiseren zullen randvoorwaardelijk enkele windturbines geamoveerd moeten worden.

Bovenstaande punten hebben samen een aanzienlijk negatief invloed op de realisatie, maar deze zijn grotendeels wel goed op te lossen. De risicoscore voor Zuid-Geel-1\* komt hiermee uit op hoog (-).

### **Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur**

Voor het eerste deel van Zuid-Geel-1 is de beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur gelijk aan Zuid-Groen-1 (PA1, PA1e, PA2a). Ook hier is beïnvloeding van het spoor aanwezig met masten op een afstand van 250 en 150 meter. En de grote beïnvloeding van buisleidingen bij PA1, PA1e en PA2a.

Daarnaast zijn er de volgende belemmeringen:

- bij PA3a ligt een hogedrukgasleiding, deze heeft een flinke diameter en verleggen is daarom geen optie. Er is hier weinig fysieke inpassingsruimte om te schuiven in het tracé. De enige optie is om het tracé iets te verschuiven binnen de corridor en eventueel de masten te verhogen, de beïnvloeding wordt dan iets minder, maar de afstand tot de buisleiding is dusdanig klein dat dit wordt gezien als middelhoog risico;
- bij GE3 loopt er een hogedrukgasleiding parallel over 3 km op een afstand van 200 meter waardoor er een middeloog risico is;
- parallel aan GR7 en GE5 ligt ook een hogedrukgasleiding over circa 8 km op een afstand korter dan 100 meter. Wat zorgt voor een zeer hoog risico en onderzoek is nodig om de beïnvloeding te kunnen beoordelen;
- mogelijk beïnvloeding op Antennepark Zeewolde;
- nabij station Lelystad zijn er hoogtebeperkingen ingesteld vanwege de aanvliegroutes van vliegveld Lelystad (GR5, GR6).

Bovenstaande punten hebben een grote invloed op het tracé en zijn daarnaast moeilijk oplosbaar. Hierdoor heeft Zuid-Geel-1 een zeer hoog (- -) risicoprofiel op dit criterium.

### **Doorlooptijd**

Er zijn meerdere aspecten die de doorlooptijd van het ontwikkelen van dit alternatief negatief beïnvloeden. Zo moet het raakvlak met externe infrastructuur (K&L en ProRail infrastructuur) worden opgelost. Daarnaast is er sprake van een bouwhoogtebeperking bij Antennepark Zeewolde waardoor er wordt afgeweken van de standaard masten (zie paragraaf 3.3.7 voor de implicaties). Het onderzoeksalternatief heeft daarom een zeer hoog (- -) risicoprofiel met betrekking tot de doorlooptijd.

### **Conclusie**

Zuid-Geel-1\* scoort neutraal op leveringszekerheid en heeft op de andere aspecten een hoger risico. Op de aspecten beïnvloeding en doorlooptijd zijn de risico's zelfs zeer hoog. Het aanzienlijke risicoprofiel van dit alternatief laat zien dat Zuid-Geel-1\* een haalbaar alternatief is, maar liggen er ook zeer veel uitdagingen.

### 5.2.7 Zuid-Oranje-1

Alternatief Zuid-Oranje-1 loopt vanaf station Diemen ten zuiden van de A1 in oostelijke richting naar Naarden. Ter hoogte van Naarden vesting kruist het alternatief de A1 en loopt richting Huizen. Ter hoogte van Huizen kruist het alternatief het Gooimeer en volgt daarna de zuidkust van de Flevopolder tot Zeewolde, waarbij één 150kV-verbinding gekruist wordt. Het alternatief loopt aan de oostkant langs Zeewolde over het water richting de bestaande 150kV-verbinding en volgt deze in noordwestelijke richting tot aan station Larserringweg, waarbij één 150kV-verbinding gekruist wordt.



Figuur 5-18: Overzichtkaart onderzoeksalternatief Zuid-Oranje-1 in deelgebied Zuid.

#### **Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)**

Het tracé van Zuid-Oranje-1 bevat een aantal kenmerken die invloed hebben op de leveringszekerheid van een hoogspanningsverbinding. Ter plaatse van de kruising met het Gooimeer (OR7, OR3) staan een aantal masten op het water. Dit is ook het geval bij de oversteek van het Wolderwijd (OR5). De lengte over het Gooimeer is gelijk aan 3,5 km waarbij de oversteek over het Wolderwijd met 7,5 km nog een stuk langer is. De totale lengte over het water is gelijk aan 9 km. Een groot aantal masten op het water heeft een negatief effect op de leveringszekerheid, zie paragraaf 3.3.5. Daarnaast zijn er voor beide oversteken hoekmasten nodig. Hierdoor heeft de leveringszekerheid van Zuid-Oranje-1 een zeer hoog (--) risicoprofiel.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

Zuid-Oranje-1 heeft een aantal uitdagingen voor de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid van de verbinding. Het tracé loopt onder andere door het Gooimeer (OR7, OR3) en het Wolderwijd (OR5). Om de kruising met beide wateren te maken, is het noodzakelijk om de masten op constructies te plaatsen. Dergelijke constructies zijn slecht bereikbaar wat het beheer en onderhoud van de verbinding bemoeilijkt, zoals volgt uit paragraaf 3.3.5. De masten in het water zijn hoger en hebben hierdoor een hoger veiligheidsrisico. Door het grote aantal moeilijk bereikbare masten in de lijn zijn de risico's als zeer hoog (- -) gecategoriseerd.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Zuid-Oranje-1 bevat verscheidende elementen die moeilijkheden opleveren voor de realisatie van de verbinding. Deze zijn in de onderstaande opsomming gegeven:

- op vier locaties in het tracé zijn er kruisingen met een bestaande 150kV-verbinding. Twee van deze kruisingen bevinden zich in tracédeel PA1 ten zuiden van de A1 tussen Diemen en Muiderberg. De derde locatie is gelegen in zuiden van Flevoland ter hoogte van Bunschoten-Spakenburg (OR5). De vierde kruising ligt in het tracédeel OR6. Paragraaf 3.3.4 vermeldt dat kruisingen met 150kV-verbindingen niet wenselijk zijn. De risico's gekoppeld aan een bovengrondse kruising kunnen echter gemitigeerd worden door het deels verkabelen van de 150kV-verbindingen;
- voor de kruising van het Gooimeer (OR7, OR3) en het Wolderwijd (OR5) staan een aantal masten in het water. Zoals beschreven in paragraaf 3.3.5 is de realisatie van masten in het water zeer uitdagend door een complexe bouwfasering, onder andere vanwege de toepassing van hoekmasten. In het Gooimeer bevindt zich een significante knik in de lijn waarvoor een hoekmast benodigd is. In het Wolderwijd is de lengte van de verbinding meer dan 5 km waardoor het plaatsen van tenminste één afspanmast voor het intrekken van de geleiders noodzakelijk is;
- in het tracé bevinden zich verschillende kruisingen met grote infrastructuur. In totaal maakt de lijn 24 kruisingen. Dit aantal is onder te verdelen in 9 kruisingen met een vaarweg, 7 kruisingen met een snelweg, 7 kruisingen met een provinciale weg en 1 kruising met een spoorlijn;
- om dit alternatief te kunnen realiseren zullen randvoorwaardelijk enkele windturbines uitgekocht moeten worden.

Voor de realisatie van Zuid-Oranje-1 zijn er vrij veel risico's door de vele kruisingen met 150kV-verbindingen, de tracédelen over het water en de kruisingen met infrastructuur. Hieruit volgt een risicobeoordeling die gelijk is aan zeer hoog (- -).

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Op een aantal locaties in het tracé van Zuid-Oranje-1 heeft de lijn raakvlakken met externe objecten en infrastructuur. Een van deze factoren is de relatief korte parallelloop met de spoorlijn Hilversum – Amsterdam (PA1) waarbij twee hoekmasten op 250 meter en 150 meter op het spoor staan. Om de mate van beïnvloeding te bepalen, is het uitvoeren van aanvullende EMC onderzoeken noodzakelijk. De vraag of er een overschrijding van de toets criteria op het geëlektrificeerde spoor plaatsvindt en de mogelijke mitigerende maatregelen zal blijken uit een EMC-studie conform de RLN00398. In PA1 is er naast de

spoorlijn ook beïnvloeding van leidingen vanwege parallelloop. Hierbij ligt een buisleiding met gevaarlijke inhoud over een lengte van 3 km op een afstand van 200 meter van de lijn. Verderop in het tracé ligt de aanvliegroute van de luchthaven Lelystad (GR6) waar ook een bouwhoogtebeperking geldt. De standaard Moldau masten passen net binnen het hoogteprofiel van het LHB. Door de goede oplosbaarheid van de bovenstaande knelpunten is de risicoscore voor de beïnvloeding gelijk aan neutraal (0).

### ***Doorlooptijd***

In zowel het Gooimeer (OR3 en OR7) als in het Wolderwijd (GR5) zijn zware mastconstructies nodig. Voor het maken van de knik van het tracé is een hoekmast benodigd. In het Wolderwijd is de lengte van de verbinding op het water langer dan 5 km, zodat ten minste één afspanmast op het water komt te staan. Dergelijke constructies zijn in Nederland nog niet gerealiseerd waardoor de doorlooptijd significant toeneemt omdat het noodzakelijk is om met innovatieve oplossingen te komen, zie ook de toelichting in paragraaf 3.3.5. Daarnaast is de totale tracélengte vrij lang in vergelijking met de lengtes van andere alternatieven voor deelgebied Zuid. De combinatie van het deel over het water met de grote lengte van het gehele tracé heeft een grote negatieve invloed op de totale doorlooptijd van Zuid-Oranje-1. Het onderzoeksalternatief heeft daarom een zeer hoog (- -) risicoprofiel. (- -).

### ***Conclusie***

Op basis van de beoordeling van bovenstaande aspecten volgt een zeer hoog risicoprofiel voor Zuid-Oranje-1. Dit alternatief heeft zeer hoge risico's voor de technische maak- en haalbaarheid en de realisatie. De grootste uitdagingen bevinden zich ter plaatse van het Gooimeer en het Wolderwijd. Op deze locaties zijn zeer zware en complexe mastconstructies benodigd waarbij de kans groot is dat de projectdoelstellingen niet behaald worden. Concluderend heeft Zuid-Oranje-1 vanwege de accumulatie van zeer hoge risico's een onbeheersbaar risicoprofiel.

## 5.2.8 Zuid-Oranje-2

Alternatief Zuid-Oranje-2 loopt vanaf station Diemen in oostelijke richting ten noorden van de bestaande 380kV-verbinding en de A1 richting knooppunt Muiderberg. Ter hoogte van Muiderberg kruist het alternatief de A6 en de bestaande 380kV-verbinding. Het alternatief loopt kort langs de A1 en volgt vervolgens de zuidkust van het Gooimeer over water tot Huizen. Ter hoogte van Huizen kruist het alternatief het Gooimeer. Het alternatief volgt kort de zuidkust van de Flevopolder en loopt daarna richting de N305. Het alternatief volgt de N305 in noordoostelijke richting tot aan de bestaande 150kV-verbinding en volgt deze in noordwestelijke richting tot aan station Larserringweg, waarbij één 150kV-verbinding gekruist wordt.



Figuur 5-19: Overzichtkaart onderzoeksalternatief Zuid-Oranje-2 in deelgebied Zuid.

### Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)

In het tracé maakt de nieuwe lijn een kruising met het Gooimeer van 8 km (OR2, OR3). Zoals beschreven in paragraaf 3.3.5, hebben masten op het water een negatief invloed op de betrouwbaarheid en de beschikbaarheid van de verbinding. Ook kruist de nieuwe lijn een bestaande 380kV-verbinding middels een kabel, hetgeen de leveringszekerheid negatief beïnvloed, zoals toegelicht in paragraaf 3.3.1. De kruising met de 380kV-verbinding (PA1d) en de masten op het water leiden tot een zeer hoog (-) risicoprofiel voor Zuid-Oranje-2.

### ***Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)***

De kruising met het Gooimeer (OR2, OR3) draagt significant bij aan deze risicoscore voor dit aspect. De totale lengte over het water is vrij lang waardoor een groot aantal masten op het water komt te staan. Uit paragraaf 3.3.5 blijkt dat het uitvoeren van beheer en onderhoud zeer moeilijk is door de slechte bereikbaarheid. Verder maakt het tracé een kruising met de A27 ter plaatse van de Stichtse brug (OR4). Voor deze kruising zijn hoge masten benodigd. In algemene zin zijn brengen hoge masten op het water meer risico's voor het beheer en onderhoud met zich mee vanwege de grotere veiligheidsrisico's. Uit de bovenstaande beschouwing volgt een hoog (-) risicoprofiel voor de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid van Zuid-Oranje-2.

### ***Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)***

Bij Zuid-Oranje-2 zijn er verschillende aandachtspunten die bijdragen aan het totale risicoprofiel op basis van technische maak- en haalbaarheid:

- in deeltracé PA1c bij Muiden en Vecht is er beperkt ruimte beschikbaar door de aanwezigheid van het natuurgebied IJmeer, de Rijksweg A1/A9, de bestaande 380kV verbinding en nieuwbouw. Om hier de nieuwe lijnverbinding te realiseren zal er een mast in het water in het natuurgebied IJmeer moeten komen, of, indien dit niet mogelijk blijkt, zal de bestaande verbinding gedeeltelijk verplaatst moeten worden, wat technisch niet wenselijk is;
- de kruising met het Gooimeer (OR2, OR3) is een andere factor die meeweegt in de risicoscore. Het tracé is langer dan 4 kilometer en maakt daarnaast een knik in de overgang van beide tracédelen. Vandaar dat er een aantal steunmasten op het water zijn waardoor ook zwaardere constructies benodigd zijn. In paragraaf 3.3.5 is beschreven dat grote lengtes over het water op technisch gebied zeer uitdagend zijn, zeker wanneer zware mastconstructies op het water komen te staan. Ter plaatse van de Stichtse brug steekt de nieuwe verbinding de A27 over (OR4). Voor deze kruising zijn hoge masten benodigd die op basis van de technische maak- en haalbaarheid complexer zijn.
- in dit tracé worden drie 150kV-verbindingen gekruist, die naar verwachting lokaal verkabeld moeten worden (zie paragraaf 3.3.4);
- er zijn in totaal twaalf kruisingen met grote infrastructuur, waarbij hogere masten benodigd zijn;
- om dit alternatief te kunnen realiseren zullen randvoorwaardelijk enkele windturbines uitgekocht moeten worden.

Uit de afweging van de desbetreffende factoren volgt een risicoprofiel dat gelijk is aan zeer hoog (- -).

### ***Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur***

Het tracé (OR8) loopt voor 2 km en 8,5 km parallel aan een hogedrukgasleiding met respectievelijke afstanden van 50 meter en 150 meter. Daarnaast is er bij PA1b een conflict met een warmteleiding van Vattenfal. Verderop bij PA1d loopt het tracé voor 400 meter parallel aan zowel een hogedruk gasleiding als een gevaarlijke inhoud buisleiding op 45 meter. Voorderest zijn er nog een paar middelhoge risico's wat betreft elektromagnetische beïnvloeding op buisleidingen (OR1a en OR6). Nabij Lelystad ligt het tracédeel GR6 in de aanvliegroute van Airport Lelystad. De standaard Moldaumasten passen net binnen het hoogtepfiel van het Luchthavenbesluit (LHB). Om deze redenen komt de risicoscore uit op neutraal (0).

### ***Doorlooptijd***

De tracédelen OR2 en OR3 gaan over het Gooimeer. Hoogspanningsverbindingen over water met hoek- en afspanmasten komen in Nederland niet voor. Voor het ontwerp- en realisatieproces zijn zeer specifieke en complexe technische oplossingen nodig. Het uitwerken van dergelijke vraagstukken neemt veel tijd in beslag. Daarnaast zijn er risico's met betrekking tot buisleidingen. Het uitvoeren van de onderzoeken, het bepalen van mitigerende maatregelen, het bereiken van een overeenkomst met de stakeholders en het (laten) uitvoeren van de maatregelen kost tijd. Beide factoren hebben een lange doorlooptijd tot gevolg en het onderzoeksalternatief heeft daarom een zeer hoog (- -) risicoprofiel.

### ***Conclusie***

Uit de bovenstaande aspectbeoordelingen volgt een zeer hoog risicoprofiel voor de aspecten leveringszekerheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. De kans is groot dat de projectdoelstellingen niet gehaald worden. Concluderend heeft Zuid-Oranje-2 vanwege de accumulatie van zeer hoge risico's een onbeheersbaar risicoprofiel.

### 5.3 Beoordeling techniek overige tracédelen



Figuur 5-20: Verbindingstracés Zuid.

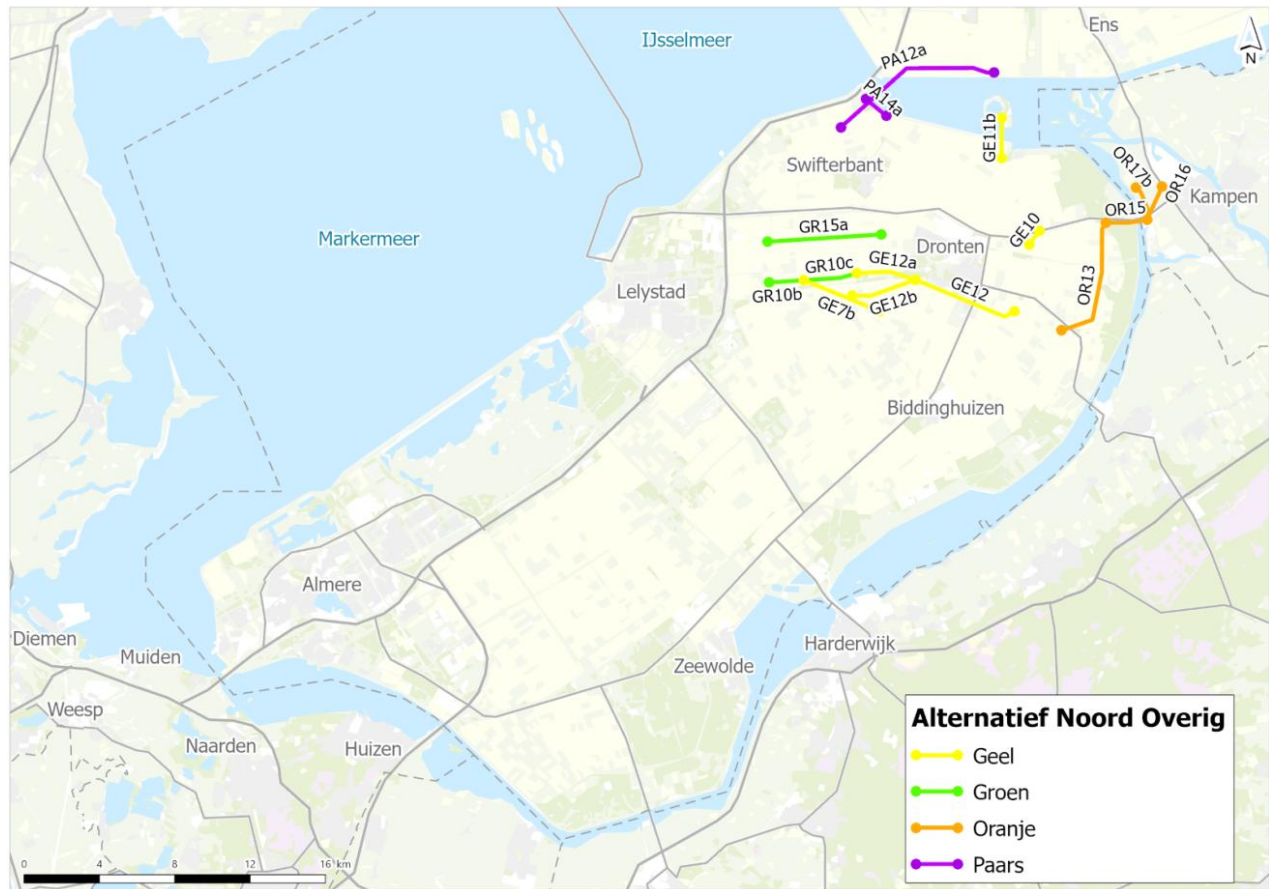
De verbindingstracés zijn over het algemeen te kort om goede uitspraken te doen over leveringszekerheid, betrouwbaarheid, maakbaarheid en doorlooptijd. In de relatief korte afstand van de verbindingstracés valt er vaak geen onderscheid te maken voor de bovenstaande criteria. Indien geen technische onderbouwing is voor een deeltracé, is er geen onderscheidende keuze (vanuit techniek) voor de individuele deeltracés. Als er concrete voorstellen zijn voor mitigatie via één van deze deeltracés kan het voorgestelde alternatief/variant op het alternatief in zijn geheel worden beoordeeld. Zie het beoordelingskader voor de toelichting (hoofdstuk 4). Voor deze aspecten moeten de verbindingstracés worden beschouwd in combinatie met het gehele tracé.

Er zijn bij een aantal tracés wel lokale aspecten van belang om hier te noemen:

- BL5 verbindt het tracé over water met (Zuid-Blauw-1) met een paars tracé nabij Almere. Omdat hierbij de bestaande 380kV-lijn wordt gekruist, in combinatie met de A6, zal een HDD-boring hier nodig zijn om dit punt te passeren, wat resulteert in een zeer hoog risico voor de leveringszekerheid, zie paragraaf 3.3.3.3, kruising met bestaande 380kV-lijn;
- BL3b verbindt het tracé over water met (Zuid-Blauw-1) met een paars tracé ten noorden van Lelystad. Op het land loopt dit tracé parallel aan de spoorlijn Lelystad-Dronten en over en arrangeerterrein van

ProRail (ter hoogte van de Houtribweg). Met betrekking tot de beïnvloeding van externe infra is dit tracé zeer risicovol. Specifiek voor dit tracédeel geldt dat dit tracédeel alleen een logische keuze is indien dit tracédeel wordt gecombineerd met het blauwe alternatief. De technische beoordeling van het blauwe alternatief kent een zeer hoog risicoprofiel. Vanwege de aanvullende risico's boven op een alternatief dat al reeds een zeer hoog risicoprofiel kent is dit tracédeel beoordeeld als een tracédeel met een onbeheersbaar risicoprofiel;

- PA7a. Dit tracédeel valt in het gebied van de hoogtebegrenzing van Airport Lelystad. Hierbij is het van belang dat er aangetoond moet kunnen worden dat de verbinding geen impact heeft op het functioneren van het vliegveld om een verklaring van geen bezwaar te verkrijgen. Zie ook bij Zuid-Paars-1. Hierbij loopt het tracédeel over het industriegebied Larserpoort waarbij de referentielijn op een gasleiding staat. Om zowel de impact op de gasleiding dan wel de gebouwen te mitigeren zal deze referentielijn verlegd moeten worden en/ of moeten er hogere masten (S+9) toegepast worden. Daarnaast heeft deze referentielijn geen onderscheidend vermogen. Omdat deze referentielijn leidt tot een conflict met zowel de buisleiding als de hoogtebegrenzing vanuit Airport Lelystad is dit tracédeel als "hoog risico (-)" beoordeeld;



Figuur 5-21: Verbindingstracés Noord.

Evenals bij het zuidelijk deel geldt voor het noordelijk deel ook dat de tracédelen te kort zijn om correcte uitspraken te doen over leveringszekerheid, betrouwbaarheid, maakbaarheid en doorlooptijd. Bij de lokale aspecten geldt wel het volgende:

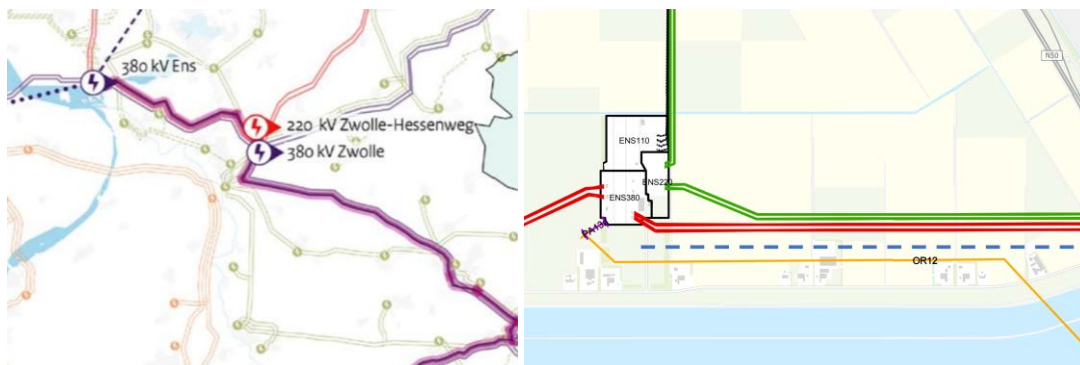
- PA12a. Dit tracédeel heeft een kruising met bestaande lijn. Hierbij zijn er verschillende mogelijkheden om deze kruising op te lossen. Namelijk omzwaaien, zeer hoge overkluizing of 380kV-kabel t.b.v. de kruising. De effecten van elk van deze oplossingen zijn beschreven in hoofdstuk 3.3.3. Als los tracédeel wordt dit tracédeel beoordeeld als 'zeer hoog risico'.
- GE12. Dit tracédeel biedt onvoldoende fysieke ruimte voor zowel de bestaande 150kV als een nieuwe 380kV verbinding. Een voorwaarde voor dit tracédeel is verkabeling van de 150kV-verbinding.

## 5.4 Beoordeling toekomstvastheid tracés

Zonder een volledig overzicht te kunnen opstellen zijn er met betrekking tot het onderwerp toekomstvastheid de volgende constatering:

- de geplande nieuwe 380kV-verbinding tussen Ens en Vierverlaten zal aan de noordoostzijde of aan de noordwestelijke hoek van het 380kV-station Ens worden aangesloten. Aan de oostzijde van station Ens is de bestaande verbinding naar Vierverlaten en de 380kV-lijn naar Zwolle. Voor de verbinding vanuit Ens richting Zwolle is in de PEH, toekomstvisie na 2030, een uitbreiding voorzien. Namelijk de uitbreiding voor een 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> circuit (blauw gestreepte lijn in onderstaande figuur). Ook de bestaande 220kV-verbindingen naar Oudehaske en Zwolle Hessenweg zijn gepositioneerd aan de oostzijde van station Ens.

In verband met de vele aansluitingen aan de oostzijde en de toekomstige ruimtevrage voor de uitbreiding Ens-Zwolle, resteert daar beperkte ruimte voor het beoogde tracé OR12. Hierdoor zouden er 4 verbindingen naast elkaar komen. De onderzoeksalternatieven Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2 blokkerend voor toekomstige ontwikkelingen en leveren een zeer groot risico voor de haalbaarheid van toekomstige verbindingen op;



*Figuur 5-22: Links: Toekomstige uitbreiding hoogspanningslijn Ens-Zwolle in PEH. Rechts: aanlandende verbindingen op Hoogspanningsstation Ens, met ter indicatie de toekomstige uitbreiding van de HS-lijn Ens-Zwolle blauw gestreept met daaronder er de referentielijn OR12.*

- daar waar ondergrondse tracédelen noodzakelijk zijn, leidt dit tot minder toekomstvastheid;
- de ondergrondse tracédelen vormen een verhoogd risico voor de leveringszekerheid door de gereduceerde betrouwbaarheid en lange reparatietijden, zoals beschreven in paragraaf 3.3.1.
- daarnaast kan er bij ondergrondse hoogspanningsverbindingen die in een horizontaal gestuurde boring zijn gelegd, sprake zijn van een lagere transportcapaciteit. De transportcapaciteit bij horizontaal gestuurde boringen zal in de buurt liggen van 3.200 Ampère continu per circuit. Een mogelijke mitigerende maatregel kan dan zijn om een dynamisch profiel te accepteren.

Het uitgangspunt daarbij is echter dat er gebruik gemaakt kan worden van een verschil tussen een hoge dagbelasting en een lage nachtbelasting, waardoor het mogelijk kan zijn dat overdag gedurende een bepaalde periode tijdelijk wel 4.000 Ampère toelaatbaar is. Het is echter onzeker of een dergelijk dynamisch profiel in de toekomst nog passend zal zijn voor de elektriciteitsvraag. Een dynamisch profiel is daarmee een risico voor toekomstvastheid.

In onderstaande tabel staat de beoordeling van toekomstvastheid voor de alternatieven. Paragraaf 4.3 geeft toelichting op de verschillende risicoprofielen.

NOORD	Blauw-1	Paars-1	Paars-2	Groen-1	Groen-2	Geel-1	Geel-2	Oranje-1	Oranje-2	Grijs-1
Toekomstvastheid	0	0	0	0	0	0	0	--	--	0
								<ul style="list-style-type: none"> <li>● 380kV- kabel met zeer groot risico voor toekomstige leveringszekerheid bij dynamisch profiel.</li> <li>● Blokkerend voor uitbreiding HS-verbinding Ens-Zwolle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 380kV- kabel met zeer groot risico voor toekomstige leveringszekerheid bij dynamisch profiel.</li> <li>● Blokkerend voor uitbreiding HS-verbinding Ens-Zwolle.</li> </ul>	
ZUID	Blauw-1	Blauw-2	Paars-1	Paars-2	Groen-1	Geel-1	Oranje-1	Oranje-2		
Toekomstvastheid	0	--	--	0	0	0	0	--		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 380kV- kabel met zeer groot risico voor toekomstige leveringszekerheid bij dynamisch profiel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2x 380kV- kabel met zeer groot risico voor toekomstige leveringszekerheid bij dynamisch profiel.</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>● 380kV- kabel met zeer groot risico voor toekomstige leveringszekerheid bij dynamisch profiel.</li> </ul>		

Tabel 5-3: Beoordeling toekomstvastheid onderzoeksalternatieven.

## 6. Effectenbeschrijving en -beoordeling hoogspanningsstations

### 6.1 Generieke effecten stations

De stations kunnen worden gebouwd voordat de hoogspanningsverbindingen worden aangesloten. Hiermee kan er gewerkt worden in een situatie waarbij geen van de onderdelen onder spanning staat. De leveringszekerheid, de beheerbaarheid, onderhoudbaarheid en de technische maak- en haalbaarheid van het nieuwbouwstation zelf hangt daarom nauwelijks af van de stationslocatiekeuze. Het onderscheid ligt mogelijk bij omgevingsaspecten zoals bereikbaarheid van de locatie.

Zodra de aansluiting, dan wel inlissing, van de bestaande of de nieuwe verbinding in relatie tot de stationslocatie in ogenschouw wordt genomen zijn er wel onderscheidende aspecten. De effectenbeoordeling van de stationslocaties zal daarom voornamelijk worden gebaseerd op de aan te sluiten verbindingen op het station en op de mogelijkheid om de bestaande hoogspanningslijn aan te sluiten. Het kan voorkomen dat voor het realiseren van de nieuwe 380kV hoogspanningslijn de bestaande hoogspanningslijn moet worden aangepast. Hiervoor zullen één of meerdere VNB's nodig zijn op een deel van het 380kV-net. Met name bij de keuze voor een nieuwe stationslocatie is er een duidelijk onderscheid in het aantal en tijdsduur van benodigde VNB's van bestaande in bedrijf zijnde 380kV-verbindingen.

#### 6.1.1 Implicaties van benodigde VNB's

De bestaande 380kV-verbindingen zijn nu al zwaar belast en de reële verwachting is dat de belasting in de toekomst alleen maar toeneemt. Een VNB op een circuit in het 380kV-koppelnet is zondermeer lastig te plannen en dit zou in de toekomst wellicht problematisch kunnen worden, gezien de hoge belasting in het net. Een VNB is alleen mogelijk als de beschikbaarheid op het net dat toelaat of door de belasting van de betreffende verbinding te verlagen, wat tot hoge congestiekosten kan leiden. Bij het verlagen van de belasting moet eraan gedacht worden dat bijvoorbeeld grootverbruikers van elektriciteit worden afgeschakeld. Bijvoorbeeld een bedrijf met een grote vriesinstallatie welke tijdelijk, tegen betaling, wordt uitgeschakeld. Deze kosten worden congestiekosten genoemd. Om het risico op uitval te reduceren, is het noodzakelijk dat het elektriciteitssysteem onvoorziene storingen moet kunnen opvangen, ook als het net deels buiten bedrijf is door geplande werkzaamheden.

Binnen de geplande tijdsduur van een VNB zullen de werkzaamheden uitgevoerd moeten worden. Hierbij wordt nadrukkelijk rekening gehouden met veilige uitvoering van de werkzaamheden. Desondanks kunnen er bij werkzaamheden in het bestaande net meer veiligheidsrisico's optreden in vergelijking met het in "greenfield" bouwen van stations of hoogspanningsverbindingen.

Een 380kV-nieuwbouwstation waarbij het aantal VNB's kan worden beperkt, zal daarom op het gebied van technische maak- en haalbaarheid en veiligheid beter scoren.

### **6.1.2 Reconstructie bestaande 150kV-lijn**

Tevens kan het voorkomen dat de nieuwe 380kV-hoogspanningslijn een bestaande 150kV-hoogspanningsverbinding moet kruisen om aangesloten te kunnen worden op het station. Een bovengrondse kruising van een 380kV-verbinding met een bovengrondse 150kV-verbinding is niet wenselijk. Een mogelijke oplossing is het vervangen van een deel van de 150kV-lijn door een kabel. Een dergelijke reconstructie van een verbinding moet overigens (net)technisch wel mogelijk zijn. Bij de 380kV-stations waar een reconstructie op een 150kV-verbinding voorkomt, is dat van invloed op de effectbeoordeling. In vergelijking met een bovengrondse lijn zijn kabels gevoeliger voor storingen en kan het herstel langer duren. Dit is van invloed op de leveringszekerheid en de onderhoudbaarheid van het net.

## 6.2 Station Diemen

De nieuwe verbinding moet worden aangesloten op het bestaande hoogspanningsstation Diemen. Zoals reeds benoemd in paragraaf 1.3.1, is de beschikbare ruimte binnen het bestaande station Diemen beperkt. Een uitbreiding van het hoogspanningsstation is nodig om de verbinding te kunnen aansluiten. De aansluiting, 'het veld', wordt ingericht naast het bestaande 380kV veld en is zuidwestelijk georiënteerd. Dit is voor alle onderzoeksalternatieven gelijk en is daarmee niet onderscheidend voor de tracékeuze.

De onderzoeksalternatieven landen vanuit verschillende richtingen aan op station Diemen. Vanwege de beperkt beschikbare inpassingsruimte en de veelheid aan bestaande infrastructuur rond het station, heeft de richting van de aanlanding wel gevolgen voor de effectbeoordeling op technische aspecten. De specifieke effecten zijn bij de beoordeling van de zuidelijke onderzoeksalternatieven reeds benoemd, tezamen met de andere effecten op betreffend tracé. In deze paragraaf zijn de gemeenschappelijke aspecten waarop de verschillende ontsluitingsrichtingen zich onderscheiden nogmaals benoemd.

De traceringsmogelijkheden worden onder andere gecompliceerd doordat het station is ingelust op diverse bestaande hoogspanningsverbindingen en omringd is door bedrijventerreinen, waterwegen, de rijkswegen A1 en A9 en een spoorlijn. Daarnaast bevinden zich buisleidingen met gevaarlijke stoffen in de omgeving. Er lijken drie opties mogelijk om van het station weg te traceren, zie ook Figuur 6-1:

- 1 ten noorden van en parallel aan de bestaande lijn en vervolgens, in noordoostelijke richting naar het IJmeer. Het alternatief Zuid-Blauw-1 volgt deze mogelijkheid, via tracédeel PA1b, om te vervolgen via BL1a over het water;
- 2 ten noorden van en parallel aan de bestaande lijn vervolgens in oostelijke richting, via tracédeel PA1b en PA1c. De alternatieven Zuid-Blauw-2, Zuid-Paars-1 en Zuid-Oranje-2 volgen deze richting;
- 3 in de zuidelijke richting, waarbij de velden (stationsaansluitingen) van de bestaande en de nieuwe verbinding zullen worden gewisseld, om een kruising te voorkomen. Daarnaast dienen een aantal andere objecten gekruist te worden, waaronder een warmtenet van Vattenfall, het Amsterdam Rijnkanaal (2 maal) en de Rijkswegen A1 en A9. Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1, Zuid-Geel-1 en Zuid-Oranje-1 volgen dit tracédeel.

Ondanks dat de tracédelen een specifieke lijn volgen; behoort het gehele gearceerde gebied tot de onderzoek corridor. Er wordt dus niet alleen naar de lijn gekeken, maar binnen dit gehele gebied wordt gezocht naar mogelijke inpassingen, zie ook paragraaf 2.1.

Vertrek richting	Tracédeel	Alternatief
Noordoostelijk-1	PA1b, BL1a	Zuid-Blauw-1
Noordoostelijk-2	PA1b, PA1c	Zuid-Blauw-2, Zuid-Paars-1 en Zuid-Oranje-2
Zuidelijk	PA1	Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1, Zuid-Geel-1 en Zuid-Oranje-1

Tabel 6.1: Drie vertrekrichtingen bij station Diemen

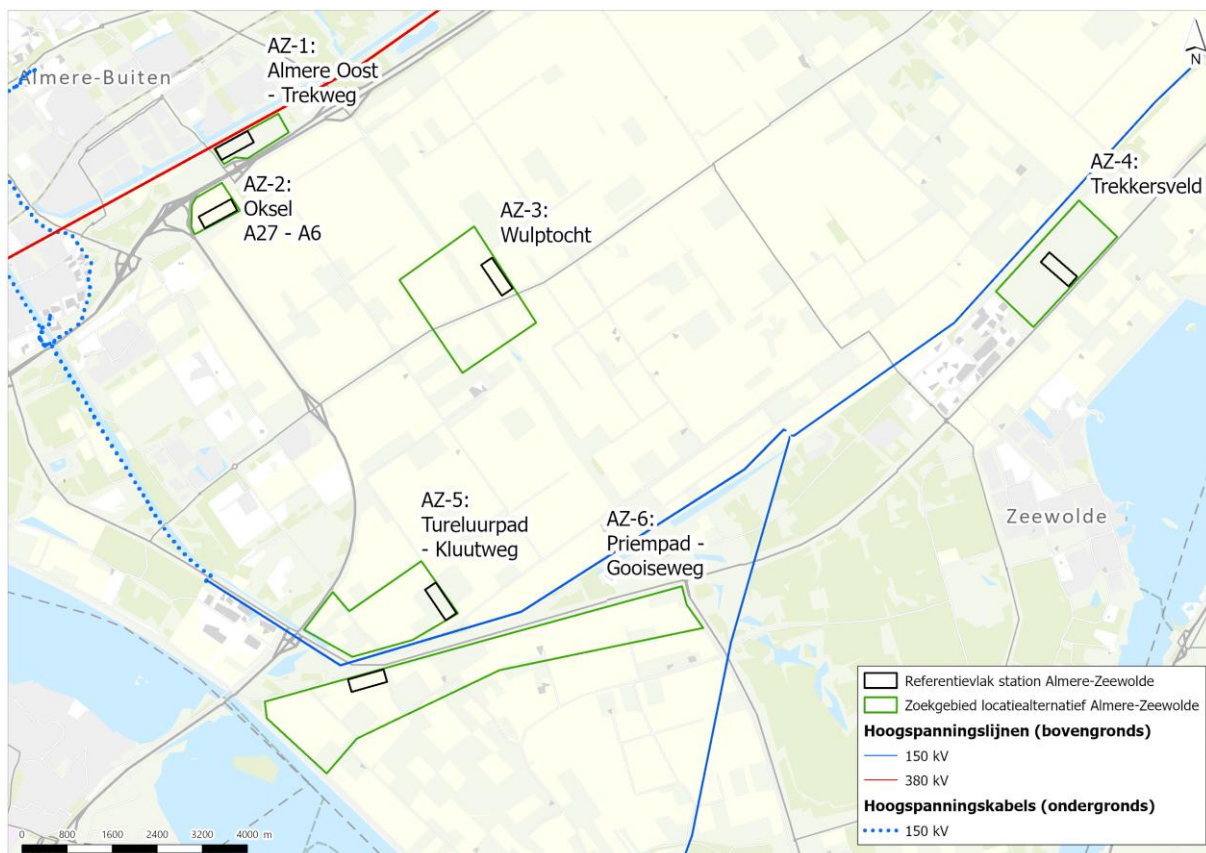


## 6.3 Station Almere

Op middellange termijn is versterking nodig van het gehele 150kV-net rondom Almere om de opgaven uit de regionale energiestrategie (RES) en de elektrificatie in de regio te kunnen faciliteren. Hiervoor is een extra koppeling nodig met het 380kV-net. Dit houdt in dat er behoefte is aan een 380kV-station met daaraan gekoppeld een regionaal 150kV-station. Dit 150kV-station is mede nodig voor de 'pocket' Almere en Zeewolde.

Omdat er nu al congestie optreedt in het 150kV-net van Almere, is het praktisch dat het nieuwe 380kV-station Almere zo dicht mogelijk tegen de oostzijde van Almere komt, zo dicht mogelijk bij het congestie gebied. Een locatie die hiervoor op het oog is, is gelegen langs de A6 tussen knooppunt A6/A27 en afrit 7, locatie AZ-1. Hier is een ruime mogelijkheid voor een nieuw 380kV-station gecombineerd met een 150kV-station. Deze locatie is dicht bij het gebied waar de congestie van Almere opgelost moet worden. Station AZ-2 ligt ook dicht bij Almere, maar hier past met de huidige inzichten enkel een 380kV-station en is er te weinig ruimte voor een gecombineerd 380/150kV-station.

Er zijn echter meerdere stationslocaties mogelijk. De lengte van 150kV-verbindingen is afhankelijk van de locatiekeuze.



Figuur 6-2: Potentiële stationslocaties 380kV-station Almere. De referentievlakken zijn gebaseerd op enkel het 380kV-station, voor een 150kV-station of een 380/150kV-combistation is meer ruimte benodigd.

Het nieuwe station dient een koppeling te krijgen met een 380kV-lijn. De koppeling kan worden gerealiseerd met de bestaande 380kV-lijn en/of met de nieuw aan te leggen verbinding tussen Diemen en Lelystad.

De locatiekeuze kan daarmee afhankelijk zijn van de keuze voor het hoogspanningstracé tussen Diemen en Lelystad, de zuidelijke onderzoeksalternatieven.

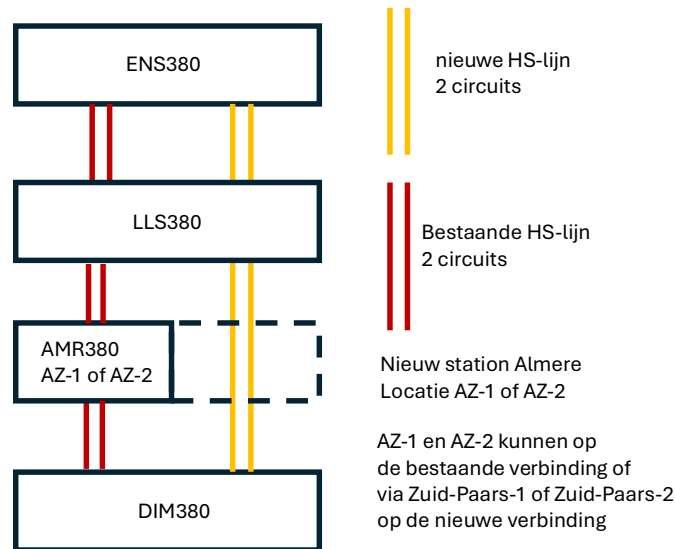
In onderstaande tabel staan de potentiële koppelingen met bestaande en nieuwe hoogspanningstracés:

Stationslocatie	Koppeling mogelijk met de 380kV-lijn:
AZ-1. Ten noordwesten van de rijksweg A6 Almere Trekweg	Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, bestaande 380kV-lijn
AZ-2. Ten zuidoosten van de rijksweg A6 in de oksel van A27/A6	Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, bestaande 380kV-lijn
AZ-3. Westelijk van de N706 Vogelweg Wulptocht	Zuid-Groen-1
AZ-4. Gooiseweg, Trektersveld	Zuid-Geel-1, Zuid-Oranje-2
AZ-5. Tureluurpad – Kluutweg	Zuid-Geel-1, Zuid-Oranje-2
AZ-6. N305 Priempad, Gooiseweg.	Zuid-Geel-1, Zuid-Oranje-1, Zuid-Oranje-2

Tabel 6.2: Potentiële koppelingen nieuw hoogspanningsstation Almere-Zeewolde met bestaande en nieuwe tracés.

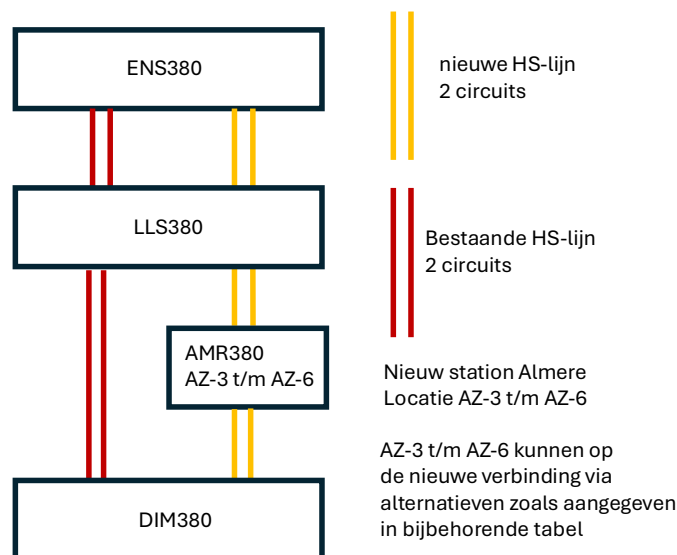
Het nieuwe station kan op alle onderzoekslocaties in greenfield (nieuwbouw) worden gebouwd en de leveringszekerheid, beheerbaarheid en de technische maak- en haalbaarheid van het nieuwbouw station hangen ook hier nauwelijks af van de locatiekeuze. Bij het aansluiten van alle hoogspanningsverbindingen zijn de genoemde aspecten wel verschillend en daarmee afhankelijk van de stationslocatie. De effectenbeoordeling van de stationslocaties zal daarom mede worden gebaseerd op de aan te sluiten verbindingen op het station.

In Figuur 6-3 zijn de stationslocaties AZ-1 Almere Oost – Trekweg en AZ-2 Oksel A27/A6 schematisch weergegeven. Hierin is te zien dat deze met de bestaande of op de nieuwe verbinding via Zuid-Paars-1 of Zuid-Paars-2 kunnen worden gekoppeld. In de figuur is één mogelijkheid voor station Lelystad weergegeven, de verschillende opties voor Lelystad worden beschreven in paragraaf 6.4.



Figuur 6-3: Netopbouw met station Almere AZ-1 of AZ-2, voor station LLS zijn ook verschillende opties mogelijk waarvan er hier één is weergegeven, ENS380 is bestaand station Ens, DIM380 is bestaand station Diemen.

In Figuur 6-4 is te zien hoe de netopbouw is, indien er wordt gekozen voor de locaties, AZ-3 Wulptocht, AZ-4 Trekkersveld, AZ-5 Tureluurpad – Kluutweg of AZ-6 Priempad – Gooiseweg. Bij deze stations kan er enkel op de nieuwe verbinding worden gekoppeld, via de verbindingen zoals genoemd in Tabel 6.2.



Figuur 6-4: Netopbouw met station Almere AZ-3 t/m AZ-6, voor station LLS zijn ook verschillende opties mogelijk waarvan er hier één is weergegeven, ENS380 is bestaand station Ens, DIM380 is bestaand station Diemen.

Indien de keuze valt op locatie AZ-1 of AZ-2 ten oosten van Almere, kan het station worden verbonden met de bestaande 380kV-lijn. Voor locatie AZ-2 is de afstand tot de bestaande lijn bijna 1 km en hier past met de huidige inzichten enkel een 380kV-station en niet een 380/150kV-combistation. Daarnaast is locatie AZ-1 gunstiger omdat deze dichterbij de bestaande hoogspanningslijn ligt en deze daarom geen kruising met de snelweg hoeft te maken.

Voor een aansluiting op de bestaande lijn zijn VNB's nodig. Een VNB op een circuit in het 380kV-koppelnets is zondermeer risicovol en alleen mogelijk als de beschikbaarheid op het net dat toelaat, zoals toegelicht in paragraaf 4.2.6. Zodra de nieuwe 380kV-lijn tussen Diemen en Lelystad gereed is zal een VNB op de bestaande lijn minder risico's opleveren. Indien het nieuwe 380kV-station wordt opgenomen in de nieuwe 380kV-lijn, kan zowel het station als de lijn in greenfield worden gebouwd.

Voor de effectbeoordeling van de verschillende locaties is meer informatie nodig dan op dit moment beschikbaar is. Het ontbreekt aan schetsontwerpen voor de mogelijke aansluiting van de 380kV-lijn en de impact op de ontwikkeling van het 150kV-net. Er zijn momenteel (vanuit het project Diemen-Ens) geen onderscheidende factoren voor de verschillende stationslocaties. Een aandachtspunt voor de projectoverstijgende afweging (opgenomen in het hoofdrapport) is dat voor AZ-2 t/m AZ-6 een losstaand 150kV-station nodig is, dat effect heeft op de planologische haalbaarheid.

De onderstaande tabel bevat een overzicht van de effectbeoordeling per locatiealternatief. De toegekende scores zijn in de bovenstaande tekst toegelicht.

STATIONS	AZ-1 Almere oost - Trekweg	AZ-2 Oksel	AZ-3 Wulpocht	AZ-4 Trekkeersveld	AZ-5 Tureluurpad – Kluutweg	AZ-6 Priempad - Gooiseweg
Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)	0	0	0	0	0	0
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)	0	0	0	0	0	0
Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)	0	0	0	0	0	0
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	0	0	0	0	0	0
Toekomstvastheid	0	0	0	0	0	0

Tabel 6.3: Effectbeoordeling hoogspanningsstation Almere-Zeewolde.

Vanuit nettechniek gezien is er wel een onderscheidend effect, dit is beschreven in hoofdstuk 7.

Om het congestieprobleem rondom Almere op te lossen, zijn de locaties AZ-1 en AZ-2 gunstig, omdat bij deze locaties de lengte van de 150kV-verbindingen beperkt kan blijven. Bovendien kunnen deze locaties op de bestaande hoogspanningslijn worden aangesloten en zijn daarmee niet afhankelijk van de tracékeuze van de nieuwe hoogspanningslijn.

In dit hoofdstuk zijn de gevolgen vanuit nettechniek niet meegenomen. Deze staan beschreven in hoofdstuk 7.3. Hieruit volgt hoe de opbouw van het net rondom Almere eruit moet komen te zien. Dit heeft invloed op de grootte van het hoogspanningsstation alsmede de keuze voor de locatie van het nieuwe hoogspanningsstation en dus ook de te kiezen tracévariant voor de nieuwe 380kV verbinding tussen DIM-ENS.

## 6.4 Station Lelystad

Voor het kunnen aansluiten van de nieuwe hoogspanningsverbinding op het 380kV-hoogspanningsstation Lelystad is een uitbreiding nodig van het bestaande hoogspanningsstation, of een nieuw te bouwen station op een andere locatie. Er zijn vijf onderzoekslocaties voor een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Lelystad aangewezen (zie Figuur 6-5). Zie voor toelichting op de bepaling van de locatiealternatieven de Notitie Onderzoeksalternatieven.



Figuur 6-5: Potentiële stationslocaties 380kV-station Lelystad, gelabeld als L-1 tot en met L-4. Een eventuele uitbreiding van het bestaande station krijgt het label L-0.

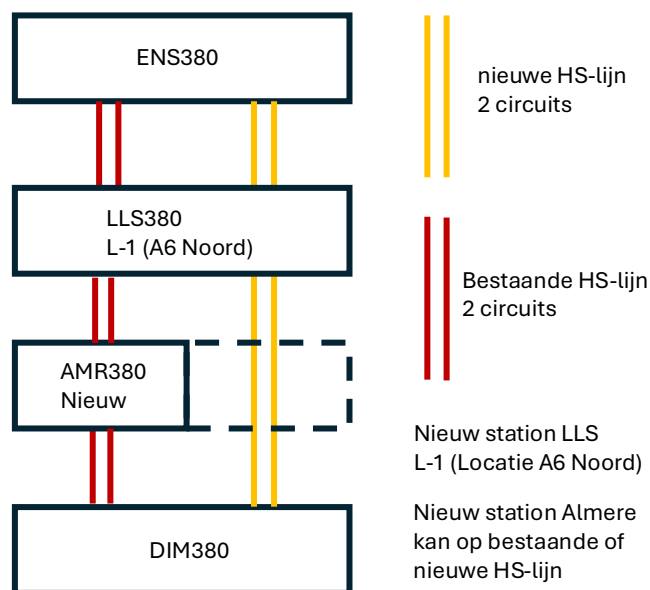
De ruimte die beschikbaar is binnen de perceelgrenzen van het bestaande hoogspanningsstation in Lelystad (L-0) voor de benodigde aansluiting van de nieuwe hoogspanningsverbinding is beperkt. Dit komt doordat het station ingeklemd ligt tussen de IJsselmeerdijk en de snelweg A6. Daarnaast is er ook ruimte nodig voor andere reeds door TenneT geplande ontwikkelingen. Zie paragraaf 6.4.4 voor een uitgebreide uitleg over de technische maak- en haalbaarheid van de uitbreiding van het bestaande station.

Bij de realisatie van een nieuw 380kV-station dient de functionaliteit van het bestaande 380kV-station Lelystad te worden overgenomen door het nieuwe station. Dit betreft onder andere de verbinding met de Maximacentrale. Met het hernieuwde inzicht van TenneT dat het onwenselijk is om het bestaande 380kV

station te behouden, is er een voorkeur voor de locatie L-1. Maar ook als locatie L-2, L-3 of L-4 wordt gekozen, moet de 380 kV verbinding met de Maximacentrale naar die locatie worden omgezwaid. NB. Dit geldt ook voor de 150 kV koppeling van de Maximacentrale, die dan op één van de nieuwe 150 kV stations bij Lelystad moet worden aangesloten.

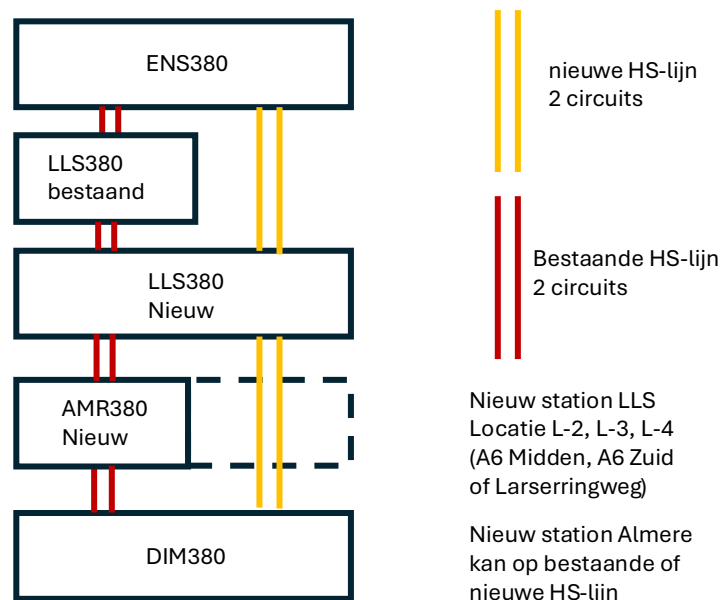
In de twee onderstaande figuren is de netopbouw geschetst. Hierbij is schematisch weergegeven hoe de verbindingen tussen de stations ingelust worden; de toekomstige netopbouw. De stations zijn weergegeven door de rechthoeken, de verbindingen door de strepen. In het rood is de bestaande verbinding weergegeven, oranje is de nieuwe verbinding.

In Figuur 6-6 is de optie L-1 Lelystad A6 Noord weergegeven. Hierin is te zien dat het bestaande station Lelystad wordt vervangen door Lelystad A6 Noord. Geografisch gezien wordt hiermee het station naar de overzijde van de A6 verplaatst. De koppeling met het bestaande 150kV-station moet hierbij gehandhaafd worden.



Figuur 6-6: Netopbouw met station Lelystad L-1 (A6 Noord), ENS380 is bestaand station Ens, DIM380 is bestaand station Diemen.

In Figuur 6-7 is te zien hoe de netopbouw is, indien er wordt gekozen voor de locaties, L-2 Lelystad A6 midden, L-3 Lelystad A6 Zuid of L-4 Lelystad Larserringweg. Bij deze opties blijft het bestaande station Lelystad gehandhaafd en wordt er een extra station toegevoegd. Indien de 150kV ook op het nieuwe station wordt aangesloten zal het 150kV gedeelte dat naar de Maxima centrale loopt overgenomen worden. Bij de genoemde opties is er geen verplichting om de nieuwe verbinding ook op het bestaande station Lelystad in te lussen. Hiermee kan de nieuw te bouwen verbinding rechtstreeks van de nieuwe stationslocatie Lelystad naar station Ens lopen. Uitgangspunt is dat de bestaande verbinding wel wordt ingelust in geval van een nieuwe stationslocatie. De effectbeschrijving van de inlussing van bestaande en nieuwe verbinding op de verschillende stationslocaties is beschreven in paragraaf 6.4.1.



Figuur 6-7: Netopbouw met stationslocatie L-2, L-3 of L-4.

Bij de effectbeoordeling worden de vijf locaties van de 380kV-stations Lelystad ten opzichte van elkaar gescoord. Met andere woorden: minimaal één locatie haalt de beste score en minimaal één locatie de slechtste score. Dit wil niet zeggen dat de stationslocatie met de slechtste score ook leidt tot een slechte prestatie in absolute zin ten aanzien van het betreffende aspect zoals leveringszekerheid, beheerbaarheid, technische maak- en haalbaarheid, beïnvloedingsaspecten en toekomstvastheid. De score is relatief en geeft daarom geen absoluut waardeoordeel.

De onderstaande tabel bevat een overzicht van de effectbeoordeling per locatiealternatief. De toegekende scores worden in onderstaande paragrafen per beoordelingscriterium toegelicht.

STATIONS	L-0 Uitbreiding Bestaand 380kV- station	L-1 Lelystad A6 Noord	L-2 Lelystad A6 Midden	L-3 Lelystad A6 Zuid	L-4 Lelystad Larserringweg
Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)	0	0	0	0	0
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfasen)	-	0	0	0	0
Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)	Onbeheersbaar risicoprofiel	--	0	0	-
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	--	+	--	+	+
Toekomstvastheid	--	-	-	+	0

Tabel 6.4: Effectbeoordeling hoogspanningsstation Lelystad.

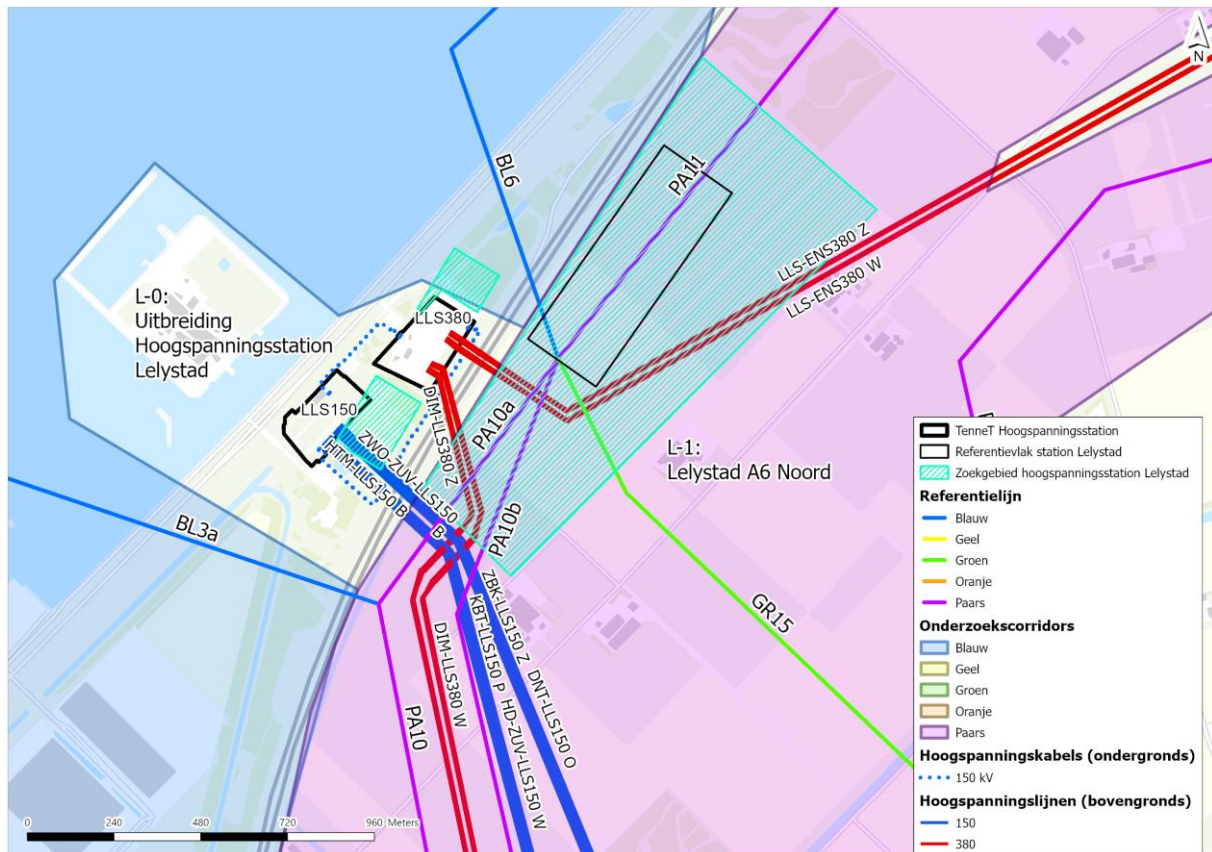
#### 6.4.1 Koppelingen met bestaande en nieuwe hoogspanningstracés

Bij de realisatie van een nieuw 380kV-station dient een deel van het bestaande 380kV-station Lelystad gehandhaafd te blijven. Dit betreft onder andere de verbinding met de Maximacentrale en de verbinding, koppeling (transformatoren), met het naastgelegen 150kV-station. Voor de stationsuitbreiding, L-0, geldt een relatief eenvoudige koppeling, aangezien alle huidige verbindingen daar aankomen. Echter is daar te weinig ruimte om de nieuwe velden te realiseren, zie voor een gedetailleerde beschrijving paragraaf 6.4.4.

In Figuur 6-8 is een overzicht van de potentiële stationslocatie L-1 Lelystad A6 Noord weergegeven. Het bestaande station Lelystad wordt grotendeels vervangen door Lelystad A6 Noord. Geografisch gezien wordt hiermee het station naar de overzijde van de A6 verplaatst. De koppeling met het bestaande 150kV-station en de verbinding met de Maximacentrale moeten hierbij gehandhaafd worden, maar gezien de korte afstand tot het bestaande station kan dat worden beschouwd als één stationslocatie. Hierbij dient vermeld te worden dat bij dit station Lelystad Noord (L-1) de onderzoeksalternatieven Zuid-Paars-1 en Zuid-Blauw-1 de bestaande 380kV-lijn kruisen. Deze bestaande hoogspanningslijnen zullen een reconstructie moeten ondergaan om aangesloten te worden op het nieuwe station L-1 en om ruimte te maken voor de nieuwe 380kV-lijnen.

Daarnaast zal de nieuwe verbinding vanuit Diemen bij genoemde alternatieven voor de aankomst op station L-1 de bestaande 150kV verbindingen kruisen, dit betekent dat naar verwachting deze verbindingen lokaal verkabeld zullen moeten worden. Zie voor een volledige beschrijving van de implicaties van het kruisen met bestaande 150kV infrastructuur paragraaf 3.3.4. Voor de verbinding vanuit Ens bestaan er alternatieven ten noorden (BL6 en PA11) en ten zuiden (GR15 en PA11a) van de bestaande verbinding. Bij de inlusning van

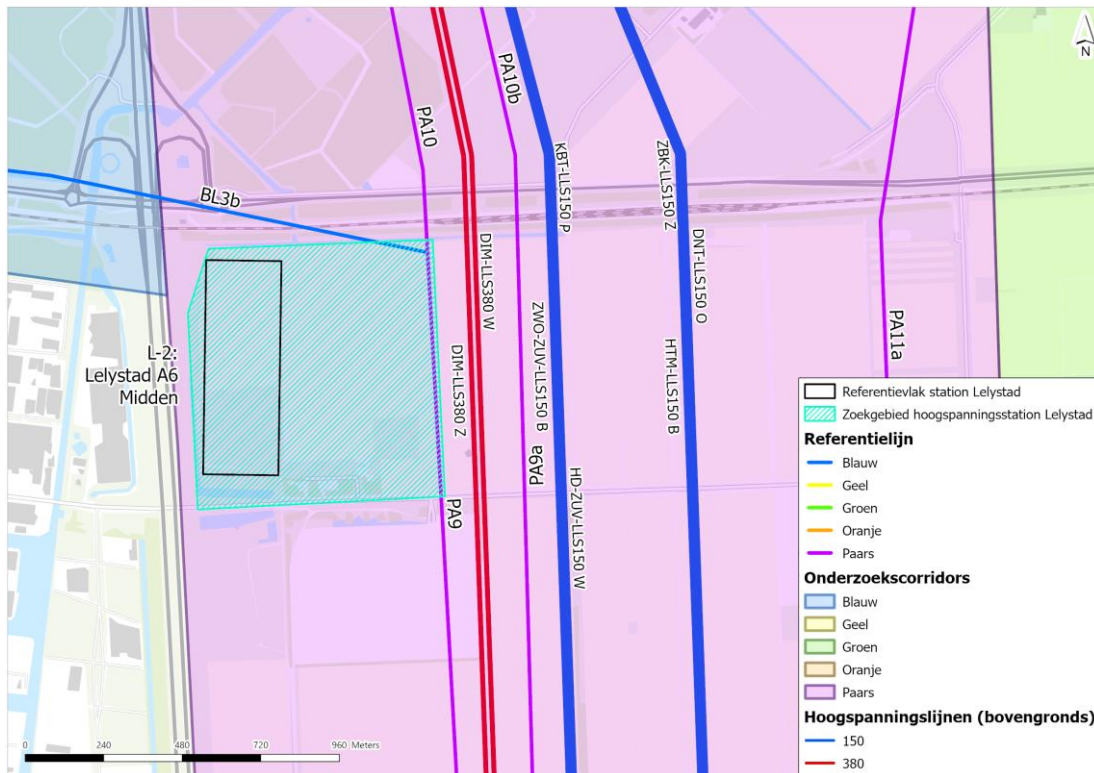
het station wordt een gedeelte van de bestaande lijn geamoveerd, dit biedt een opening om een kruising tussen de lijnen te vermijden. De aanlanding van de verbindingen is een belangrijk aandachtspunt bij het ontwerp van de stationsindeling.



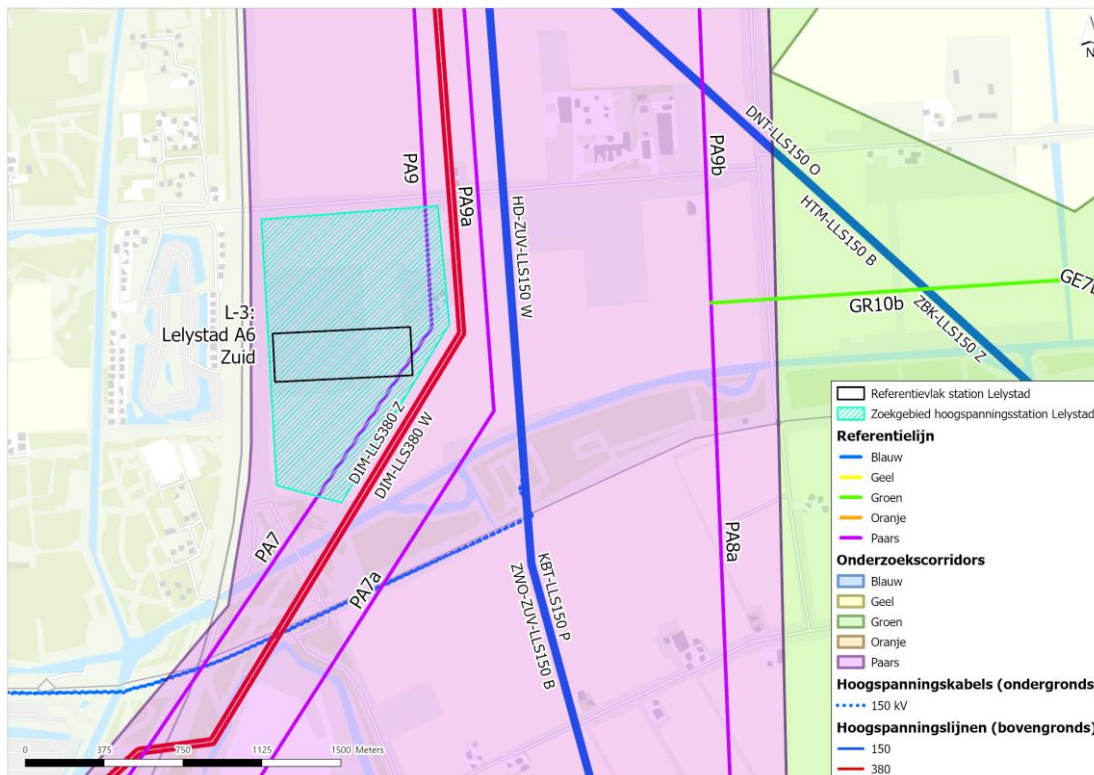
Figuur 6-8 Overzicht situatie Lelystad bestaand (L0) en Lelystad A6 Noord (L1).

In Figuur 6-9 en Figuur 6-10 is een overzicht te zien van de locaties L-2 Lelystad A6 midden en L-3 Lelystad A6 Zuid. De beoogde stationslocatie liggen langs de bestaande lijn en inlusning kan gerealiseerd worden middels een gedeeltelijke reconstructie. Koppeling van de nieuwe verbinding is mogelijk via de deeltracés Pa10, Pa9, Pa7, Pa10b, Pa9a, Pa7a, afhankelijk van de ligging van de referentielijn; westelijk of oostelijk van de bestaande 380kV verbinding, via de deeltracés kan worden gekoppeld naar de verschillende referentie lijnen beoordeeld in hoofdstuk 5. Bij de inlusning van het station wordt een gedeelte van de bestaande lijn geamoveerd, dit biedt een opening om een kruising tussen de lijnen te vermijden.

Bij het vertrek vanuit deze locaties in oostelijke richting zal naar verwachting een gedeelte van de 150kV lijnen (richting Harderwijk en Zeewolde (KBT, ZWO, HD) en richting Hattem (HTM, DNT, ZBK)) verkabeld moeten worden. Als alternatief kan ervoor worden gekozen om de bestaande 150kV lijnen aan te sluiten op de nieuwe stationslocatie. Dit zou als voordeel hebben dat het noordelijke deel van 150kV lijnen kan verdwijnen. Het huidige 150kV-station Lelystad kan gekoppeld blijven middels de bestaande 380kV verbinding. De beschreven situatie dient nog wel net-technisch doorgerekend te worden.

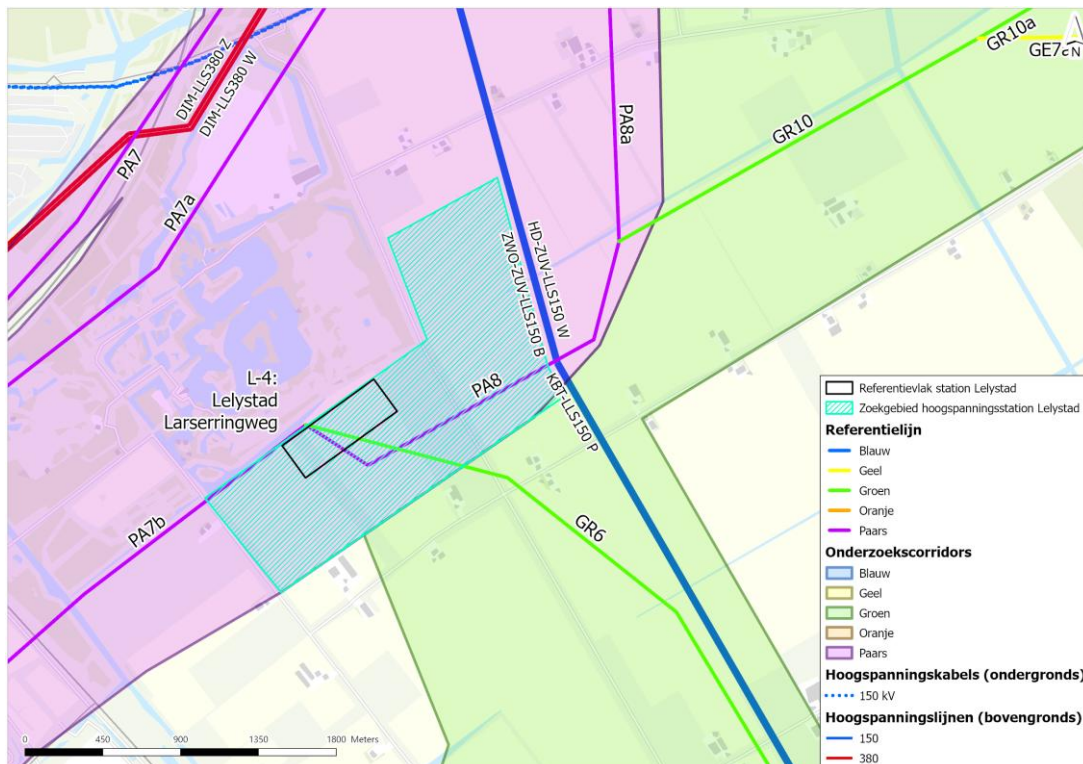


Figuur 6-9: Overzichtskaart Lelystad A6 midden.



Figuur 6-10. Overzichtskaart Lelystad A6 zuid.

Bij Lelystad Larserringweg (L-4), zie onderstaande figuur, bestaat er een grotere afstand tussen de bestaande lijn en de stationslocatie. Het inlossen van de bestaande verbinding is daarmee een grotere opgave. Voor deze opgave worden hier geen tracéalternatieven beschouwd. De nieuwe verbinding vanuit Diemen kan aansluiten via Pa7b of Gr6 en vanuit het noorden via Pa8 en verder via Pa8a of Gr10. Pa8 kruist de 150kV lijn naar Harderwijk die hier met een kabelverbinding wordt aangesloten op het in ontwikkeling zijnde 150kV station Larserringweg.



Figuur 6-9: potentiële verbindingen naar Lelystad L-4 Larserringweg

## 6.4.2 Leveringszekerheid

Voor de keuze van één van de vijf 380kV-stationslocaties is de leveringszekerheid van het station zelf geen onderscheidend criterium. Met uitzondering van de uitbreiding van het bestaand station kunnen de nieuwe stations vrij worden gebouwd (greenfield) volgens de geldende eisen en voorschriften van TenneT. De omgeving van de stations - en met name de ontwerptechnische mogelijkheid om de bestaande en nieuwe lijnen aan te sluiten op het station - leidt wel tot een onderscheid in de locaties. Daarom wordt in deze beoordeling het technische aspect van de aansluitingen van de verbindingen in de buurt van de stationslocaties ook beschouwd.

Alle 380kV-aansluitingen op de betreffende 380kV-stationslocatie zullen via een hoogspanningslijn lopen. Hoewel er verschillen zullen zijn in tracélengtes en mastposities afhankelijk van de gekozen locatie, zullen de hoogspanningslijnen, betreffende de stationslocatie, geen onderscheidend vermogen hebben in leveringszekerheid tussen de verschillende 380kV-stationslocaties. De verschillen in de verbindingen zijn reeds beoordeeld in het voorgaande hoofdstuk. Er is wel een onderscheid in de mogelijkheid om de nieuwe en bestaande verbindingen aan te sluiten. Met name het station Larserringweg is hemelsbreed 2 km verwijderd van de bestaande 380kV-lijn, terwijl de stationslocaties langs de A6 dicht bij de bestaande verbinding liggen. Een kortere afstand tot de bestaande verbinding zal betekenen dat er minder werkzaamheden nodig zijn om de verbinding aan te passen. Hiermee kan in het algemeen beredeneerd worden dat hoe kleiner de aanpassing, hoe gemakkelijker deze te realiseren is. Het verschil zal met name naar voren komen binnen het thema kosten.

Wel heeft de keuze voor een stationslocatie invloed op het 150kV-net. Hierbij zijn de volgende verschillen aan te merken. Bij stationslocatie Lelystad A6 Noord lopen 150kV-verbindingen vanaf het 150kV-station Lelystad naar Hattem en Harderwijk. Hierbij zijn kruisingen alleen toegestaan indien alle risico's gemitigeerd kunnen worden. Hierbij is een oplossing dat ter hoogte van de kruising van de 380kV-lijn met de 150kV-lijnen een kort gedeelte van de 150kV-verbinding ondergronds wordt gebracht. De beheerbaarheid en onderhoudbaarheid van deze verbindingen krijgt daarmee een lagere score omdat kabels storingsgevoeliger zijn en over het algemeen een langere reparatieduur hebben in vergelijking met een lijn. De beheerbaarheid en onderhoudbaarheid heeft ook impact op de leveringszekerheid die daardoor lager zal zijn.

Voor de stationslocaties Lelystad A6 Midden en A6 Zuid bestaat er eveneens de kans dat de bestaande 150kV-verbindingen naar Hattem en Harderwijk ter hoogte van kruisingen door kabels worden vervangen. Dit vanwege de kruising met de nieuwe verbinding naar Ens en vanwege de beperkte fysieke ruimte. De koppeling tussen het 150kV-net en het 380kV-net zal bij deze stationslocaties ongewijzigd blijven. Dit is namelijk de bestaande stationslocatie. Bij deze locaties is er wel een voordeel dat de 150kV-lijnen naar Hattem en Harderwijk dan niet meer tot het bestaande 150kV-station Lelystad hoeven door te lopen, maar dat deze op het nieuwe station Lelystad A6 Midden of A6 Zuid aangesloten kunnen worden. Bij de meest zuidelijke stationslocatie, Lelystad Larserringweg, zullen de genoemde 150kV-lijnen ook worden gekruist in de verbinding tussen dit station en het 380kV-station Ens.

Op het gebied van leveringszekerheid zullen alle locatiealternatieven min of meer gelijk scoren.

### 6.4.3 Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid

Ook op het aspect beheerbaarheid en onderhoud zijn er geen noemenswaardige verschillen tussen de vijf nieuwe 380kV-stationslocaties. De stations kunnen vrij worden gebouwd volgens de vigerende TenneT eisen en voorschriften, met uitzondering L-0. De uitbreidingsruimte in het bestaande station is zeer beperkt en de krappe bouw leidt tot een negatieve score op de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid.

Als alle 380kV-lijnen op het betreffende station zijn aangesloten, zullen er ook in het beheer van de 380kV-hoogspanningslijnen geen onderscheidende verschillen zijn, met uitzondering van het 380kV-station Lelystad A6 Noord (L-1). Dit nieuwe station komt aan de oostzijde van de snelweg A6 en zal de functies van het bestaande station aan de westzijde van de snelweg overnemen. De bestaande koppeling tussen het 150kV-net en het 380kV-net moet op deze locatie gehandhaafd worden. Hiermee is het wel nodig dat er een kruising met de snelweg is om de transformatoren op het hoogspanningsstation te kunnen koppelen. Deze koppeling kan zowel bovengronds als ondergronds uitgevoerd worden. Hier kan ook onderzocht worden of de bestaande bovengrondse kruisingen benut kunnen worden.

Indien voor één van de andere drie stationslocaties wordt gekozen (Lelystad A6 Midden, A6 Zuid of Larserringweg) zal het bestaande 380kV-station Lelystad blijven bestaan. In feite wordt er een 380kV-station toegevoegd aan het net. Wel moet de bestaande verbinding aangepast worden om eveneens op dit station ingelust te worden. Dit kan variëren van aanpassingen van enkele masten tot ongeveer 10 à 15 masten.

Voor het 150kV-net en de bestaande 150kV-hoogspanningslijnen op dat spanningsniveau, zijn er weer wel verschillen tussen de vijf locaties van de stations.

Bij stationslocatie Lelystad A6 Noord lopen de 150kV-lijnen vanaf het 150kV-station Lelystad naar Hattem en Harderwijk. Deze mogen niet bovengronds worden gekruist en zullen voor een deel moeten worden vervangen door kabels.

Bij de stationslocaties Lelystad A6 Midden en A6 Zuid zullen eveneens de 150kV-lijnen naar Hattem en Harderwijk deels door kabels worden vervangen. Als beide 150kV-lijnen worden aangesloten op het nieuwe station (Lelystad A6 Midden of A6 Zuid) biedt het een kans om deze lijnen in te korten. In dit geval kan de bestaande 150kV-hoogspanningslijn vanaf het 150kV-station Lelystad tot de nieuwe aansluiting komen te vervallen. Hiermee ontstaat er in de omgeving ruimte voor het tracé van de nieuwe 380kV-verbinding naar het Noorden, naar station Ens.

Bij de meest zuidelijke stationslocatie, Lelystad Larserringweg, zal de 380kV-verbinding naar Ens ook de bestaande 150kV-lijnen kruisen. Omdat in alle gevallen de 150kV-lijnen worden gekruist is er op dit criterium ook nauwelijks onderscheid te maken.

#### 6.4.4 Technische maak- en haalbaarheid

De technische maak- en haalbaarheid van de nieuwe stations (L-1 tot en met L-4) zelf is niet onderscheidend, omdat deze in het vrije veld volledig als nieuwbouw (greenfield) kunnen worden gebouwd. Voor de aansluiting van de bestaande 380kV-hoogspanningslijn en de nieuwe 380kV-hoogspanningslijn is er wel onderscheid tussen de stationslocaties.

De uitbreiding van het bestaande station (L-0) is hoogstwaarschijnlijk niet mogelijk omdat de fysieke uitbreidingsruimte beperkt is en omdat het bestaande station in bedrijf moet blijven. Hierbij is onderzoek gedaan naar meerdere varianten waarbij de variant met een zo minimaal mogelijk ruimtebeslag al niet haalbaar lijkt vanwege dat deze ruimteclaim eindigt op de rand van de kernzone van de waterkering.

Er zijn een aantal belangrijke uitgangspunten voor het ontwerp met het minimale ruimtebeslag:

- in dit minimale ruimtebeslag is er alleen rekening gehouden met de lijnvelden en compensatievelden (seriespoelen) t.b.v. het lengteverschil van de nieuwe verbinding t.o.v. de bestaande verbinding;
- hierbij zijn de additionele velden (blindspoelcompensatie) die nodig zijn om een ondergrondse 380kV-verbinding te compenseren niet meegenomen;
- de verwachting is dat de verdeling van de velden op het station moet worden gewijzigd in verband met de locatie van de dwars- en langskoppelvelden op het station. Deze velden vergroten de benodigde ruimteclaim verder, met een zeer hoog risico dat benodigde ruimte toch zal conflicteren met de kernzone van de waterkering.

Betreffende de maximale ruimteclaim (waarbij rekening is gehouden met een ondergrondse verbinding) is bekend dat deze in de kernzone van de primaire kering komt. Daarmee is de variant met de grootste ruimteclaim technisch niet mogelijk.

Voor de minimale ruimteclaim zou uitbreiding in noordoostelijke richting eventueel mogelijk zijn. Hierbij is een aantal aandachtspunten richting de omgeving:

- er is een bos aanwezig. Het eventuele risico voor het verkrijgen van de grond dan wel het kappen van het bos is niet meegenomen in de technische analyse;
- bij uitbreiding van de minimale variant komt de benodigde ruimte in de beschermingszone van de primaire kering. Een primaire (water)kering is in Nederland een dijk die beschermt tegen het buitenwater. In dit geval het water van het Markermeer en het IJsselmeer. De ruimteclaim is tot aan de grens met de kernzone van de primaire kering zonder rekening te houden met de ruimteclaim voor de beveiligingsmaatregelen voor het station. De eventuele risico's voor het verkrijgen van de vergunning zijn niet vanuit de techniek beoordeeld;
- daarnaast moet er nog voldoende ruimte aanwezig zijn voor het nemen van adequate beschermingsmaatregelen van het station. Deze maatregelen zijn gericht op de beveiliging van het station. Dit betreft een additionele strook van 25 tot 50 meter waarin maatregelen zoals aarden wallen of scherfmuren gebouwd kunnen worden. Deze muren moeten van zodanige hoogte zijn dat ook vanaf de primaire kering gezien, het station adequaat beveiligd kan worden.

Technisch gezien gelden er beperkingen in het beschermingsgebied van de primaire kering:

- het functioneren van de kwelsloot, onderdeel van de primaire kering, mag niet worden belemmerd of verhinderd. Een kwelsloot is smalle watergang aan de binnenzijde van de dijk die tot doel heeft water dat onder de dijk door stroomt op te vangen en af te voeren. Hiermee vormt de kwelsloot een integraal onderdeel van de kering. Technisch gezien is het een zeer groot risico dat de uitbreiding van het station op enige manier het functioneren van de kwelsloot zal beïnvloeden;
- qua aanlegmethodes gelden er beperkingen omdat deze impact kunnen hebben op de primaire kering;
- de aanwezige sloten moeten bereikbaar blijven voor onderhoud vanuit het waterschap;
- er is een groot risico dat er onvoldoende ruimte is voor eventuele oplossingen voor de benodigde beveiligingsmaatregelen. Of dat deze oplossingen impact hebben op de primaire kering.

Deze risico's en de mogelijke verdeling van de velden op het station, leiden ertoe dat ook de minimale variant op de bestaande stationslocatie leidt tot een onbeheersbaar risico voor de technische maak- en haalbaarheid.

Bij station Lelystad A6 Noord (L-1) zullen de onderzoeksalternatieven Zuid-Paars-1 en Zuid-Blauw-1 de bestaande 380kV-lijn kruisen. In het gebied van het nieuwe station bevinden zich bestaande hoogspanningslijnen die een reconstructie moeten ondergaan om ruimte te maken voor de nieuwe 380kV-lijnen. Om hiervoor een technisch goed ontwerp te kunnen opstellen met bouwfaseringen, zullen diverse VNB's nodig zijn op de bestaande lijn. Met name de leveringszekerheid en de technische maak- en haalbaarheid tijdens deze bouwfaseringen vormen een zeer hoog risico.

Dit effect speelt minder bij station Lelystad A6 Midden (L-2) en A6 Zuid (L-3). Het onderzoeksalternatief Zuid-Paars-1 kan op deze stations worden aangesloten zonder VNB op bestaande verbindingen. De noordelijke tracérichtingen conflicteren wel met de bestaande 380kV-verbinding. Dit is technisch oplosbaar maar gaat gepaard met VNB's.

Met betrekking tot de technische maak- en haalbaarheid heeft 380kV-station Lelystad Larserringweg (L-4) een goede score gelet op de mogelijkheid om de verbindingen aan te sluiten. Er is voldoende ruimte en er zijn geen kruisingen met bestaande hoogspanningslijnen. De bestaande lijn dient echter ook te worden aangesloten en hiervoor zijn er nog geen tracéalternatieven beschouwd. Hierbij past ook de opmerking dat de bestaande lijn uit Donau masten bestaat en dat de verlenging naar station Larserringweg niet met Moldau masten kan worden uitgevoerd. Twee type masten in één lijn geeft een technisch probleem, uitgelegd in paragraaf 3.3.7. Voor de vervanging dan wel kleine aanpassing (enkele masten) van een bestaande verbinding, is de mitigerende maatregel om hier het reeds bestaande masttype te handhaven. De nieuwe verbinding kan alsnog als Moldau mast worden uitgevoerd.

Op technische maak- en haalbaarheid scoren Lelystad A6 Noord (L-1) en Larserringweg (L-4) negatief. Bij A6 Noord (L-1) heeft dit te maken met VNB's en het ombouwplan, bij Larserringweg (L-4) met de inlissing van de bestaande lijn met nieuwe Donaumasten. Nieuwe Donaumasten zijn technisch mogelijk maar hiervoor zal wel een nieuwe standaard ontwikkeld moeten worden omdat wet- en regelgeving is aangepast.

#### 6.4.5 Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur

Bij het bestaande station liggen diverse gasleidingen. Bij de uitbreiding van het bestaande station en het inlossen van de nieuwe hoogspanningslijnen dient een nieuwe beïnvloedingsstudie te worden uitgevoerd. Bij bestaande stations zal beïnvloeding specifiek een uitdaging zijn omdat het station al met bepaalde randvoorwaarden (50kA/63kA) is ontworpen. Hiermee is er reeds rekening gehouden met bijvoorbeeld buisleidingen in de omgeving. Hiermee is de mitigatie van de beïnvloeding op de externe infra lastiger. Voor het bestaande station Lelystad zal dat voor de uitbreiding van het station ook uitdagend zijn. De 380kV-stationslocaties Lelystad A6 Zuid en Larserringweg liggen relatief ver van externe objecten en infrastructuur zoals bijvoorbeeld een spoorweg.

Op dit moment hebben alle vier nieuwbouwlocaties een agrarische bestemming. Op de locatie A6 Midden bevinden zich twee windturbines, bekabeling voor het elektriciteitstransport en een lokale waterleiding. Als deze locatie de voorkeur heeft, moeten de twee windturbines verwijderd worden en zullen de kabels en leidingen op het beoogde perceel ook worden verlegd. Op de andere stationslocaties zijn geen kabels en leidingen aanwezig die direct een belemmering vormen.

De onderzoekslocatie A6 Midden bevindt zich in de buurt van de spoorlijn en hier bevindt zich ook een buisleiding. Deze buisleiding is onderdeel van de infrastructuur tussen Lelystad – Dronten – Kampen. Daarnaast bevindt zich binnen de onderzoekslocatie ook een buisleiding gevaarlijke stoffen waar rekening mee dient te worden gehouden. Beide buisleidingen zullen eigen risicoprofiel hebben. Hoewel de exacte locatie van het station binnen het zoekgebied nog niet geheel vastligt, is er weinig afstand tot de spoorlijn. In combinatie met het inlossen van de hoogspanningslijnen is er een serieuze kans dat er wederzijdse beïnvloeding zal optreden. Dat wil zeggen, de verbinding in relatie tot het spoor en het spoor in relatie tot het station. En hiermee heeft het spoor eveneens invloed op de TenneT installaties. Als de stationslocatie, A6 midden, wordt gekozen als voorkeurslocatie, kan het station enkele honderden meters zuidelijker wordt gerealiseerd. Hierbij moet er wel rekening worden gehouden met een buisleiding gevaarlijke stoffen welke eerder benoemd is. Hierbij zijn de risico's beter te beheersen indien het station niet binnen het zoekvlak wordt verplaatst. Bij de overige locaties zijn er geen grote risico's voor weinig beïnvloeding te verwachten op externe objecten en infrastructuur. Wel heeft locatie Lelystad A6 Noord mogelijk een raakvlak met de toekomstige Lelylijn, in een aparte notitie wordt het raakvlak met de Lelylijn beschreven.

#### 6.4.6 Toekomstvastheid

Bij toekomstvastheid wordt gekeken of het mogelijk is om een uitbreiding van het 380kV-station in de toekomst nog verder uit te breiden. Als al blijkt dat het mogelijk is om het bestaande station (locatie L-0) uit te breiden ten behoeve van het aansluiten van de nieuwe 380kV-verbinding, zal er absoluut geen mogelijkheid zijn voor een nog verdere toekomstige uitbreiding. In alle vier de gevallen bij de nieuwbouwstations wordt er in de stationslocatie ruimte gereserveerd voor toekomstige aansluitingen. Deze kunnen van TenneT zelf zijn, maar ook klantaansluitingen op 380kV-niveau. Er is nog geen ontwerp voor de aansluitende verbindingen en nog geen keuze welke tracévarianten de voorkeur gaan krijgen. Hieronder is generiek beschreven welke ontwerpaspecten van nieuwe stations de toekomstvastheid positief beïnvloeden.

Een station heeft meer mogelijkheden voor toekomstige uitbreidingen als aan beide lange zijden hoogspanningsverbindingen kunnen worden aangesloten. Het station Lelystad A6 Noord (L-1) wordt aan de westzijde geblokkeerd door de snelweg A6 en daarachter de IJsselmeerdijk. Het station Lelystad A6 Midden (L-2) grenst ook aan de snelweg en daarachter een klein bedrijventerrein. Hoewel het station in de noord-zuid richting op de kaart is ingetekend kan deze, indien gekozen als voorkeursalternatief, als optimalisatie ook een kwartslag worden gedraaid zodat wel aan beide zijden van het station lijnen kunnen worden aangesloten. Daarmee hebben de stations Lelystad A6 Midden en Zuid (L-3) en Larserringweg (L-4) aan beide lange zijden aansluitmogelijkheden. Bij Larserringweg ligt het natuurpark Lelystad aan de noordwestzijde hetgeen ook belemmerend zal zijn.

Bij de stationslocatie Larserringweg is al een 150kV-station in ontwikkeling. Dit presenteert een meekoppelkans. Namelijk dat in de toekomst het 380kV-net en het 150kV-net aan elkaar gekoppeld kunnen worden op deze stationslocatie. Dit zou gunstig zijn voor het 150kV-net omdat het 380kV-net ingezet kan worden voor transport van elektriciteit en daarmee komt er capaciteit vrij op het 150kV-net. Deze vrijgekomen transportcapaciteit kan worden ingezet voor ontwikkelingen in de regio. Bijkomend voordeel kan zijn dat wanneer het 380kV-net voor transport wordt ingezet er mogelijke kansen liggen om de bijbehorende aansluitingen op het bestaande 150kV-station Lelystad te verbouwen naar klantaansluitingen. Hiermee kan het mogelijk zijn om zowel op het bestaande 150kV-station Lelystad alsmede op het te bouwen 150kV-station Lelystad Larserringweg regionale ontwikkelingen te faciliteren. Voor deze meekoppelkans zijn momenteel geen voorzieningen getroffen op het 150kV-station en zullen in de toekomst toegevoegd moeten worden. Deze meekoppelkans is afhankelijk van de ontwikkelingen in het 150kV-net.

#### **6.4.7 Nettechniek**

In dit hoofdstuk zijn de gevolgen vanuit nettechniek niet meegenomen. Deze staan beschreven in hoofdstuk 7. Hieruit volgt hoe de opbouw van het net rondom Lelystad eruit moet komen te zien. Dit heeft invloed op de grootte van het hoogspanningsstation alsmede de keuze van de locatie voor het nieuwe hoogspanningsstation en dus ook de te kiezen tracévariant voor de nieuwe 380kV verbinding tussen DIM-ENS.

## 6.5 Station Ens

De nieuwe verbinding moet worden aangesloten op het bestaande hoogspanningsstation Ens. Zoals reeds benoemd in paragraaf 1.3.2, is de beschikbare ruimte binnen het bestaande station Ens beperkt. Een uitbreiding van het hoogspanningsstation is nodig om de verbinding te kunnen aansluiten. De aansluiting, 'het veld', wordt ingericht ten zuiden van de bestaande 380kV velden en is westelijk georiënteerd. Dit is voor alle onderzoeksalternatieven gelijk en is daarmee niet onderscheidend voor de tracékeuze, zie Figuur 6-10.

De onderzoeksalternatieven landen vanuit verschillende richtingen aan op station Ens. Vanwege de beperkt beschikbare inpassingsruimte, heeft de richting van de aanlanding wel gevolgen voor de effectbeoordeling op technische aspecten. De specifieke effecten zijn bij de beoordeling van de zuidelijke onderzoeksalternatieven reeds benoemd, tezamen met de andere effecten op betreffend tracé. In deze paragraaf zijn de gemeenschappelijke aspecten waarop de verschillende ontsluitingsrichtingen zich onderscheiden nogmaals benoemd.

De traceringsmogelijkheden worden onder andere gecompliceerd doordat het station is ingelust op diverse bestaande hoogspanningsverbindingen, door de nabijheid van het Ketelmeer en de aanwezigheid van meerdere woningen (behorend tot cultureel erfgoed). Dit bemoeilijkt het vinden van een geschikte route voor de aanlandingslocatie voor de nieuwe 380kV verbinding. Er zijn vier richtingen om aan te landen bij station Ens:

- 1 vanuit het westen, kruisend met de bestaande 380kV hoogspanningslijn. De alternatieven Noord-Blauw-1, Noord-Paars-1, Noord-Groen-1 en Noord-Geel-2 volgen deze richting, via tracédeel PA13.
- 2 vanuit het Ketelmeer. De alternatieven Noord-Paars-2, Noord-Groen-2 en Noord-Geel-1 volgen deze richting, via tracédeel GR14a en GE10a.
- 3 vanuit het oosten, parallel aan de bestaande hoogspanningslijnen. De alternatieven Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2 volgen deze richting, via tracédeel OR12.
- 4 vanuit het noorden, in het geval van het alternatief Noord-Grijs-1.

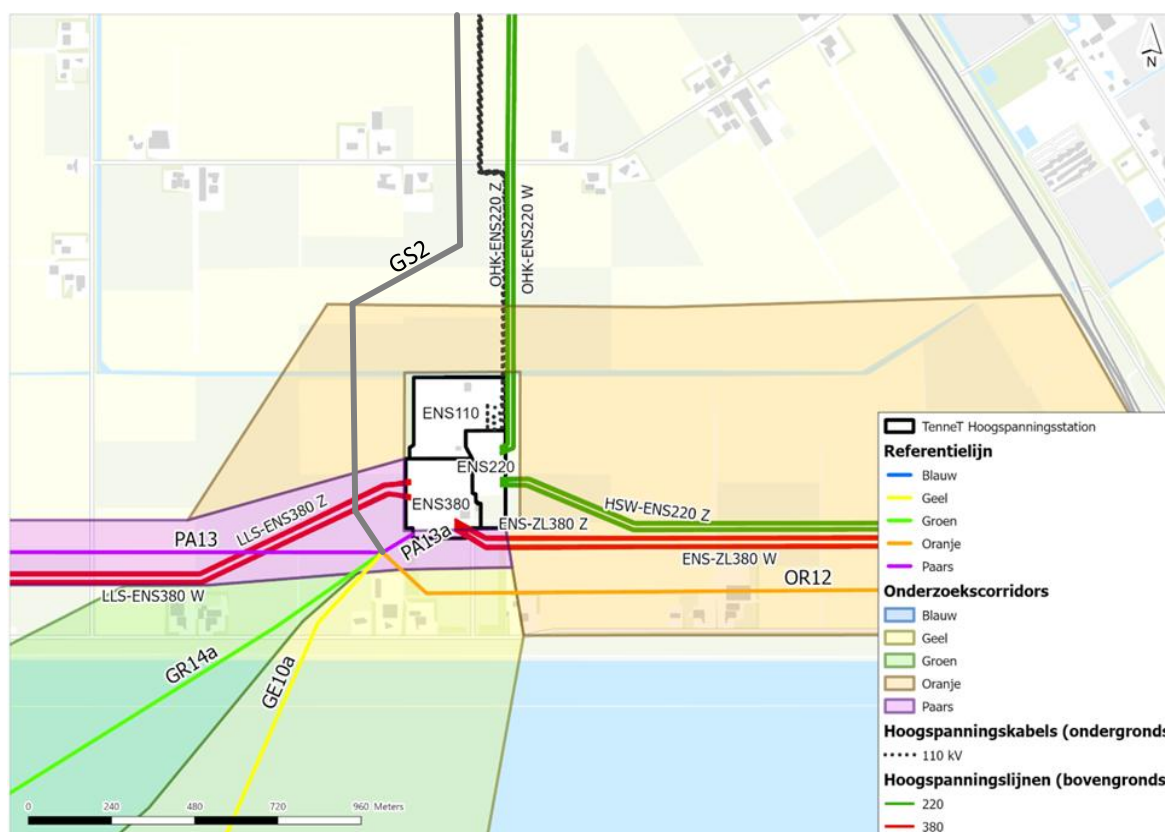
Aanlandrichting	Tracédeel	Alternatief
Westen	PA13	Noord-Blauw-1, Noord-Paars-1, Noord-Groen-1, Noord-Geel-2
Ketelmeer	GR14a, GE10a	Noord-Paars-2, Noord-Groen-2, Noord-Geel-1
Oosten	OR12	Noord-Oranje-1, Noord-Oranje-2
Noorden	GS2	Noord, boven Schokland langs

Tabel 6.5: Drie aanlandrichtingen bij station Ens

De kruising met de bestaande hoogspanningslijn bij richting 1, vanuit het westen, is relatief eenvoudig op te lossen. Een kruising nabij een station kan opgelost worden met omzwaaien, het vervangen van één of mogelijk twee masten en het omwisselen van de velden. Zie paragraaf 3.3.3 en 4.2.2.

Voor de aanlanding vanuit het Ketelmeer is een veldlengte van ongeveer 500 meter benodigd om het Ramsdiep, de Ramsdijk en de Ramsweg te kruisen en daarbij buiten de beschermingszone van de waterkering te blijven. Hiervoor zijn extra hoge masten nodig. Daarnaast is er bij afwijking van de standaard veldlengte van 400 meter een speciaal ontworpen mastkop benodigd. Het grote hoogteverschil tussen de eerste mast na de oversteek en de aansluiting op het portaal bij het station is nadelig voor de doorlooptijd vanwege het gebruik van een special eindmast. Het ontwikkelen van een special mast vergt extra engineeringcapaciteit in de markt en bij TenneT. In paragraaf 3.3.5 worden mogelijke implicaties van traceren over water toegelicht.

De oostelijke aanlanding, richting 3, loopt parallel aan de bestaande hoogspanningsverbindingen in westelijke richting naar station Ens. Er is een risico dat bij een calamiteit zowel de HS-lijnen Ens – Zwolle, de 220kV- en 380kV-verbinding, en de nieuwe HS-lijn Diemen – Ens uitvallen. (Net)technisch is het van belang dat hoogspanningsstation Ens beschikbaar blijft via de oostelijke of westelijke aansluiting van de landelijke ring, in het geval van een calamiteit. Als beide aansluitingen in elkaars mechanisch beïnvloedingsgebied liggen is er een onacceptabel risico voor de leveringszekerheid. Dit kan grote gevolgen hebben voor de leveringszekerheid in Nederland en zelfs in het Europese net (zie paragraaf 3.2.2 voor verdere toelichting).



Figuur 6-10: Overzicht aankomst bij Ens.

## 7. Effectenbeschrijving en beoordeling van de invloed op het net

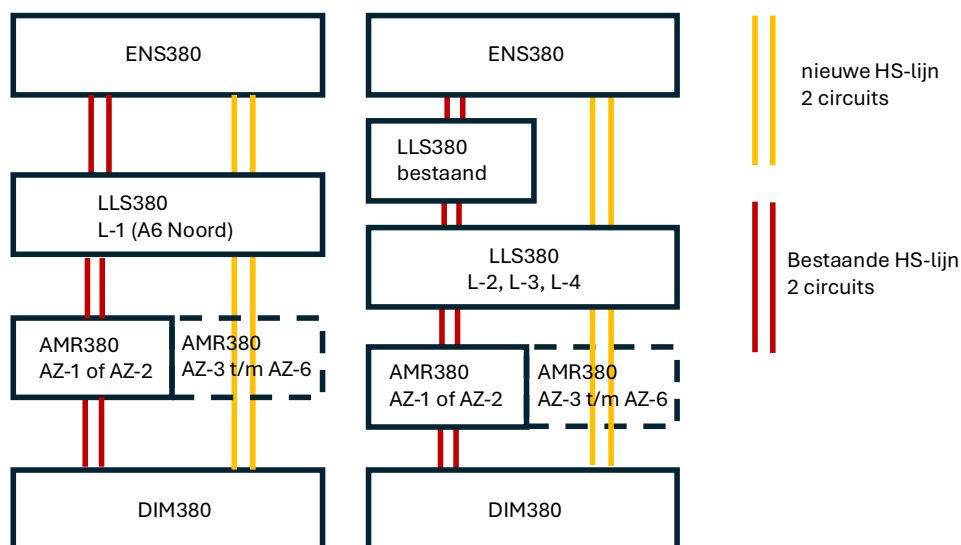
### 7.1 Beschrijving van de te onderzoeken aspecten

De onderzoeksalternatieven zijn beoordeeld in hoofdstuk 5. Het realiseren van de nieuwe verbinding kan echter ook effecten teweegbrengen die impact hebben op het hoogspanningsnet als geheel, zoals toegelicht in paragraaf 3.1.

In dit hoofdstuk wordt de invloed beschreven van de nieuwe verbinding op het elektriciteitsnet, waaronder de invloed op de bestaande hoogspanningslijn tussen Diemen en Ens. Samengevat gaat dit over netberekeningen waarin de aspecten van de vermogensstromen in het net en spanningskwaliteit aan de orde komen.

Het is mogelijk dat een onderzoeksalternatief goed scoort op niveau van de verbinding en de afzonderlijke tracédelen, maar dat uit de netberekeningen volgt dat het alternatief alsnog niet haalbaar blijkt of het knelpunt niet of te beperkt oplost. Een combinatie van onderzoeksalternatieven kan technisch niet acceptabel zijn, omdat het niet voldoet aan landelijk beleid op het gebied van leveringszekerheid en spanningskwaliteit.

Zoals beschreven in paragraaf 6.3 en 6.4 is de netopbouw afhankelijk van de verschillende stationslocaties en de verschillende tracéalternatieven, zie Figuur 7-1 voor een samenvatting hiervan. De manier waarop de verschillende stations zijn aangesloten en de lengte van de verbindingen ertussen, beïnvloeden de netberekeningen. Daarom zijn deze configuraties toegepast in de netberekeningen.



Figuur 7-1: Netopbouw met twee opties voor station Almere (AMR) en twee opties voor station Lelystad (LLS), ENS380 is bestaand

*station Ens, DIM380 is bestaand station Diemen.*

### **Uitleg van de net-technische berekeningen**

TenneT voert diverse netberekeningen uit. De berekeningen gebruiken dezelfde informatie als in het investeringsplan, zoals gepubliceerd in 2024, van TenneT. Hierbij wordt berekend wanneer de transportcapaciteit niet meer voldoet in de volgende situaties.

- *N-0 veilig* – het elektriciteitsnetwerk kan in ongestoorde toestand veilig vraag en aanbod faciliteren zonder dat apparatuur en verbindingen overbelast raken;
- *N-1 veilig* – het elektriciteitsnetwerk kan bij optreden van uitval of onderhoud aan één circuit veilig vraag en aanbod faciliteren zonder dat overige apparatuur en verbindingen overbelast raken;
- *N-2 veilig* – het elektriciteitsnetwerk kan tijdens onderhoud en bij het tegelijkertijd optreden van uitval veilig vraag en aanbod faciliteren zonder dat overige apparatuur en verbindingen overbelast raken.

Als uit de netberekeningen blijkt dat niet wordt voldaan aan het N-1 criterium, wordt er ook niet voldaan aan de projectdoelstelling voor de oplossing van het knelpunt. Dit wordt hieronder aan de hand van een voorbeeld toegelicht.

#### *Als voorbeeld:*

Indien zich voor een (te verwachten toekomstige) bedrijfstoestand een knelpunt voordoet op de nieuwe verbinding van Diemen naar Lelystad waardoor het N-2 criterium wordt overschreden, kan er door TenneT gekeken worden welke mogelijke oplossingen er zijn. Een voorbeeld hiervan is gepland onderhoud op de bestaande verbinding Diemen – Lelystad uit te stellen of -bij acute overschreiding- af te breken en de elektriciteit van nieuwe verbinding om te leiden naar de bestaande verbinding. Hiermee kan het knelpunt worden voorkomen en de noodzakelijke capaciteit -zonder overschrijding van het N-1 criterium- worden getransporteerd.

Bij overschrijding van het N-1 criterium is dit anders en ontstaat er een knelpunt op de combinatie van de nieuwe en bestaande verbinding. Hiermee kan gepland onderhoud niet meer worden uitgevoerd want in geval van een storing tijdens het geplande onderhoud zou de gehele verbinding uit kunnen vallen. Om dit te verhelpen moet gedacht worden aan oplossingen zoals het opwaarderen van de bestaande verbinding -en de nieuwe verbinding ook voor deze verhoogde capaciteit te dimensioneren- of het aanleggen van een derde circuit in de nieuwe verbinding. Met dergelijke maatregelen wordt de capaciteit van de gecombineerde verbinding uitgebreid naar de benodigde transportcapaciteit voor de N-1 situatie.

Netberekeningen bestaan uit een aantal aspecten, met name:

- verdeling van vermogensstromen, ook wel load-flow genoemd;
- spanningskwaliteit (/ spanningsprofiel dat de minste verliezen veroorzaakt);
- storings- en betrouwbaarheidsanalyses.

Het laatste item is verweven met de eerste twee aspecten en wordt hier niet afzonderlijk behandeld.

## 7.2 Netberekeningen

### 7.2.1 Loadflowberekeningen

Elektriciteit volgt de weg van de minste weerstand. Daardoor verdeelt elektriciteit zich niet evenredig/gelijkmatig over het net. Dit is vergelijkbaar met water; een rivier zoekt ook altijd de gemakkelijkste weg door een landschap. Dit kan ongewenste effecten met zich meebrengen, zoals overstromingen en schade aan infrastructuur. Elektriciteit volgt ook de weg van de minste weerstand. Een langere verbinding heeft meer weerstand. Als de nieuwe verbinding langer is, en dus een hogere weerstand heeft, dan die van de bestaande verbinding zal de elektriciteit vooral via de bestaande stromen. Daardoor kan de bestaande verbinding overbelast raken, omdat er meer stroom doorheen gaat dan waarvoor deze ontworpen is. Daarnaast is de nieuwe verbinding minder effectief dan gewenst, omdat vanwege de hoge weerstand de maximale transportcapaciteit niet kan worden gebruikt en het knelpunt mogelijk niet wordt opgelost.

Indien er op lagere netvlakken koppelingen bestaan, kan het ook gebeuren dat bijvoorbeeld een verbinding van Ens naar Zwolle meer elektriciteit moet transporteren dan waarvoor de verbinding bedoeld is. Zulke ongewenste stroomverdelingen worden ook wel loopcurrents (loopstromen) genoemd. Deze loopcurrents kunnen nieuwe knelpunten veroorzaken op andere verbindingen. Om dit op te lossen, kan gekozen worden voor een zorgvuldige indeling van zogenaamde deelnetten (ook wel loadpockets genoemd), waarbij er op lagere netvlakken netopeningen worden gecreëerd.

Bij de verbinding tussen DIM-ENS worden de bestaande en nieuwe verbinding naast elkaar gebruikt. Deze zogenaamde parallelschakeling moet zorgvuldig worden doorgerekend. Het doel is dat beide verbindingen en de individuele circuits tijdens normaal gebruik min of meer gelijk belast worden. Dit biedt ruimte om de resterende circuits bij onderhoud of storingen tijdelijk en gelijkmatig zwaarder te belasten, zodat de gevraagde transportcapaciteit behouden blijft. Daarbij is het verschil in weerstand tussen de circuits en tussen de fasen onderling bepalend. Daarom moeten de lengte en de posities in de mast zoveel mogelijk gelijk worden gemaakt. Ten behoeve van dit project wordt er een upgrade in de bestaande verbinding doorgevoerd. De fasen worden tussen twee stations twee keer van positie gewisseld, zodat de weerstand per fase gelijk wordt, dit wordt ook wel transponeren genoemd.

Ook mogen de bestaande en de nieuwe verbinding nauwelijks in lengte verschillen; een verschil van slechts 1 à 2 km kan al kritisch zijn. Zelfs een klein lengteverschil kan leiden tot extra verliezen en dus een verminderde doelmatigheid. Als het niet lukt om de verbindingen voldoende gelijk te maken, moeten er compenserende maatregelen worden genomen. Bij kleine verschillen in weerstand kunnen seriespoelen worden geplaatst op een station of in de circuits. Bij grotere verschillen zijn dwarsregeltransformatoren nodig, die de stroomverdeling actief bijsturen. Deze maatregelen zorgen ervoor dat de weerstand van de bestaande verbinding gelijk wordt aan die van de nieuwe verbinding. Voor eventuele seriespoelen moet er voldoende ruimte zijn op de stations. Voor dwarsregeltransformatoren is een extra, losstaand tripleraail-schakelstation nodig, vanwege de eisen voor betrouwbaarheid (redundantie).

### Hoe werkt het?

Seriespoelen worden gebruikt om een verbinding in het elektriciteitsnet te ontlasten, met andere woorden: om ervoor te zorgen dat er minder stroom doorheen gaat. Dit werkt alleen als er andere verbindingen beschikbaar zijn waar de stroom naartoe kan uitwijken. Een seriespoel wordt in het hoogspanningsnetwerk opgenomen om de weerstand van een verbinding te vergroten. Aangezien stroom de weg van de minste weerstand kiest, zal er minder stroom door een verbinding met een seriespoel gaan. Zo wordt de belasting op die verbinding verlaagd.

Dwarsregeltransformatoren (DRT's) worden gebruikt om actief vermogens te kunnen sturen tussen verschillende verbindingen. Ze zorgen ervoor dat het vermogen dat door een verbinding stroomt, wordt begrensd. Dit wordt gedaan door de fasehoek tussen de in- en uitgaande spanning continu bij te regelen. Hoe groter die hoek, hoe meer vermogen er wordt doorgelaten. Kort gezegd: dwarsregeltransformatoren zorgen ervoor dat elektriciteit gelijkmatig verdeeld wordt over verschillende verbindingen, zelfs als ze verschillende weerstanden hebben. Net als seriespoelen veroorzaken dwarsregeltransformatoren extra verliezen. Maar in tegenstelling tot seriespoelen werken DRT's met een mechanisch systeem (een stappenregelaar), wat ze gevoeliger maakt voor storingen. Daarom moet er altijd een reserve DRT gereed staan. Dat is belangrijk, want de levertijd is lang, meestal tussen de 3 en 6 jaar.

Hoe elektriciteit zich precies door het net zal verdelen, is zonder berekeningen niet te voorspellen. Dit moet worden berekend op basis van een mogelijk ontwerp en een grote hoeveelheid data. Elk individueel knooppunt in het net wordt daarbij meegenomen.

Als er wordt afgeweken van het uitgangspunt "bovengronds tenzij" en er 380kV-verkabeling wordt toegepast, dan moeten ook de effecten daarvan worden meegenomen in de berekeningen. Denk aan een lagere spanningskwaliteit en verminderde betrouwbaarheid.

In paragraaf 7.3 worden de resultaten van de netberekeningen toegelicht. De verschillende alternatieven zijn in twee stappen onderzocht, zie voor meer toelichting hierover paragraaf 1.4 van het hoofdrapport IEA.

- Stap 1: de beoordeling van de maak- en haalbaarheid. Tijdens deze stap zijn indicatieve loadflow berekeningen uitgevoerd. Deze loadflow berekeningen zijn uitgevoerd voor vijf volledige tracés (dezelfde kleur via Diemen, via Lelystad, tot aan Ens): blauw, paars, groen, geel en oranje. Deze berekeningen worden in paragraaf 7.3.1 beschreven.
- Stap 2: inzicht in welke mogelijkheden voor de nieuwe verbinding en nieuwe hoogspanningsstations het meest kansrijk zijn. Ook heeft de regio hierover geadviseerd. Voor naar verwachting kansrijke alternatieven zijn aanvullende netberekeningen uitgevoerd. Dit geeft inzicht in de mate waarin alternatieven de knelpunten in het elektriciteitsnet oplossen (het doelbereik). Er zijn drie bovengrondse tracévarianten doorgerekend: een bundeling met de bestaande 380kV-verbinding (alternatief paars), een combinatie van paars, groen en grijs en een combinatie van alternatief paars en geel. Zie hier meer over in paragraaf 7.3.2. In de "Notitie Toelichting Netberekeningen" worden de aanvullende netberekeningen en de benodigde maatregelen verder toegelicht.

### 7.2.2 Netstabiliteit

Een ander belangrijk aspect is de stabiliteit van het elektriciteitsnet: netstabiliteit. Ook die wordt beïnvloed door de weerstand van verbindingen. Hoe hoger de weerstand, hoe sneller de zogeheten transiënte stabiliteitsgrens wordt bereikt. Dat is het punt waarop het net uit balans kan raken bij plotselinge veranderingen. TenneT is verantwoordelijk voor de leveringszekerheid. Dat betekent dat het net moet voldoen aan de kwaliteitseisen die de Autoriteit Consument & Markt (ACM) stelt in de Netcode. Uit berekeningen moet blijken of de voorgestelde routes, onder alle denkbare schakelsituaties, aan deze eisen voldoen. Ook hiervoor kunnen compenserende maatregelen nodig zijn om de netstabiliteit te waarborgen.

### 7.2.3 Spanningskwaliteit

Elektriciteit moet voldoen aan een bepaalde kwaliteit, ook wel bekend als 'spanningskwaliteit'. De reden hiervoor is om uitval van of beschadiging van apparaten en machines te voorkomen. Hiervoor zijn regels (normen) opgesteld over de grenzen van deze maximale afwijking van de spanning. Apparaten en machines zijn ontworpen om binnen deze grenzen goed te kunnen functioneren. Bij het ontwerpen van een nieuwe verbinding in het net wordt er rekening mee gehouden dat de kwaliteit van de levering van spanning van voldoende kwaliteit is zoals is vastgelegd in de Netcode.

Voorbeelden van (oorzaken van) afwijkingen van spanning zijn:

- langzame spanningsvariatie. Hiermee komt elektriciteit onder of boven de limiet van de spanning. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door duurzame en decentrale energieopwekking zoals zonnepanelen;
- snelle spanningsvariatie. Bijvoorbeeld het flikkeren van lampen. Dit wordt vaak veroorzaakt doordat apparaten worden ingeschakeld die veel vermogen vragen;
- spanningsasymmetrie. Dit houdt in dat de spanning van de drie verschillende fasen ongelijk zijn. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt ten gevolge van omschakelen van de bestaande naar de nieuwe verbinding of bij combineren met een 150kV-verbinding. Ook kan spanningsasymmetrie voorkomen bij zwaar belaste lijnen waarbij de fasen niet zijn getransponeerd (het wisselen van de fysieke positie van de fasen);
- harmonische vervormingen. Dit zijn verstoringen in de 50 Hertz frequentie waarbij er hogere frequenties in de spanning en stromen ontstaan. Deze verstoringen worden opgewekt door apparatuur met vermogensregeling(en);
- spanningsdips. Dit zijn kortdurende verlagingen van de spanning. Oorzaak hierbij is vaak een kortsluiting bijvoorbeeld veroorzaakt door een hijskraan of een schip die in aanraking komt met een hoogspanningslijn. Een ander voorbeeld is het inschakelen van grote motoren in fabrieken. Meestal zijn spanningsdips niet hinderlijk vanwege de beveiligingen die zijn aangebracht in het net;
- spanningspieken. Dit is het tegenovergestelde van een spanningsdip. Dit betreft kortdurende verhogingen van de spanning. Deze worden bijvoorbeeld veroorzaakt door kortsluiting, blikseminslag of andere storingen. Ook hiervoor geldt dat er beveiligingen in het net zijn aangebracht om deze op te vangen.

Voor een uitgebreide toelichting op de spanningskwaliteit kan de folder van Netbeheer Nederland worden geraadpleegd. [Informatiebrochure spanningskwaliteit | Netbeheer Nederland](#)

### **Gevolgen 380kV-verkabeling**

Omdat 380kV-kabels in het 380kV-net een behoorlijke impact hebben op de spanningskwaliteit worden deze aspecten hier specifiek toegelicht:

- een belangrijk aspect bij het gebruik van ondergrondse 380kV-kabels is de invloed op de lokale spanning in het elektriciteitsnet. Dit komt door het zogenaamde blindvermogen dat kabels produceren. Blindvermogen is een vorm van energie die niet echt wordt verbruikt, maar voortdurend heen en weer beweegt tussen de spanningscomponenten (capaciteiten) en de stroomcomponenten (inductiviteiten) van het net. Dit gebeurt zo'n 100 keer per seconde. Het is een soort pendelbeweging van energie die nodig is om het net goed te laten functioneren, maar die ook invloed heeft op de spanning. Een kabel werkt als een grote capaciteit (die spanning opslaat) en heeft weinig inductiviteit (die stroom vertraagt). Daardoor zorgt een kabel voor een spanningsverhoging op de plek waar hij is aangebracht. Bovendien is het blindvermogen van een kabel kwadratisch afhankelijk van de netspanning. Dat betekent dat het effect veel groter wordt bij hogere spanningen. In het 380kV-net is die invloed dus aanzienlijk. Om dat te compenseren, moeten er grote inductieve belastingen worden toegevoegd, meestal in de vorm van parallel geschakelde spoelen (grote zuivere inductieve belastingen). Deze spoelen moeten in- of uitgeschakeld worden, afhankelijk van de belasting en de weerstand in het net. Deze spoelen worden in principe altijd op een stationslocatie geplaatst en meestal op de 50kV-zijde van een 380/150/50kV-transformator. Ook voor deze spoelen geldt dat de ruimte hiervoor dient beschikbaar te zijn. Het ruimtebeslag is afhankelijk van de mate van compensatie;
- 380kV-kabels hebben een negatief effect op de kwaliteit van de spanning. Een "vervuiling" in het net waarbij de spanningen en stromen niet exact volgens de 50 Hz frequentie verlopen kan door de combinatie van kabels en spoelen worden versterkt, zgn. resonantie;
- een 380kV-net met kabels en spoelen is gevoeliger voor spanningspieken. Spanningsvariaties en spanningspieken kunnen ontstaan door schakelacties in het net of vanwege het in- of uitschakelen van grote vermogens. Het systeem kan sneller in resonantie raken (resonantie is een trilling die niet gedempt kan worden). Het is mogelijk dat de beveiliging hierop reageert en dit kan leiden tot het ongewenst uitschakelen van een deel van het net. Dit risico neemt toe met de lengte van de kabels.

### **7.3 Beoordeling van de resultaten van de netstudies**

Zoals beschreven zijn de verschillende alternatieven in twee stappen onderzocht. Als onderdeel van stap 1 zijn in 2024 indicatieve loadflowberekeningen (verdeling van de elektriciteit over het elektriciteitsnet) uitgevoerd voor vijf volledige tracés (dezelfde kleur via Diemen, via Lelystad, tot aan Ens): blauw, paars, groen, geel en oranje. Deze berekeningen en de resultaten worden beschreven in paragraaf 7.3.17.3.1.

In stap 2 zijn voor de naar verwachting kansrijke alternatieven aanvullende netberekeningen uitgevoerd. Hierin is ook het regioadvies meegenomen. Deze berekeningen geven inzicht in de mate waarin de alternatieven de knelpunten in het elektriciteitsnet oplossen (het doelbereik). Er zijn drie bovengrondse tracévarianten doorgerekend: een bundeling met de bestaande 380kV-verbinding (alternatief paars), een

combinatie van paars, groen en grijs en een combinatie van alternatief paars en geel. In deze netberekeningen zijn ook de nieuwste inzichten uit de 150kV-netvisie van TenneT en Liander (zie tekstkader) meegenomen en is onderzocht hoe dit net-technisch mogelijk is. Deze berekeningen en de resultaten worden beschreven in paragraaf 7.3.27.3.2.

Deze aanvullende berekeningen omvatten de volgende onderwerpen:

- loadflow (verdeling van de elektriciteit over het net);
- betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyses.

#### **150kV-netvisie Flevoland**

TenneT heeft samen met de regionale netbeheerders in 2024 voor alle provincies een netvisie opgesteld. Deze netvisies zijn strategische plannen gericht op de jaren 2040 en 2050. Hierin wordt rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen om te zorgen dat het elektriciteitsnet kan voldoen aan de groeiende vraag- en aanbod van elektriciteit, mede door de energietransitie. In de netvisie is gebleken dat een tweede deelnet in de buurt van Lelystad nodig is t.b.v. de regionale elektriciteitsvoorziening en om netcongestie in de regio op te lossen. Het 150kV-hoogspanningsnet gaat namelijk opgesplitst worden in kleinere deelgebieden. Deze zogenoemde loadpockets krijgen elk een eigen koppeling aan het 380kV-hoogspanningsnet, waardoor elektriciteit beter af- en aangevoerd kan worden. In de 150kV-netvisie Flevoland is gebleken dat de groei van opwek en afname van elektriciteit zo groot wordt dat er een extra koppeling nodig is in de buurt van Lelystad. Bij Lelystad moeten dus twee koppelingen komen op het 380kV-net.

### **7.3.1 Indicatieve loadflow berekeningen**

Vanwege de complexiteit en doorlooptijd van de berekeningen is het niet mogelijk om alle onderzoeksalternatieven door te rekenen. Er zijn vijf alternatieven die het gehele gebied beslaan. De vijf alternatieven zijn hieronder weergegeven.

De loadflowberekeningen zijn gestart in het najaar van 2023 en op dat moment zijn er aannames gedaan voor de vijf tracévarianten. Ook is er een aanname gedaan voor de locaties waar mogelijk een kabel toegepast gaat worden. Deze aannames moeten worden beschouwd als “worst case” situaties met betrekking tot de net-technische analyses, omdat kabels een behoorlijke impact hebben in de resultaten. Hiermee kan niet worden verondersteld dat er daadwerkelijke kabels worden toegepast omdat de bezwaren zoals in dit hoofdstuk en in de paragraaf bij de afwijkingen op de uitgangspunten nog steeds van kracht zijn.

De onderzochte combinaties zijn samengevat in de onderstaande tabel en figuren:

Onderzoeks-alternatief zuidzijde	Onderzoeks-alternatief noordzijde	Via station Lelystad	Totale lengte in km	Lengte kabel Zuid in km	Lengte kabel Noord in km
Zuid-Blauw-1	Noord-Blauw-1	L-0 bestaand station of L-1 A6 noordzijde	75	2	3
Zuid-Paars-1	Noord-Paars-1	Alle stationslocaties zijn mogelijk	73	10	3
Zuid-Groen-1	Noord-Groen-1	L-4, Larserringweg	85	6	3
Zuid-Geel-1	Noord-Geel-1	L-4, Larserringweg	93	9	0
Zuid-Oranje-1	Noord-Oranje-1	L-0 bestaand station of L-1 A6 noordzijde	108	14	3

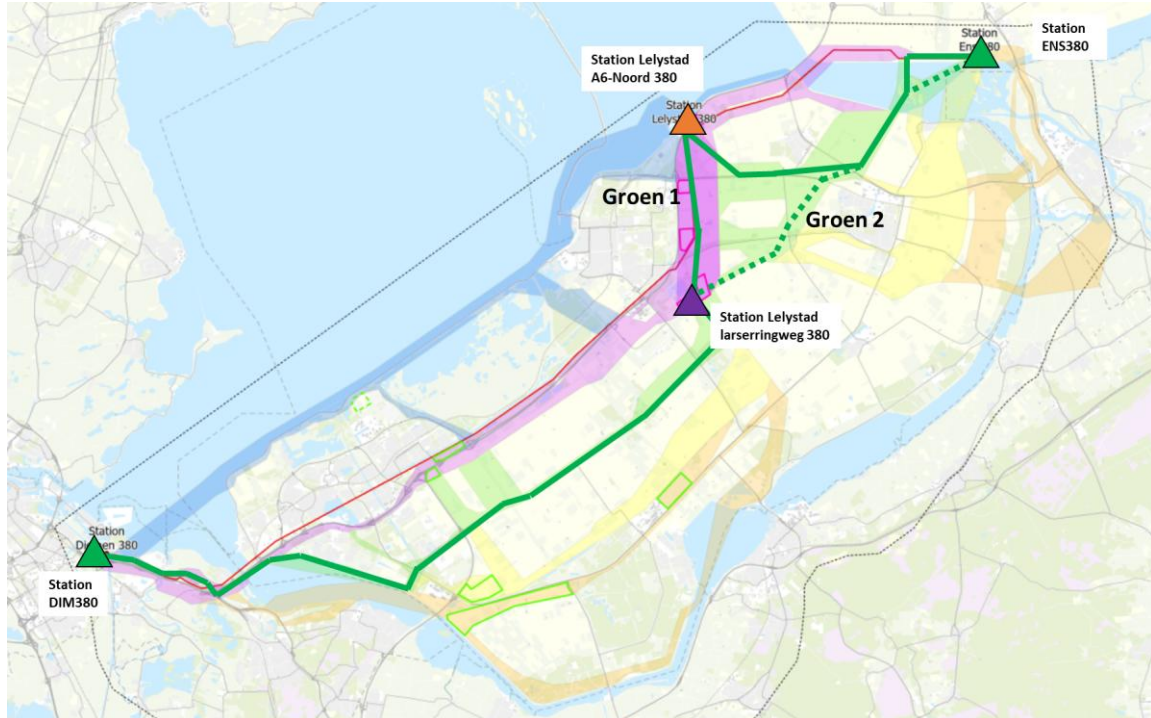
Tabel 7-1: Onderzochte tracévarianten voor de netstudies.



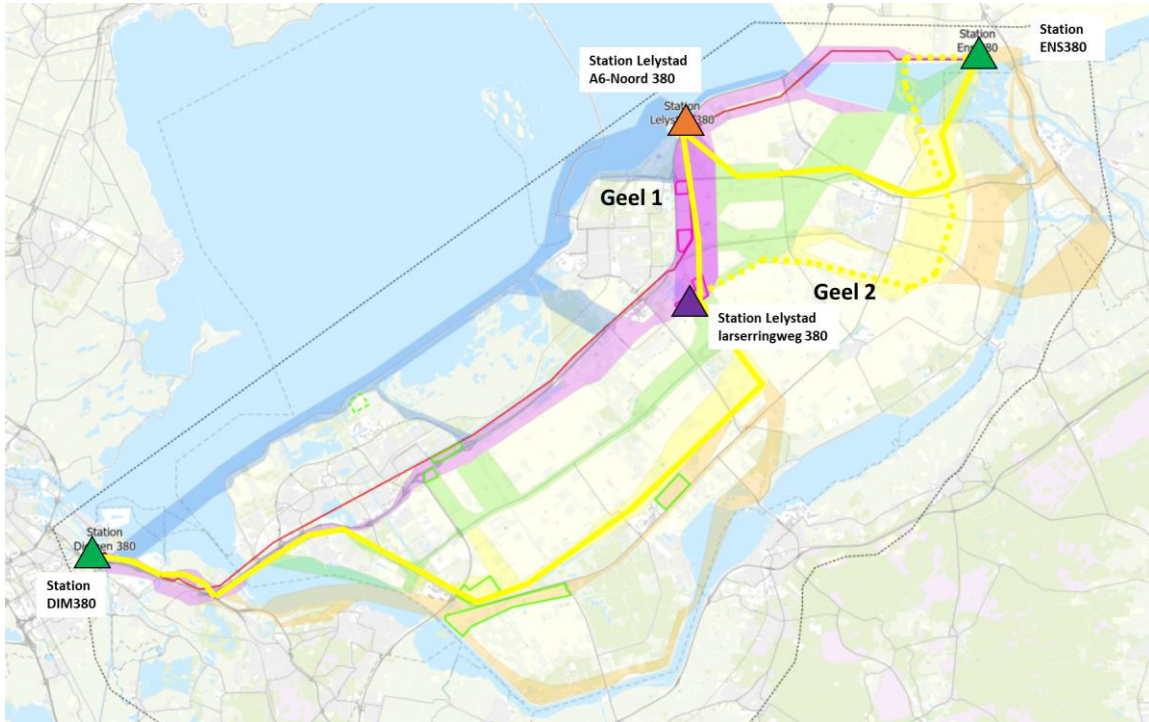
Figuur 7-2: Tracévariant Paars door middel van alternatieven Zuid-Blauw-1 en Noord-Blauw-1.



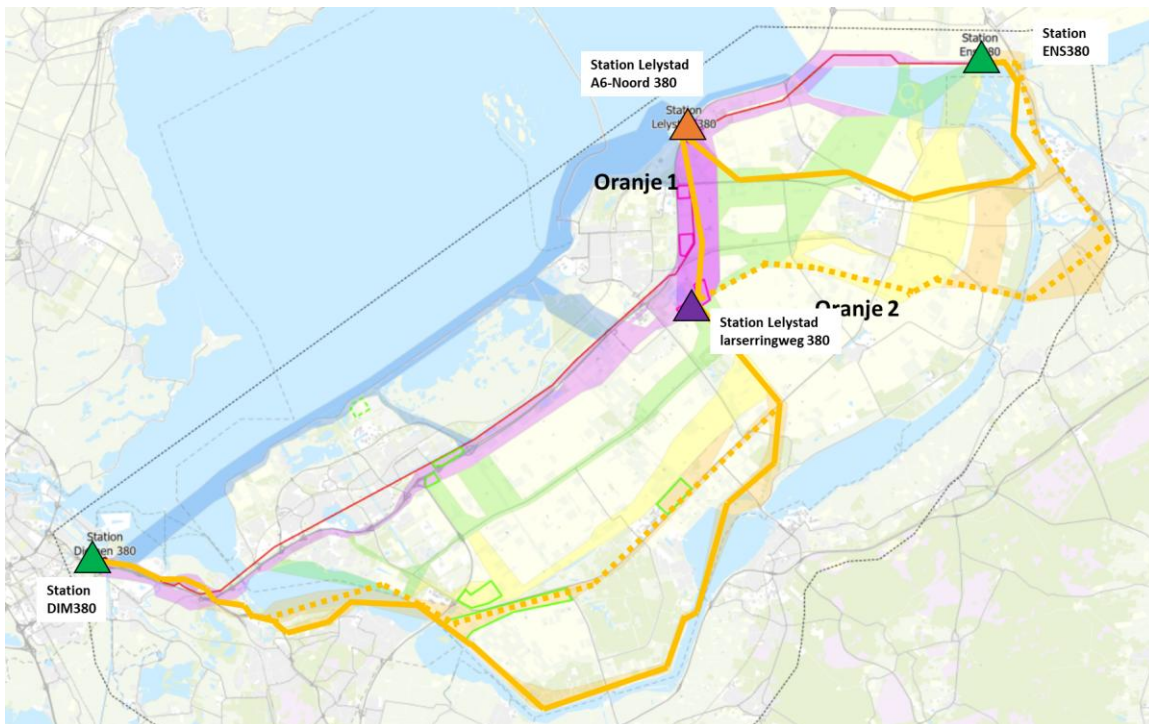
Figuur 7-3: Tracévariant Paars door middel van alternatieven Zuid-Paars-1 en Noord-Paars-1



Figuur 7-4: Tracévariant Groen door middel van alternatieven Zuid-Groen-1 en Noord-Groen-1.



Figuur 7-5: Tracévariant Geel door middel van alternatieven Zuid-Geel-1 en Noord-Geel-1.



Figuur 7-6: Tracévariant Oranje door middel van alternatieven Zuid-Oranje-1 en Noord-Oranje-1.

De deeltracés waarbij ten behoeve van de berekeningen een gedeeltelijke kabel is toegepast zijn:

- knelpunt Muiderberg;
- kruising bij de Ramspolbrug en geografische spreiding bij station Ens aan de oostzijde.

Er kunnen andere combinaties worden gemaakt en het is mogelijk om delen van een tracéalternatief te combineren met een ander tracéalternatief. In al deze gevallen dienen de netberekeningen te worden herhaald om de effecten na te kunnen gaan. De indicatieve netberekeningen geven wel een eerste indicatief beeld.

De resultaten van de vijf onderzochte combinaties kunnen als volgt worden samengevat:

- in de situatie dat alle circuits in bedrijf zijn (N-0 situatie), wordt bij alle combinaties de overbelasting van de bestaande verbinding opgelost. Maar bij gepland onderhoud of storing (N-1) is dit niet het geval bij de alternatieven geel en oranje;
- verder blijkt dat bij N-1 de belasting in overige delen van het 380kV-net toeneemt;
- de conclusie uit de netberekeningen is dat de alternatieven blauw, paars en groen goed scoren;
- als de berekeningen worden uitgevoerd met een volledig bovengrondse verbinding scoort het paarse alternatief het best;
- bij het gele en oranje alternatief is de stroomverdeling tussen de nieuwe - en de bestaande verbinding niet op orde en moeten er maatregelen genomen worden om de stroomverdeling gunstiger te krijgen. Dit houdt in dat er in de bestaande verbinding seriespoelen of dwarsregeltransformatoren toegevoegd moeten worden omdat deze verbinding de minste weerstand heeft. De seriespoelen of dwarsregeltransformatoren kunnen op het station of in het elektrotechnisch midden van de verbinding worden geplaatst. In alle gevallen zal er additionele ruimte nodig zijn. Voor plaatsing buiten het station geldt dat er ook aanvullende beveiligingsmaatregelen getroffen moeten worden. Hierbij valt te denken aan hekken en dergelijke en krijgt hiermee net als een opstijgpunt een industrieel karakter;
- aanvullend op het bovenstaande geldt dat het gele alternatief een additioneel risico heeft. Vanuit de uitgevoerde berekeningen komt naar voren dat het weerstandsverschil zo groot is waardoor de mate van benodigde compensatie ook erg groot is. Hiermee zijn de seriespoelen zeer waarschijnlijk niet technisch maakbaar en moeten dwarsregeltransformatoren worden gebruikt.

### 7.3.2 Aanvullende berekening

Voor een aantal kansrijke alternatieven (op basis van de concept-effectbeoordeling en het regioadvies) zijn aanvullende netberekeningen uitgevoerd. Voor deelgebied Zuid is er daarom geen specifiek onderzoek gedaan naar alternatief oranje en blauw; alternatief blauw is om andere redenen niet kansrijk (zie H4.2 en H5 van het IEA hoofdrapport), terwijl alternatief oranje op basis van de indicatieve netberekeningen al weinig kansrijk was. Voor deelgebied Noord is geen specifiek onderzoek gedaan naar alternatieven blauw, geel en oranje; alternatief blauw en geel zijn om andere redenen niet kansrijk (zie H4.2 en H5 en het IEA hoofdrapport), terwijl alternatief oranje en de langere varianten via tracé geel op basis van de indicatieve netberekeningen al weinig kansrijk waren.

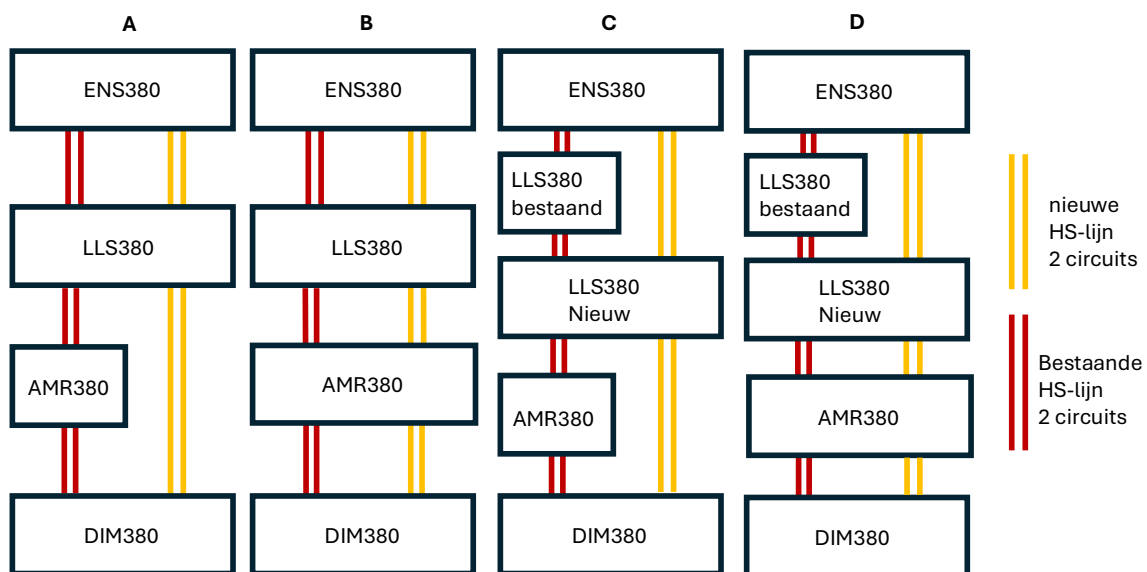
Er zijn drie bovengrondse tracévarianten doorgerekend:

1. een bundeling met de bestaande 380kV-verbinding, alternatief paars (zie Figuur 7-8);
2. een combinatie van paars en groen, om de Oostvaardersplassen te vermijden, voor het deel Diemen – Lelystad en het alternatief grijs voor het deel tussen Lelystad – Ens (zie Figuur 7-9). Deze aangepaste versie is gebaseerd op mogelijke mitigatie i.v.m. de technische maakbaarheid van de compenserende maatregelen voor geel en mogelijke problemen met vergunningen op het vlak van ecologie, natura2000 en werelderfgoed;
3. en het regioadvies van de provincie Flevoland en de gemeenten Almere en Lelystad, een combinatie van alternatief paars en geel (zie Figuur 7-10).

Bij de verschillende tracévarianten is ook onderzocht wat de invloed is van de verschillende manieren van aansluiten van de stations. Voor het station Almere is onderzocht wat de invloed is van het aansluiten van enkel de bestaande verbinding of zowel de bestaande als de nieuwe verbinding. Daarnaast is onderzocht hoe de extra loadpocket uit de netvisie gekoppeld moet worden op het 380kV-net in de buurt van Lelystad.

De nieuwe mogelijke netconfiguraties zijn weergegeven in Figuur 7-7. Dit zijn de verschillende scenario's:

- scenario A: twee loadpockets op een nieuwe locatie Lelystad, met een koppeling die open en dicht kan en station Almere enkel op de bestaande verbinding aangesloten;
- scenario B: twee loadpockets op een nieuwe locatie Lelystad, met een koppeling die open en dicht kan en station Almere op zowel de bestaande als de nieuwe verbinding aangesloten;
- scenario C: één loadpocket op de bestaande locatie Lelystad, één loadpocket op een nieuwe locatie Lelystad en station Almere op enkel de bestaande verbinding aangesloten;
- scenario D: één loadpocket op de bestaande locatie Lelystad, één loadpocket op een nieuwe locatie Lelystad en station Almere op zowel de bestaande als de nieuwe verbinding aangesloten.

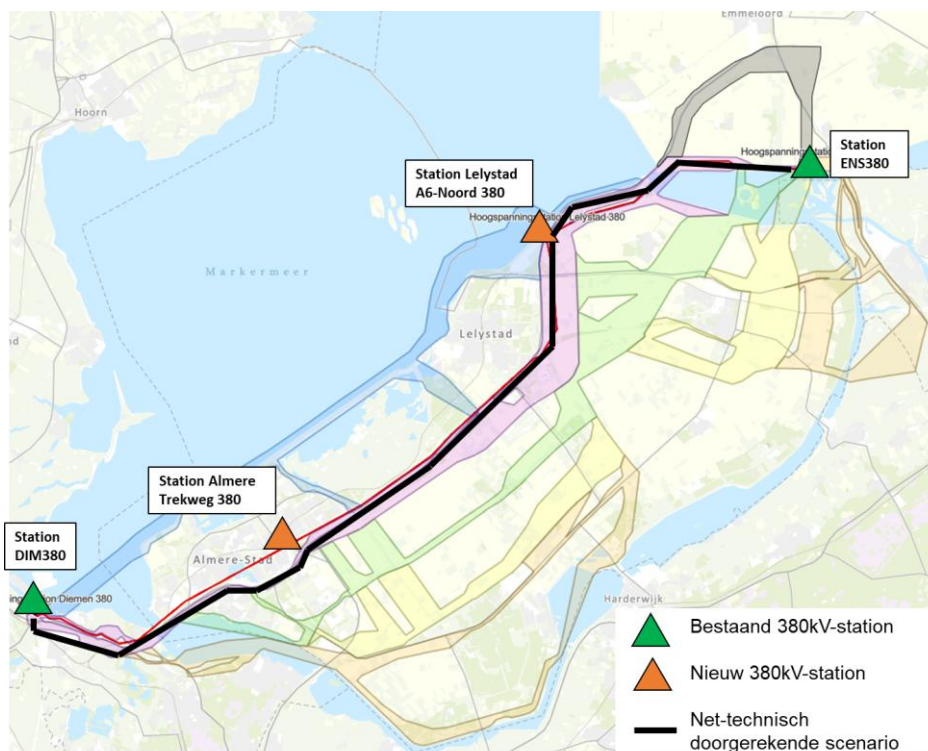


Figuur 7-7: de verschillende scenario's die (indien mogelijk) per tracévariant zijn doorgerekend in de aanvullende netberekeningen

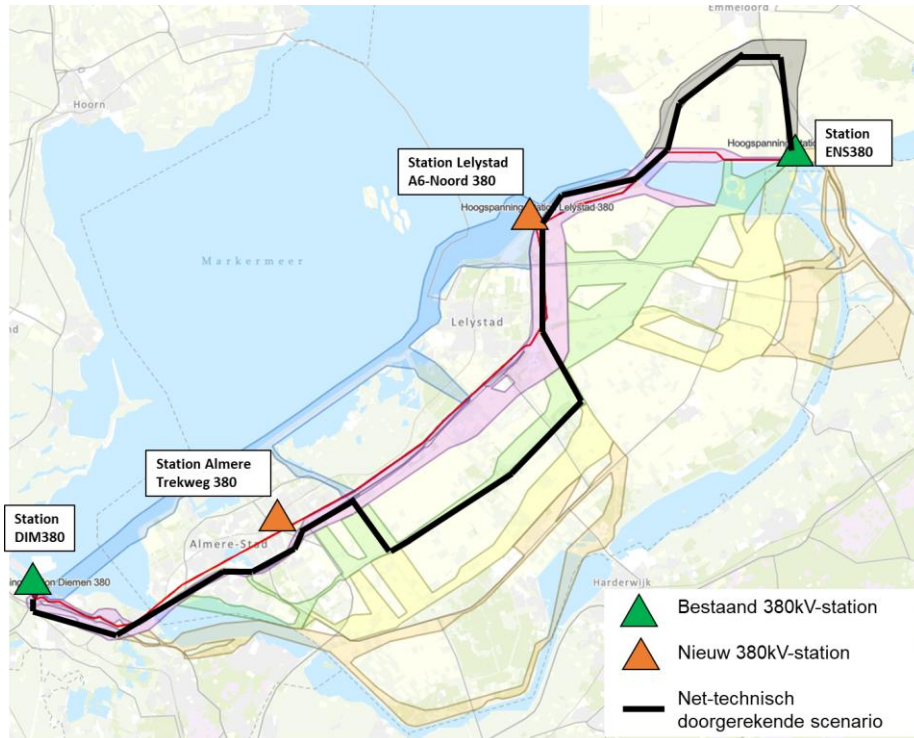
De onderzochte tracévarianten zijn samengevat in de onderstaande tabel en figuren. Per tracévariant zijn de verschillende scenario's, indien mogelijk, doorgerekend. Bijvoorbeeld kan bij tracévariant Zuid-Geel-1 de nieuwe verbinding niet op station Almere aangesloten worden waardoor enkel scenario A en C zijn doorgerekend. De geografische ligging in Figuur 7-8, Figuur 7-9 en Figuur 7-10 is voor de beeldvorming, in de netberekeningen zijn de scenario's gebruikt en de afstanden van de verbindingen tussen de verschillende stations.

Onderzoeksalternatief zuidzijde	Onderzoeksalternatief noordzijde	Via station Almere	Via station Lelystad	Totale lengte in km
Zuid-Paars-1	Noord-Paars-1	AZ-1 Almere Trekweg	L-1 A6 noordzijde	73
Combinatie van Zuid-Paars-1 en Zuid-Groen-1	Combinatie van Noord-Paars-1 en Noord-Grijs-1	AZ-1 Almere Trekweg	L-1 A6 noordzijde	93
Zuid-Geel-1	Combinatie van Noord-Paars-1 en Noord-Groen-2	Niet mogelijk	L-1 A6 noordzijde	88

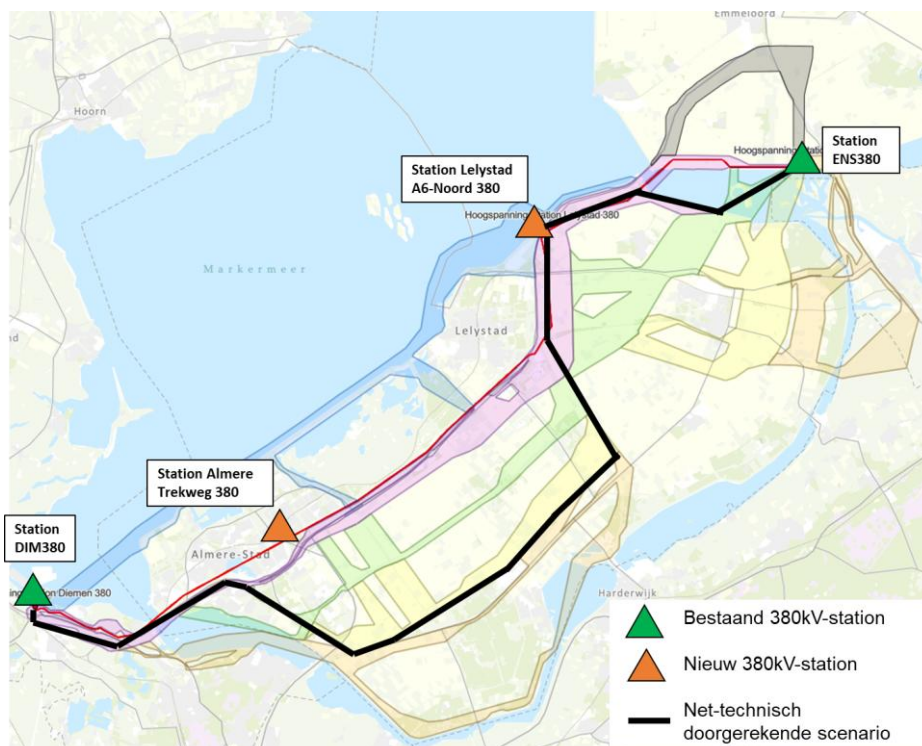
Tabel 7-2 Onderzochte tracévarianten voor de netstudies uitgevoerd begin 2025



Figuur 7-8: bundeling met de bestaande 380kV-verbinding, alternatief paars. De zwarte lijn is het doorgerekende scenario.



Figuur 7-9 een combinatie van paars-groen tussen Diemen – Lelystad en grijs tussen Lelystad – Ens. De zwarte lijn is het doorgerekende scenario.



Figuur 7-10: een combinatie van paars en geel. De zwarte lijn is het doorgerekende scenario.

## Resultaten netberekeningen

Alle verbindingen worden zwaar belast in het onderzochte scenario (Nationale Drijfveren 2035 uit IP2024). In het doorgerekende jaar 2035 zal zowel de bestaande als de nieuwe verbinding zwaar belast zijn, maar er zijn wel duidelijke verschillen tussen de tracés. De belasting loopt uiteen van circa 70 tot 90% in normale bedrijfsvoering (zonder uitval van circuits) afhankelijk van de doorgerekende scenario's. In de netberekeningen wordt gesproken over een optimale configuratie als de stroom zich zo goed mogelijk verdeelt over de verbindingen, dat is bij de configuratie paars, waarbij beide verbindingen op zowel Almere als Lelystad worden ingelust.

Uiteindelijk zal echter in alle doorgerekende configuraties op bepaalde momenten in het doorgerekende jaar de maximale belasting op alle circuits de N-1 grens bereiken. Dit houdt in dat er in het doorgerekende scenario bij uitval van één circuit (door storing of onderhoud) een risico bestaat, dat op dat moment niet het volledig elektrisch vermogen getransporteerd kan worden over de verbindingen. Vanwege onzekerheid met betrekking tot toekomstige ontwikkelingen die effect kunnen hebben op het benodigd transportvermogen, is het niet precies te voorspellen wanneer dit moment zal plaatsvinden, maar het wordt verwacht binnen de komende 20 jaar. Het is daarom van groot belang dat binnen dit project gekozen wordt voor een oplossing die ervoor zorgt dat de toegevoegde capaciteit zo efficiënt mogelijk wordt ingezet. De configuraties die afwijken van de optimale configuratie paars, zijn alleen net-technisch haalbaar als maatregelen worden genomen om de weerstanden gelijk te maken.

De resultaten van de onderzochte combinaties kunnen als volgt worden samengevat:

- de paarse optie is net-technisch de optimale configuratie, omdat de lengte van de bestaande en nieuwe verbinding gelijk zijn, waardoor de weerstand ook gelijk is en de elektriciteit zich goed verdeelt over de bestaande en nieuwe verbinding. Dit komt overeen met de resultaten van de indicatieve netberekeningen;
- de gele of groene opties zijn ook net-technisch mogelijk, mits de weerstanden van de bestaande en nieuwe verbinding gelijk gemaakt worden. Dit kan door bijvoorbeeld het "omleggen" van de bestaande verbinding parallel aan de nieuwe verbinding, ook wel reconstructie genoemd, of de weerstand te beïnvloeden door het nemen van compenserende maatregelen (seriespoelen of dwarsregeltransformatoren). Gelijke weerstand is belangrijker dan de kortste lengte;
- bij de paars-gele configuratie is het verschil in weerstand te groot om dit te compenseren met seriespoelen. In die situatie zijn dwarsregeltransformatoren noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de elektriciteit gelijkmatig verdeeld wordt, zelfs als deze verbindingen verschillende weerstanden hebben. In dit geval zouden deze transformatoren geplaatst worden bij het nieuwe hoogspanningsstation Almere. In de netberekeningen zijn de grootte en de net-technische consequenties van compenserende maatregelen, zoals seriespoelen en dwarsregeltransformatoren niet meegenomen in de berekeningen;
- de twee koppelingen aan het 380kV-net bij Lelystad moeten direct naast elkaar komen, omdat er anders een knelpunt ontstaat op de 380kV-verbinding tussen het bestaande 380kV-station Lelystad en het nieuwe station. Een knelpunt tussen deze twee koppelingen is niet acceptabel, omdat dit knelpunt niet meer opgelost kan worden met extra circuits. Er is namelijk geen ruimte meer op het bestaande 380kV-station Lelystad voor het aansluiten van meer circuits. Dit betekent dat zowel de bestaande koppeling

- (loadpocket) als de nieuwe koppeling op een nieuw 380kV-station moet komen. Deze twee loadpockets moeten aan elkaar gekoppeld worden om het vermogen te kunnen transporteren. Vanwege o.a. vermogensverlies kan dat niet met een lijnverbinding tussen twee losse stations, maar wel met een koppeling tussen de rails van twee stations (een zogenoemde langskoppeling). Hierdoor zal het nieuwe station Lelystad een groter oppervlak beslaan dan in eerste instantie het uitgangspunt was. Voor één pocket is een nieuw station van 15 hectare nodig; bij twee pockets gaat dat om circa 30 hectare. Dit heeft gevolgen voor de locatiekeuze van het nieuwe hoogspanningsstation, zie de volgende paragraaf 0;
- het aansluiten van zowel de nieuwe als de bestaande verbinding op station Almere-Zeewolde heeft grote positieve effecten op de betrouwbaarheid en de beschikbare capaciteit van het onderliggende 150kV-net in de regio Almere-Zeewolde. Dit zorgt voor een groter doelbereik en een robuuster elektriciteitsnet wat resulteert in een betrouwbaardere stroomvoorziening voor de gebruikers richting de toekomst. Andersom zijn er juist grote risico's voor het doelbereik en de betrouwbaarheid als alleen één verbinding op het nieuwe station wordt aangesloten. Het aansluiten van beide verbindingen op het nieuwe hoogspanningsstation is kansrijk bij locaties AZ-1 of AZ-2, omdat de bestaande verbinding hier al dichtbij loopt;
  - doordat de bestaande verbinding moet worden aangepast, zal ook het EMC-milieu van de bestaande verbinding opnieuw moeten worden beschouwd (zie ook paragraaf 3.2.4). Dit kan van invloed zijn op de doorlooptijd van het hele project en wordt in de volgende fase verder uitgewerkt.

#### **Randvoorwaarden bij een reconstructie van de bestaande verbinding**

Als de bestaande verbinding wordt omgelegd is het aannemelijk dat de nieuwe en bestaande verbinding (deels) naast elkaar worden gerealiseerd. In deze situatie gelden afstandseisen: de verbindingen moeten op voldoende afstand van elkaar staan dat bij een calamiteit de masten van de ene verbinding niet op de andere verbinding kunnen vallen. Dit noemen we de valafstand en deze bedraagt ongeveer 80 meter.

Voor een uitgebreide toelichting op de resultaten van de netberekening en de benodigde compenserende maatregelen is een aparte notitie gemaakt, de "Notitie Toelichting Netberekeningen".

#### **Resultaat netstabiliteit en spanningskwaliteit**

Het gekozen voorkeursalternatief wordt nog doorgerekend op het gebied van netstabiliteit en spanningskwaliteit. Hierin moeten ook de compenserende maatregelen worden meegenomen.

## 7.4 Doelmatigheid in relatie tot elektriciteitstransport

Naast dat de gekozen oplossing net-technisch moet voldoen is er ook nog de beoordeling of de onderzoeksalternatieven voldoende doelmatig zijn om het 150kV-net te kunnen versterken. De mogelijkheden voor het oplossen van de netcongestie rondom Almere zijn al beschreven in paragraaf 6.3 en de mogelijkheden bij Lelystad in paragraaf 6.4. Dit aspect betreft de doelmatigheid van de nieuwe 380kV-verbinding in relatie tot de bestaande 150kV-hoogspanningsverbindingen en de vorming van deelnetten in Flevoland. Ook op langere termijn zullen er vanwege de energietransitie uitbreidingen nodig zijn, zoals genoemd is in de 150kV netvisie van TenneT en Liander gebleken dat er een aanvullend deelnet nodig zal zijn in de buurt van Lelystad. De doelmatigheid van een alternatief heeft te maken met hoe effectief de gerealiseerde transportcapaciteit gebruikt kan worden en hoe deze in de toekomst nog ingezet kan worden.

Met betrekking tot dit onderwerp volgen deze inzichten uit de indicatieve netberekeningen:

- alle blauwe tracés die over het water gaan bieden geen mogelijkheid om als versterking te dienen voor de netversterking van het 150kV-net bij Almere en Zeewolde. Dit geldt voor Zuid-Blauw-1 en Zuid-Blauw-2;
- de blauwe tracés bieden nauwelijks mogelijkheden voor een verzwaring van het net of voor het koppelen van een nieuw 380kV-station;
- het onderzoeksalternatief Zuid-Oranje-1 loopt oostelijk en biedt ook geen mogelijkheden om het 150kV-net bij Almere en Zeewolde te versterken.

De aanvullende netberekeningen leiden tot een aantal belangrijke inzichten:

- 1 Alle doorgerekende scenario's laten zien dat de nieuwe en bestaande verbinding in 2035 al zwaar belast zijn (afhankelijk van de configuratie tussen de 70 en 90% in normale bedrijfsvoering). Dat betekent dat met name bij een voorkeursalternatief met minder doelbereik de grenzen van de transportcapaciteit in beeld komen. De belasting is namelijk op bepaalde momenten in het doorgerekende jaar zo hoog dat de grens wordt bereikt dat er geen uitval van een circuit (door storing of onderhoud) mag plaatsvinden, om nog het volledig elektrisch vermogen te kunnen transporteren over de verbindingen. In de netberekeningen zijn enkel bovengrondse alternatieven doorgerekend. Een ondergrondse verbinding beïnvloedt de transportcapaciteit negatief. Indien 380kV-verkabeling wordt voorgesteld als mitigerende maatregel, kunnen bovengrondse scenario's die al tegen de grenzen aanlopen, kritisch worden;
- 2 Het doelbereik van het voorkeursalternatief wordt sterk beïnvloed door het aantal verbindingen dat wordt aangesloten op de nieuwe stations (bijvoorbeeld alleen de nieuwe of bestaande verbinding, of juist beide verbindingen). Voor een voorkeursalternatief met voldoende doelbereik gelden daarom de volgende inzichten voor de stationslocaties:
  - 1 Beide 380kV-verbindingen tussen Diemen en Ens (bestaand en nieuw) moeten aangesloten worden op het 380kV-station Lelystad;
  - 2 De twee deelnetten in de regio Lelystad moeten op één 380 kV-station bij Lelystad worden aangesloten én zo dicht mogelijk bij de Flevocentrale (bij het huidige 380 kV-station Lelystad). Anders ontstaat er een transportknelpunt tussen beide deelnetten. De grootte van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad verandert hierdoor van 15 hectare naar circa 30 hectare. Daarmee

zijn alle zoekgebieden, met uitzondering van L-1, te klein:

- 3 De bestaande 380 kV-verbinding tussen Diemen en Ens moet in alle gevallen worden aangesloten op het 380 kV-station Almere-Zeewolde. Dit kan op locatie AZ-1 en AZ-2, nabij de bestaande verbinding. Naar aanleiding van wensen uit de omgeving moet station Almere uitgevoerd worden als combistation. Op locatie AZ-2 is met de huidige inzichten onvoldoende ruimte voor een combistation. Daarnaast heeft de locatie AZ-1 de voorkeur vanuit de omgeving voor het 150kV-station. Daarom heeft de locatie AZ-1 de voorkeur;
  - 4 Het heeft grote positieve effecten op de betrouwbaarheid en de beschikbare capaciteit van het onderliggende 150 kV-net in de regio Almere-Zeewolde om ook de nieuwe 380 kV-verbinding op het station Almere-Zeewolde aan te sluiten. Dit zorgt voor een groter doelbereik. Andersom zijn er juist grote risico's voor de betrouwbaarheid en het doelbereik als alleen de bestaande verbinding op het nieuwe station wordt aangesloten. Zowel de locatie AZ-1 als AZ-2 zouden geschikt zijn voor het aansluiten van beide verbindingen.
- 3 Het doelbereik van het voorkeursalternatief wordt sterk beïnvloed door het weerstandsverschil tussen de nieuwe en bestaande verbinding. Daarom is het nodig dat de nieuwe en bestaande verbinding een vergelijkbare weerstand hebben. Dit kan op drie manieren:
- 1 Door een nieuwe verbinding te kiezen die een vergelijkbare lengte (en daardoor vergelijkbare weerstand) heeft als de bestaande verbinding;
  - 2 Bij een nieuwe verbinding met een grotere lengte dan de bestaande verbinding kan de lengte gelijk gemaakt worden door de bestaande verbinding aan te passen en via een vergelijkbare route als de nieuwe verbinding te laten lopen waardoor de lengte vergelijkbaar is;
  - 3 Bij een nieuwe verbinding met een grotere lengte dan de bestaande verbinding kan de weerstand gelijk worden gemaakt of worden beïnvloed door compenserende maatregelen op de stationslocaties, te realiseren voor de bestaande verbinding. Voor grote weerstandsverschillen vragen de maatregelen veel ruimtebeslag en leiden ze tot hoge kosten en grote risico's voor de betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid van het hoogspanningsnet.

Welke mogelijkheden er zijn voor de verschillende tracéalternatieven wordt verder toegelicht in paragraaf 8.1.17.

## 8. Mitigerende maatregelen en optimalisaties

Hoofdstuk 8 bevat de mitigerende maatregelen. Binnen deze maatregelen is het volgende onderscheid gemaakt:

- paragraaf 8.1 betreft randvoorwaardelijke mitigerende maatregelen om een haalbaar alternatief te beoordelen en de voorgestelde technische mitigerende maatregelen voor optimalisatie van een alternatief;
- paragraaf 8.2 beschrijft de technische beoordeling van mitigerende maatregelen vanuit andere werksporen;
- paragraaf 8.3 beschrijft de beoordeling van de alternatieven met de mitigerende maatregelen.

### 8.1 (Net)technische benodigde en gewenste maatregelen

In deze paragraaf staan de mitigerende maatregelen die randvoorwaardelijk en wenselijk zijn, dat wil zeggen de maatregelen die nodig zijn vanuit techniek met als doel het creëren van een technisch zo haalbaar mogelijk alternatief.

Om geïdentificeerde technische problemen of negatieve effecten in de alternatieven te vermijden zijn er meerdere mogelijkheden om te komen tot (net)technisch realistische alternatieven:

- maatregelen te nemen op de referentielijn in het ontwerp;
- een referentielijn te verschuiven binnen de corridor;
- delen van de corridor waar een negatief effect optreedt te mijden.

Een aantal maatregelen om te voorkomen dat tracés zeer risicovol of als niet mogelijk worden beoordeeld zijn in het voortraject al gedefinieerd:

- in de onderzoeksalternatieven Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1 en Zuid-Groen-1 is in het voortraject het tracé aangepast bij de Hollandse Brug tussen het Gooimeer en het IJmeer. De inhoudelijke beoordeling is uitgevoerd op het de nieuwe referentielijn, zie de teksten bij deze alternatieven;
- bij de Ramspolbrug over het Ramsdiep en de Ramsgeul bleek een bovengrondse lijn niet mogelijk en is op voorhand al een kabeldeel in het tracé toegevoegd. Dit is aan de orde bij Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2. Zie de verklaring bij de betreffende tracé beoordelingen en een toelichting is ook te vinden in het alternativedocument. Hiermee is de problematiek overigens niet geheel opgelost en zijn de noordelijke oranje tracés als Niet Acceptabel beoordeeld (zie toelichting bij beoordeling);
- bij de kruisingen met 380kV met de bestaande verbinding resulteert het omzwaaien tot technisch zeer hoog risico omdat de verbinding dan bestaat uit verschillende mastenfamilies, zie paragraaf 3.3.3. Dit leidt tot asymmetrie die van geval tot geval in detail moet worden onderzocht. Naast deze onderzoeken vergt het realiseren van een ommezwaai complexe VNBs waarbij het verkrijgen van VNBs voor de bestaande lijn moeilijk zal zijn.

Daarnaast zijn er tracés waarbij in de beoordeling is geconstateerd dat deze niet haalbaar zijn en kunnen er maatregelen worden gedefinieerd.

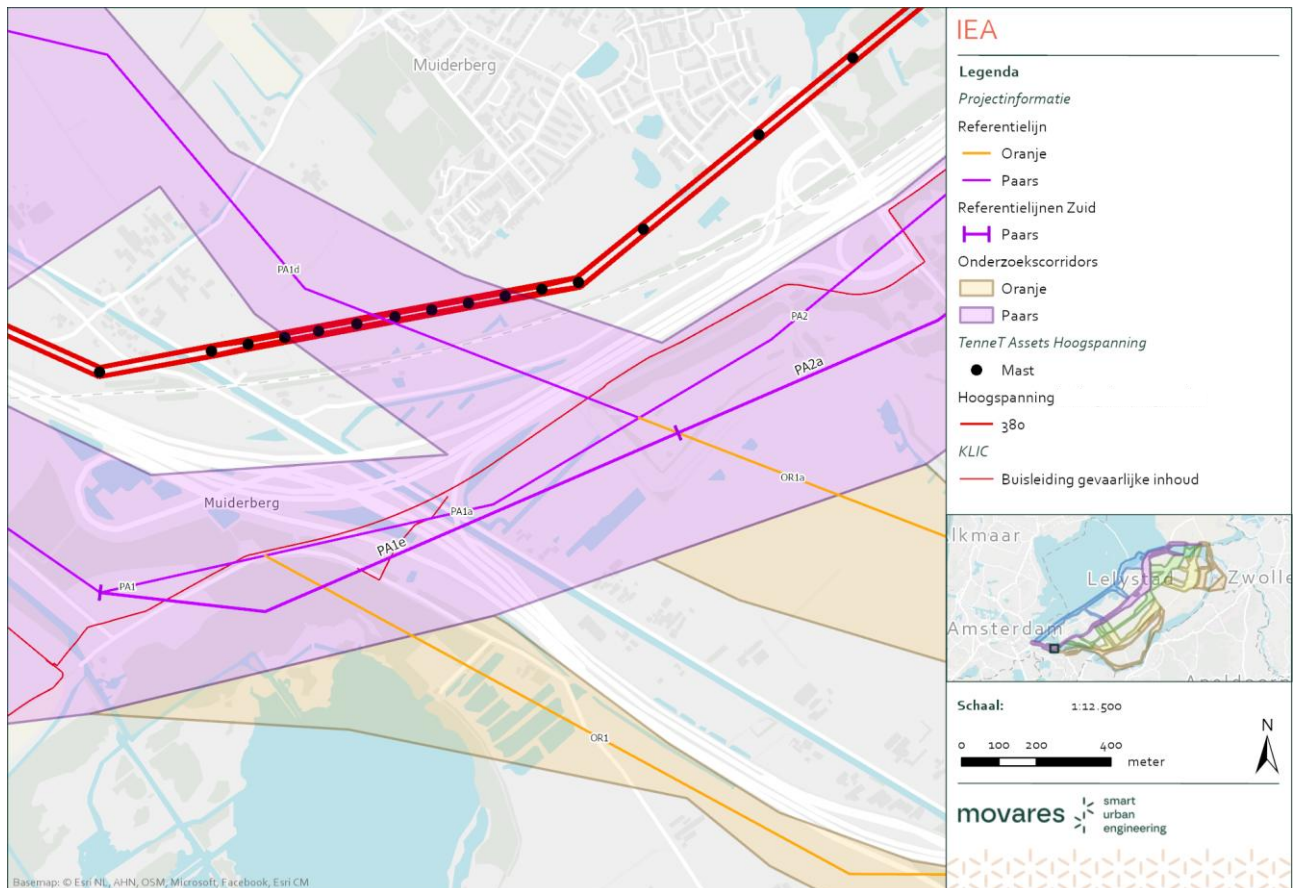
### 8.1.1 Zuid-Paars-2

Zoals beschreven in de toelichting op de beoordeling van tracé Zuid-Paars-2, zijn de tracédelen PA1a, PA2 en PA3 gewijzigd in PA1e, PA2a en PA3a, vanwege een onacceptabel conflict met een buisleiding gevaarlijke stoffen parallel aan de snelweg A6 naast de Hollandse brug. Het traceren van de nieuwe lijn bovenop de bestaande hoofdgasleiding van de Flevopolder is niet mogelijk. Het verplaatsen van deze hoofdgasleiding van Gasunie (W-533-19) is een mitigerende maatregel. Deze maatregel is echter zeer complex vanwege:

- de lengte van de gasleiding in conflict met de beoogde lijn is circa 9 km;
- de omvang van de gasleiding, namelijk een diameter van 50 centimeter met een druk van 40 bar;
- de positionering van de gasleiding onder andere door de kruising van het Gooimeer;
- de raakvlakken met stakeholders zoals onder andere RWS en ProRail;
- het belang van deze hoofdgasleiding voor de Flevopolder;
- mogelijke fysieke belemmeringen met de voormalige stortplaats de Lepelaar.

Deze complexe situering creëert voor TenneT grote risico's, waaronder het risico in de doorlooptijd en daarbij het behalen van de beoogde projectdoelstellingen. Dit naast het complexe raakvlak met het verplaatsen van deze hoofdgasleiding en eventuele gevolgen voor de Gasunie. Hierdoor hebben de tracédelen PA1a, PA2 en PA3 'niet mogelijk' als beoordeling, zoals beschreven in paragraaf 5.2.4. Het uitgangspunt voor het traceren is dat aanpassingen aan bestaande assets daar waar mogelijk vermeden worden. Daarom is er gekeken naar het verschuiven van de beoogde referentielijn. Zoals te zien in figuur 8-1 en 8-2 is er binnen de paarse corridor voldoende ruimte voor verschuiving. Daarmee is deze verschuiving randvoorwaardelijk voor de haalbaarheid van dit alternatief en is hier daarom opgenomen. De beoordeling techniek in paragraaf 5.2.4 is gebaseerd op de gewijzigde tracédelen PA1e, PA2a en PA3a (het onderzoeksalternatief met deze tracédelen is daar Zuid-Paars-2\* genoemd).

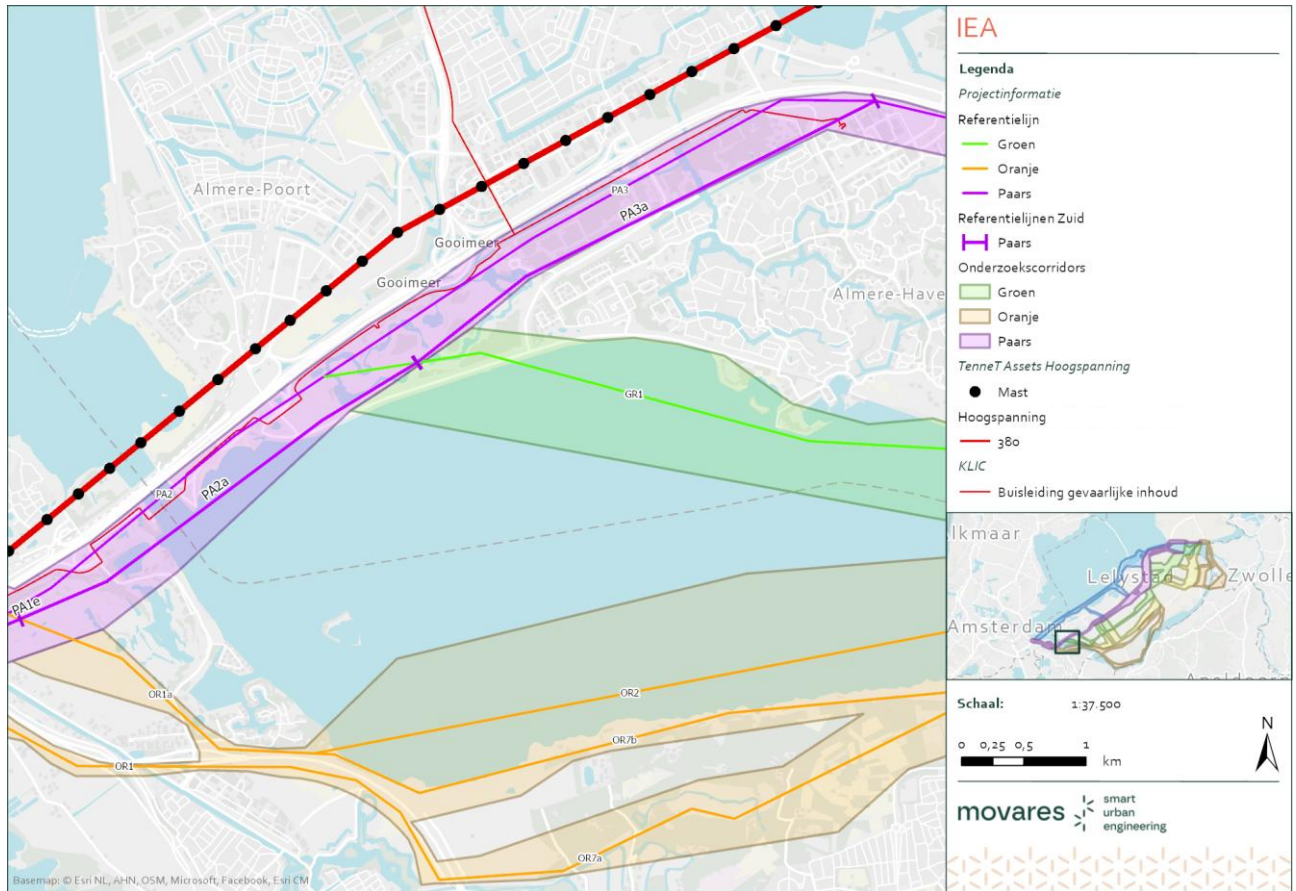
Tracédelen PA1a en PA1e kruisen de A1 aan de oostzijde van knooppunt Muiderberg.



Figuur 8-1: Tracédelen PA1a en PA1e

De kruising van tracédeel PA1a met de A1 resulteert in een zeer hoog risico voor de technische maak- en haalbaarheid. Voor dit tracé kan geen oplossing worden gevonden binnen de standaard veldlengte van 400 meter, waardoor een maatwerk oplossing nodig zou zijn met een ongebruikelijk grote veldlengte van ca. 700 meter en masten die qua hoogte ver buiten de range van standaard masten vallen (in de orde van 130 meter hoog). PA1a is daarmee vanuit technisch oogpunt geen realistische optie. De grote afstand die benodigd is wordt veroorzaakt door een combinatie van de breedte van het knooppunt op deze lijn en de aanwezige buisleidingen voor gevaarlijke stoffen.

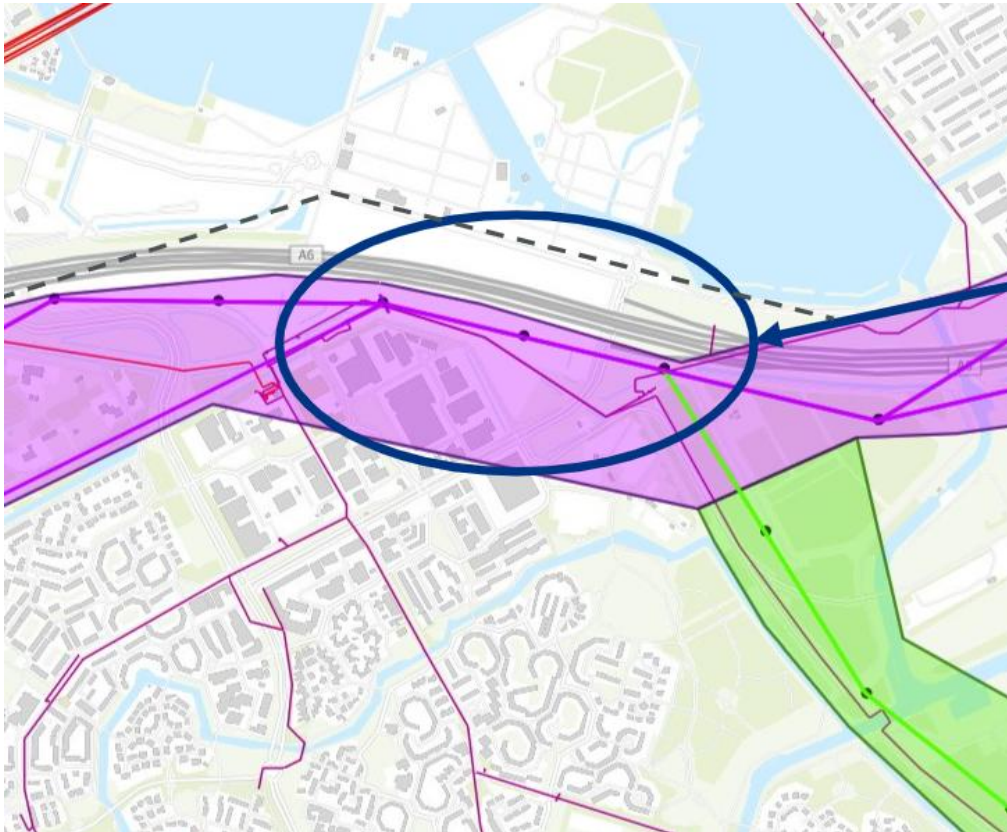
De kruising van PA1e met de A1 lijkt technisch goed haalbaar binnen de uitgangspunten voor standaard veldlengte met verhoogde Moldau masten van ca. 65 meter hoogte (masttype S+6/s), zonder dat de masten te dicht bij de rijksweg zouden komen. Aangezien het om een buisleiding met gevaarlijke stoffen gaat is er ook voldoende afstand (75 meter) nodig van de masten tot de buisleiding m.b.t. externe veiligheid, hierdoor is mogelijk nog een optimalisatie noodzakelijk. Aandachtspunt voor de milieueffectbeoordeling is dat de locatie van de hoekmast op de geschetste referentielijn zich in een N2000 gebied bevindt. Om het N2000 gebied te vermijden voor dit tracédeel lijkt een alternatieve tracering mogelijk binnen de corridor middels één of twee extra hoekmasten, waardoor een knik in het tracé ontstaat.



Figuur 8-2: Tracédelen PA2 en PA2a / PA3 en PA3a

### 8.1.2 Tracé Zuid-Paars-1 en Zuid-Paars-2

Nabij de deeltracés PA3/PA4 bevinden zich hogedruk gasleidingen van Alliander. In onderstaande figuur is te zien dat een hoekmast is gepositioneerd op een leiding.



*Figuur 8-2: Hogedruk gasleiding ten opzichte van PA3 en PA4. Stippellijn is mogelijk alternatief tracé.*

Het raakvlak tussen het tracéalternatief en twee hogedruk gasleidingen betreft stalen leidingen met een polyethyleen coating.



Figuur 8-3: Mogelijke mastposities met contouren (straal 50 meter) rondom masten.

De 8 bar hogedrukleiding met een diameter van 32 centimeter is zeer moeilijk te verleggen. Deze kan niet zomaar tussen gebouwen worden gelegd in verband met grote veiligheidsafstanden tot gebouwen. De veiligheidsstrook rondom gasleidingen is 5 meter. Verleggen onder de rijksweg door is erg moeilijk in verband met eisen die Rijkswaterstaat stelt.

Daarnaast wordt de afstand mede bepaald door de (beperking van de) beïnvloeding, zoals generiek uitgelegd in paragraaf 3.3.6. Er dient rekening gehouden te worden met de volgende effecten:

- **inductieve beïnvloeding.** Dit is waarschijnlijk relatief goed te mitigeren. Er is hier sprake van een stalen buisleiding (met PE-coating), dus hier ontstaat inductieve beïnvloeding. Om dit te mitigeren - te zorgen dat de spanning binnen de veiligheidsnormen blijft - kan er AC-drainage worden toegepast. AC-drainage is een techniek die wordt toegepast om de ongewenst opgewekte wisselstromen (AC) in de buisleiding veilig af te voeren. Hierbij geeft Liander aan dat zij in dat geval wel verificatie van de hoogte van de aanraakspanningen willen middels metingen. Dit is mogelijk middels meetpalen. Omdat er nu nog geen AC-drainages zitten is waarschijnlijk wel ruimte om dit toe te passen en is de mitigerende maatregel haalbaar;
- **weerstandbeïnvloeding.** Dit is moeilijk te mitigeren met technische maatregelen. De potentiaalrechter van de betreffende mast dient niet te overlappen met de stalen leiding (zie bovenstaande figuur). De effectiefste manier om eventueel weerstandsbeïnvloeding op te lossen is door afstand. Detail berekeningen worden pas in een latere fase uitgevoerd, daarom bestaat er een risico dat het tracé later aangepast moet worden in de afstand kleiner is dan 50 meter. Door te zorgen voor een afstand groter

dan 50 meter wordt voldaan aan de criteria uit de norm. Volgens NEN 3654 is er buiten een **straal van 50 meter** geen vervolgstap nodig. Echter zal in een later stadium alsnog de grootte van de potentiaaltrechters van de lijnverbinding berekend dienen te worden.

Daarnaast moet er ook rekening worden gehouden met externe veiligheid. De verbinding mag de faalkans van buisleidingen gevaarlijke stoffen niet verhogen en zodoende moet worden voorkomen dat een dergelijke buisleiding wordt geraakt bij het falen van een mast, dit kan door rekening te houden met het omvalcriterium, zie paragraaf 3.2.6. Dit komt neer op ca. 75 meter voor een standaardmast van 58 meter hoogte. Voor verhoogde masten zal dit meer zijn.

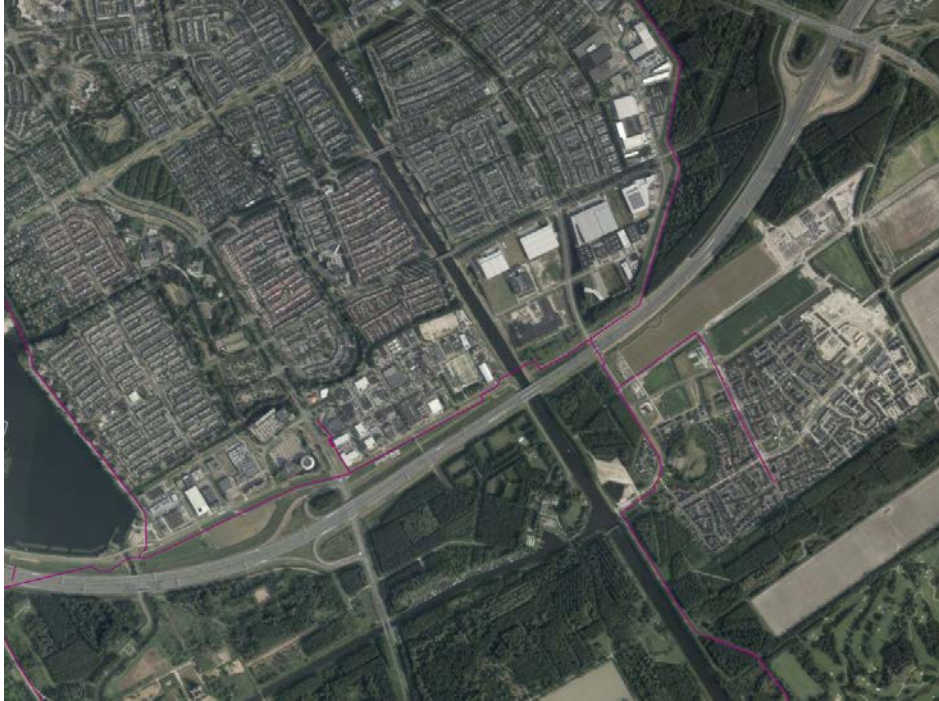
### **Beoordeling**

Op basis van de indicatieve hoekmastlocatie in Figuur 8-3 is de beoordeling dat hier een groot technisch risico ligt met de hoge druk buisleiding dat onderzocht moet worden of dit risico oplosbaar is door het verplaatsen van mastposities en/of het tracé. Liander geeft aan dat het verleggen van de buisleiding zeer uitdagend zal zijn: dit brengt hoge kosten met zich mee en de doorlooptijd wordt significant verlengd waardoor de doelstelling voor IBN waarschijnlijk niet gehaald wordt.

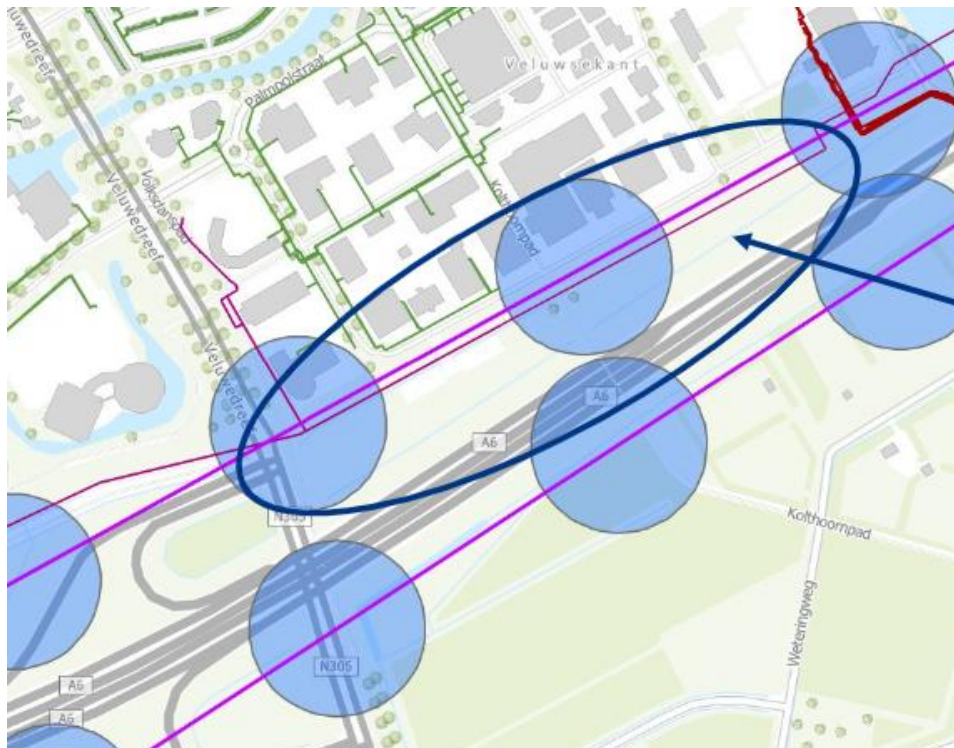
### **Mitigatie**

Het weergegeven tracé moet nog geoptimaliseerd worden voor mastposities en masthoogtes, waarbij de weerstandsbeïnvloeding binnen de normen blijft. Hierbij moet mogelijk worden afgeweken van de standaard veldlengte en/of masthoogte. Dit moet nog verder worden uitgewerkt en indien technisch toepasbaar integraal worden afgewogen. De verwachting is dat er een oplossing gevonden kan worden. Het risico voor de technische maak- en haalbaarheid blijft ook met inachtneming van deze potentiële optimalisatie zeer hoog.

### 8.1.3 Tracé Zuid-Paars-1 (Deeltracé PA4a)



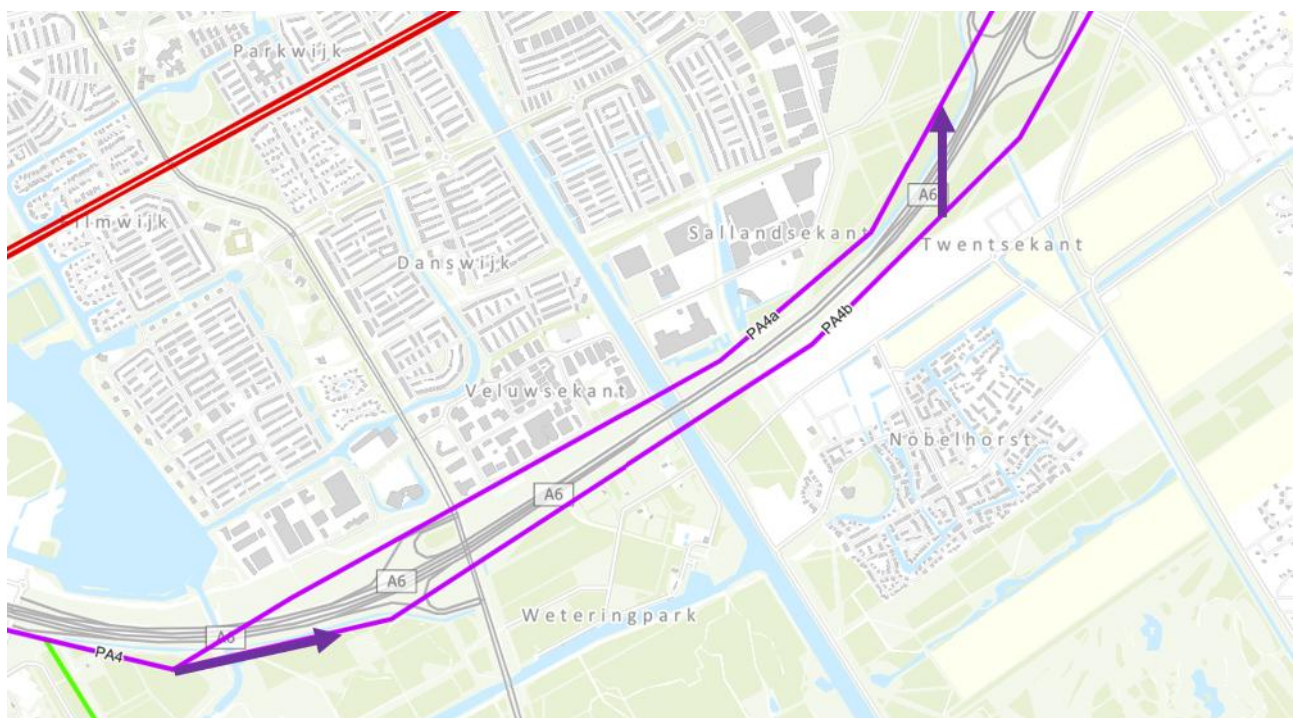
Figuur 8-4: HD-gasleiding (paars/roze lijn) diepte onder maaiveld 1m, diameter 27,3 en 32,4 centimeter



Figuur 8-5: Tracélijnen (paars) Rondom de mogelijke mastposities zijn cirkels getekend met een straal van 50 meter.

Er loopt een hogedrukgasleiding met een diameter van 32 centimeter in dezelfde strook zoals te zien in de bovenstaande figuren. Deze leiding loopt over kilometers parallel op een zeer korte afstand. Er is in het gebied weinig ruimte (50 – 90 meter) tussen de gasleiding en de snelweg waardoor er geen 50 meter afstand gehouden kan worden tussen masten en de leiding. De benodigde afstand voor de potentiaaltrechter is conform de NEN 3654 minimaal 50 meter en daarnaast is 35 meter afstand nodig vanaf de hartlijn van het tracé tot de zijkant van de snelweg. Op deze locatie liggen ook meerdere MS-kabels. Om de mastvoeten te kunnen realiseren, moeten deze kabels worden verlegd, wat gezien het grote aantal een uitdaging vormt. Het verleggen van de gasleiding is geen optie in dit bebouwd gebied. Dit deeltracé (PA4a) leidt daarom tot de beoordeling dat dit onderzoeksalternatief niet mogelijk is.

Een oplossing voor het genoemde knelpunt kan mogelijk worden gevonden in de combinatie met de andere paarse tracévariant. Door het betreffende deel van PA4a te vermijden en daar ter plaatse het tracé deels PA4b te laten volgen, kan het conflict worden vermeden. Zie onderstaande afbeelding voor een voorstel. De oversteek over de A6 is indicatief. Dit voorstel betreft echter feitelijk een andere variant van het onderzoeksalternatief en geen mitigatie van het onderzoeksalternatief dat ter beoordeling ligt. Het nieuw voorgestelde alternatief zal integraal beoordeeld moeten worden: daarom wordt deze suggestie niet opgenomen als mitigatie vanuit techniek, maar als suggestie voor combinatie van varianten in het hoofdrapport IEA.



Figuur 8-6: Tracélijnen (paars) PA4a en PA4b

### 8.1.4 Zuid-Groen-1

Nabij tracédeel GR3 loopt een buisleiding op gemiddeld 120 meter afstand, maar op een bepaald stuk op circa 40 meter afstand. Om grote beïnvloedingsproblemen te voorkomen is het wenselijk om meer afstand met de buisleiding te creëren. Dit kan door het tracé te verplaatsen naar het zuidoosten om binnen de corridor de afstand zo groot mogelijk te maken, zoals ingetekend met de stippellijn in de onderstaande figuur. Er lijkt voldoende ruimte te zijn om het tracé binnen de corridor circa 50 meter te verschuiven.



Figuur 8-7: Deeltracé GR5 met nabijgelegen buisleiding en mogelijk mitigerend tracé (stippellijn).

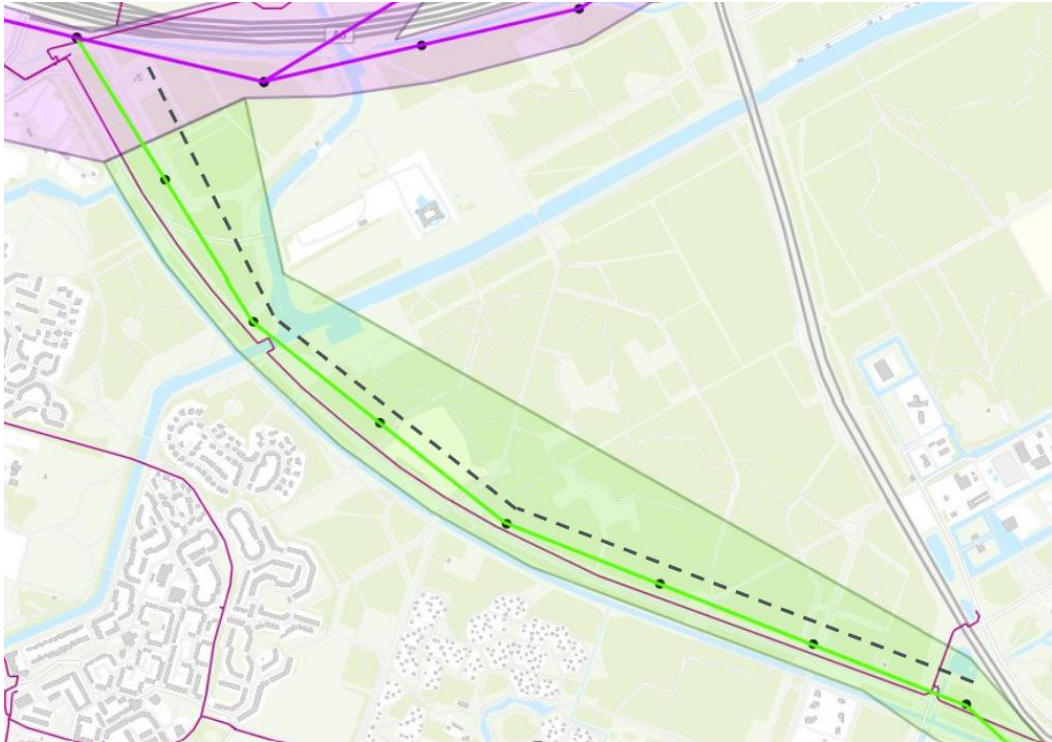
Bij deeltracé GR5 loopt een buisleiding over ongeveer 7 km parallel op een afstand van gemiddeld 140 meter. Ook hier is het wenselijk om de referentielijn te verplaatsen richting zuidoosten om meer afstand tussen buisleiding en tracé te realiseren.



Figuur 8-8: Tracédeel GR5 met nabijgelegen buisleiding.

### 8.1.5 Zuid-Geel-1

Bij deeltracé GR7 loopt er een hogedruk gasleiding parallel voor 5 km op vaak minder dan 100 meter één mast staat op ongeveer 30 meter van een buisleiding. De eerste mast, zichtbaar linksboven in de onderstaande figuur, is gepositioneerd direct boven een buisleiding. Om te voorkomen dat dit gaat leiden tot een onacceptabel probleem dient de tracélijn te schuiven naar het noorden. Bij voorkeur zo ver mogelijk, minimaal 50 meter. Een mogelijk alternatief tracé is ingetekend met een stippellijn in de onderstaande figuur.



Figuur 8-9: Tracédeel GR7 met nabijgelegen buisleiding en mogelijk mitigerend tracé (stippellijn).

### 8.1.6 Zuid-Geel-1

Deeltracé GE5 ligt ingeklemd tussen bebouwing en een hogedrukgasleiding met een diameter van 11 centimeter. Tussen de bebouwing en de hogedruk gasleiding is slechts 90 meter beschikbare ruimte. Voor zowel HS-tracé als de gasleiding is er geen mogelijkheid tot schuiven omdat deze liggen tussen een vaart en de bebouwing. Het referentietracé valt hier samen met de 150kV-lijn. Het verkabelen van de 150kV-lijn is randvoorwaardelijk voor dit alternatief. In een later stadium moet EMC-onderzoek uitwijzen in hoeverre de weerstandsbeïnvloeding op de hogedruk gasleiding en het effect op de aarding van elektrische installaties in de gebouwen opgelost kan worden. Om te voldoen aan de spanningsafstanden ten opzichte van de bebouwing, is het waarschijnlijk noodzakelijk om hogere masten toe te passen.

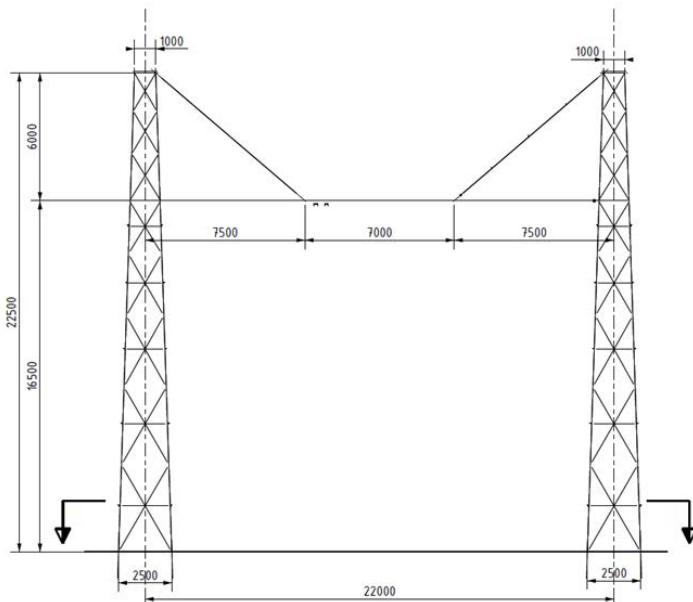


Figuur 8-10: Tracédeel GE5 inclusief nabijgelegen buisleiding, gelegen tussen een vaart en bebouwing.

### 8.1.7 Zuid-Geel-1

Ten noordwesten van het tracé staat een antennepark van Defensie en vanwege de zichtlijnen van de radar is er in de gehele corridor een hoogtebeperking. Op de tracélíjn is dat een hoogtebeperking van ongeveer 40 meter. Met deze hoogtebeperking is het niet meer mogelijk om de lijn te realiseren met Moldau masten. Bij het verkorten van de veldlengte tot circa 250 meter kan een Moldau mast worden toegepast die 6 meter lager is dan de veelvoorkomend standaard S+0. De mast S-6 heeft een hoogte van 52 meter en is nog te hoog.

Een mogelijke oplossing voor het voldoen aan de hoogtebeperking is het toepassen van portalen. Bij portalen hangen de geleiders naast elkaar in plaats van boven elkaar. Onderstaande figuur met een dwarsprofiel van een portaal maakt dat zichtbaar. De bouwhoogte is dan beperkt tot ongeveer 23 meter. De afstand tussen de portalen bedraagt 100 meter. Dit geeft een heel ander landschappelijk beeld dan masten die normaal op een afstand van 400 meter staan.



Figuur 8-11: Schets van de hoofdafmetingen van een portaal voor één circuit.

Indien vanwege de beperking in hoogte toch al gekozen moet worden voor portalen, is er ook de mogelijkheid om het tracé te verschuiven in noordwestelijke richting.

### 8.1.8 Zuid-Oranje-2

Nabij deeltracé OR8 loopt een hogedrukgasleiding van Liander parallel voor 2 km. Deze buisleiding heeft een diameter van 6,3 centimeter en de afstand tot het tracé is gemiddeld 50 meter, maar op sommige plekken 30 meter. Meer naar het noordoosten is de diameter 11 centimeter. Hier is het wenselijk om het hoogspanningstracé te verleggen naar het zuidoosten.



*Figuur 8-12: OR8 inclusief nabijgelegen buisleiding.*

### 8.1.9 Noord-Groen-1 en Noord-Groen-2

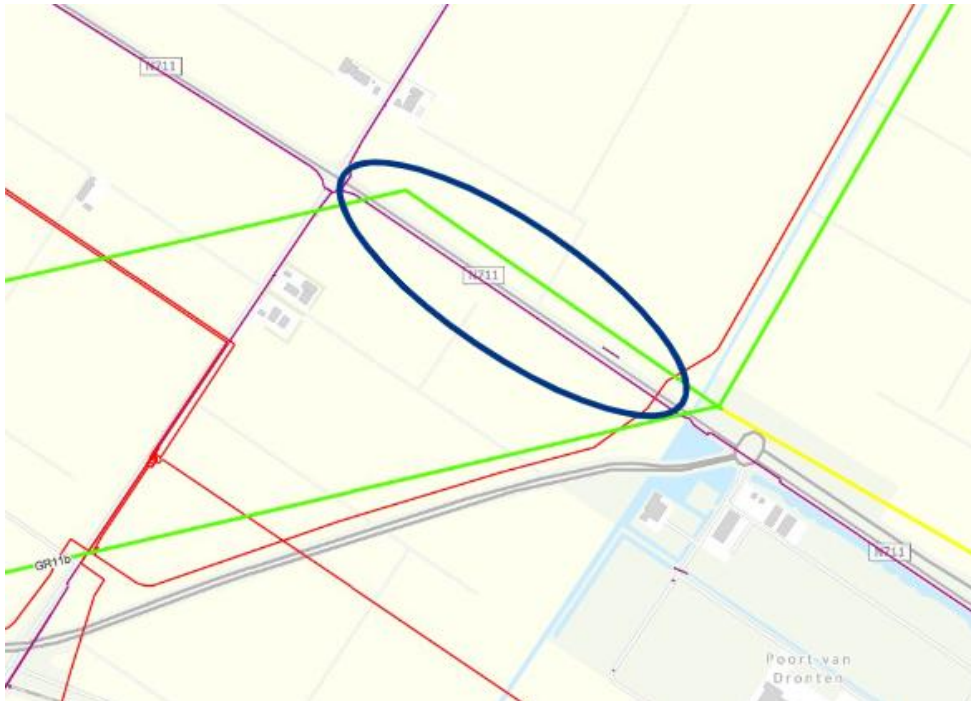
Een buisleiding van Gasunie met een diameter van 61 centimeter ligt te dicht bij de deeltracés GR11b en GR12. De parallelloop is namelijk 1,5 en 1,3 km op een afstand van 80 meter. In deze situatie dient het tracé te worden verplaatst om het hoge risico te verminderen. Bij GR11b naar het noorden en bij GR12 naar het westen, zoals ingetekend met de stippellijn in de onderstaande figuur.



Figuur 8-13: GR11b en GR12 met nabijgelegen buisleidingen en mitigerend tracé.

### 8.1.10 Noord-Groen-1 en Noord-Geel-1

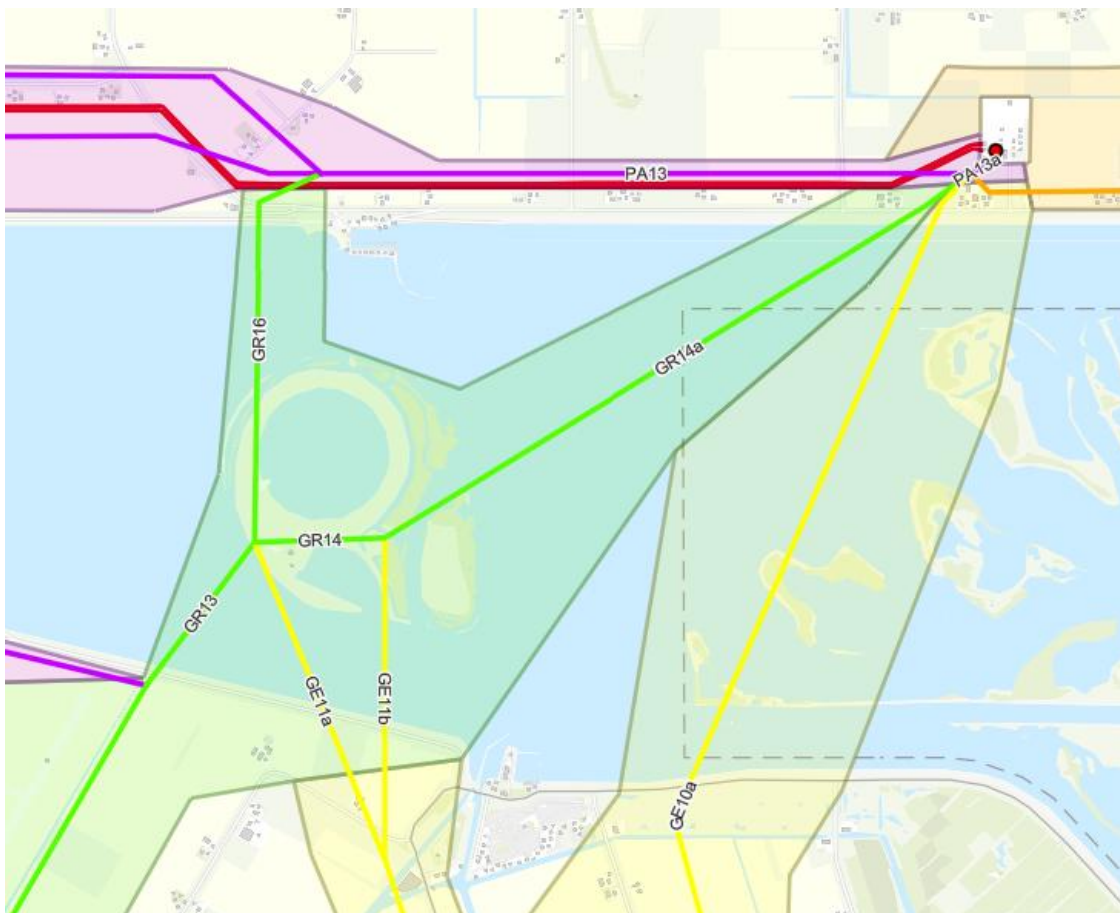
Er loopt een gasleiding over 1 kilometer parallel aan deeltracé GR15. De afstand tot het deeltracé is 80 meter. Deze gasleiding heeft een diameter van 6,3 centimeter. Het is wenselijk om het tracé meer naar het noorden te verplaatsen. Bij Noord-Geel-1 loopt het conflict nog verder door omdat GR15 overloopt in GE13 en daardoor is de totale parallelloop 2,5 km.



Figuur 8-14: OR15 met parallelloop aan nabijgelegen buisleiding.

### 8.1.11 Noord-Groen-1, Noord-Groen-2, Noord-Geel-2, Noord-Paars-2

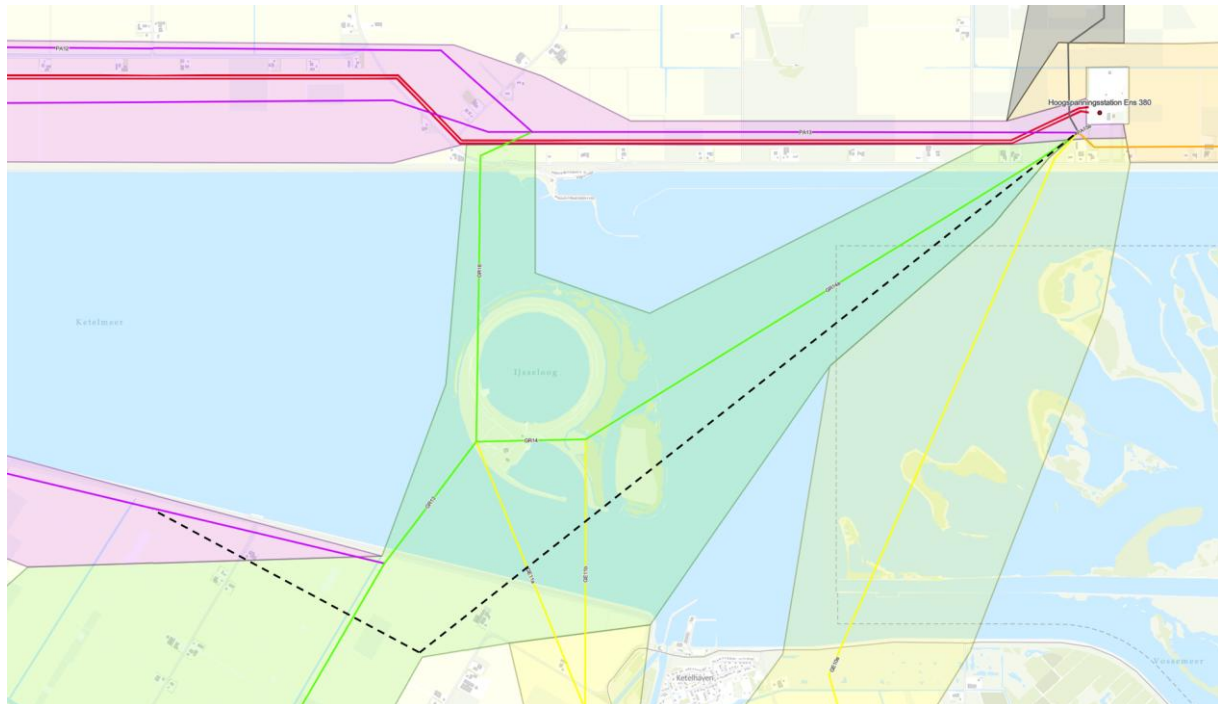
Er zijn meerdere deeltracés die via het IJsselooog lopen. In hoofdstuk 5 is geconstateerd dat trasering via GR13 en GR16 niet mogelijk is. In een verdiepende variantenstudie ten behoeve van deze deeltracés (genaamd ‘Verdiepende analyse trasering rond Schokland en het Ketelmeer’) zijn meerdere varianten via het IJsselooog onderzocht maar deze zijn allemaal beoordeeld met een onbeheersbaar risicoprofiel vanwege het munitie houdend slibdepot in het IJsselooog. Het functioneren van het systeem van het slibdepot wordt aangetast zodra er masten op IJsselooog zelf worden geplaatst. Hiermee wordt ook de bedrijfsvoering van het IJsselooog gehinderd.



Figuur 8-15: Beoordeelde tracés over het Ketelmeer (waarbij de deeltracés GR (Groen), GE (Geel), PA (Paars) en in rood de bestaande verbinding LLS-ENS-380).

#### **Verkenning mitigerende maatregel tracé via Hanzeplaat**

Er is daarom gekeken voor de combinatie van GR13 en GR14 of een tracé dat het ketelmeer oversteekt via de Hanzeplaat – een eiland ten zuidoosten van het IJsselooog – haalbaar is.. Trasering via het IJsselooog wordt daarbij vermeden, zoals ingetekend in Figuur 8-16.



Figuur 8-16: Voorstel voor wijzigingen in de tracés over het ketelmeer, stippellijnen.

Bij dit alternatief zou het voordelig zijn als de hoekmast, ten behoeve van het intrekken van de lijnen, op het bestaande eiland (de Hanzeplaat) geplaatst kan worden. De afstand over water vanaf de Hanzeplaat richting station Ens is echter langer dan 4 km, wat groter is dan de maximale geleiderlengte die standaard toepasbaar is. Bij een geleider van meer dan 4 km is er extra complexiteit van productie, transport en installatie van benodigde geleiders.

Een meer westelijke aanlanding bij Schokland biedt geen soelaas, gezien de aanlanding dan sterk wordt gecompliceerd, zo niet onmogelijk gemaakt, door de kruising met de bestaande 380kV-lijn. Bij de oversteek van het Ramsdiep is een grote overspanning benodigd tussen de masten, om de beschermingszones van de dijk te kunnen vermijden. Deze overspanning is groter dan de standaard veldlengte. Het gevolg van een dergelijke afwijking is, dat er significant hogere masten en nieuwe mastkoppen ontwikkeld moeten worden. Dit resulteert in langere doorlooptijden en vormt daarmee een groot risico dat het knelpunt niet tijdig – vóór het knelpunt of zo dicht mogelijk bij – opgelost wordt. Daarnaast is er bij dit relatief lange tracé over water een hoog risico voor de leveringszekerheid, onderhoudbaarheid en technische haalbaarheid.

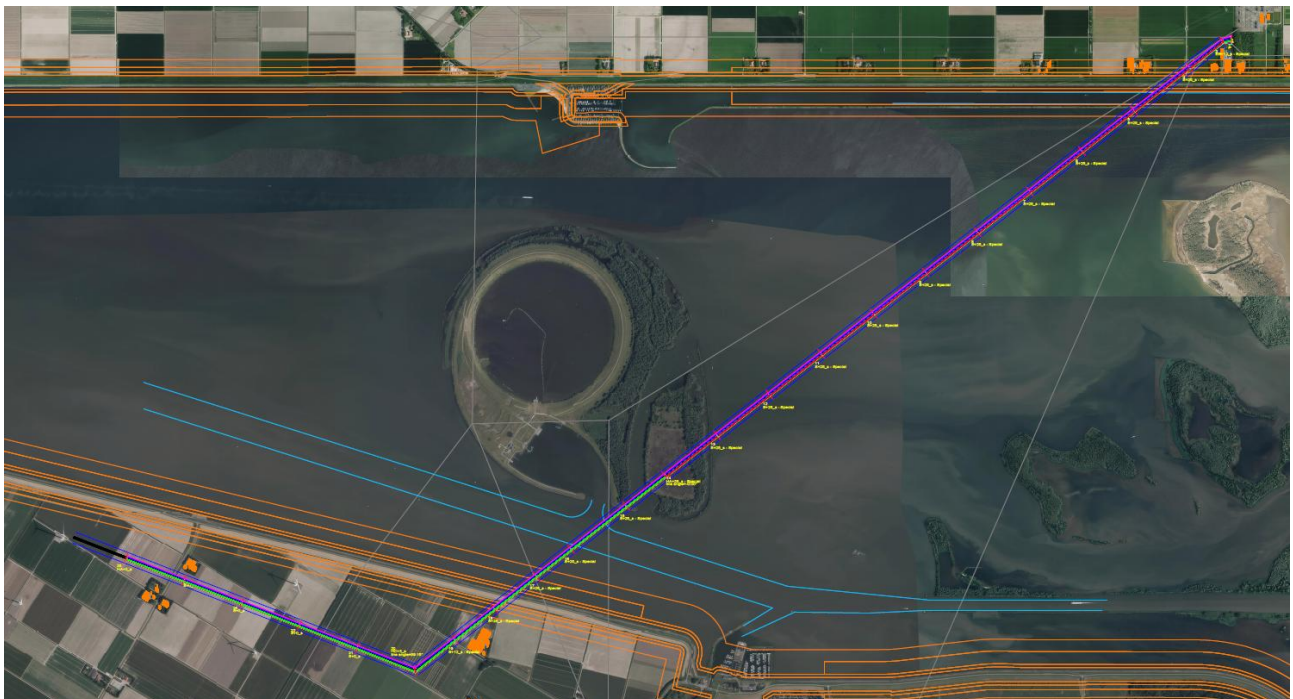
Voor de onderzoeksalternatieven in de groene corridor die via het westelijk deel (via tracédeel GR16) van IJsselmeer traceren, Noord-Groen-1 en Noord-Geel-2, wijken de nieuw voorgestelde tracédelen dusdanig ver af van de referentielijnen, dat er feitelijk geen sprake meer is van mitigatie maar van een geheel nieuwe variant van het onderzoeksalternatief. Aanpassing van het tracé via de Hanzeplaat heeft voor deze onderzoeksalternatieven bovendien effect op de vervolging van het tracé, dat dan niet meer via PA13 door Schokland loopt. Voor de tracés die vanaf IJsselmeer direct oversteken naar Ens, Noord-Paars-2 en Noord-Groen-2, is dit niet het geval en kan men wel spreken van mitigatie.

Het onderzoeksalternatief dat via de gele corridor het Ketelmeer oversteeft, Noord-geel-2, wijkt eveneens te ver af van de nieuw voorgestelde tracédelen via Hanzeplaat, om hier logisch op aan te kunnen sluiten en van mitigatie te kunnen spreken. De risico's die geïdentificeerd zijn in onderstaand aanvullend onderzoek naar de haalbaarheid van een lange oversteek van het Ketelmeer, zullen echter ook van toepassing zijn bij het onderzoeksalternatief via de gele corridor. Hier betreft het immers ook een verbinding met een groot aantal masten in het water, waarbij er bovendien hoekmasten benodigd zijn op eilanden of in het water.

#### **Aanvullend onderzoek tracé via Hanzeplaat**

Het concept-hoofdrapport IEA dat in 2024 is gepubliceerd, constateerde dat er voor het laatste deel van het tracé richting Ens, op basis van toenmalig beschikbare informatie, geen tracés met een beheersbaar risicoprofiel waren. Daarom is voorgesteld om de mitigerende maatregelen voor twee tracés verder uit te werken in een verdiepingsslag, om ruimte te kunnen vinden. Dit betreft een tracé via de Ketelbrug (beschreven in 5.1.2 en 5.1.10, Noord-Paars-1 en Noord-Grijs-1) en bovenstaand tracé via de Hanzeplaat.

De oostelijke kruising van het Ketelmeer via Hanzeplaat, is verder uitgewerkt tot een schetsontwerp om meer duidelijkheid te krijgen over de risico's voor leveringszekerheid, technische haalbaarheid en doorlooptijd. Figuur 8-17 toont een bovenaanzicht van dit schetsontwerp.



*Figuur 8-17. Uitwerking oostelijke kruising van het Ketelmeer via Hanzeplaat*

Om een vergelijking te kunnen maken voor een integrale afweging, zijn de risico's geïdentificeerd van zowel de oostelijke kruising, als van een kortere oversteek, zoals bij de westelijke kruising (richting Ketelbrug) van het Ketelmeer bij Noord-Paars-1 en Noord-Grijs-1. In onderstaande tabel staan de geïdentificeerde technische risico's van de oostelijke kruising via Hanzeplaat, met een korte toelichting. Een

meer uitgebreide toelichting is opgenomen in de tekst na de tabel. De effecten op kosten en veiligheid worden niet in dit deelrapport beschreven.

criterium	Risico-verhogende aspecten	Risico	Toelichting
Leveringszekerheid en beheer- en onderhoudbaarheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geen noodverbinding mogelijk</li> <li>- Veel masten in het water</li> <li>- Spreiding van masten op het Ketelmeer</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grotere kans op storingen door risico op aanvaringen, complex beheer: lagere betrouwbaarheid</li> <li>- Langere hersteltijd bij storingen door slechte bereikbaarheid: lagere beschikbaarheid</li> </ul>
Technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 masten in het water</li> <li>- 3 afwijkende masttypes</li> <li>- Slecht bereikbare afspanmast op de Hanzeplaat</li> <li>- Afwijkende geleiderlengte</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Langere doorlooptijd en hogere kosten door verhoogd risico bij ontwerp en realisatie</li> <li>- Langere doorlooptijd vanwege te ontwikkelen extra hoge masten (eindmast, steunmast en hoekmast) en nieuwe mastkoppen</li> </ul>
Totaal risicoprofiel			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Onbeheersbaar risico</li> </ul>

Tabel 8-1. Risico-verhogende technische aspecten en toelichting voor kruising van het Ketelmeer via Hanzeplaat

*Toelichting risico-verhogende aspecten*

Alle tracés over het Ketelmeer vereisen een afwijking op de standaard moldau mastenfamilie. Dit komt onder andere door het andere windgebied “Coast” en de doorvaarthoogte van 30 meter over het gehele Ketelmeer, hiervoor zullen zogenoemde specials ontworpen worden. Er zijn wel significante verschillen in de hoeveelheid specials die nodig zijn per tracé. De westelijke kruising vraagt hoogstwaarschijnlijk maar één extra (verhoogde) mast, waar bij de oostelijke kruising via de Hanzeplaat de ontwikkeling van minimaal drie extra masten nodig is, met zowel eindmasten, hoekmasten als steunmasten. Deze ontwerpogave zal meerdere jaren duren en heeft daarmee grote impact op de **doorlooptijd** en de beschikbare engineeringcapaciteit.

Bovengenoemde **afwijkingen op de standaard masten** komen voort uit de lange afstand over het water en de situatie ter plaatse van de aanlanding bij Ens en worden hierna kort toegelicht. Omdat de lengte van de kruising over het Ketelmeer (in totaal 5,1 km lang), langer is dan 5 km, vereist de normering dat ergens in de kruising een afspanmast moet komen (de maximale afstand tussen afspanmasten bedraagt 5 km volgens NEN-EN 50341-2-15). In het schetsontwerp is de afspanmast geprojecteerd op de Hanzeplaat. Op het water staan verhoogde steunmasten met een langere veldlengte dan standaard (>400 meter), om de lange diagonale oversteek bij het Ramsdiep te kunnen maken. Daarnaast is voor de aanlanding bij ENS380 een speciale eindmast nodig om snel te kunnen dalen naar de juiste hoogte om in te lussen op het station.

Zodoende dienen er minimaal drie extra masttypes ontwikkeld te worden.

Naast de afwijking op de standaard masten is ook de overspanning van de Hanzeplaat tot de eerstvolgende afspanmast (4,1 km) in de Noordoostpolder te lang om met de standaard geleider te maken. De **maximale geleiderlengte** is 2,4 km. Een oplossing hiervoor is het gebruik van een andere (langere) geleider, maar bij een geleider van meer dan 4 km is er extra complexiteit van productie, transport en installatie van benodigde geleiders. Een alternatief is een persverbinding, die wordt gebruikt om twee geleiders aan elkaar te persen zodat er één langere geleider gemaakt wordt. Een persverbinding verhoogt echter de faalkans.

De **bereikbaarheid van de masten** op het water is slecht wat het onderhoud complex maakt. Masten op water hebben bovendien meer onderhoud nodig door extremere omstandigheden zoals een aquatische omgeving en vogelpoep. De totale operatie zal langer duren dan bij een kortere oversteek, waardoor er ook meer hinder plaatsvindt op het Ketelmeer.

De **afspanmast op de Hanzeplaat** heeft aanzienlijke risico's in verband met het intrekken van de geleiders. Deze afspanmast is lastig te bereiken en juist bij de afspanmasten vinden meer activiteiten plaats dan bij reguliere steunmasten. Denk hierbij aan het vervangen van de isolatorkettingen, het op spanning brengen van de geleiders of het vervangen van de geleiders.

Er is een grotere kans op **storingen** en ongeplande reparaties door meer masten op het water. De kans op aanvaringen met de mast of geleider zal groot zijn door de spreiding van masten over het gehele Ketelmeer. Bovendien worden er twee vaargeulen gekruist waardoor er meer kans is op aanvaringen. Door de langere oversteek zijn de masten minder goed bereikbaar en er moet rekening worden gehouden met activiteiten op het slibdepot IJsselooog.

De kans dat een risico voor het beheer en onderhoud en leveringszekerheid voorkomt stapelt met het **aantal masten dat in het water staat**. De westelijke kruising bevat 3 masten in het water. De oostelijke kruising heeft circa 12 masten in het water daarbij is de kans het grootst dat één van de eerdergenoemde risico's optreedt. In het geval van een storing is een **noodverbinding** op het Ketelmeer niet mogelijk. Herstel van de verbinding zal, afhankelijk van de storing, lang kunnen duren en wellicht onmogelijk zijn. De verbinding is onderdeel van de landelijke 380kV ring, het uitvallen van de verbinding zal grote nationale en mogelijk internationale gevolgen hebben.

#### *Conclusies uit het onderzoek*

De opeenstapeling van risico's, waarbij het grote aantal masten in het water de kans van optreden verhoogt, zorgt ervoor dat het voorgestelde onderzoeksalternatief, technisch gezien, een onhaalbaar alternatief is. Het tracé via Hanzeplaat krijgt de beoordeling **onbeheerbaar risicoprofiel**. Deze mitigerende maatregel biedt daarom geen oplossing.

### **8.1.12 Zuid-Oranje-1 en Zuid-Oranje-2**

Tracé Zuid-Oranje-1 scoort een zeer hoog risico vanwege een groot deel over het water waardoor er op meerdere aspecten een groot risico ontstaat. Tracé Zuid-Oranje-2 krijgt ook een zeer hoog risico vanwege het kabeldeel bij Muiderberg, het tracé daar is gelijk aan Zuid-Paars-1. De conclusie bij Oranje-1 en Oranje-2 leidt tot een voorstel voor combinatie van onderzoeksalternatieven: indien voor het Noord-Hollandse gedeelte tracé Oranje-1 wordt gekozen en voor het gedeelte door Flevoland voor Oranje-2 ontstaat een technisch haalbaar tracé.

Het nieuw voorgestelde alternatief zal integraal beoordeeld moeten worden: daarom wordt deze suggestie niet opgenomen als mitigatie vanuit techniek, maar als suggestie voor combinatie van varianten in het hoofdrapport IEA. Zoals voor alle tracés geldt dient er voor de betreffende beoordeling ook een netberekening te worden uitgevoerd.

### **8.1.13 Tracé Blauw (Zuid-Blauw-1, Zuid-Blauw-2 en Noord-Blauw-1)**

Op vele aspecten scoren de tracés over het water een zeer hoog risico. Dit heeft voor een groot deel te maken met de lastige bereikbaarheid en de hoogtes van de masten. In het onderhoud van de hoogspanningslijn maar ook in de realisatie zijn de hoekmasten een belangrijk element. Idealiter worden de hoekmasten op het land geplaatst zodat ze makkelijk bereikbaar zijn met materieel en gereedschappen. Dat is niet mogelijk in het blauwe tracé maar er zijn theoretisch gezien wel technische mogelijkheden om meer ruimte (eiland) te maken rondom de mast plus toegang vanaf het vaste land. Het realiseren van een schiereiland waarbij geen waterkruising nodig is om de hoekmast te bouwen en te onderhouden brengt de blauwe tracés een stuk dichterbij de projectdoelstelling. In dat geval zijn er alleen rechte stukken met steunmasten die over het water gaan. Als deze rechte stukken beperkt worden met een maximumlengte van vier kilometer zijn er in deze stukken alleen steunmasten nodig. Zie paragraaf 3.3.5 voor een verklaring.

Deze beschouwing geldt ook voor lange kruisingen over het water (langer dan 4 km) of voor kruisingen waarbij een hoekmast in het water is gepland.

De realisatie van (schier-)eilanden voor de nieuwe verbinding brengt bovengenoemde gunstige effecten voor de beoordeling van de tracés over water met zich mee. Genoemde mitigatie brengt echter ook nieuwe ongunstige effecten met zich mee. De impact van de aanleg van eilanden op de technische haalbaarheid en doorlooptijd is groot (bijvoorbeeld door complexiteit en raakvlakken met vaarwegen), waardoor het risico voor de tracés over water ook na deze mitigatie onbeheersbaar blijft en vanuit techniek bezien niet acceptabel.

In het hoofdrapport IEA zijn hiernaast de effecten van de aanleg van nieuwe eilanden op andere aspecten dan techniek, zoals op kosten en vergunbaarheid (bijvoorbeeld wegens effecten op waterbergend vermogen) benoemd.

### 8.1.14 Beperkingen door aanvliegeroute Lelystad Airport

Tracédeel GR6 ten noordoosten van Lelystad Airport ligt in de aanvliegeroute van de luchthaven en er kan niet worden voldaan aan de hoogtebeperking met de standaard Moldaumast S+0 met een hoogte van 58 meter. Het gebied dat gekruist wordt heeft een hoogtebeperking van 51 tot 57 meter. Dit tracédeel komt voor in Zuid-Oranje-1, Zuid-Oranje-2, Zuid-Geel-1 en Zuid-Groen-1. Dit kan worden opgelost door het verschuiven van het tracé over circa 200 meter naar het noorden of noordoosten.

Dit geldt ook voor het tracédeel PA8. Indien deze circa 100 meter naar het westen verplaatst kan worden voldoet deze aan de hoogtebeperkingen ter plaatse. Deze komt voor in Noord-Paars-2, Noord-Groen-2, Noord-Geel-2 en Noord-Oranje-2.

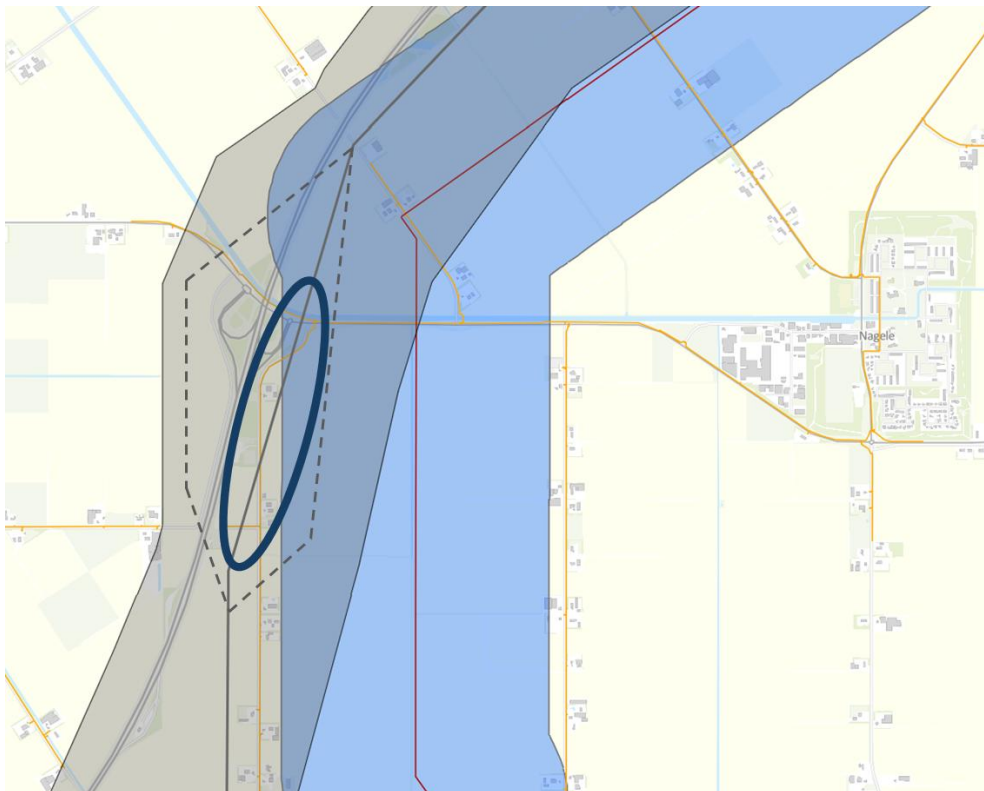
Deze conflicten zijn op te lossen door het gebruik van een verlaagde mast en/of optimalisatie van het tracé.



Figuur 8-18: Bouwhoogtebeperking in de aanvliegeroute van Lelystad Airport.

### 8.1.15 Noord-Grijs-1

In tracédeel GS2 heeft de referentielijn een direct raakvlak met een aantal gasleidingen, voor circa 1,2 km binnen 50 meter. Om dit blokkerende punt op te lossen zal de referentielijn opgeschoven moeten worden binnen de corridor. Dit kan worden opgelost door het verschuiven van het tracé over circa 300 meter naar het oosten, hoewel de lijn dan wel dichterbij naar de buisleiding met gevaarlijke inhoud komt te liggen. Daarom is het verplaatsen naar de andere kant van de snelweg ook een mogelijke oplossing. Bij het verschuiven dient ook nog gekeken worden naar het raakvlak met de Lelylijn.



*Figuur 8-19 Deeltracé GS2 met nabijgelegen buisleidingen binnen 50 meter (blauwe cirkel) en mogelijke mitigerend tracés (grijze stippellijnen). De gele lijnen zijn de hoge druk gasleidingen en de rode lijn is de buisleiding met gevaarlijke inhoud.*

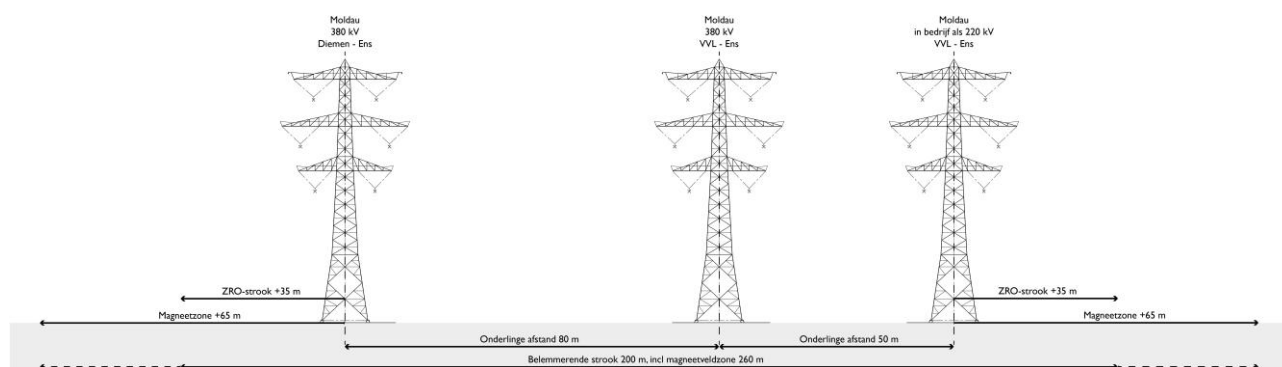
### 8.1.16 Mitigerende maatregelen met raakvlak met Vierverlaten-Ens

Het raakvlak met Vierverlaten-Ens (VVL-ENS) zorgt op het gebied van techniek niet voor grote risico's. De afstanden tussen de verbindingen zijn namelijk zodanig gekozen dat de technische risico's beperkt blijven.

Voor het bundelen van twee hoogspanningsverbindingen, en in het bijzonder bij verbindingen in de landelijke ring, gelden afstandseisen: de verbindingen moeten op voldoende afstand van elkaar staan dat bij een calamiteit de masten van de ene verbinding niet op de andere verbinding kunnen vallen. Dit wordt de valafstand genoemd. Aangezien Diemen – Ens onderdeel is van de landelijke ring dient de 380 kV-verbinding van Diemen-Ens op ongeveer 80 meter afstand te staan van de 380 kV-verbinding van Vierverlaten – Ens. Aangezien Vierverlaten-Ens geen onderdeel is van de landelijke ring kunnen die masten dichter bij elkaar, op een onderlinge afstand van minimaal 50 meter, komen te staan. De samenloop van de verbindingen betekent dat er in de eindsituatie 3 of 4 380 kV-verbindingen naast elkaar gerealiseerd worden.

Daarnaast blijft de verbinding van Diemen-Ens aan de westzijde van de 380kV-verbindingen van Vierverlaten-Ens, zodat geen onderlinge kruisingen noodzakelijk zijn.

Een belangrijk aandachtspunt is de bereikbaarheid en de daaraan gekoppelde veiligheid. Een lijn die aan beide zijden wordt ingesloten door andere lijnen brengt meer risico's met zich mee dan een lijn die aan één of beide zijden vrij benaderbaar is, bijvoorbeeld met een hoogwerker. Ook is de kans groter dat andere lijnen hinder veroorzaken bij het bepalen van de lierlocaties. Voor de verbindingen tussen Diemen en Ens geldt echter het omvalcriterium, waardoor er relatief veel afstand tussen de lijnen is. Dit beperkt de risico's aanzienlijk.



Figuur 8-20 doorsnede van masten met links de 380kV-verbinding Diemen-Ens, in het midden de 380kV-verbinding Vierverlaten-Ens en rechts de bestaande 220kV-verbinding Vierverlaten-Ens.

### 8.1.17 Mitigerende maatregelen n.a.v. de netberekeningen

Op basis van de netberekeningen van begin 2025, zie paragraaf 7.3.27.3.2, zijn een aantal net-technische varianten met verschillende compensatiemaatregelen verkend. Deze varianten zijn een combinatie van de doorgerekende configuraties en scenario's en de mitigerende maatregelen die noodzakelijk zijn. De mitigerende maatregelen zijn namelijk niet meegenomen in de netberekeningen. In paragraaf 7.2.1 staat meer beschreven over de berekeningen en de compenserende maatregelen.

Voor het tracé van de nieuwe verbinding zijn vier net-technische mogelijkheden verkend voor het zuidelijke deel tussen Diemen, Almere en Lelystad:

1. het volgen van het paarse alternatief langs de bestaande verbinding;
2. een combinatie van paars en groen inclusief compenserende maatregelen;
3. een combinatie van paars en geel inclusief grote compenserende maatregelen;
4. een combinatie van paars en groen of geel en het verplaatsen (reconstructie) van de bestaande verbinding.

Enkel bij het volgen van paars zijn er vanuit nettechniek geen mitigerende maatregelen nodig. Bij de combinatie paars-groen en paars-geel zijn er wel maatregelen nodig. Voor paars-groen is het mogelijk om het verschil in weerstand tussen de bestaande en de nieuwe verbinding te compenseren met seriespoelen in de bestaande verbinding. Bij de combinatie paars-geel is het verschil in weerstand te groot om dit te compenseren met seriespoelen, dit geldt ook indien er voor volledig groen gekozen wordt. Het is wel mogelijk om met dwarsregeltransformatoren ervoor te zorgen dat de elektriciteit gelijkmatig verdeeld wordt. Zelfs als deze verbindingen verschillende weerstanden hebben. In dit geval zouden deze dwarsregeltransformatoren geplaatst worden bij het nieuwe hoogspanningsstation Almere, omdat er gestuurd moet worden op de bestaande verbinding. Als laatste mogelijkheid is het ook mogelijk om een gelijke weerstand te realiseren door het verplaatsen van de bestaande verbinding (reconstructie) om ervoor te zorgen dat de nieuwe en de bestaande verbinding dezelfde lengte hebben.

Voor het noordelijke deel tussen Lelystad en Ens zijn ook vier net-technische mogelijkheden verkend:

1. het volgen van het paarse alternatief langs de bestaande verbinding;
2. een combinatie van paars en groen over de Hanzepoort in het Ketelmeer;
3. een combinatie van paars en grijs inclusief grote compenserende maatregelen;
4. een combinatie van paars en grijs en het verplaatsen (reconstructie) van de bestaande verbinding langs de nieuwe verbinding.

Bij het noordelijke deel zijn er enkel maatregelen nodig bij de combinatie paars en grijs. Vanwege het grote weerstandsverschil kan dit met een dwarsregeltransformator of met het verplaatsen van de bestaande verbinding langs nieuwe verbinding.

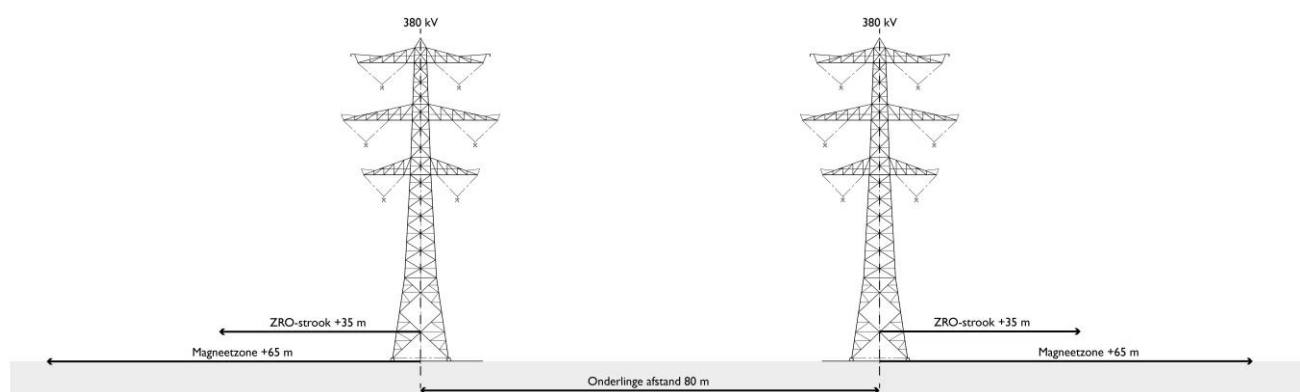
De verschillende maatregelen hebben wel verschillende net-technische risico's en effecten op technische maak- en haalbaarheid, doorlooptijd, kosten, planologie en omgeving:

- seriespoelen hebben hoge risico's op het gebied van betrouwbaarheid en beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en negatieve effecten op de kosten;
- dwarsregeltransformatoren hebben zeer hoge risico's op het gebied van betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en negatieve effecten op het gebied van technische maak- en haalbaarheid, doorlooptijd, kosten, planologie en omgeving;
- een reconstructie van de bestaande verbinding is net-technisch een oplossing met weinig risico's, maar heeft negatieve effecten op het gebied van technische maak- en haalbaarheid, doorlooptijd, kosten, planologie en omgeving.

### Dubbele verbinding

Bij een reconstructie van de bestaande verbinding wordt het nieuwe tracé uitgevoerd als een dubbele verbinding, bijvoorbeeld bij deeltracé GS2 in het geval van een reconstructie van de bestaande verbinding in combinatie met Noord-Grijs-1. De technische beoordeling van de risico's van een dubbele verbinding is vergelijkbaar met die van een enkele verbinding, uitgaande van een afstand van 80 meter tussen de twee masten. Hoewel er op het gebied van Technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd wel verschillen zijn, leidt dit niet tot een andere beoordeling. De afstanden tussen de verbindingen zijn namelijk zodanig gekozen dat de technische risico's beperkt blijven.

Wat betreft Technische maak- en haalbaarheid is er op het gebied van veiligheid een verschil. Een dubbele verbinding betekent een verdubbeling van de lengte van de verbinding, waardoor er een langere blootstelling is aan risico's tijdens installatie. Dit heeft een negatieve invloed op de veiligheid. Daarnaast zijn er op het gebied van doorlooptijd ook verschillen. In de ontwerpfase zal meer tijd nodig zijn en tijdens realisatie moeten er meer masten worden gerealiseerd. Dit kan echter gemitigeerd worden door meer partijen te betrekken om dezelfde IBN datum te halen. Dit leidt wel tot hogere kosten.



Figuur 8-21 een doorsnede van een dubbele verbinding met een onderlinge afstand van 80 meter.

## 8.2 Voorgestelde mitigatie/optimalisatie vanuit andere effectbeoordelingen

### 8.2.1 Toepassen Donau masten bij Schokland

Om de visuele impact op het cultuurlandschap rondom Schokland te beperken, is in het Plan-MER deelrapport Cultuurhistorie en Archeologie een mitigerende maatregel voorgesteld waarbij eenduidigheid in de masten wordt nagestreefd. Voor behoud van ruimtelijke samenhang zouden de nieuwe masten dezelfde uitstraling moeten hebben als de bestaande masten.

Om dezelfde verschijningsvorm als de bestaande masten te verkrijgen, zou de nieuwe lijn met hetzelfde masttype als de bestaande verbinding moeten worden uitgevoerd. Deze mitigerende maatregel is van toepassing voor alle alternatieven welke onderlangs Schokland lopen, namelijk Noord-Blauw-1, Noord-Groen-1 en Noord-Paars-1.

Het gevolg van deze eventuele maatregel is dat, een deel van de masten van de nieuwe verbinding tussen de stations Lelystad en Ens van het masttype Donau moeten zijn. Hiermee wordt er een afwijking op de uitgangspunten voorgesteld, namelijk het masttype Moldau vervangen door een masttype Donau. De algemene effecten hiervan staan reeds beschreven in paragraaf 3.3.7.1.

De effecten van twee verschillende masttypes in één verbinding zijn groot en niet wenselijk. De belangrijkste gevolgen zijn:

- asymmetrie in de verbinding;
- en de isolatiecoördinatie moet zeer goed worden onderzocht.

Daarnaast hebben de Donau masten meer impact op de omgeving door de bredere ZRO-strook en een breder magneetveld. De andere effecten staan beschreven in de eerdergenoemde genoemde paragraaf.

Nieuwe masten dienen volgens vigerende richtlijnen te worden ontworpen wat met het masttype Donau niet eenvoudig is te realiseren vanwege onder andere doorlooptijd en kosten. Bovendien zou de resulterende mast qua dimensionering afwijken van de bestaande Donau-masten. Onder andere door een grotere veiligheidsafstand (van 6 naar 7 meter), en een duidelijk bredere magneetveldzone waardoor er voor het Moldau type is gekozen.

### **8.2.2 380kV verkabeling bij Oostvaardersplassen, 380kV verkabeling bij Naardenvesting en verlenging 380kV verkabeling tussen Muiden en Muiderberg**

Er zijn drie mitigerende maatregelen voorgesteld. Als mitigerende maatregelen is voorgesteld om een deel van PA6a (onderdeel van Zuid-Blauw 2, Zuid-Paars 1 en Zuid-Paars 2) en OR7a (Zuid-Oranje-2) als een kabel aan te leggen. Daarnaast is voorgesteld om het kabeldeel in PA1d (Zuid-Paars-1) te verlengen aan de westkant tot Muiden. Aangezien deze drie van dezelfde aard zijn worden deze in één paragraaf beschreven.

In 3.3.1 staat beschreven wat de implicaties zijn van een kabeldeel in het tracé. Om deze redenen scoren de alternatieven met een kabelverbinding “zeer hoog risico” voor de leveringszekerheid. PA1d had al de score “zeer hoog risico”, en deze score blijft staan met deze mitigerende maatregel. Echter worden de risico's met een langer tracédeel hoger zoals ook staat beschreven in 3.3.1, dus het kortere kabeldeel heeft wel degelijk de voorkeur ten opzichte van de verlenging. Vooral de eisen op het gebied van leveringszekerheid worden niet behaald indien er een deel kabel in het tracé zit. Dit risico is niet acceptabel indien er betere, bovengrondse oplossingen mogelijk zijn. Alleen in uitzonderlijke gevallen, wanneer er geen ander alternatief mogelijk is, wordt onderzocht of het gebruik van een stuk kabel verantwoord is.

### **8.2.3 380kV verkabeling bij Schokland**

De HIA (Heritage Impact Assessment) concludeert dat deeltracé PA13 (onderdeel van Noord-Paars 1 en Noord-Groen-1), zonder mitigatie, een onbeheersbaar risicoprofiel heeft door grote negatieve invloed op meerdere kernkwaliteiten van Werelderfgoed Schokland. Daarom is vanuit dit thema voorgesteld om te verkennen of een ondergrondse aanleg op dit gedeelte voor minder nadelige effecten/aantasting zorgt op het Werelderfgoed. Zoals reeds benoemd in bovenstaande paragraaf en uitvoerig beschreven in 3.3.1 (in paragraaf 10.3 is een infographic zichtbaar van het standpunt van TenneT), kunnen de eisen op het gebied van leveringszekerheid niet worden behaald als er een deel kabel in het tracé zit. De toepassing van een ondergronds kabeldeel in de verbinding is beoordeeld als een zeer hoog risico voor de leveringszekerheid, mede vanwege de gereduceerde betrouwbaarheid, langere reparatieduur en lagere transportcapaciteit. Waar een verbinding bestaat uit een boven- en ondergronds deel zal het ondergrondse deel bovendien de thermische bottleneck vormen en daarmee de toelaatbare belasting van de gehele verbinding verlagen.

In de zomer van 2025 is een Verdiepend Variantenonderzoek ingesteld naar alternatieven voor het deel van de nieuwe 380 kV-verbinding rondom het Ketelmeer richting Ens, om te kijken of er varianten zijn waarbij de onbeheersbare risicoprofielen kunnen worden teruggebracht tot een beheersbaar risico. Een deel van de varianten dat daarbij beschouwd is, betreft ondergrondse varianten: de aanleg van een gedeelte van de nieuwe verbinding door middel van kabels in een open ontgraving of door middel van een diepe boring. In deze variantenstudie zijn de technische haalbaarheid en de gevolgen voor leveringszekerheid nader onderzocht.

#### ***Resultaten verdiepend variantenonderzoek***

Om aantasting van de visuele integriteit door opstijpunten te voorkomen is geconstateerd dat een ondergronds tracé van ordegrootte 4 km noodzakelijk is (ook buiten de erfgoedgrenzen). Vanwege de voorwaarden voor netstabiliteit en spanningskwaliteit is de lengte van het kabeltracé tussen twee stations

echter beperkt. Op basis van ervaringen en voorlopige resultaten van pilot projecten die sinds 2015 in het Westen van Nederland zijn uitgevoerd, waar gedeelten van de 380 kV verbinding ondergronds zijn aangelegd, heeft TenneT de verwachting uitgesproken dat er tussen Lelystad en Ens sowieso niet meer dan één kabeltracé, met een maximale kabellengte van 2,5 km, kan worden toegestaan.

Er zijn twee aanlegmethoden beschouwd voor een ondergrondse 380 kV-verbinding op het gedeelte binnen de begrenzing van Werelderfgoed Schokland: via open ontgraving en middels horizontaal gestuurde boring (HDD horizontal directional drilling). In beide gevallen heeft dit **zeer nadelige gevolgen voor de leveringszekerheid** (door 10x hogere storingsgevoeligheid en lange hersteltijd van meerdere dagen tot enkele weken) **en voor nettechniek** (ongewenste effecten op netstabiliteit en spanningskwaliteit). Het aanleggen van kabels is **duurder** dan van een bovengrondse verbinding. Een ondergrondse 380 kV-hoogspanningsverbinding is bij een aanleg op land 2,5 tot 3 keer zo duur als een vergelijkbare bovengrondse lijnverbinding.

Daarnaast zijn er bij kabelverbindingen **beperkende factoren voor de stroomcapaciteit**. De thermische weerstand van de bodem is veranderlijk en locatieafhankelijk hierdoor is de belastbaarheid van de kabel zonder grondonderzoek niet met zekerheid vooraf vast te stellen.

#### **Aanvullend onderzoek**

Voor een accurate berekening van de belastbaarheid van een kabelverbinding door Schokland, is er aanvullend bodemonderzoek uitgevoerd door firma Wiertsema en partners (rapportage 88620-1 R105991 met d.d. 4-12-2025). Deze onderzoeken en de gemeten g-waarden zijn gebruikt in de berekeningen en hieronder verder toegelicht.

Op basis van het uitgevoerde g-waardenonderzoek – onderzoeken naar de thermische weerstanden van de grond – en de geldende randvoorwaarden voor 380 kV-verkabeling kan het volgende worden geconcludeerd:

- Binnen het onderzochte UNESCO-deeltracé rond Schokland zijn de gemeten g-waarden op kabelligging in open ontgraving op veel plaatsen hoger dan 1,24 K·m/W (temperatuurverschil in Kelvin voor een afstand in meter door de grond per een bepaald vermogen in Watt van de verbinding), zodat de **vereiste minimale belastbaarheid niet haalbaar is**, zelfs niet met de voorziene grondverbetering tot aan de afdekplaten;
- Volledig boren van A naar B is ontwerp-technisch uitgesloten door het verplichte crossbondingsysteem – een systeem waarbij de kabel in de lengte in kortere kabeldelen wordt opgedeeld, die op specifieke wijze worden gekoppeld aan elkaar, ten behoeve van maximale transportcapaciteit van de kabel – en de bijbehorende moflocaties, waarvoor altijd substantiële lengtes open ontgraving noodzakelijk blijven. Dit zou betekenen dat de kabelverbinding in het gebied van 4 km minimaal 2 keer naar boven moet komen ten behoeve van een koppeling (mof);
- Voor de HDD-variant zijn de g-waarden in de rechte, diepe zandsectie weliswaar toelaatbaar, maar in de in- en uittreedzones – waar de boring door het veenpakket loopt – blijft de thermische weerstand te hoog. De kritische hotspot ligt naar verwachting in deze in- en uittreedzones, waardoor

de minimale kabelbelastbaarheid ook bij boren niet kan worden gegarandeerd;

- Het langdurig handhaven van moflocaties boven een veenpakket, zelfs bij grondverbetering, leidt tot onaanvaardbare zettingsrisico's, verminderde bereikbaarheid en verhoogde mechanische belasting van de moffen, hetgeen niet past bij de betrouwbaarheidseisen voor een 380 kV-landelijk transportnet.

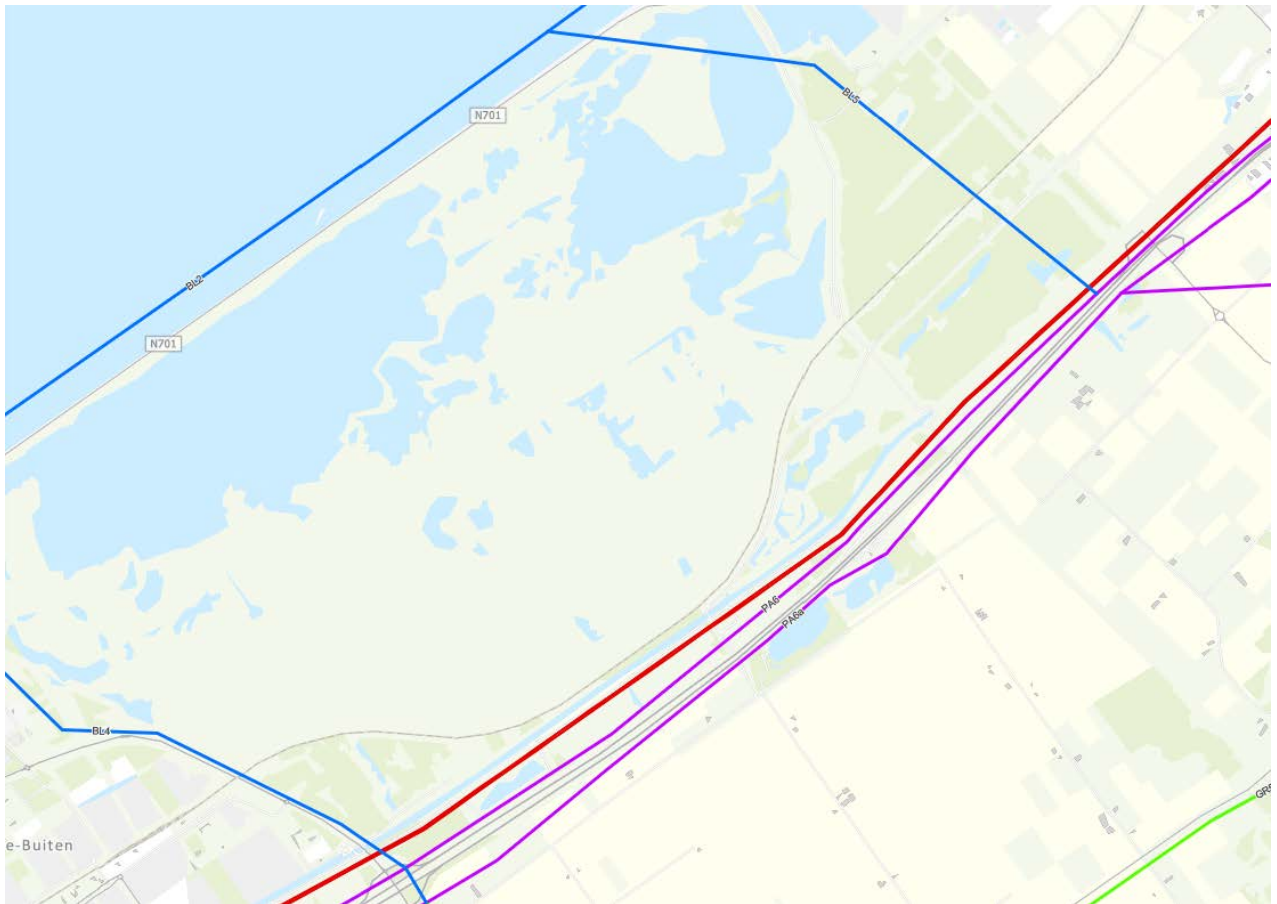
Kortom: binnen de huidige randvoorwaarden en geologische situatie is de beoogde tracévariant door het UNESCO-gebied Schokland thermisch en geotechnisch niet uitvoerbaar op een wijze die de vereiste kabelbelastbaarheid en bedrijfszekerheid voor een 380 kV-verbinding borgt. Dit geldt zowel bij aanleg door open ontgraving als bij boren.

Deze variant biedt daarmee géén invulling aan de gestelde eisen voor deze verbinding, namelijk: het transporteren van een bepaald vermogen van punt A naar punt B waarbij wordt voldaan aan de vereiste leveringszekerheid op een landelijk transportnet. Daarbij wordt het elektrisch knelpunt **niet** opgelost en het doel van het project **niet** behaald.

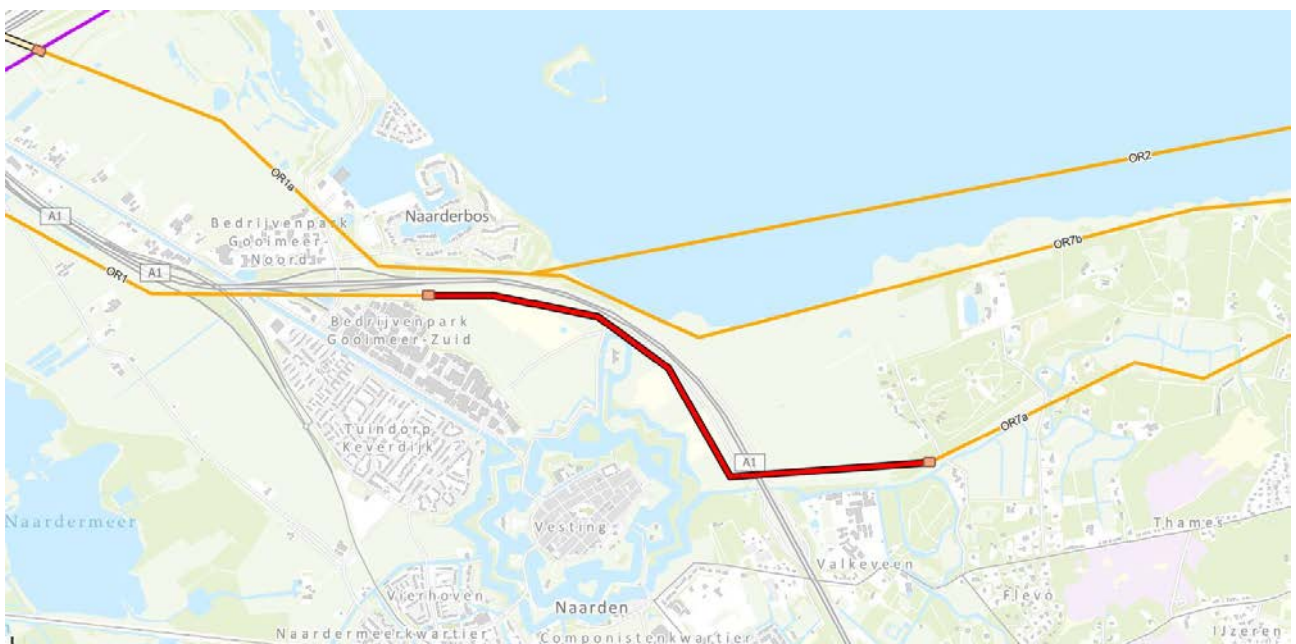
Ten behoeve van het voldoen aan de gestelde eisen, en daarmee het projectdoel, zou met deze variant een 3<sup>e</sup> of 4<sup>e</sup> verbinding van Diemen naar Ens zeer waarschijnlijk noodzakelijk zijn. Hiermee passeert deze variant de doelmatigheid voor dit project en is het technisch als 'onaanvaardbaar risicoprofiel' bestempeld en wordt het technisch niet verder verkend.

#### **8.2.4 150kV verkabeling**

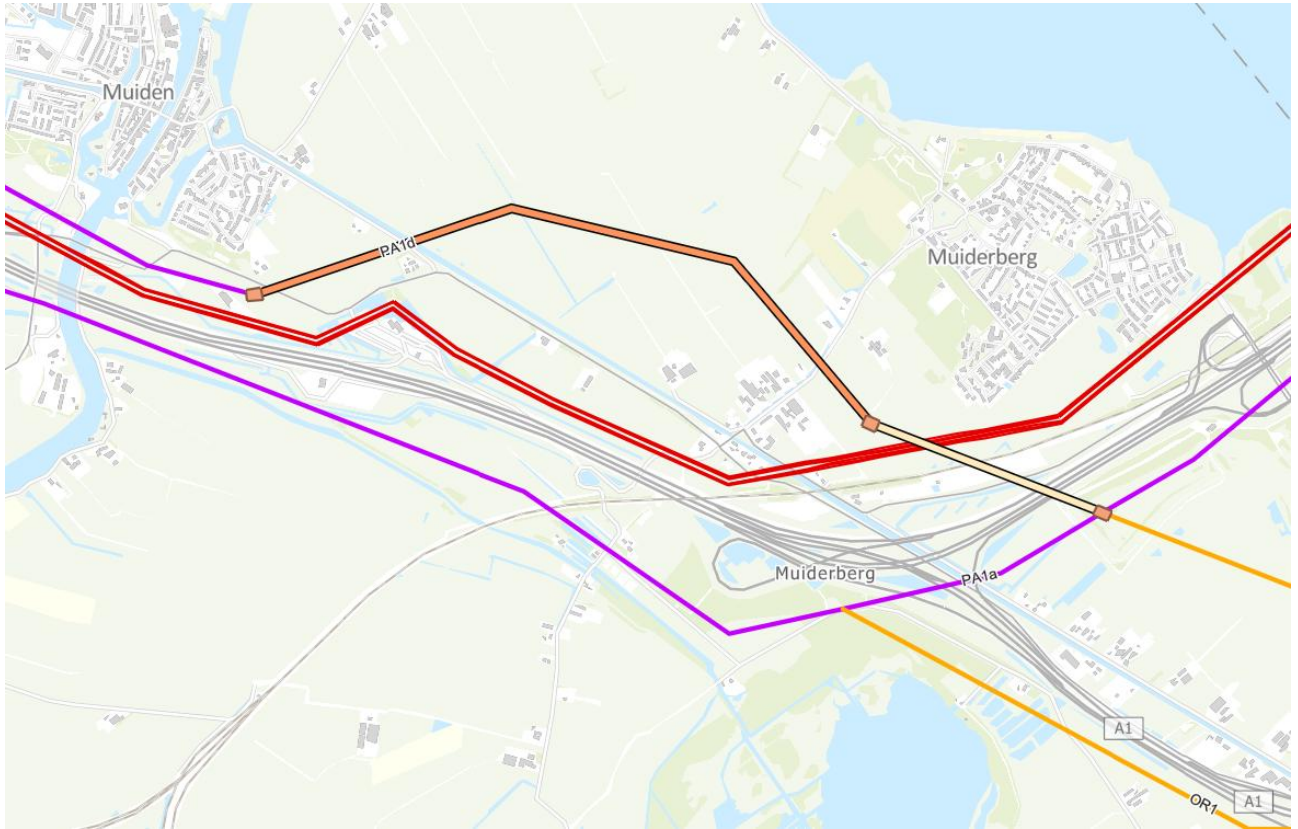
Vanuit de omgeving is in het regioadvies voorgesteld om zoveel als mogelijk de 150kV-verbindingen te verkabelen. Een gedeeltelijke verkabeling van een 150kV-lijn past in het TenneT-beleid maar in alle gevallen moet worden bepaald of dit nettechnisch mogelijk is en of de technische consequenties (zoals de aanleg van blindstroomcompensatiespoelen, de aanleg van filtervelden), de kosten en de benodigde ruimte aanvaardbaar en haalbaar zijn. Zie ook paragraaf 3.3.4.



Figuur 8-22: Gedeeltelijke verkabeling PA6a



Figuur 8-23: Gedeeltelijke verkabeling OR1



Figuur 8-24: Gedeeltelijke verkabeling PA1d

### 8.3 Beoordeling van de mitigerende maatregelen

De mitigerende maatregelen die zijn voorgesteld vanuit andere werksporen maken dat de alternatieven beoordeeld worden met een hoger risico. De mitigerende maatregel om Donau in plaats van Moldau masten toe te passen bij Schokland, zoals benoemd in paragraaf 6.2.1 geeft een hoog risico op de technische maak- en haalbaarheid. De score van Noord-Paars-1 gaat op dit aspect van + naar -. Bij Noord-Blauw-1 is de score voor mitigatie al - , daarom blijft deze staan. De drie mitigerende maatregelen vanuit andere werksporen die voorstellen om een kabel toe te passen, opgenomen in 6.2, krijgen als beoordeling zeer hoog risico en dit risico is niet acceptabel indien er betere, bovengrondse oplossingen mogelijk zijn.

De scores na de voorgestelde mitigaties vanuit techniek zijn opgenomen in onderstaande tabellen. Hierin zijn niet de mitigerende maatregelen n.a.v. de netberekeningen opgenomen. De beoordeling op nettechniek is opgenomen in de Notitie toelichting netberekeningen waarin de risico's beschreven worden. Zie 4.2 voor een uitgebreide toelichting op de beoordelingssystematiek. In de tabellen op de volgende pagina's is aangegeven wat de score voor mitigatie was, en de score na mitigatie. Dit is gedaan door links de kleur weer te geven van de score voor mitigatie, en rechts de score na mitigatie met uitleg. Het kan zijn dat de beoordeling niet wijzigt bij een mitigatie. Dat komt omdat de beoordeling een opsomming is van meerdere factoren. Daarnaast zijn enkel mitigerende maatregelen die een positief effect op de technische haalbaarheid zullen hebben opgenomen in de tabel.

*Tabel 8-1: Effectbeoordeling techniek in deelgebied Noord na mitigatie. (Volgende pagina's)*

*Tabel 8-2: Effectbeoordeling techniek in deelgebied Zuid na mitigatie. (Volgende pagina's)*

NOORD	Blauw-1	Paars-1	Paars-2	Groen-1	Groen-2	Geel-1	Geel-2	Oranje-1	Oranje-2	Grijs-1
<b>Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)</b>	--	0	--	--	--	--	--	Onbeheersbaar risicoprofiel	Onbeheersbaar risicoprofiel	0
	<ul style="list-style-type: none"> <li>8,5 km over water (7 km noorden van Lelystad en 1,5 km oversteek Ketelmeer): storingsgevoelig</li> <li>Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op het water</li> </ul>	Totaal 1,7 km over water	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totaal 5,1 km over water (overspanning 4,1 km tot Hanzeplaat): storingsgevoelig</li> <li>Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op water of eiland. Geen noodverbinding mogelijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruising met 380kV, bestaande verbinding omzwaaien met verbinding met verschillende mastenfamilies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5,1 km over water (overspanning 4,1 km tot Hanzeplaat): storingsgevoelig</li> <li>Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op water of eiland. Geen noodverbinding mogelijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 km over water oversteek Ketelmeer bij IJsseldelta: storingsgevoelig</li> <li>Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten in ondiep water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruising met 380kV, bestaande verbinding omzwaaien met verbinding met verschillende mastenfamilies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voldoet niet voor geografische spreiding</li> <li>Voldoet niet voor strategisch netbeheer</li> <li>380kV kabel nodig om kruising op te lossen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voldoet niet voor geografische spreiding</li> <li>Voldoet niet voor strategisch netbeheer</li> <li>380kV kabel nodig om kruising op te lossen</li> </ul>	Totaal 1,7 km over water
<b>Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfasen)</b>	--	0	--	0	--	--	0	0	0	0
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slecht bereikbare (hoek)masten op water en in natuurgebied</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Slecht bereikbare masten op water en in natuurgebied</li> <li>Slecht bereikbare hoekmast op Hanzeplaat</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Slecht bereikbare masten op water en in natuurgebied</li> <li>Slecht bereikbare hoekmast op Hanzeplaat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slecht bereikbare masten op water en in natuurgebied</li> <li>Slecht bereikbare hoekmasten op eilanden</li> </ul>				
<b>Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)</b>	--	+	Bij tracé over Hanzeplaat	Niet mogelijk	Bij tracé over Hanzeplaat	--	Niet mogelijk	0	0	+
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slecht bereikbare locatie (hoek)masten op water en in natuurgebied</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruising vaarweg bij Ketelbrug</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>via IJsselooog niet mogelijk</li> <li>Slecht bereikbare locatie masten op water en in natuurgebied</li> <li>Slecht bereikbare hoekmast op Hanzeplaat</li> <li>Kruising met twee 150kV verbindingen</li> <li>Kruisingen grote infra (3x provinciale weg, 1x spoor en 3x vaarweg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien</li> <li>Oversteek Ketelmeer over IJsselooog met haakse hoek bij aanlanding Noordoostpolder</li> <li>Ontoelaatbaar raakvlak met slibdepot IJsselooog</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>via IJsselooog niet mogelijk</li> <li>Slecht bereikbare locatie masten op water en in natuurgebied</li> <li>Slecht bereikbare hoekmast op Hanzeplaat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slecht bereikbare locatie masten op water en in natuurgebied</li> <li>Slecht bereikbare hoekmasten op eilanden</li> <li>Kruisingen grote infra (1x provinciale weg en 6x vaarweg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien</li> <li>Oversteek Ketelmeer over IJsselooog met haakse hoek bij aanlanding Noordoostpolder</li> <li>Ontoelaatbaar raakvlak met slibdepot IJsselooog</li> <li>Kruising met twee 150kV verbindingen</li> <li>Kruisingen grote infra (4x provinciale weg, 1x spoor en 3x vaarweg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruisingen grote infra (5x provinciale weg en 7x vaarweg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruising met twee 150kV verbindingen</li> <li>Kruisingen grote infra (6x provinciale weg, 2x spoor en 4x vaarweg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kruisingen grote infra (2x provinciale weg en 1x vaarweg)</li> </ul>
<b>Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur</b>	+	+	Conflict hoogtebeperking opgelost	Conflict buisleiding te mitigeren	Conflict buisleiding + hoogtebeperking te mitigeren	-	Conflict hoogtebeperking te mitigeren	--	Conflict hoogtebeperking te mitigeren	Conflict buisleiding te mitigeren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (enige hoog risico is een 3km parallelloop met HD gas op 70m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (enige hoog risico is een 3km parallelloop met HD gas op 70m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoogtebeperkingen aanvliegeroute vliegveld Lelystad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding spoor (enige hoog risico 2km parallelloop, kortste afstand 200m)</li> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (hoog risico 1,5km parallelloop gevaarlijke inhoud op 80m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (hoog risico 1,5 en 1,3 km parallelloop gevaarlijke inhoud op 80m)</li> <li>Hoogtebeperkingen aanvliegeroute vliegveld Lelystad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding spoor (hoog risico 2km parallelloop, kortste afstand 200m)</li> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (enig hoog risico 2,5 km parallelloop HD gas op 80 meter)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding spoor (hoog risico 2km parallelloop, kortste afstand 200m)</li> <li>Hoogtebeperkingen aanvliegeroute vliegveld Lelystad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding spoor (hoog risico 2,5 km parallelloop op 150 tot 300m)</li> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (hoog risico 1,2 km parallelloop op 0 tot 250m)</li> <li>Hoogtebeperkingen aanvliegeroute vliegveld Lelystad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding spoor (hoog risico 2,5 km parallelloop op 150 tot 300m)</li> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (hoog risico 1,2 km parallelloop op 0 tot 250m)</li> <li>Hoogtebeperkingen aanvliegeroute vliegveld Lelystad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Totale beïnvloeding buisleidingen (met verschillende HD gasleidingen is er een hoog risico aanwezig)</li> </ul>
<b>Doorlooptijd</b>	--	-	--	--	--	--	--	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;5km over water leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw</li> <li>Raakvlak K&amp;L moet opgelost worden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raakvlak K&amp;L moet opgelost worden</li> <li>ontwikkelen van 1 afwijkend masttype</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;5km over water leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw</li> <li>ontwikkelen van 3 afwijkende masttypen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oversteek Ketelmeer over IJsselooog</li> <li>Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw</li> <li>Raakvlak met ProRail moet opgelost worden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;5km over water leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw</li> <li>ontwikkelen van 3 afwijkende masttypen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexe oversteek Ketelmeer</li> <li>ontwikkelen van meerdere afwijkende masttypen</li> <li>Raakvlak met ProRail moet opgelost worden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oversteek Ketelmeer over IJsselooog</li> <li>Kruising met bestaande 380kV-verbinding middels omzwaaien leidt tot complexiteit in ontwerp en bouw</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raakvlak met K&amp;L en ProRail moet opgelost worden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raakvlak met K&amp;L en ProRail moet opgelost worden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raakvlak K&amp;L moet opgelost worden</li> <li>ontwikkelen van 1 afwijkend masttype</li> </ul>

De bolletjes in dit overzicht duiden het totale risicoprofiel voor een deelaspect aan. Daarachter worden uitsluitend de grootste bijbehorende risico's vermeld. In enkele gevallen kan daardoor een vertekend beeld ontstaan van het risiconiveau. Voor een volledige onderbouwing van deze effecten leest u de betreffende hoofdstukken.

ZUID	Blauw-1	Blauw-2	Paars-1*	Paars-2*	Groen-1*	Geel-1*	Oranje-1	Oranje-2
Leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid)	<b>Onbeheersbaar risicoprofiel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>44 km over water (voor de kust van Flevoland)</li> <li>Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op het water</li> </ul>	<b>Onbeheersbaar risicoprofiel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>18 km over water (voor de kust van Flevoland)</li> <li>Langere hersteltijd bij storingen bij (hoek)masten op het water</li> <li>380kV kabel nodig om kruising op te lossen</li> </ul>	--	0	--	0	--	--
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (gebruiksfase)	--	--	-	-	-	-	--	-
Technische maak- en haalbaarheid (realisatie)	--	--	--	0	--	-	--	--
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	+	0	Na verschuiven tracé bij PA4a en conflicten met buisleidingen waarschijnlijk na onderzoek te mitigeren	Conflict met buisleidingen waarschijnlijk na onderzoek te mitigeren	Conflict met buisleidingen en hoogtebeperking te mitigeren	Conflict met buisleiding te mitigeren en portalen toepassen	Conflict hoogtebeperking te mitigeren	Conflict hoogtebeperking te mitigeren
Doorlooptijd	--	--	-	-	--	--	--	-

De bolletjes in dit overzicht duiden het totale risicoprofiel voor een deelaspect aan. Daarachter worden uitsluitend de grootste bijbehorende risico's vermeld. In enkele gevallen kan daardoor een vertekend beeld ontstaan van het risiconiveau. Voor een volledige onderbouwing van deze effecten leest u de betreffende hoofdstukken.

## 9. Samenvatting en conclusies

De nieuwe 380kV-verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens is nodig om de energietransitie te faciliteren en toekomstige knelpunten in het elektriciteitsnet te voorkomen. In de komende jaren is de verwachting dat de capaciteitsvraag significant toeneemt. Om de capaciteit van het elektriciteitsnet in en rondom Flevoland te vergroten, worden in dit rapport onderstaande uitbreidingen vanuit een technische invalshoek onderzocht:

- 1 een nieuwe 380kV-verbinding tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens. De voorgenomen nieuwe 380kV-verbinding bestaat uit twee gekoppelde deeltracés:
  - een tracé tussen het bestaande hoogspanningsstation Diemen en een uit te breiden of nieuw te bouwen hoogspanningsstation Lelystad;
  - een tracé tussen het nieuwe of uit te breiden bestaande hoogspanningsstation Lelystad en het bestaande hoogspanningsstation Ens;
- 2 een uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad, of een nieuw 380kV-hoogspanningsstation daar in de buurt, om de nieuwe 380kV-verbinding op het bestaande net aan te sluiten;
- 3 een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeevolde voor de uitbouw en versterking van het regionale elektriciteitsnet;

In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) zijn vijf onderzoeksalternatieven opgesteld om de nieuwe verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens te realiseren, later is hier een zesde alternatief aan toegevoegd tussen Lelystad en Ens. De alternatieven bestaan uit een corridor waarbinnen één of meerdere referentielijnen liggen die dienen als uitgangspunt voor het onderzoek. Welke route binnen de corridor tot de minste negatieve effecten leidt, wordt in de integrale effectenanalyse beschouwd aan de hand van de input vanuit de onderzoeken voor de thema's milieu, techniek, ruimtelijke kwaliteit, kosten en toekomstvastheid. Van alle onderzoeksalternatieven is een risicoprofiel opgesteld om na te gaan of de projectdoelstellingen haalbaar zijn. De gehanteerde uitgangspunten dienen als standaard voor een degelijk en betrouwbaar ontwerp (Hoofdstuk 3).

Om tot een gedegen risicoanalyse te komen, zijn de onderzoeksalternatieven en stationslocatiealternatieven beoordeeld op verschillende criteria (hoofdstuk 4). De technische beoordeling onderscheidt effecten op de volgende drie niveaus: het elektriciteitsnet, de onderzoeksalternatieven en de tracédelen.

## Beoordeling op niveau van tracédelen en onderzoeksalternatieven

Voor de beoordeling van de onderzoeksalternatieven wordt gekeken naar de specifieke effecten die gelden voor de desbetreffende alternatieven (lijnen en stations). De onderzoeksalternatieven, tracédelen en stationslocaties zijn beoordeeld op de volgende technische aspecten:

- 1 leveringszekerheid (betrouwbaarheid en beschikbaarheid);
- 2 beheerbaarheid en onderhoudbaarheid;
- 3 technische maak- en haalbaarheid;
- 4 beïnvloeding van externe objecten en infra;
- 5 doorlooptijd;
- 6 toekomstvastheid.

In Tabel 5-1 en Tabel 5-2 zijn voor respectievelijk deelgebied Noord en Zuid per tracédeel de beoordelingen gegeven op de technische aspecten 1 tot en met 5. De beoordeling van het aspect toekomstvastheid is gegeven in paragraaf 4.3. Op basis van deze technische beoordeling kunnen op hoofdlijnen de volgende constatering gemaakt worden:

### Deelgebied Noord:

- een aantal alternatieven (Noord-Paars-2, Noord-Groen-1, Noord-Groen-2, Noord-Geel-2) maakt de oversteek over het Ketelmeer via het IJsselooog. Op basis van de technische maakbaarheid is er een ontoelaatbaar raakvlak met het slibdepot;
- de alternatieven Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2 hebben een onbeheersbaar risicoprofiel met betrekking tot de leveringszekerheid vanwege onvoldoende geografische spreiding en onvoldoende strategisch netbeheer ter plaatse van de Ramspolbrug;
- het alternatief Noord-Blauw-1 gaat grotendeels over het water heen waardoor een groot aantal masten op het water staan, wat een negatief effect heeft op veel aspecten. Gezien het risico op nagenoeg alle criteria zeer hoog is, is het cumulatieve risico onbeheersbaar en niet acceptabel voor TenneT;
- Noord-Paars-1, Noord-Geel-1 en Noord-Grijs-1 zijn technisch haalbare alternatieven waarbij het grootste deel van de conflicten goed oplosbaar zijn. Voor Noord-Geel-1 rest wel een risico met betrekking tot de leveringszekerheid door de slechte bereikbaarheid van masten in de IJsseldelta.

### Deelgebied Zuid

- de alternatieven Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1 en Zuid-Geel-1 hebben allemaal een onacceptabel conflict met een buisleiding van gevaarlijke inhoud waardoor de referentielijn ter plaatse van de Hollandse Brug circa 300 meter naar het zuidoosten opgeschoven is. De alternatieven zijn hierdoor aangepast naar Zuid-Paars-1\*, Zuid-Paars-2\*, Zuid-Groen-1\* en Zuid-Geel-1\*. De alternatieven Zuid-Paars-1\*, Zuid-Paars-2\* en Zuid-Geel-1\* hebben echter nog een ander onacceptabel conflict met een hoge druk gasleiding. De overige alternatieven zijn door de verschuiving wel haalbaar ondanks de hoge risico's;
- door de lange tracélengtes over het water van Zuid-Blauw-1 en Zuid-Blauw-2 hebben deze alternatieven op basis van leveringszekerheid een onbeheersbaar risicoprofiel;

- de alternatieven Zuid-Oranje-1 en Zuid-Oranje-2 kennen op basis van de vele hoge risico's een onbeheersbaar risicoprofiel, mitigerende maatregelen zijn verkend, maar niet verder onderzocht en beschreven in paragraaf 8.1.12.

Dezelfde aspecten zijn ook gebruikt voor de beoordeling van de stationslocatiealternatieven (Hoofdstuk 1). Dit betreft een nieuw 380kV-hoogspanningsstation in de buurt van Lelystad en de nieuwbouw van een 380kV-hoogspanningsstation ter plaatse van Almere/Zeewolde. In de stationsanalyse voor Lelystad is gebleken dat uitbreiding van het bestaande station niet mogelijk is. In de Notitie Onderzoeksalternatieven zijn voor Lelystad vier nieuwe stationslocaties aangewezen. De effectbeoordeling van station Lelystad is gegeven in 6.4, Tabel 6.4. Voor Almere zijn 6 locaties gekozen waarbij ook rekening gehouden is met de koppeling van de verschillende tracédelen (paragraaf 6.3).

#### Station Lelystad

- de uitbreiding van het bestaande 380kV-station (L-0) is niet mogelijk vanwege ruimtegebrek;
- locatie Lelystad A6 Noord (L-1) scoort negatief op basis van technische maak- en haalbaarheid vanwege complexe ombouw en benodigde VNB's;
- locatie Lelystad A6 Midden (L-2) scoort negatief op basis van beïnvloeding vanwege de naastgelegen spoorlijn en een buisleiding tussen Lelystad – Dronten – Kampen;
- de locaties Lelystad A6 Zuid en Lelystad Larserringweg hebben beide een laag risicoprofiel op bovengenoemde aspecten;

NB. uit de aanvullende netberekeningen is gebleken dat er bij Lelystad een tweede deelnet aangesloten moet worden en dat de koppelingen met het 380kV-net naast elkaar moeten komen. Enkel op locatie Lelystad A6 Noord (L-1) is hiervoor voldoende ruimte om dit te realiseren. De noodzaak voor deze configuratie is verder toegelicht in onderstaande paragraaf over de invloed op het elektriciteitsnet.

#### Station Almere

De verschillende stationslocaties hebben in deze fase van het project geen onderscheidende factoren op bovengenoemde aspecten door het ontbreken van schetsontwerpen voor de mogelijke aansluiting van de 380kV-lijn en de impact op het 150kV-net. Hierdoor is het niet mogelijk om een effectbeoordeling op te stellen op bovengenoemde aspecten.

NB. Uit de aanvullende netberekeningen is gebleken dat de bestaande 380 kV-verbinding tussen Diemen en Ens in alle gevallen moet worden aangesloten op het 380 kV-station Almere-Zeewolde. Dit kan enkel op de stationslocaties Almere Oost (Trekweg (AZ-1) en Oksel A27-A6 (AZ-2)), nabij de bestaande verbinding. Vanwege de wens van de omgeving om een combistation te realiseren en de voorkeur voor AZ-1 als locatie voor het 150kV-station, heeft locatie AZ-1 de voorkeur. Het heeft nettechnisch grote positieve gevolgen om ook de nieuwe 380kV-verbinding DIM-LLS op het 380kV-station Almere-Zeewolde aan te sluiten, dit is enkel mogelijk op locatie AZ-1. De positieve effecten hiervan zijn verder toegelicht in onderstaande paragraaf over de invloed op het elektriciteitsnet.

### **Beoordeling op niveau van het elektriciteitsnet**

Voor de beoordeling op het niveau van het elektriciteitsnet is gekeken naar de gehele verbinding en de effecten die deze teweeg kan brengen op het hoogspanningsnet als geheel. Hierbij is de verdeling van de vermogensstromen, de spanningskwaliteit en de doelmatigheid/efficiëntie van de gekozen locaties van de hoogspanningsstation(s) onderzocht. Hiervoor zijn verschillende (net)technische berekeningen uitgevoerd (Hoofdstuk 7). De verwachte verdeling van de vermogensstromen tussen de bestaande en nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Diemen en Ens is geanalyseerd middels loadflowberekeningen.

De verschillende alternatieven zijn in twee stappen onderzocht. Stap 1 van de verkenning was de beoordeling van de maak- en haalbaarheid, in deze stap zijn indicatieve loadflow berekeningen uitgevoerd. Deze berekeningen zijn in paragraaf 7.3.1 beschreven. In stap 2 volgde een beeld van welke mogelijkheden voor de nieuwe verbinding en nieuwe hoogspanningsstations het meest kansrijk zijn. Ook heeft de regio hierover geadviseerd. Voor naar verwachting kansrijke alternatieven en het regio-advies zijn aanvullende netberekeningen uitgevoerd. Dit geeft inzicht in de mate waarin alternatieven de knelpunten in het elektriciteitsnet oplossen (het doelbereik). In paragraaf 7.3.2 zijn deze netberekeningen beschreven.

In de indicatieve berekeningen is gekozen om vijf combinaties van alternatieven (Zuid-Blauw-1 met Noord-Blauw-1, Zuid-Paars-1 met Noord-paars-1, enzovoorts voor Groen-1, Geel-1 en Oranje-1) door te rekenen. De beoordeling van de alternatievencombinaties is te vinden in paragraaf 7.3.1 Tabel 7-1. Hieruit zijn de volgende conclusies getrokken:

- in de situatie dat alle circuits in bedrijf zijn (N situatie), zou naar verwachting bij alle combinaties de overbelasting van de bestaande lijn worden opgelost. Maar bij onderhoud of storing (N-1) zal dit niet het geval zijn bij de alternatieven geel en oranje;
- verder bleek dat bij N-1 de belasting in overige delen van het 380kV-net zou toenemen;
- de conclusie uit de indicatieve berekeningen was dat de alternatieven blauw, paars en groen relatief goed scoren;
- bij de gele en oranje alternatieven zou de stroomverdeling tussen de nieuwe lijn en de bestaande lijn niet op orde zijn en zouden er maatregelen moeten worden genomen om de stroomverdeling gunstiger te krijgen;
- als de berekeningen worden uitgevoerd zonder kabels in het tracé scoort het paarse alternatief het best.

In stap 2 zijn aanvullende netberekeningen uitgevoerd. Het regioadvies is in deze netberekeningen meegenomen en ook de nieuwste inzichten uit de 150kV-netvisie van TenneT en Liander. In de netvisie is gebleken dat een tweede deelnet in de buurt van Lelystad nodig is ten behoeve van de regionale elektriciteitsvoorziening en om netcongestie in de regio op te lossen. Er zijn drie bovengrondse configuraties doorgerekend:

1. een bundeling met de bestaande 380kV-verbinding, alternatief paars;
2. een combinatie van paars en groen voor het deel Diemen – Lelystad en het alternatief grijs voor het deel tussen Lelystad – Ens. Deze aangepaste versie is gebaseerd op mogelijke mitigatie in verband met de technische maakbaarheid van de compenserende maatregelen voor geel en risico's voor vergunbaarheid op het vlak van ecologie, natura2000 en werelderfgoed;

3. en het regioadvies van de provincie Flevoland en de gemeenten Almere en Lelystad, een combinatie van alternatief paars en geel.

De aanvullende netberekeningen leiden tot een aantal belangrijke inzichten:

- 1) alle verbindingen worden zwaar belast in het onderzochte scenario (Nationale Drijfveren 2035 uit IP2024). In het doorgerekende jaar 2035 zal zowel de bestaande als de nieuwe verbinding zwaar belast zijn, afhankelijk van de configuratie tussen de 70 en 90% in normale bedrijfsvoering. Dat betekent dat met name bij een voorkeursalternatief met minder doelbereik de grenzen van de transportcapaciteit in beeld komen;
- 2) Het doelbereik van het voorkeursalternatief wordt sterk beïnvloed door het aantal verbindingen dat wordt aangesloten op de nieuwe stations (bijvoorbeeld alleen de nieuwe of bestaande verbinding, of juist beide verbindingen). Voor een voorkeursalternatief met voldoende doelbereik gelden daarom de volgende inzichten voor de stationslocaties:
  - a) Beide 380kV-verbindingen tussen Diemen en Ens (bestaand en nieuw) moeten aangesloten worden op het 380kV-station Lelystad;
  - b) De twee deelnetten in de regio Lelystad moeten op één 380 kV-station bij Lelystad worden aangesloten én zo dicht mogelijk bij de Flevocentrale (bij het huidige 380 kV-station Lelystad). Anders ontstaat er een transportknelpunt tussen beide deelnetten. De grootte van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad verandert hierdoor van 15 hectare naar circa 30 hectare. Daarmee zijn alle zoekgebieden, met uitzondering van L-1, te klein;
  - c) De bestaande 380 kV-verbinding tussen Diemen en Ens moet in alle gevallen worden aangesloten op het 380 kV-station Almere-Zeewolde. Dit kan op locatie AZ-1 en AZ-2, nabij de bestaande verbinding. In de netberekeningen is locatie AZ-1 doorgerekend, omdat bij AZ-2 met de huidige inzichten onvoldoende ruimte is voor een combistation waardoor er langere 150kV-kabels nodig zouden zijn;
  - d) Het heeft grote positieve effecten op de betrouwbaarheid en de beschikbare capaciteit van het onderliggende 150 kV-net in de regio Almere-Zeewolde om ook de nieuwe 380 kV-verbinding op het station Almere-Zeewolde aan te sluiten. Dit zorgt voor een groter doelbereik en een robuuster elektriciteitsnet wat resulteert in een betrouwbaardere stroomvoorziening voor de gebruikers richting de toekomst. Andersom zijn er juist grote risico's voor de betrouwbaarheid en het doelbereik als alleen één verbinding op het nieuwe station wordt aangesloten. Door te bundelen met de bestaande verbinding (keuze paarse alternatief) zou een aansluiting van zowel de bestaande als de nieuwe verbinding op station Almere-Zeewolde mogelijk zijn.
- 3) Het doelbereik van het voorkeursalternatief wordt sterk beïnvloed door het weerstandsverschil tussen de nieuwe en bestaande verbinding. Daarom is het nodig dat de nieuwe en bestaande verbinding een vergelijkbare weerstand hebben. Dit kan op drie manieren:
  - a) Door een nieuwe verbinding te kiezen die een vergelijkbare lengte (en daardoor vergelijkbare weerstand) heeft als de bestaande verbinding;
  - b) Bij een nieuwe verbinding met een grotere lengte dan de bestaande verbinding kan de lengte gelijk gemaakt worden door de bestaande verbinding aan te passen en via een vergelijkbare route als de nieuwe verbinding te laten lopen waardoor de lengte vergelijkbaar is;

- c) Bij een nieuwe verbinding met een grotere lengte dan de bestaande verbinding kan de weerstand gelijk worden gemaakt door compenserende (weerstandsverhogende) maatregelen op de stationslocaties te realiseren voor de bestaande verbinding. Voor grote weerstandsverschillen vragen de maatregelen veel ruimtebeslag en leiden ze tot hoge kosten en grote risico's voor de betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid van het hoogspanningsnet.

Bovenstaande inzichten betekenen concreet voor de verschillende onderzochte tracés:

- de bundeling met de bestaande 380kV-verbinding, alternatief paars, scoort het beste, omdat deze een vergelijkbare lengte (en daardoor vergelijkbare weerstand) heeft als de bestaande verbinding;
- bij een nieuwe verbinding met een grotere lengte dan de bestaande verbinding, zoals de combinaties van paars met geel, groen of grijs, kan de lengte gelijk gemaakt worden door de bestaande verbinding aan te passen en via een vergelijkbare route als de nieuwe verbinding te laten lopen waardoor de lengte vergelijkbaar is;
- bij een nieuwe verbinding met een grotere lengte dan de bestaande verbinding, zoals de combinaties van paars met geel, groen of grijs, kan de weerstand gelijk worden gemaakt door compenserende maatregelen op de stationslocaties te realiseren voor de bestaande verbinding;
- bij de paars-gele configuratie is het verschil in weerstand te groot om dit te compenseren met seriespoelen, maar zijn er dwarsregeltransformatoren noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de elektriciteit gelijkmatig verdeeld wordt. De dwarsregeltransformatoren vragen veel ruimtebeslag en leiden tot hoge kosten en grote risico's voor de betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid van het hoogspanningsnet.

In paragraaf 7.2.3 is beschreven welke aspecten de spanningskwaliteit negatief kunnen beïnvloeden. Het is zinvol om deze situaties waar mogelijk te vermijden om uitval of beschadiging van apparaten en machines te voorkomen. De doorrekening op het gebied van spanningskwaliteit gaat nog plaatsvinden. Op kwalitatief niveau kan gesteld worden dat kabels in het 380kV-net een grote impact hebben op de spanningskwaliteit, door het opgewekte blindvermogen (dat gecompenseerd moet worden met compensatiespoelen). Daarnaast ontstaat er netvervuiling en kunnen er spanningsvariaties en spanningspieken ontstaan, die kunnen leiden tot het ongewenst uitschakelen van een deel van het net. Dit risico neemt toe met de lengte van de kabels.

### **Beoordeling na mitigerende maatregelen**

Om risico's of negatieve effecten in de alternatieven te vermijden, zijn er meerdere mogelijkheden om te komen tot (net)technisch realistische alternatieven. Deze hebben vooral betrekking op het verplaatsen van de deeltracés, het vervangen van masten door portalen om de hoogte te beperken en het verkabelen van (gedeeltes van) deeltracés. Op basis hiervan zijn in totaal 16 mitigerende maatregelen opgesteld (paragraaf 8.1). Vanuit andere effectbeoordelingen zijn twee mitigerende maatregelen voorgesteld (paragraaf 8.2). Op basis van deze maatregelen zijn beoordelingstabellen opgesteld in Tabel 8.1 en Tabel 8-2 respectievelijk deelgebied Noord en deelgebied Zuid. Hieruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

### Deelgebied Noord

- na aanpassing van het tracé ter plaatse van het IJsselooog zijn de alternatieven Noord-Paars-2 en Noord-Groen-2 haalbaar geworden, omdat de technische maak- en haalbaarheid nu wel voldoet aan de projectdoelstellingen;
- voor de alternatieven Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2 zijn met betrekking tot de leveringszekerheid geen mitigerende maatregelen mogelijk;
- het plaatsen van de hoekmasten op eilanden heeft geen merkbaar effect op de leveringszekerheid voor Noord-Blauw-1.

### Deelgebied Zuid

- door verplaatsing van de referentielijnen voor de alternatieven Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1 en Zuid-Geel-1 wordt een conflict met betreffende buisleiding voorkomen waardoor het risico voor beïnvloeding verkleind wordt;
- bij Tracé Zuid-Paars-1 en Zuid-Paars-2 resteert een hoog risico voor de technische maak- en haalbaarheid van tracédeel PA4, vanwege hogedruk gasleidingen die zich nabij het tracé bevinden, met inachtneming van potentiële optimalisatie van mastposities en masthoogtes.
- het plaatsen van de masten op schiereilandjes voor alternatieven Zuid-Blauw-1 en Zuid-Blauw-2 heeft geen merkbaar effect op de leveringszekerheid.

### Mitigerende maatregelen n.a.v. de netberekeningen

Op basis van de netberekeningen zijn een aantal net-technische varianten met verschillende compensatiemaatregelen verkend. Deze varianten zijn een combinatie van de doorgerekende configuraties en scenario's en de mitigerende maatregelen die noodzakelijk zijn. De mitigerende maatregelen zijn namelijk niet meegenomen in de netberekeningen.

De paarse alternatieven (zuid-1 en noord-1) die de bestaande verbinding volgen worden het beste beoordeeld vanuit net-technisch oogpunt vanwege een relatief laag risico op overbelasting van de verbinding en het hoogspanningsnet en geen noodzaak voor compensatiemaatregelen. Andere varianten brengen hogere risico's met zich mee. Dit zijn negatieve risico's op het gebied van nettechniek en/of nieuwe effecten op het gebied van technische maak- en haalbaarheid, doorlooptijd, kosten, planologie en/of omgeving. Deze risico's komen door het toepassen van seriespoelen, dwarsregeltransformatoren, of aanpassingen aan de bestaande verbinding.

Voor de varianten waarbij dwarsregeltransformatoren nodig zijn vanwege het grote lengteverschil, zuid-3 paars-geel en noord-3 paars-grijs, kennen zeer hoge risico's op verschillende net-technische criteria. Dwarsregeltransformatoren hebben onder andere nadelige effecten op leveringszekerheid (lage betrouwbaarheid en -beschikbaarheid), planologische inpassing (benodigde ruimte) en omgeving (geluid). Waardoor vanuit net-techniek de voorkeur uitgaat naar twee verbindingen naast elkaar (reconstructie) t.o.v. dwarsregeltransformatoren.

### **Conclusie technisch risicoprofiel**

Op basis van de technische analyse, effectbeschrijving en effectbeoordeling zijn er na mitigatie/optimalisatie een aantal tracédelen die vanuit techniek afgeraden worden vanwege een onbeheersbaar risicoprofiel of zeer hoge (-) risico's. Dit betreft de volgende tracédelen:

#### Deelgebied Noord

- Noord-Blauw-1
- Noord-Paars-2
- Noord-Groen-1
- Noord-Groen-2
- Noord-Geel-1
- Noord-Geel-2
- Noord-Oranje-1
- Noord-Oranje-2

#### Deelgebied Zuid

- Zuid-Blauw-1
- Zuid-Blauw-2
- Zuid-Paars-1\*
- Zuid-Groen-1\*
- Zuid-Geel-1\*
- Zuid-Oranje-1
- Zuid-Oranje-2

Bovenstaande tracédelen hebben dus één of meerdere aspecten die zeer hoge risico's met zich meebrengen. Gezien de hoge risico's hebben deze tracédelen voor techniek niet de voorkeur. De resterende tracédelen hebben een risicoscore voor één of meerdere aspecten die maximaal gelijk is aan hoog (-). Deze zijn hieronder gegeven:

#### Deelgebied Noord

- Noord-Paars-1
- Noord-Grijs-1 (inclusief reconstructie van de bestaande verbinding)

#### Deelgebied Zuid

- Zuid-Paars-2\*

Deze risico's zijn over het algemeen goed oplosbaar en hebben dus vanuit techniek de voorkeur.

### Concluderende cumulatieve beoordeling

Om de verschillende technische aspecten in één overzicht cumulatief te beoordelen is onderstaande tabel 9-1 opgesteld.

Tabel 9-1: Cumulatieve beoordeling technische aspecten voor de alternatieve tracés

Alternatief tracé		Beoordeling zonder mitigatie	Mitigatie		Beoordeling na mitigatie
Noord-Blauw-1		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Noord-Paars-1		Neutraal	n.v.t.		Neutraal
Noord-Paars-2		Niet maakbaar	Tracéren via de Hanzeplaat		Onbeheersbaar
Noord-Groen-1		Niet maakbaar	Tracéren via de Hanzeplaat		Onbeheersbaar
Noord-Groen-2		Niet maakbaar	Tracéren via de Hanzeplaat		Onbeheersbaar
Noord-Geel-1		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Noord-Geel-2		Niet maakbaar	Tracéren via de Hanzeplaat		Onbeheersbaar
Noord-Oranje-1		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Noord-Oranje-2		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Noord-Grijs-1		Negatief	n.v.t.		Negatief
Zuid-Blauw-1		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Zuid-Blauw-2		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Zuid-Paars-1	*	Niet maakbaar	n.v.t.		Niet maakbaar
Zuid-Paars-2	*	Zeer negatief	Optimalisatie mastpositie		Negatief
Zuid-Groen-1	*	Zeer negatief	Optimalisatie mastpositie		Zeer negatief
Zuid-Geel-1	*	Zeer negatief	Optimalisatie mastpositie		Zeer negatief
Zuid-Oranje-1		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar
Zuid-Oranje-2		Onbeheersbaar	n.v.t.		Onbeheersbaar

\*Voor Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2, Zuid-Groen-1 en Zuid-Geel-1 is als mitigatie op een niet maakbaar tracé over PA2 in combinatie met PA3 een tracé over PA2a en PA3a beoordeeld vanuit techniek.



## 10. Begrippen en afkortingen

### 10.1 Verklarende woordenlijst techniek

#### **Elektriciteitsnet**

Een elektriciteitsnet is een netwerk van verbindingen en knooppunten waarover grote hoeveelheden elektrische energie met hoge efficiëntie over lange afstanden kan worden getransporteerd.

#### **Netbeheerder**

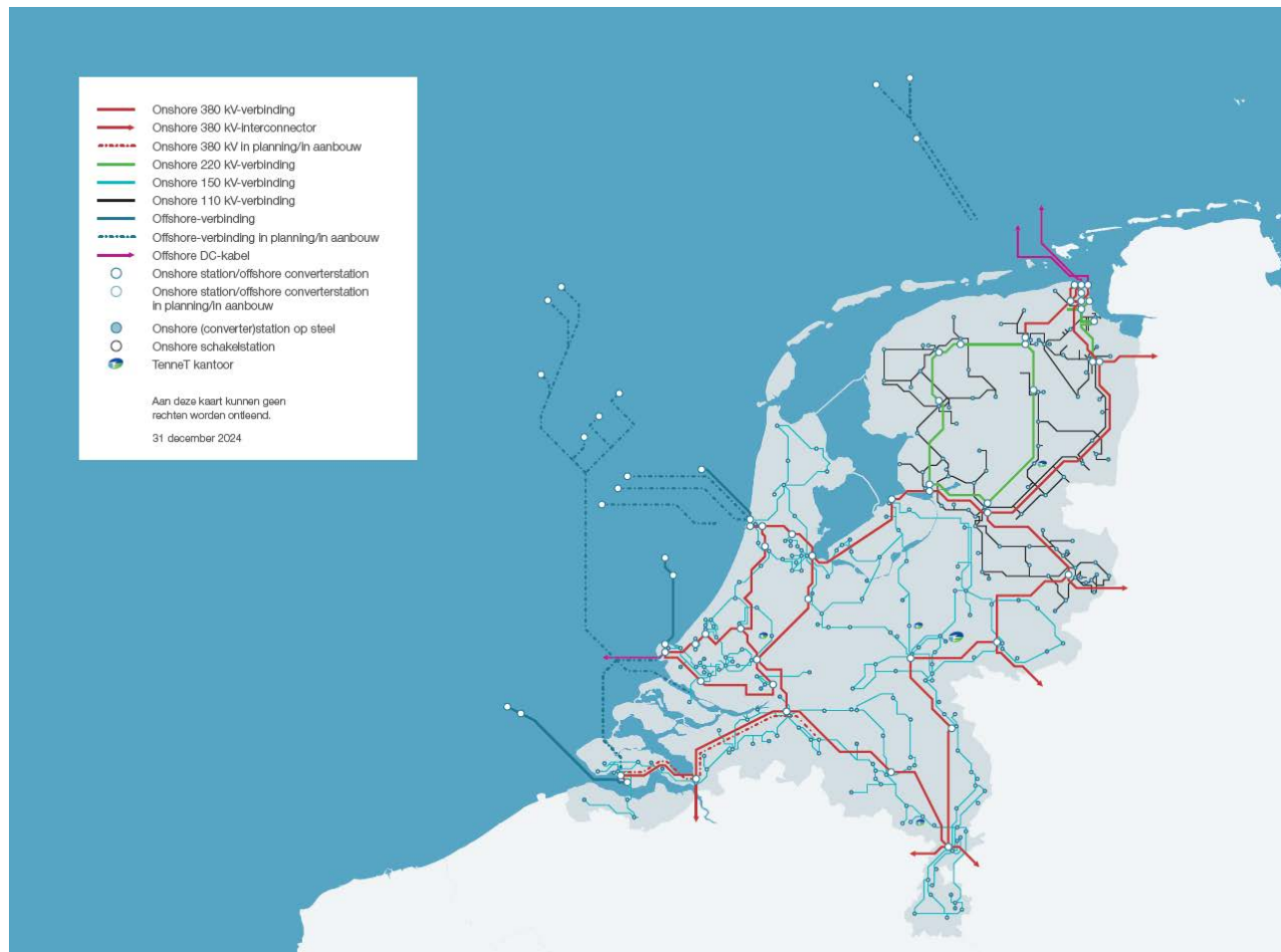
De instantie die (op basis van wettelijke regels) verantwoordelijk is voor het beheer van het hoogspanningsnet. In Nederland is TenneT de landelijke netbeheerder en zijn er verschillende regionale netbeheerders. TenneT beheert het net met een spanningsniveau hoger dan 100kV, en de regionale netbeheerders het net met een lagere spanning.

#### **Ringnet**

Een ringnet is een distributienetwerk waarin elektriciteit in een lusvormige structuur wordt getransporteerd. Elk punt in de ring heeft meerdere paden om elektriciteit te ontvangen en door te geven. Dit ontwerp zorgt voor redundantie (back-up) en flexibiliteit in het geval van een storing, omdat elektriciteit in beide richtingen kan stromen.

#### **Landelijke ring**

Het hoogspanningsnet van TenneT is opgebouwd rondom een centrale ringstructuur. In deze ringstructuur zijn de hoogspanningsstations Diemen-Breukelen-Krimpen-Geertruidenberg-Eindhoven-Maasbracht-Dodewaard-Doetinchem-Hengelo-Zwolle-Ens-Lelystad-Diemen opgenomen en onderling verbonden door middel van 380kV-verbindingen.



Figuur 10-1: Kaart hoogspanningsnet

### Koppelnets

Een koppelnets koppelt de verschillende delen van een elektriciteitsnetwerk met elkaar, zodat elektriciteit tussen die delen uitgewisseld kan worden. Het zijn een soort schakels. De elektriciteit wordt via het koppelnets tussen verschillende regio's of landen getransporteerd.

### (Load)pockets / Deelnets

De netbeheerders verdelen het elektriciteitsnet in loadpockets, ofwel deelnets, om te zorgen dat het net beheersbaar blijft. De elektriciteit binnen een loadpocket hoeft minder vaak over het koppelnets getransporteerd te worden, waardoor er meer capaciteit op het koppelnets is om grote tekorten of overschotten te vervoeren.

### Spanningskwaliteit

Elektriciteit moet voldoen aan een bepaalde kwaliteit, ook wel bekend als 'spanningskwaliteit'. De spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten behoort tot de beste ter wereld. Een belangrijk doel van de netbeheerders is ervoor te zorgen dat de spanning nu en in de toekomst goed blijft. Ze bewaken

de spanningskwaliteit met honderden metingen en monitoren zo de impact van de energietransitie.

### **Spanning**

Elektrische spanning verwijst naar het verschil in elektrische potentiaal tussen twee punten in een elektrisch circuit. Het wordt vaak aangeduid als elektrische spanning of kortweg spanning. Spanning wordt gemeten in volts (V). Het ontstaat als gevolg van een verschil in lading tussen twee punten, wat resulteert in een elektrisch veld. Dit elektrische veld heeft de neiging om elektrisch geladen deeltjes, zoals elektronen, te verplaatsen als er een geleidend pad tussen de punten is.

Spanning is een essentieel concept in de elektriciteitsleer omdat het de drijvende kracht is die elektrische stroom veroorzaakt. Een hogere spanning tussen twee punten zorgt voor een grotere kracht op de ladingen om te bewegen, wat resulteert in een hogere stroomsterkte als er een geleidende verbinding is tussen die punten. De nieuwe verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens krijgt een spanning van 380.000 V ofwel 380 kilovolt (380kV). Dit is het hoogste spanningsniveau in Nederland en wordt ook aangeduid als EHS (extra hoogspanning, 220kV en 380kV).

### **Stroom**

Elektrische stroom is de beweging van elektrisch geladen deeltjes, zoals elektronen, door een geleidend materiaal, zoals een draad. Deze beweging van lading creëert een elektrische stroom. In het algemeen wordt elektrische stroom gegenereerd door het verschil in elektrische potentiaal (spanning) tussen twee punten, wat een elektrisch veld veroorzaakt dat de ladingen aandrijft om te bewegen. Stroom kan zowel doorgegeven worden door geleiders, zoals metalen, als door halfgeleiders en elektrolyten, afhankelijk van het type elektrisch circuit en de materialen die worden gebruikt. Elektrische stroom wordt gemeten in ampère (A).

### **Vermogen**

Vermogen verwijst naar de snelheid waarmee elektrische energie wordt omgezet of overgedragen. Het wordt gemeten in watts (W). De hoeveelheid vermogen die door een hoogspanningsverbinding getransporteerd kan worden is het product van spanning en stroomsterkte en wordt uitgedrukt in MVA (megavolt-ampère; ofwel 1 miljoen voltampère).

### **Hoogspanningsstation**

Plek waar één of meer hoogspanningsverbindingen zijn aangesloten op elkaar, op transformators of op een schakelveld bij een centrale.

### **Veld (hoogspanningsstation)**

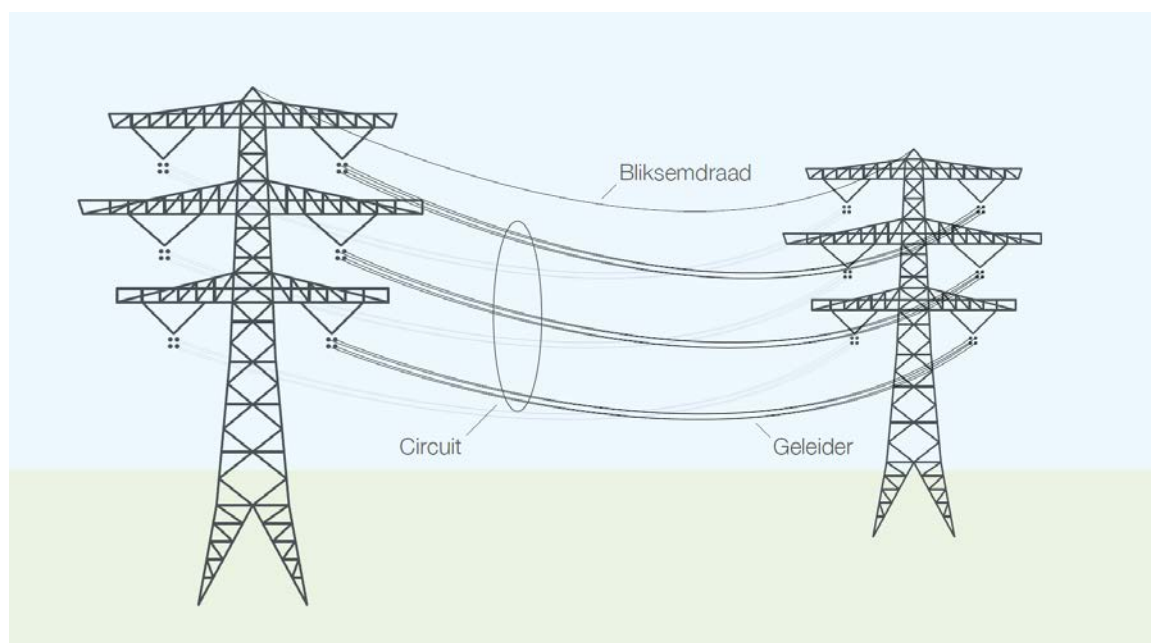
Op een hoogspanningsstation zijn meerdere aansluitingen waarop hoogspanningslijnen of kabels binnenkomen. Deze aansluitingen worden velden genoemd.

## Hoogspanningsverbinding

Verbinding tussen twee punten waardoor elektriciteit getransporteerd kan worden. Bij hoogspanning kan het gaan om verschillende voltages: 110kV, 150kV, 220kV en 380kV. De hoogspanningsverbindingen zijn bedoeld om grote hoeveelheden elektriciteit te transporteren van de productielocaties naar de gebieden waar het verbruik plaatsvindt. Een hoogspanningsverbinding kan bovengronds of ondergronds zijn.

## (Hoogspannings)lijnen

Hoogspanningslijnen zijn bovengrondse verbindingen in het elektriciteitsnet, waar hoogspanning op staat. De hoofdonderdelen van de hoogspanningslijnen zijn de masten en de geleiders.



Figuur 10-2: Hoogspanningslijnen

## (Hoogspannings)kabels

Hoogspanningskabels zijn ondergrondse verbindingen in het elektriciteitsnet, waar hoogspanning op staat. Een kabel bestaat uit elektrisch geleidend materiaal (geleider) dat omhult wordt door elektrisch isolerend materiaal (isolatie). De geleider is gemaakt van aluminium of koper.

## ZRO-strook

De veiligheidszone rond een hoogspanningsverbinding waarvoor na de bouw beperkingen gelden: dit wordt geregeld in de Zakelijk Recht Overeenkomst (ZRO) met de percee-eigenaren van deze gronden. In de veiligheidszone mogen bijvoorbeeld geen bomen komen te staan en geen bouwwerken of gebouwen. De ZRO-strook moet altijd beschikbaar blijven voor onderhoud en bij calamiteiten.

## Verkabeling

Een bovengrondse hoogspanningslijn kan worden vervangen door een ondergrondse kabelverbinding. Dit wordt verkabeling genoemd. Het is ook mogelijk om een deel van een hoogspanningslijn te verkabelen. In dat geval bestaat de verbinding uit een gedeelte bovengronds en een gedeelte ondergronds.

## Opstijgpunt

Op de locatie waar een ondergrondse verbinding overgaat in een bovengrondse (of andersom) staat een opstijgpunt. In onderstaande afbeelding is hiervan een voorbeeld gegeven.



*Figuur 10-3: Opstijgpunt 380kV-verbinding (foto van de verbinding Rilland-Tilburg).*

## AIS/GIS-hoogspanningsstations

De meeste 110, 150, 220 of 380kV-hoogspanningsstations van TenneT zijn gebaseerd op AIS, dit staat voor Air Insulated Switchgear. Dit is open bouw, waarbij de atmosferische lucht - door alles op grote afstand te houden - de isolatie vormt die ervoor moet zorgen dat de hoogspanning op de geleiders blijft en voorkomt dat de spanning overslaat of doorslaat naar niet gewenste onderdelen (zoals bij kortsluiting). AIS staat meestal in de openlucht, maar komt bij uitzondering ook voor in (grote) gebouwen. AIS is de standaard uitvoeringsvorm voor TenneT.

GIS staat voor Gas Insulated Switchgear. Op een GIS-hoogspanningsstation zorgt SF<sub>6</sub>-gas in buizen (met een overdruk) voor de isolatie van de hoogspanning. Dat voorkomt dat er kortsluiting ontstaat naar het metalen omhulsel. GIS hoogspanningsinstallaties zijn daardoor veel compacter dan AIS en staan meestal in een gebouw.

## Fundering

Een fundering koppelt een bouwwerk en aan de grond. De fundering voorkomt dat een bouwwerk in de grond wegzakt of door de wind wordt omgeblazen. Er zijn verschillende soorten fundaties die gebruikt worden bij het plaatsen van hoogspanningsmasten, afhankelijk van de mast en de ondergrond.



*Figuur 10-4: Fundering van een vakwerkmast*

## Fasegeleiders

Fasegeleiders zijn de hoogspanningsdraden die in de masten hangen. Ze worden altijd in een set (circuit) van drie in de hoogspanningsmasten gehangen, zo kan er meer stroom door worden getransporteerd. Fasegeleiders zijn zelf ongeïsoleerde elektriciteitsdraden waar de hoogspanning op staat.

## Circuit

Set van drie fasedraden die samen een volwaardige eenheid vormen waarop driefasen-wisselspanning bedreven kan worden.

## Isolatorkettingen

Isolatorkettingen dienen als isolatie tussen de spanningvoerende delen (de draden) en de geaarde delen (masten) van een hoogspanningslijn. Isolatorkettingen zorgen ervoor dat de fasegeleider opgehangen kan worden (aan de geaarde hoogspanningsmast) en dat de minimaal benodigde afstand tussen de fasegeleiders ook gehandhaafd kan worden. Hoe langer de isolator, hoe hoger de hoogspanning op de fasegeleider is. Aangezien lucht een minder goede isolator is dan bijvoorbeeld kunststof, worden de fasegeleiders onderling ver van elkaar gehouden. Bij 380kV-geleiders is dit ruim 4 meter.

## Masten

Masten/hoogspanningsmasten dragen het bovengrondse elektriciteitsnet. De hoogspanningsdraden (fasegeleiders) worden hoog en buiten bereik in de masten opgehangen aan isolatoren. Ter bescherming tegen blikseminslag zijn erboven in de mast ook één of twee bliksemdraden aangesloten.

### **Eind-, afspan-, hoek-, wissel en steunmasten**

Masten hebben verschillende functies. Zo staat er aan het begin en eind van een bovengronds tracé een eindmast, ofwel afspanmast. In het tracé worden circa elke 5 km of plek waar het tracé een hoek maakt, ook de trekkrachten opgevangen door een hoekmast. Tussen deze hoekmasten staan weer steunmasten. Die zijn over het algemeen slanker dan de hoek- en eindmasten. Hoek-, eind- of afspanmasten zijn ontworpen om de geleiders hoog te houden en de trekkrachten op te vangen.

Steunmasten ondersteunen de geleiders en houden deze boven de grond wanneer er een lange afstand is te overbruggen. Steunmasten staan altijd tussen twee afspanmasten in.

De wisselmasten zijn ontworpen om de geleiders voor en na de mast van positie te wisselen.

### **Masttype en mastcodering**

Er zijn verschillende masttypen: steunmast, hoekmast, eindmast, afspanmast en wisselmast. Het type mast wordt aangegeven met een mastcodering. Dat bestaat uit een letter (dat het masttype aangeeft) en een cijfer (hoogte-aanduiding). Bijvoorbeeld:

- S+0: de S staat voor steunmast, de 0 voor de hoogte in meters ten opzichte van de standaard
- S+3: deze mast is 3 meter hoger dan de standaardmast
- H+0: de H staat voor hoekmast, de 0 voor de hoogte in meters ten opzichte van de standaard

### **Uitvoeringsvorm**

De uitvoeringsvorm geeft de vorm van een mast aan. Er zijn bijvoorbeeld vakwerkmasten en windtrackmasten. Het uitgangspunt voor dit project is om gebruikt te maken van vakwerkmasten: hoogspanningsmasten, opgebouwd uit een open raamwerk van stalen spanten.

### **Mastfamilie**

Er zijn verschillende mastenfamilies (daarbij gaat het over de vorm van de mast), zoals Donau en Moldau. Het uitgangspunt voor dit project is om gebruik te maken van Moldau masten. Een voorbeeld hiervan is te zien op onderstaande afbeelding.



*Figuur 10-5: Visualisatie van een Moldau mast in het landschap (bron: projectatlas Zuid-West 380kV-oost).*

### **Klokgetallen**

De nieuwe verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens gebruikt wisselstroom met (een veelvoud van) drie fasegeleiders. De fasen in de drie geleiders lopen altijd een derde op elkaar voor of achter in het doorlopen van hun cyclus. Iedere fase krijgt een getal toegekend tussen 1 en 12. Telkens liggen deze getallen precies  $1/3e$  bij elkaar vandaan. En net zoals op een klok volgen ze op elkaar, altijd dezelfde kant op. Zo kan de reeks 4, 8, 12 ontstaan, maar ook 2, 6, 10 of 1, 5, 9. Altijd vier als tussenruimte, telkens  $1/3e$  uit elkaar.

### **Wisselmast**

Op een wisselmast of fasewissel, worden de fasegraden van fysieke positie gewisseld. De functie van wisselmasten is om de drie fasegraden van elk circuit onderling van fysieke positie te laten wisselen. Dit wordt gedaan om het elektrisch gedrag van iedere fasegraad zo identiek mogelijk te houden. Dit wordt gedaan vanwege nettechnische redenen rond rendement en bewaking of om de beïnvloeding op externe infrastructuur te beperken.



*Figuur 10-6: Wisselmast (bron: hoogspanningsnet.com)*

### **Transponeren**

Vakterm voor het wisselen van de fysieke positie van fasen langs een verbinding. Het doel hiervan is een gelijke impedantie (weerstand + inductie) per fase over de hele lengte van de verbinding. Dit wordt toegepast in een wisselmast.

### **Kabeleindsluiting (KES)**

Een kabeleindsluiting maakt de overgang van een kabel (ondergronds) naar een lijn of naar een installatie in een hoogspanningsstation. De kabeleindsluiting ondersteunt de kabel en zorgt dat de kabelader veilig aangesloten is aan de geleider.



*Figuur 10-7: Kabeleindsluiting (KES)*

### **(Afspan)portaal**

Daar waar de hoogspanningslijn eindigt, gaat deze een hoogspanningsstation binnen via afspanportalen of gaat deze via kabeleindsluitingen (ook wel opstijgpunt genoemd) over op een ondergrondse hoogspanningskabel. De geleiders (draden) uit de mast worden in een platvlak afgespannen op een metalen poortconstructie (ook wel portaal genoemd), zodat de geleiders correct aangesloten kunnen worden op het veld van het hoogspanningsstation of op de kabels bij een kabeleindsluiting. Van belang is dat de geleiders niet worden verwisseld en onderling voldoende afstand houden.



*Figuur 10-8: Afspanportaal*



*Figuur 10-9: Portalen in serie.*

### **VNB: voorziene niet beschikbaarheid**

Vakterm voor een van tevoren voorziene onbeschikbaarheid, zoals gepland onderhoud, reparaties of uitbreiding van de infrastructuur, van een component, hoogspanningsverbinding, deel van een hoogspanningsstation en productie-eenheden. Als dit goed wordt gepland, heeft het geen invloed op de stroomvoorziening omdat andere delen van het systeem de belasting kunnen overnemen. Vanwege de hoge transportbelastingen van het net wordt het inplannen van de benodigde VNB's voor werkzaamheden steeds moeilijker.

Het tegenovergestelde is ONB, onvoorziene niet-beschikbaarheid. Dat is meestal een storing of calamiteit. Er is meestal geen directe invloed op de stroomvoorziening, maar de storing wordt zo snel als mogelijk is verholpen om het risico op een onderbreking te minimaliseren.

### **Greenfield/brownfield**

Een greenfield-project betekent dat er vanaf de basis wordt gestart, meestal op een onontwikkeld terrein of met nieuwe infrastructuur. In het geval van TenneT kan dit bijvoorbeeld verwijzen naar het ontwerpen en bouwen van nieuwe hoogspanningsstations, -verbindingen of andere elektrische infrastructuur op een locatie waar nog geen dergelijke faciliteiten bestaan.

Het tegenovergestelde van een greenfield-project is een "brownfield"-project, waarbij bestaande infrastructuur wordt aangepast, uitgebreid of gemoderniseerd. Het gebruik van de termen "greenfield" en "brownfield" helpt bij het onderscheiden van projecten op basis van de mate van bestaande ontwikkeling of infrastructuur op een bepaalde locatie.

### **EMC**

EMC staat voor Elektromagnetische Compatibiliteit. Het verwijst naar het vermogen van elektronische systemen om samen te werken in hun elektromagnetische omgeving zonder storing te veroorzaken bij andere systemen en zonder zelf last te hebben van andere systemen.

### **Magneetveldzone**

Het voorzorgsbesluit van het rijk uit 2005 (met update in 2023) is erop gericht om, zo veel als redelijkerwijs mogelijk, te voorkomen dat burgers (volwassen en kinderen) langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden, die afkomstig zijn van de elektriciteits-infrastructuur. De magneetveldzone is de zone waarin het jaargemiddelde van het magneetveld hoger dan 0,4 microTesla is.

### **MicroTesla ( $\mu\text{T}$ )**

Een miljoenste deel van een Tesla, de eenheid waarmee de sterkte van de magneetvelden worden uitgedrukt.

### **Inductieve koppeling**

Iedere elektrische geleider waardoor een wisselstroom loopt veroorzaakt een magnetisch veld. Wanneer een andere geleider zich binnen dit elektromagnetisch veld bevindt, zal ook door deze geleider een stroom gaan lopen. De grootte van de stroom hangt af van de afstand tussen de geleiders, maar ook de grootte van de stroom door de initiële geleider en de lengte van parallelloop.

### **Leveringszekerheid**

Samenspel van het langetermijnevenwicht tussen vraag en aanbod van elektriciteit en de conditie van het elektriciteitsnetwerk. Is er in de markt op termijn voldoende aanbod mogelijk om aan de geschatte vraag naar stroom te voldoen en is er voldoende transportcapaciteit om de elektriciteit te transporten.

### **Bundelen**

Het traceren, inpassen en/of bouwen van een nieuwe verbinding naast een bestaande hoogspanningsverbinding of naast andere bovenregionale infrastructuur.

### **Combineren**

Het traceren, inpassen en/of bouwen van meerdere bestaande en nieuwe hoogspanningsverbindingen samen in één mast.

### **Overkluizing**

Dit is een scheidende constructie bij een kruising van andere infrastructuur. Bijvoorbeeld bij het kruisen met een andere 380kV verbinding.

### **Natura 2000-gebied**

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden op het grondgebied van de lidstaten van de Europese Unie. Het netwerk omvat alle gebieden die zijn beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992).

### **NNN-gebied**

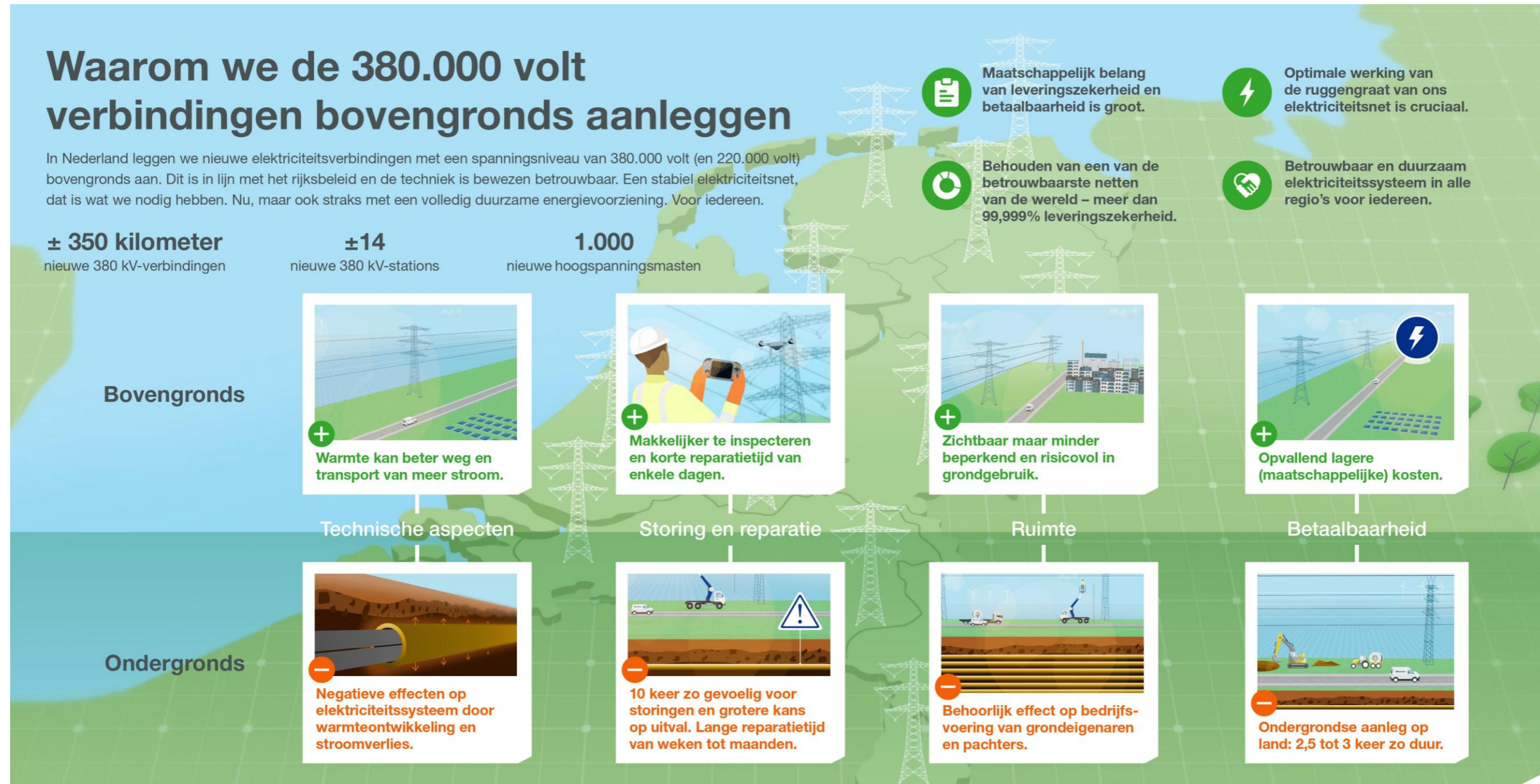
NNN staat voor Natuurnetwerk Nederland. Een landelijk netwerk van grote en kleine bestaande en nog aan

te leggen natuurgebieden die verbonden zijn door natuurverbindingen waarbinnen flora en fauna zich kunnen handhaven, verplaatsen en uitbreiden.

## 10.2 Afkortingenlijst

Afkorting	Betekenis	Afkorting	Betekenis
μT	MicroTesla	LLS380	380kV-hoogspanningsstation Lelystad
AIS	Air Insulated Switchgear	mer	Milieueffectrapportage
ACM	Autoriteit Consument en Markt	MVA	Mega Volt Ampère
AMN	Asset Management Nederland	MW	Mega Watt
BO	Basisontwerp	NAP	Normaal Amsterdams Peil
Cu	Koper (Cuprum)	NNN	Natuurnetwerk Nederland
DIM380	380kV-hoogspanningsstation Diemen	NRD	Notitie Reikwijdte en Detailniveau
EKZ	Economische Zaken en Klimaat	ONB	Onvoorzien Niet Beschikbaarheid
EMC	Electro Magnetische Compatibiliteit	PEH	Programma Energiehoofdstructuur
ENS380	380kV-hoogspanningsstation Ens	PVE	Programma van Eisen
EHS	Extra hoogspanning	RCR	Rijks Coördinatie Regeling
HS	Hoogspanning	RES	Regionale Energie Strategie
IBN	Inbedrijfname	RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
IEA	Integrale effect analyse	RLN	Richtlijn
KES	Kabeleindsluiting	sPVE	Specifiek Programma van Eisen
kV	Kilo Volt	m.v.	Maaiveld
kA	Kilo Ampère	VGM	Veiligheid, Gezondheid en Milieu
LBC	Landelijk Bedrijfsvoering Centrum	VNB	Voorziene Niet Beschikbaarheid
LHB	Luchthaven besluit	ZRO	Zakelijk recht overeenkomst

### 10.3 Infographic Bovengronds Tenzij



Figuur 10-3: Infographic van Bovengronds tenzij (bron: [Standpunt Aanleg 380 kV-verbindingen bovengronds](#))