

RAPPORT

AUTEUR Projectteam ACT TWB
GOEDGEKEURD DOOR -

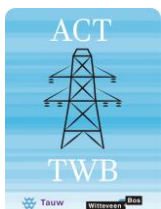
CLASSIFICATIE C2 - Interne Informatie
DATUM 7 mei 2026
PAGINA 1 van 63
DOCUMENT NUMMER 002.902.20 1263819
REFERENTIE 134304-3.2/26-006.864
VERSIE Concept 10

Nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen – Ens

Plan-MER

Deelrapport thema Duurzaamheid

Eindconceptversie



Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
1.1 Onderzoeksalternatieven voor een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding	3
1.2 Locatiealternatieven voor nieuwe hoogspanningsstations	14
1.3 Uitgangspunten bij het voornemen	18
1.4 Leeswijzer deelrapport	24
2. Wettelijk kader en beleid	25
3. Beoordelingsmethodiek	29
3.1 Geen onderzoek naar: energiegebruik en beheer en onderhoud	29
3.2 Materiaalgebruik	30
3.3 Uitgangspunten materiaalgebruik	32
3.4 Uitstoot broeikasgassen (CO ₂ , SF ₆) tijdens realisatie- en gebruiksfase	34
3.5 Uitgangspunten uitstoot broeikasgassen (CO ₂ , SF ₆) tijdens realisatie- en gebruiksfase	36
4. Referentiesituatie	38
5. Effectbeschrijving- en beoordeling deelgebied zuid	39
5.1 Materiaalgebruik	39
5.2 Uitstoot broeikasgassen	41
5.3 Conclusies effectbeoordelingen deelgebied zuid	42
6. Effectbeschrijving- en beoordeling deelgebied noord	44
6.1 Materiaalgebruik	44
6.2 Uitstoot broeikasgassen	47
6.3 Conclusies effectbeoordelingen deelgebied noord	50
7. Effectbeschrijving- en beoordeling hoogspanningsstations	52
7.1 Hoogspanningsstation Lelystad	52
7.2 Hoogspanningsstation Almere-Zeewolde	53
8. Mitigerende maatregelen	55
Bijlage 1 Kaartuitsnedes onderzoeksalternatieven	63

1. Inleiding

Voorliggend deelrapport is een bijlage van het plan-MER voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Diemen en Ens. De deelrapporten zijn belangrijke achtergrondrapporten bij het plan-MER. Hierin wordt uitgebreid ingegaan op de analyse, effectbeschrijving en effectbeoordeling van de verschillende onderzoeksalternatieven voor de nieuwe hoogspanningsverbinding en de locatiealternatieven voor de nieuwe hoogspanningsstations.

Het hoofdrapport van het MER en bijlage 3 daarbij, geven uitleg over hoe de onderzoeksalternatieven voor het tracé en de locatiealternatieven voor de nieuwe hoogspanningsstations tot stand zijn gekomen. In de volgende paragrafen is op hoofdlijnen nogmaals ingegaan op de belangrijkste informatie over de alternatieven, om de effectbeoordeling in dit deelrapport goed te kunnen volgen. Het wordt aangeraden om bijlage 1 van dit deelrapport ernaast te houden tijdens het lezen. Daarin zijn kaartuitsnedes opgenomen van de diverse onderzoeksalternatieven voor de tracés die in het deelrapport beoordeeld worden.

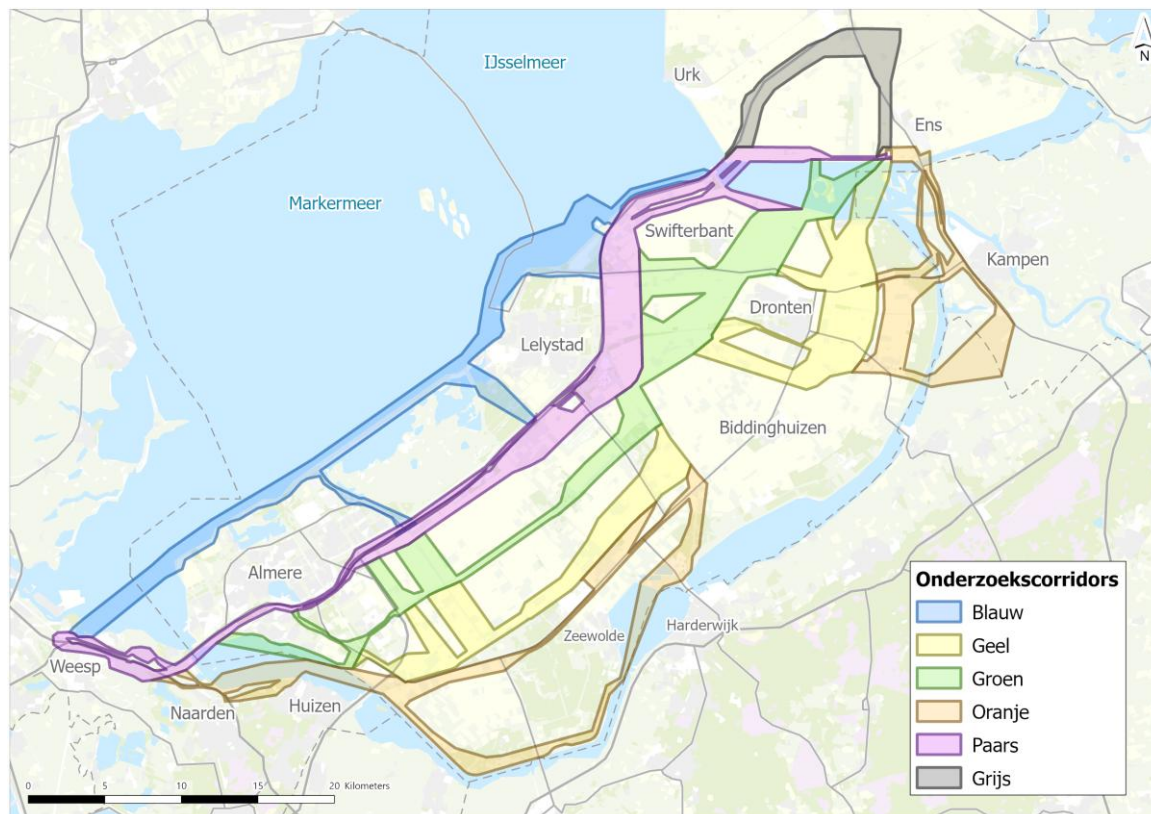
1.1 Onderzoeksalternatieven voor een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding

Er is een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding nodig tussen de hoogspanningsstations Diemen, Lelystad en Ens. Een koppeling met het bestaande 380 kV-netwerk en het regionale 150 kV-netwerk in Lelystad is noodzakelijk, de nieuwe verbinding kan niet direct van Diemen naar Ens lopen zonder via Lelystad te gaan. Daarnaast is in de buurt van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad een nieuw 380 kV-hoogspanningsstation nodig. Ook is een nieuw 380 kV-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 zes verschillende kleuren: blauw, paars, groen, geel, oranje en grijs. In het hoofdrapport van het plan-MER is in hoofdstuk 3 beschreven hoe van die basisroutes tot de onderzoeksalternatieven en locatiealternatieven is gekomen. Dit is uitgebreider beschreven in bijlage 3 bij het plan-MER: het alternativedocument.

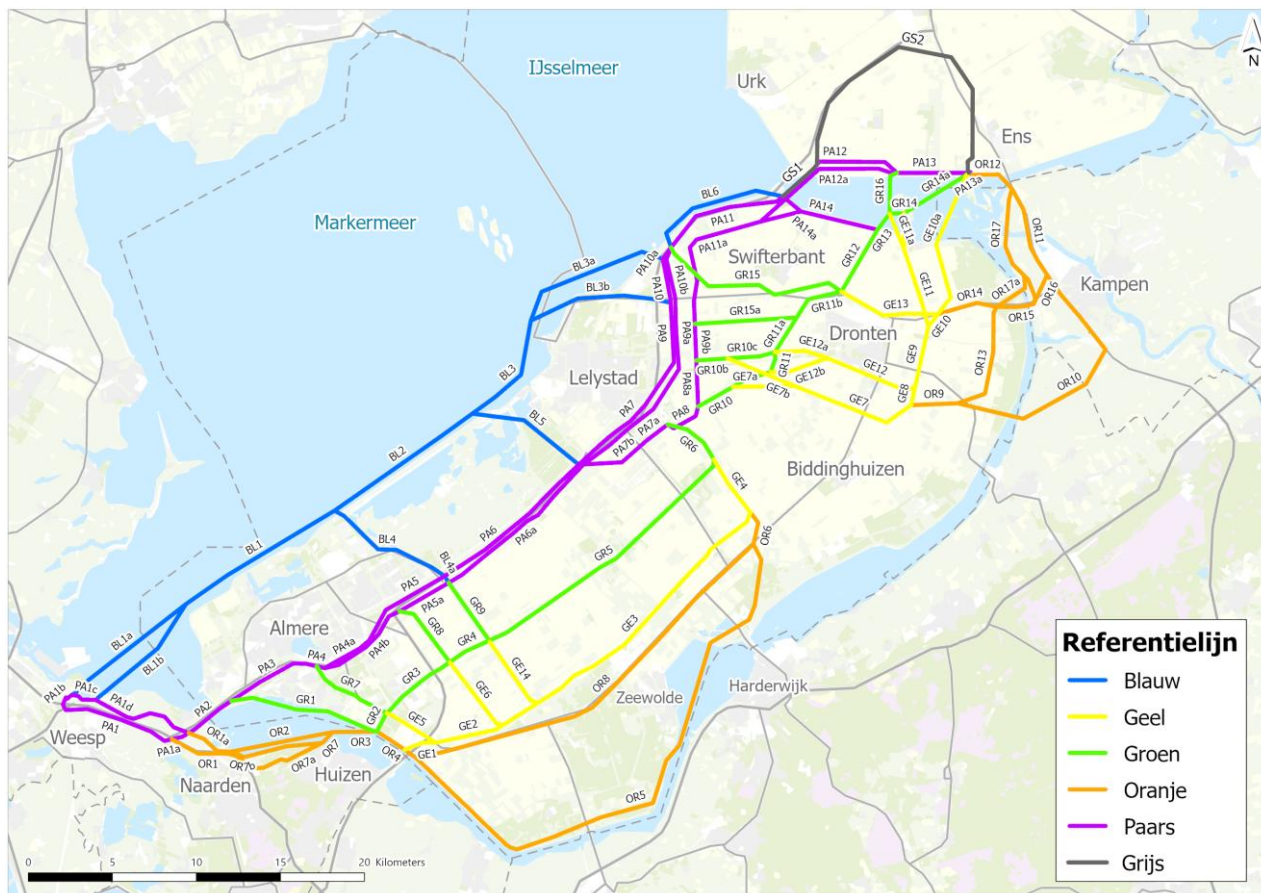
Corridors en referentielijnen

De onderzoeksalternatieven bestaan uit een **corridor** met daarin een **referentielijn**. Corridors geven de onderzoekruimte weer waarbinnen gezocht wordt naar een tracé voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding. De corridor kan op de ene plek smaller zijn dan op een andere plek.



Figuur 1.1 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 locatie te zijn. De referentielijnen vormen het uitgangspunt voor het onderzoeken van de (milieu)effecten. De corridor vormt de schuifruimte van de referentielijn. Er wordt per milieuthema in het plan-MER bekeken of er binnen de corridor een betere locatie is voor de referentielijn waarbij bijvoorbeeld minder functies of waarden geraakt of negatief beïnvloed worden.



Figuur 1.2 Alle referentielijnen binnen de corridors, die het uitgangspunt vormen voor de effectstudies

Een onderzoeksalternatief loopt altijd van hoogspanningsstation tot hoogspanningsstation: van Diemen naar Lelystad, of van Lelystad naar Ens. De keuzes voor een tracé tussen Diemen en Lelystad hebben slechts beperkte invloed op keuzes voor het tracé tussen Lelystad en Ens. Bijvoorbeeld: als uiteindelijk gekozen wordt voor onderzoeksalternatief paars tussen Diemen en Lelystad, hoeft dat niet automatisch te betekenen dat óók onderzoeksalternatief paars gekozen moet worden tussen Lelystad en Ens. Daarom wordt voor de effectbeoordeling onderscheid gemaakt tussen deelgebied zuid (Diemen-Lelystad) en deelgebied noord (Lelystad-Ens).

Elk onderzoeksalternatief heeft een afzonderlijke naamsaanduiding. Dit is opgebouwd uit drie onderdelen:

- het deelgebied, dat wil zeggen deelgebied zuid (tussen hoogspanningsstation Diemen hoogspanningsstation Lelystad), of deelgebied noord (tussen hoogspanningsstation Lelystad en hoogspanningsstation Ens);
- de basisroute: één van de zes kleuren; blauw, paars, groen, geel, oranje of grijs;
- de referentielijn binnen een corridor. In sommige gevallen zijn er twee referentielijnen binnen een corridor, dan is er in de naamgeving van het onderzoeksalternatief onderscheid in gemaakt met de nummers -1 en -2. Wanneer er één referentielijn in een corridor is, dan eindigt de naam van het onderzoeksalternatief standaard met -1.

Een voorbeeld is de referentielijn in deelgebied noord, voor het gele basisalternatief: Noord-Geel-1. En een voorbeeld voor deelgebied zuid voor het oranje alternatief waarbij het gaat om één van twee referentielijnen is: Zuid-Oranje-2.

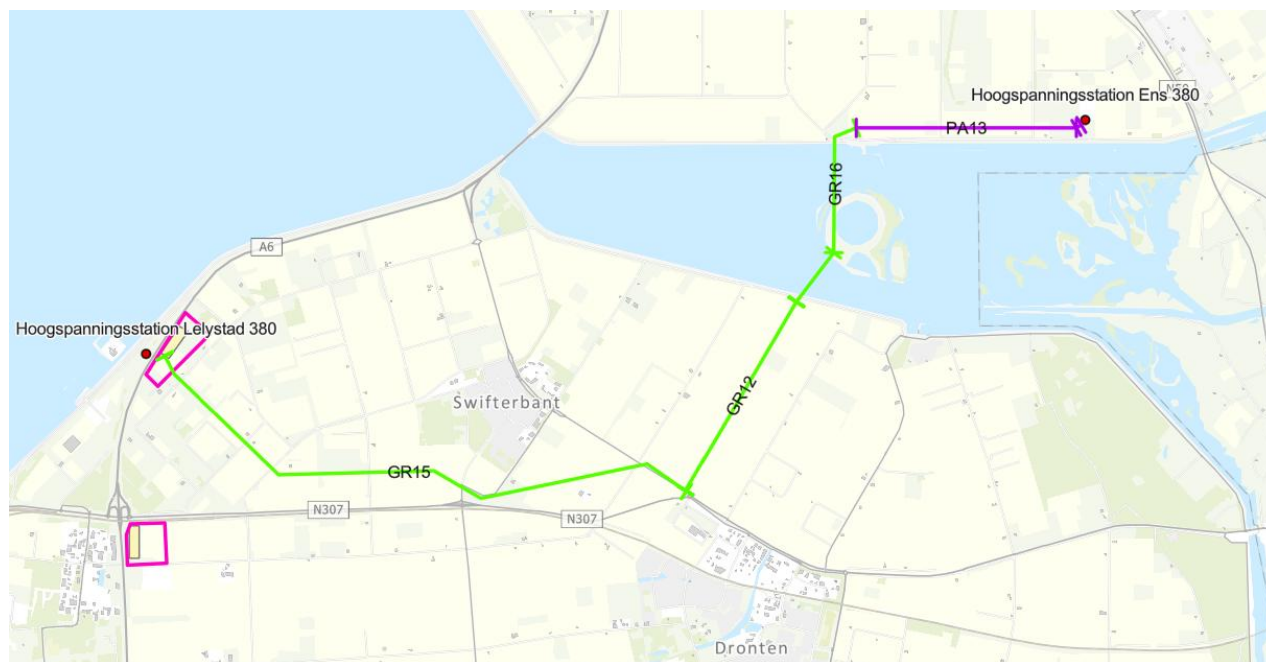


Figuur 1.3 Uitsnede met daarop de referentielijn van Zuid-Oranje-2, tussen het bestaande hoogspanningsstation Diemen en het meest zuidelijke locatiealternatief voor hoogspanningsstation Lelystad. En de referentielijn Noord-Geel-1 tussen het meest zuidelijke hoogspanningsstation Lelystad en het bestaande hoogspanningsstation Ens

Deeltracés

Zoals figuur 1.3 laat zien, is een referentielijn opgebouwd uit meerdere lijnstukken met een eigen code / naamgeving. Deze kunnen ook uit verschillende kleuren bestaan. Bij het samenstellen van een voorkeursalternatief is het mogelijk om verschillende gedeeltes van onderzoeksalternatieven met elkaar te combineren en op elkaar te laten aansluiten. Daarom is het belangrijk om in beeld te brengen in welke deeltracés de nadelige milieueffecten met name optreden. De effectbeschrijving en -beoordeling verwijzen voornamelijk naar de onderzoeksalternatieven, maar wanneer het effect zich duidelijk voordoet op een bepaalde locatie, dan wordt ook naar de bijbehorende deeltracés verwezen.

Figuur 1.4 toont dat onderzoeksalternatief Noord-Groen-1 uit verschillende lijnstukjes bestaat; de deeltracés. Deze zijn in dit geval aangeduid met de naamcodes GR15, GR12, GR16 en PA13.



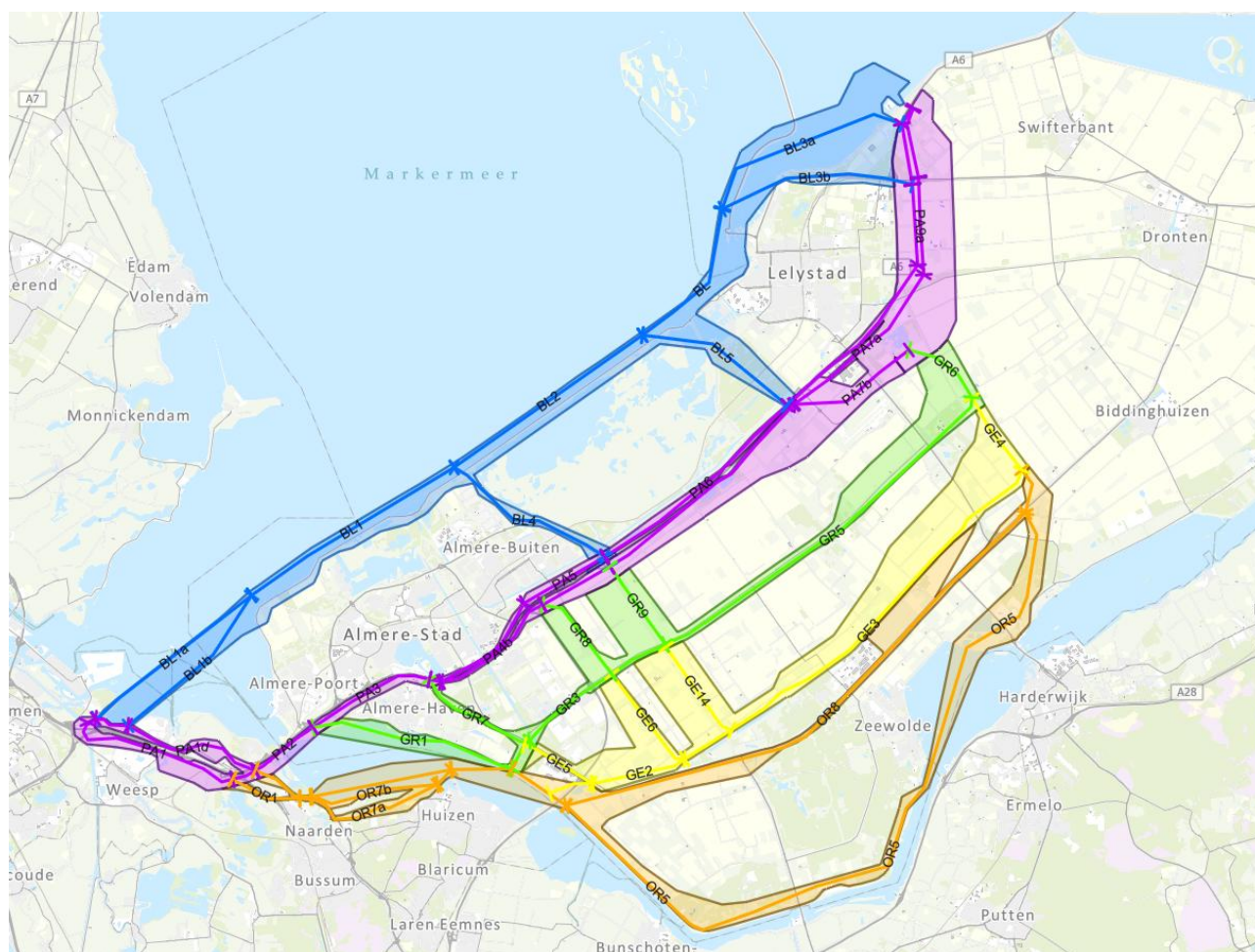
Figuur 1.4 Uitsnede met daarop de corridor, referentielijn en afzonderlijke deeltracés

1.1.1 Deelgebied zuid

Alle onderzoeksalternatieven (bestaande uit corridors en referentielijnen) die onderzocht worden in het plan-MER voor deelgebied zuid zijn weergegeven in figuur 1.5. Onderstaande tabel geeft aan uit welke deeltracés de referentielijnen bestaan. Sommige deeltracés komen in meerdere onderzoeksalternatieven voor. Dat zijn met name de deeltracés die de aansluitingen vormen met de hoogspanningsstations. Bijlage 1 toont kaartuitsnedes die elk onderzoeksalternatief afzonderlijk van elkaar weergeven. Het wordt aangeraden om deze ernaast te houden bij het lezen van voorliggend deelrapport.

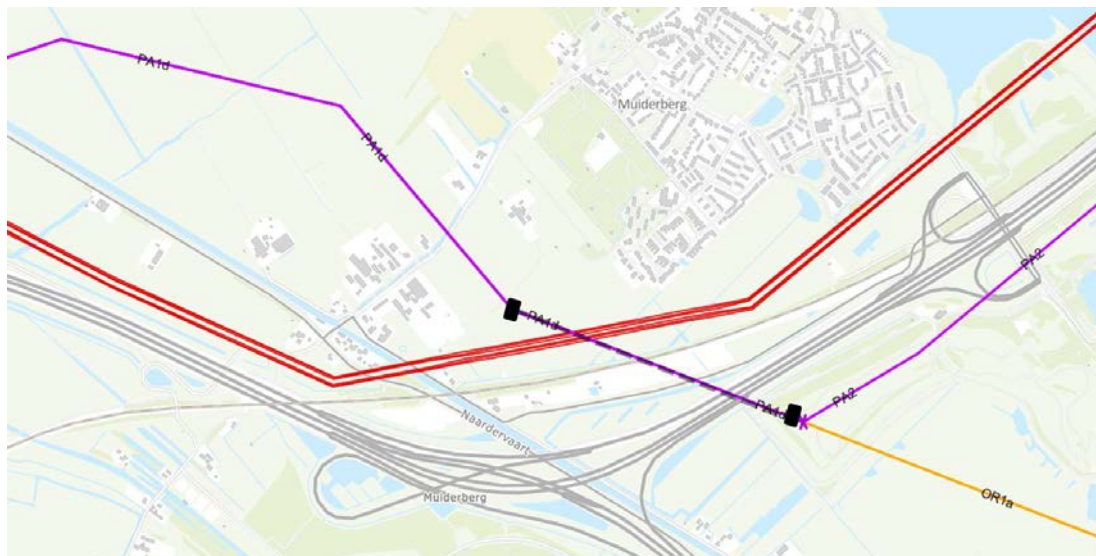
Z-Blauw-1	Z-Blauw-2	Z-Paars-1	Z-Paars-2	Z-Groen-1	Z-Geel-1	Z-Oranje-1	Z-Oranje-2
PA1B	PA1B	PA1B	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1B
BL1A	PA1C	PA1C	PA1A	PA1A	PA1A	OR1	PA1C
BL1	BL1B	PA1D	PA2	PA2	PA2	OR7A	PA1D
BL2	BL1	PA2	PA3	GR1	PA3	OR7	OR1A
BL3	BL4	PA3	PA4	GR2	GR7	OR3	OR2
BL3A	BL4A	PA4	PA4B	GR3	GE5	OR4	OR3
PA10A	PA6A	PA4A	PA5A	GR4	GE2	OR5	OR4

Z-Blauw-1	Z-Blauw-2	Z-Paars-1	Z-Paars-2	Z-Groen-1	Z-Geel-1	Z-Oranje-1	Z-Oranje-2
	PA7B	PA5	PA6A	GR5	GE3	OR6	OR8
		PA6	PA7B	GR6	GE4	GE4	OR6
		PA7			GR6	GR6	GE4
		PA9					GR6
		PA10					
		PA10A					



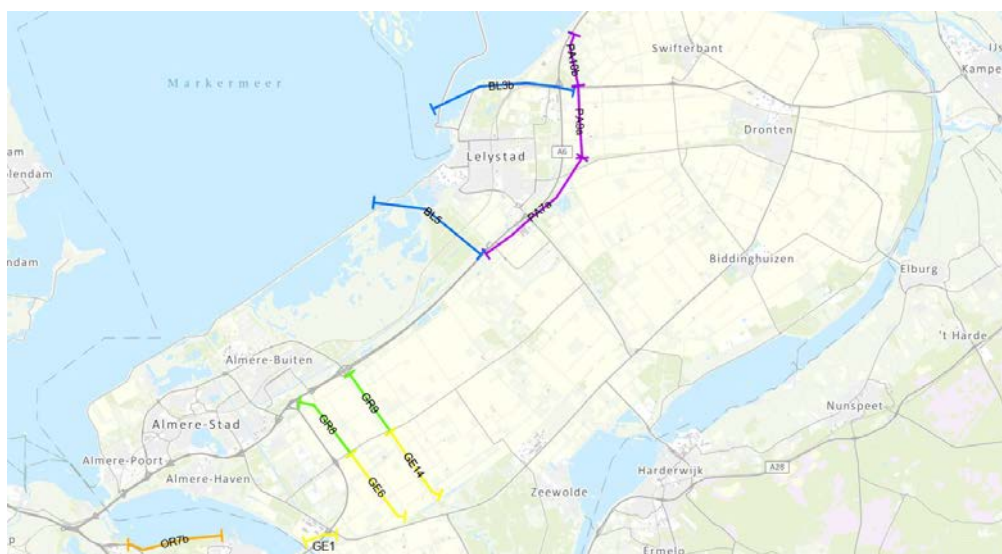
Figuur 1.5 Corridors met daarin de referentielijnen voor deelgebied zuid

Eén van de deeltracés in deelgebied zuid kruist de bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding. Het uitgangspunt is dat twee 380 kV-hoogspanningsverbindingen elkaar niet bovengronds mogen kruisen. Daarom moet de kruising met de bestaande 380 kV-verbinding (en met de snelweg A6 en het spoor) hier ondergronds zijn. Dit gebeurt dan met een gestuurde boring. Figuur 1.6 geeft dit weer. Dit vereist ook twee opstijpunten: aan de westzijde van de kruising waar de verbinding ondergronds gebracht wordt, en aan de oostzijde van de kruising bij de overgang naar deeltracé OR1a.



Figuur 1.6 Deeltracé PA1d ondergronds bij de kruising met bestaande 380 kV-verbinding en de snelweg A6

Er zijn 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 referentielijnen te onderzoeken in het MER. Deze deeltracés worden echter wel kwalitatief onderzocht op milieueffecten in het MER (zonder score-toekenning), omdat deze alsnog onderdeel kunnen gaan uitmaken van het voorkeursalternatief, bijvoorbeeld wanneer er een combinatie gemaakt wordt van twee of meer onderzoeksalternatieven. Deze overige deeltracés zijn hieronder op kaart weergegeven. Voor deelgebied zuid gaat het om 11 deeltracés.

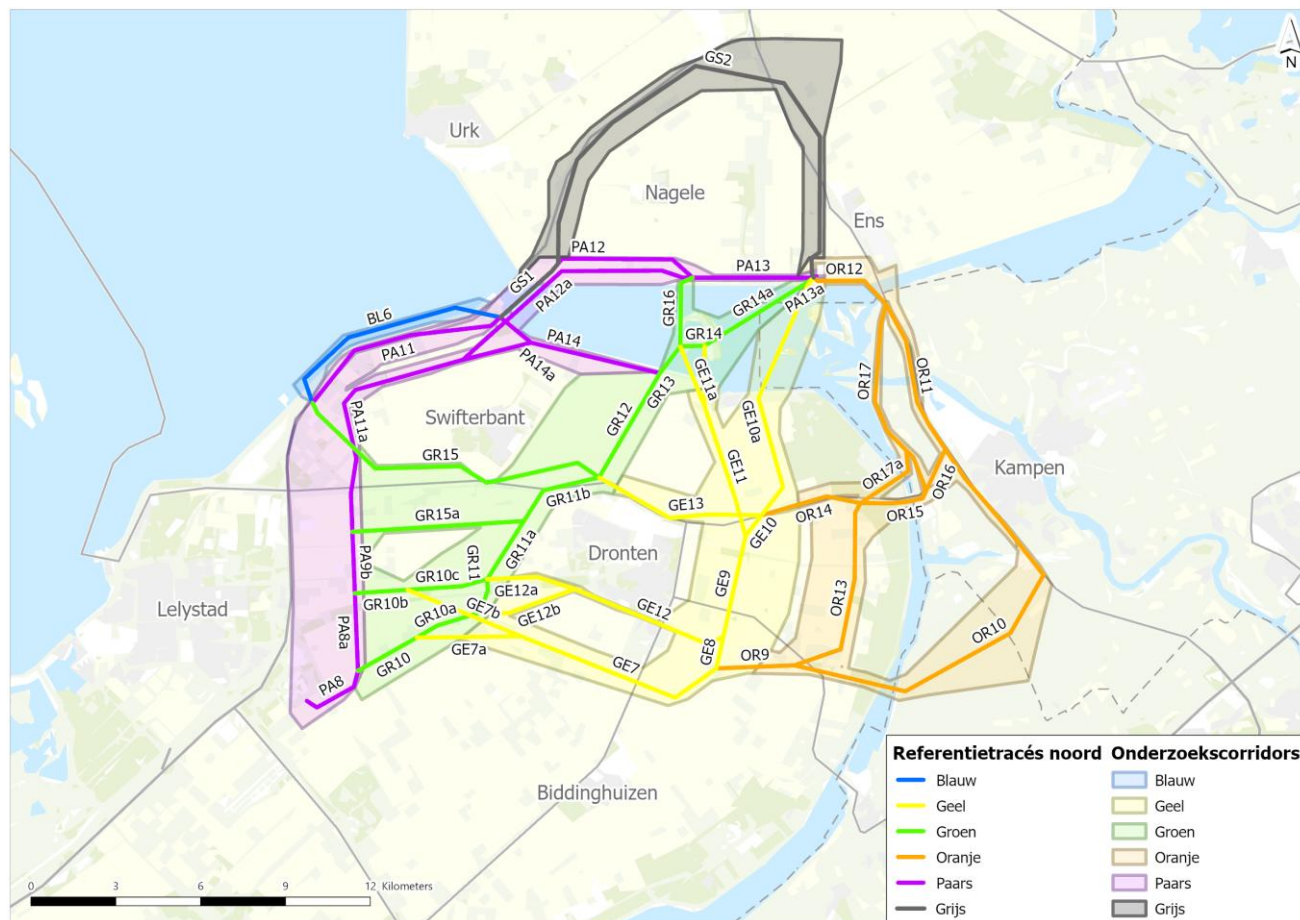


Figuur 1.7 Overige deeltracés in deelgebied zuid die geen onderdeel uitmaken van de referentielijnen, maar wel reële verbindingsstukken vormen

1.1.2 Deelgebied noord

Alle onderzoeksalternatieven (bestaande uit corridors en referentielijnen) die onderzocht worden in het plan-MER voor deelgebied noord zijn weergegeven in figuur 1.8. Onderstaande tabel geeft aan uit welke deeltracés de referentielijnen bestaan. Ook voor deelgebied noord geldt dat sommige deeltracés in meerdere onderzoeksalternatieven voorkomen. Dat zijn met name de deeltracés die de aansluitingen vormen met de hoogspanningsstations. Bijlage 1 toont kaartuitsnedes die elk onderzoeksalternatief afzonderlijk van elkaar weergeven. Het wordt aangeraden om deze ernaast te houden bij het lezen van voorliggend deelrapport.

N-Blauw-1	N-Paars-1	N-Paars-2	N-Groen-1	N-Groen-2	N-Geel-1	N-Geel-2	N-Oranje-1	N-Oranje-2	N-Grijs-1
BL6	PA11	PA8	GR15	PA8	GR15	PA8	GR15	PA8	PA11
PA12	PA12	PA8A	GR12	GR10	GE13	GR10	GE13	GR10	GS1
PA13	PA13	PA9B	GR13	GR10A	GE10A	GE7A	OR14	GE7A	GS2
PA13A	PA13a	PA11A	GR16	GR11	PA13A	GE7	OR17A	GE7	PA13a
		PA14	PA13	GR11A		GE8	OR17	OR9	
		GR13	PA13A	GR11B		GE9	OR12	OR10	
		GR14		GR12		GE11	PA13A	OR11	
		GR14A		GR13		GE11A		OR12	
		PA13A		GR14		GR16		PA13A	
				GR14A		PA13			
				PA13A		PA13A			



Figuur 1.8 Corridors met daarbinnen de referentielijnen voor deelgebied noord

Het uitgangspunt is een volledig bovengrondse verbinding. Voor deeltracé OR12 in deelgebied noord is dit bij voorbaat niet mogelijk. Een calamiteit in een 380 kV-verbinding mag geen nadelig effect hebben op een andere hoogspanningsverbinding. Hierom moeten de tracés van de verschillende verbindingen op voldoende afstand tot elkaar worden geplaatst. Op deze locatie speelt daar ook in mee dat er op korte afstand van elkaar meerdere bovengrondse hoogspannings-verbindingen zijn of in de toekomst voorzien zijn. Dit geeft op deze locatie een te groot risico voor de leveringszekerheid. De effectbeoordeling gaat er daarom vanuit dat het tracédeel OR12 ondergronds wordt uitgevoerd. Daarmee wordt het ramsdiep met een gestuurde boring onder het water door gekruist. Alleen bij de overgang van deeltracé OR12 met deeltracé OR17/OR11 is een opstijgpunt nodig. Op de rest van het deeltracé OR12 worden de kabels met een open sleuf in de grond aangebracht.

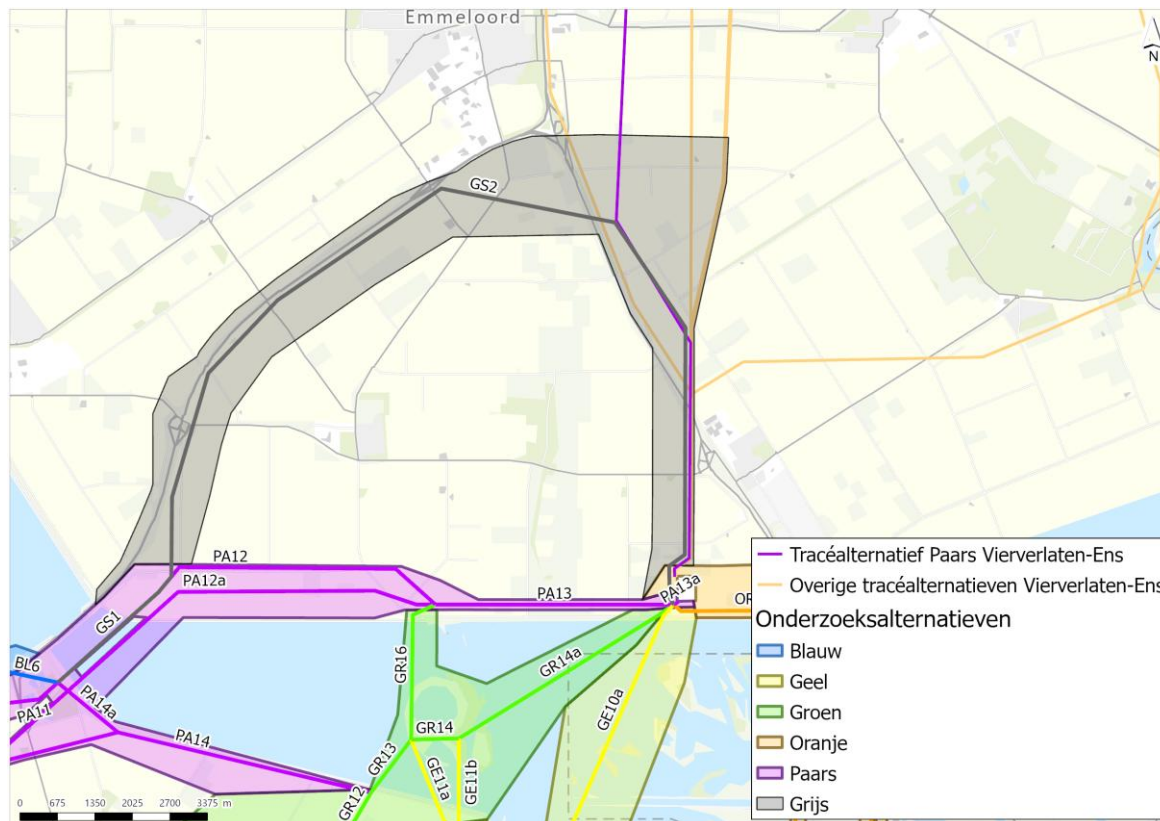


Figuur 1.9 Situatie ondergrondse aanleg bij deeltracé OR12

Bij onderzoeksalternatief Noord-Grijs-1, deeltracé GS-2, worden twee varianten onderzocht:

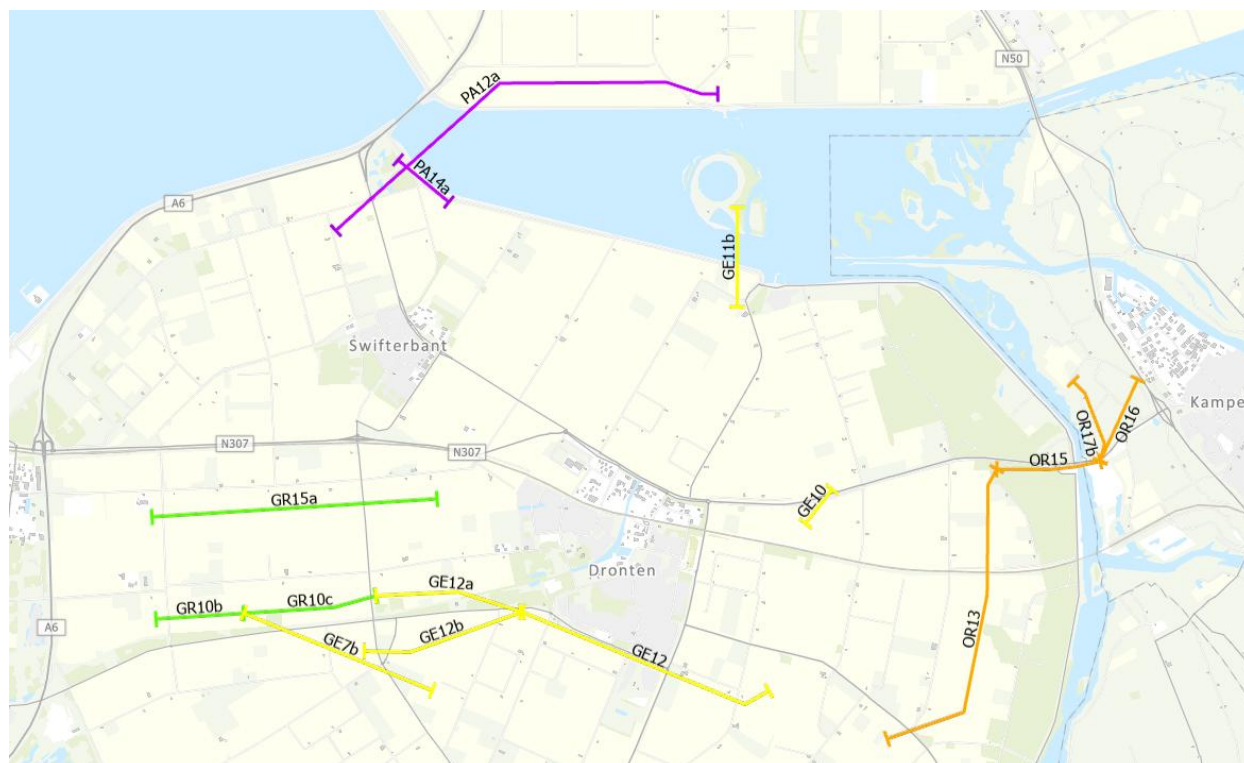
- in de eerste variant wordt uitgegaan van één lijn, en blijft de huidige verbinding tussen Lelystad en Diemen aan de zuidkant langs Schokland bestaan;
- in de tweede variant wordt uitgegaan van één lijn en een reconstructie van de huidige verbinding tussen Lelystad en Diemen. Deze reconstructie vindt plaats via hetzelfde deeltracé GS-2, waardoor een parallel-lopende verbinding van twee mastenrijen ontstaat. De huidige verbinding ten zuiden van Schokland wordt dan geamoveerd (verwijderd).

In de Noordoostpolder, aan de oostkant van Schokland, zoekt TenneT ook naar een tracé voor de nieuwe verbinding tussen hoogspanningsstations Vierverlaten en Ens. Deeltracé GS-2 loopt voor een deel samen met de tracéalternatieven van deze nieuwe 380 kV-verbinding (zie figuur 1.10). De opgetelde effecten van beide projecten (dit noemen we cumulatie) worden beschreven en beoordeeld in H6. Hierbij wordt voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten - Ens uitgegaan van tracéalternatief 1 (in de HIA als Paars 1 benoemd). Dit is een alternatief met een dubbele Moldau-mastenrij met een onderlinge afstand van 50 meter. In één mastenrij komt de huidige 220 kV-verbinding, in de andere mastenrij komt de nieuwe 380 kV-verbinding Vierverlaten-Ens.



Figuur 1.10 Overzichtskaart van de alternatieven van Vierverlaten-Ens. Onderzoeksalternatief Grijs bundelt met tracéalternatief Paars van Vierverlaten-Ens

Ook in deelgebied noord zijn er deeltracés die geen onderdeel uitmaken van één van de onderzoeksalternatieven, maar die wel worden onderzocht op milieueffecten. Het zijn reële verbindingstukken waarvan gebruik gemaakt kan worden bij het samenstellen van een voorkeursalternatief. Deze overige deeltracés zijn in figuur 1.10 weergegeven. Voor deelgebied noord gaat het om 15 deeltracés.



Figuur 1.11 Overige deeltracés in deelgebied Noord die geen onderdeel uitmaken van de referentielijnen, maar wel reële verbindingstukken vormen

1.2 Locatiealternatieven voor nieuwe hoogspanningsstations

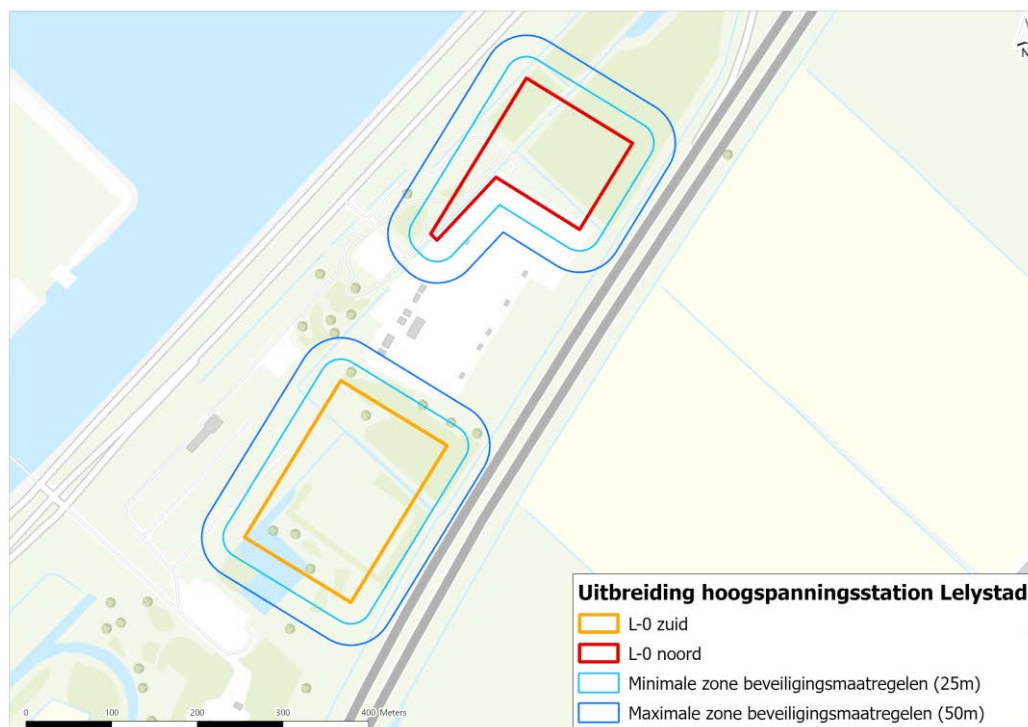
Locatiealternatieven zijn de alternatieve zoekgebieden voor de nieuw te realiseren hoogspanningsstations nabij Lelystad en nabij Almere-Zeewolde. Voor de effectbeoordeling in deze fase is met name de omvang van de uitbreiding of het nieuwe hoogspanningsstation van belang om de (milieu)effecten te kunnen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

Er zijn verschillende locatiealternatieven die worden onderzocht. Deze bestaan voor de nieuwbouwopties elk uit een **zoekgebied**, met daarbinnen het **referentievlak** van 15 ha. Het ruimtebeslag van 15 ha 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

effectanalyse (IEA) 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.

1.2.1 Uitbreiding van, of een nieuw, hoogspanningsstation Lelystad

Het is noodzakelijk dat de nieuwe hoogspanningsverbinding ook via Lelystad loopt. Binnen de perceelgrenzen van het bestaande hoogspanningsstation in Lelystad is 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 1.11 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 (circa 3,1 ha) is te klein voor het volledige inpassen van de benodigde voorzieningen voor de aansluiting; voor het noordelijke vlak (circa 4,4 ha) is onzeker of alle benodigde onderdelen in te passen zijn in dat vlak. Er wordt daarom ook onderzoek gedaan naar mogelijkheden voor gebruik van beide vlakken. Daarbij geldt voor beide vlakken dat er ook bepaalde veiligheidsmaatregelen getroffen moeten worden. Dit zal tussen de 25 en 50 meter rondom de vlakken moeten komen. Het kan in de vorm van een hekwerk zijn, maar bijvoorbeeld ook een aarden wal. Dat zal in de planuitwerkingsfase verder onderzocht en uitgewerkt moeten worden.



Figuur 1.12 Referentievlakken onderzoek mogelijkheden uitbreiding bestaand hoogspanningsstation Lelystad

Tegelijkertijd wordt, gezien het risico dat dit niet past, ook onderzoek gedaan naar de realisatie van een nieuw station. Het nieuwe 380 kV-hoogspanningsstation bij Lelystad moet verbonden worden met het 150 kV-net én met het 380 kV-net. Dat betekent dat de bestaande en de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbindingen een verbinding moeten krijgen met het nieuwe hoogspanningsstation. De locatiealternatieven bevinden zich daarom nabij de huidige 380 kV- en 150 kV-verbindingen, zodat de toevoeging van nieuwe energie-infrastructuur beperkt kan blijven. Hiervoor zijn vier locatiealternatieven (L-1 tot L-4, figuur 3.3) voor nieuwbouw onderzocht. Het alternativedocument geeft een nadere toelichting op de (totstandkoming) van de locatiealternatieven.

De groen omkaderde vlakken (aangeduid met L-1 t/m L-4) geven de vier te onderzoeken locatiealternatieven voor een nieuwe hoogspanningsstation Lelystad weer. Het gaat om de volgende locaties:

- L-1. Lelystad A6 Noord. Dit locatiealternatief ligt aan de oostkant van de A6, aan de overzijde van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad;
- L-2. Lelystad A6 Midden. Dit locatiealternatief ligt aan de oostkant van de A6 en ten zuiden van de N307. Aan de overzijde van de A6 bevindt zich achter geluidschermen de wijk Oostervaart van Lelystad;
- L-3. Lelystad A6 Zuid. Dit locatiealternatief ligt aan de oostkant van de A6, met aan de overzijde van de snelweg de wijk Buitenhof van Lelystad;
- L-4. Lelystad Larserringweg. Dit locatiealternatief ligt ten zuiden van het natuurpark Lelystad, aan de Larserringweg. Aan de oostzijde van dit zoekgebied is reeds een nieuw 150/20 kV-hoogspanningsstation voorzien die geen onderdeel uitmaakt van dit project. Dat is een autonome ontwikkeling en vormt een raakvlak.



Figuur 1.13 Zoekgebieden en referentievlakken nieuw hoogspanningsstation Lelystad

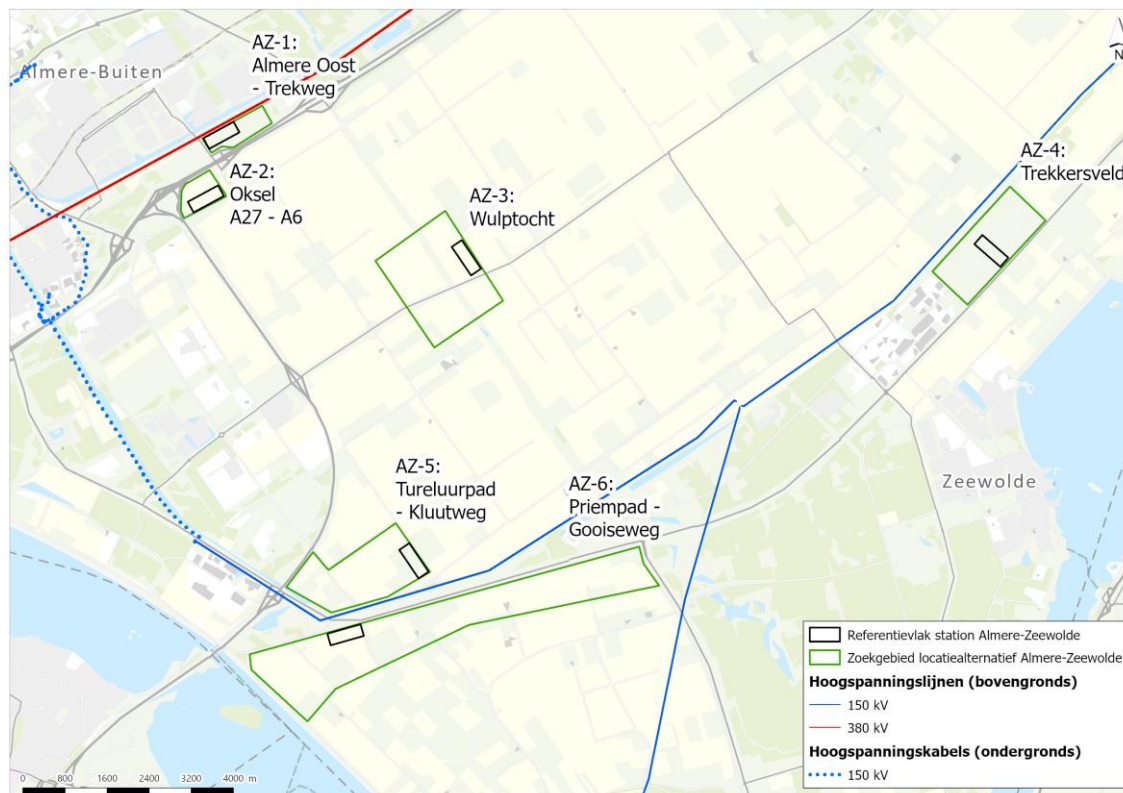
Uiteindelijk is óf de uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Lelystad, óf een van de vier nieuwe locaties nodig om de 380 kV-verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens mogelijk te maken. Elk van de locatiealternatieven voor de hoogspanningsstations, is te combineren met elk van de onderzoeksalternatieven voor de tracés.

1.2.2 Nieuw hoogspanningsstation Almere-Zeewolde

Op de middellange termijn (circa 2030) is versterking van het gehele 150 kV-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 380 kV-net nodig. Hiermee is het mogelijk het 150 kV-net op te delen in 2 pockets (deelnetten). Met die verdeling kan het transport tussen noordelijk en zuidelijk Flevoland via het 380 kV-net lopen en ontstaat er extra ruimte op het 150kV-net voor bijvoorbeeld klantaansluitingen. Om dit mogelijk te maken is een nieuw 380 kV-hoogspanningsstation in de omgeving van Almere/Zeewolde nodig. Hier zijn zes locatiealternatieven voor onderzocht. Ook hier geldt dat het hoogspanningsstation niet groter wordt dan 15 ha. Deze referentievlakken staan nog niet vast. Het hoogspanningsstation zou ook op een andere plek binnen de groene afkadering (zoekgebied) kunnen komen.

Het nieuwe hoogspanningsstation kan zowel via de bestaande, als de nieuw te realiseren 380 kV-verbinding verbonden worden met het hoogspanningsnet. De verschillende locatiealternatieven voor dit nieuwe hoogspanningsstation zijn daarom wat meer verspreid over het gebied.

- AZ-1. Almere Oost - Trekweg. Op deze locatie is een verbinding mogelijk met de bestaande 380 kV-verbinding of met onderzoeksalternatief paars;
- AZ-2. Oksel A27 - A6. Op deze locatie is een verbinding mogelijk met de bestaande 380 kV-verbinding of met onderzoeksalternatief paars;
- AZ-3. Wulptocht. Ligt in het buitengebied nabij de Vogelweg en kan verbonden worden met onderzoeksalternatief groen;
- AZ-4. Trekkersveld. Ligt op het bedrijventerrein Trekkersveld van Zeewolde en kan verbonden worden met onderzoeksalternatieven geel of oranje;
- AZ-5. Tureluurpad – Kluutweg. Nabij de N305 in het buitengebied van Almere en kunnen verbonden worden met onderzoeksalternatieven geel of oranje;
- AZ-6. Priempad – Gooiseweg. nabij de N305 in het buitengebied van Almere en kunnen verbonden worden met onderzoeksalternatieven geel of oranje.



Figuur 1.14 Zoekgebieden en referentievlakken nieuw 380 kV-hoogspanningsstation Almere-Zeewolde

Locatie AZ-1 is tevens in beeld bij Liander voor een 150/20 kV onderstation. Dit maakt geen onderdeel uit van project Diemen-Ens, maar er wordt wel samen met Liander en de gemeente Almere verkend of er op deze locatie een combinatie mogelijk zou zijn. In plaats van 15 ha zou de totale omvang van het gecombineerde 380/150/20 kV-hoogspanningsstation dan op 17 ha uitkomen. In de effectbeoordeling van het plan-MER wordt enkel rekening gehouden met de realisatie van het 380 kV-hoogspanningsstation, wat nodig is in het kader van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen-Ens. Wel wordt de ontwikkeling van- en eventuele combinatie met het 150/20 kV station als raakvlak beschouwd.

1.3 Uitgangspunten bij het voornemen

Voor de effectbeoordeling in dit deelrapport is het van belang om heldere uitgangspunten te hebben voor de nieuwe hoogspanningsverbinding en -stations. Dit zorgt ervoor dat de verschillende onderzoeksalternatieven voor het tracé en de locatiealternatieven voor de hoogspanningsstations vergelijkbaar zijn met elkaar en er een realistisch beeld ontstaat van de te verwachte effecten. Niet alle uitgangspunten zijn al bekend op dit moment, daarom zijn er soms onderbouwde aannames gedaan. Hieronder wordt op verschillende onderdelen van het voornemen ingegaan en is toegelicht waarvan uit is gegaan bij de effectbeoordeling in de ingreep-effect relaties te bepalen.

Bovengronds, tenzij

Om Nederland met een zo hoog mogelijke leveringszekerheid van elektriciteit te voorzien is uitbreiding van het bovengrondse 380 kV-hoogspanningsnet cruciaal. Een gedeeltelijk ondergrondse aanleg is alleen te overwegen wanneer er geen tracé kan worden samengesteld dat over de gehele lengte bovengronds kan worden uitgevoerd, dat technisch uitvoerbaar en/of juridisch haalbaar (vergunbaar) is en wanneer er geen andere haalbare of reële (vergunbare) alternatieven zijn. Hierbij wordt een maximum van 10 kilometer tussen twee hoogspanningsstations onderzocht. Daarnaast moet het kruisen van andere bovengrondse 380 kV-verbindingen ook ondergronds gebeuren. Een ondergrondse verbinding kan alleen gerealiseerd worden, mits de technische haalbaarheid (zowel aanleg van de verbinding als inpassing in het gehele hoogspanningsnet) kan worden aangetoond.

Masten

Voor nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen hanteert TenneT het uitgangspunt om vakwerkmasten toe te passen. Er zijn verschillende 'mastenfamilies' te onderscheiden. Masten binnen een bepaalde mastenfamilie kennen een vergelijkbaar ontwerp. Deze verschillen bijvoorbeeld van elkaar in de verhouding tussen de hoogte en breedte van de masten.

Het beleid van TenneT is dat voor nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen een mast uit de Moldau mastenfamilie wordt gebruikt. De precieze masthoogtes worden in deze fase van het project nog niet bepaald. Voor de effectbeoordeling in dit plan-MER is uitgegaan van een indicatieve masthoogte van 55 meter voor masten die op land staan en die geen (vaar)wegen of andere obstakels hoeven te kruisen. De mast moet hoger zijn wanneer obstakels gekruist worden, bijvoorbeeld een vaarweg. Bij vaarwegen geldt een vrije doorvaarthoogte van 30 meter en vanwege veiligheidsafstanden, toekomstbestendigheid en flexibiliteit (zoals schommelingen in het waterpeil), wordt in totaal een afstand van 40 meter vanaf het waterpeil tot aan de lijnen aangehouden. Daarmee komt de masthoogte indicatief op 95 meter.



Figuur 1.15 Visualisatie van een Moldau mast in het landschap (bron: projectatlas Zuid-West 380kV-oost)

De afstand tussen masten heet de veldlengte. Omdat de mastlocaties in deze fase en voor dit plan-MER nog niet bepaald zijn, wordt als uitgangspunt gehanteerd dat er gemiddeld elke 400 meter een mast komt te staan. In de planuitwerkingsfase worden de mastlocaties bepaald en kan de exacte afstand tussen masten variëren van 350 tot 450 meter.

De meest voorkomende soorten masten voor de nieuwe hoogspanningsverbinding zijn de steunmast, de hoekmast en trekmast. Steunmasten zijn de standaardmasten die in een rechte lijn achter elkaar staan en die de geleiders ondersteunen. Hoek- en trekmasten zijn zwaarder en steviger dan de steunmasten en zijn nodig wanneer de verbinding van richting verandert en/of op locaties waar de geleiders worden ingetrokken. Hoewel er ook andere soorten masten bestaan, is daar in dit plan-MER geen onderscheid in gemaakt, omdat nog niet bekend is waar welke mast precies komt te staan. Voor sommige milieuthema's is het verschil in aantallen steunmasten en hoekmasten wel relevant voor de effectbeoordeling vanwege de verschillen in hoeveelheid materiaal, omvang van de fundatie en aanlegwijze. Daar is dan indicatief rekening mee gehouden in die effectstudies. Het uitgangspunt voor dit plan-MER is dat er bij elke richtingverandering / knik in het tracé een hoekmast nodig is, én elke 5 kilometer indien de verbinding voor meer dan 5 kilometer rechtuit gaat. De overige masten zijn dan steunmasten.

Het type en de lengte van de fundatiepalen voor de masten hangt af van de precieze locatie en bodemgesteldheid. Waar mogelijk wordt bij nieuwbouw masten gebruik gemaakt van een met beton gevulde stalen buispaal per mastvoet (dus vier in totaal voor één mast). Uitgangspunt is dat het fysieke ruimtebeslag van een mast 15 bij 15 meter bedraagt bovengronds (op maaiveldniveau). Bij masten op landbouwgrond wordt uitgegaan van 17 bij 17 meter, omdat de meter direct rondom de mast mogelijk niet volledig gebruikt

kan worden voor landbouw. De enige verharding bovengronds bij nieuwbouw masten zal 4 m² zijn: 1 m² per mastvoet. De lengte van de fundatiepalen van bestaande 380 kV vakwerkmasten in het onderzoeksgebied varieert van 8 tot 22 meter. De lengte van de fundatiepalen van de nieuwe masten zal daarmee vergelijkbaar zijn.



Figuur 1.16 Een voorbeeld van de verharding boven maaiveld van een mastvoet, bij een met beton gevulde stalen buispaal

Een verbinding over het water

Bij een verbinding over water gelden andere uitgangspunten. Zoals eerder vermeld moeten de masten op water in ieder geval 40 meter hoger zijn dan de masten op land. Net als een bovengrondse verbinding op land kent de verbinding over water verschillende soorten masten; de steunmast en hoekmast. Een steunmast op water kan in de meeste gevallen op een vrijstaande fundering geplaatst worden. Dit kan bijvoorbeeld een grote heipaal zijn, die recht omlaag wordt geslagen en daarmee de fundatie vormt waar de steunmast op komt te staan.

Net als op land geldt het uitgangspunt dat er een hoekmast / trek mast nodig is wanneer een knik in het tracé wordt gemaakt (wanneer de verbinding niet meer rechthoekig gaat maar van richting verandert) en wanneer de verbinding over water langer is dan 5 kilometer. Hoek- en trek masten moet een stabiele en vaste ondergrond hebben. Deze vereisen een zwaardere fundering omdat de constructie een grote belasting moet kunnen dragen. Daarom is het uitgangspunt dat een eiland gerealiseerd moet worden waar de hoek- en trek masten op komen te staan. Er is geen vaste maat voor de omvang van deze eilanden, maar het zal tussen de 2 en 3 keer de hoogte van de mast moeten zijn. Daarom wordt voor het plan-MER worst-case uitgegaan van een ovaalvormig eiland die 600 bij 300 meter groot is.

Opstijgpunt

Een opstijgpunt is de locatie waar een bovengrondse hoogspanningsverbinding overgaat op een ondergrondse hoogspanningsverbinding. Het is een omhekt terrein met een mast, waarbij de overgang naar grondkabel gemaakt wordt. Het ruimtebeslag en de inrichting van een opstijgpunt kan verschillen per situatie. Een realistisch voorbeeld wat als uitgangspunt aangehouden wordt, is het bestaande opstijgpunt ter plaatse van Pijnacker. Daar gaat het om een ruimtebeslag van ca. 2.500 m².

Belemmeringenzones

Voor aanleg en beheer is het belangrijk dat TenneT gebruik kan (blijven) maken van de strook aan weerszijden van de hoogspanningsverbinding. Hiervoor wordt een zakelijk rechtsovereenkomst (ZRO) gesloten. De breedte van de ZRO-strook voor een Moldau mast is 35 meter aan weerszijden vanuit het middelpunt van de verbinding (dat wordt ook wel de hartlijn van de verbinding genoemd).

De magneetveldzone is mede afhankelijk van het type en de hoogte van de mast. Er wordt voor de effectbeoordeling in het plan-MER uitgegaan van de indicatieve magneetveldzone van een Moldaumast, namelijk 65 meter aan weerszijden, gerekend vanaf het midden van de verbinding (de hartlijn).

De valafstand is een vaste afstand tussen de hartlijnen van twee hoogspanningsverbindingen. Deze afstand moet groter zijn dan de hoogte van de mast, om te voorkomen dat één de verbinding beschadigd raakt als een mast van de andere verbinding omvalt. De onderlinge afstand tussen de nieuwe en bestaande hoogspanningsverbindingen moet daarom minimaal 80 meter zijn. Als een hogere mast gebruikt wordt, dan zal de valafstand ook toenemen.

Beperkingen onder en direct naast de masten

Direct onder en aan weerszijden van een hoogspanningsverbinding gelden bepaalde beperkingen, bijvoorbeeld voor de hoogte van beplanting en de activiteiten die onder een verbinding uitgevoerd mogen worden. Dit is om ervoor te zorgen dat er geen onveilige situaties of calamiteiten ontstaan.

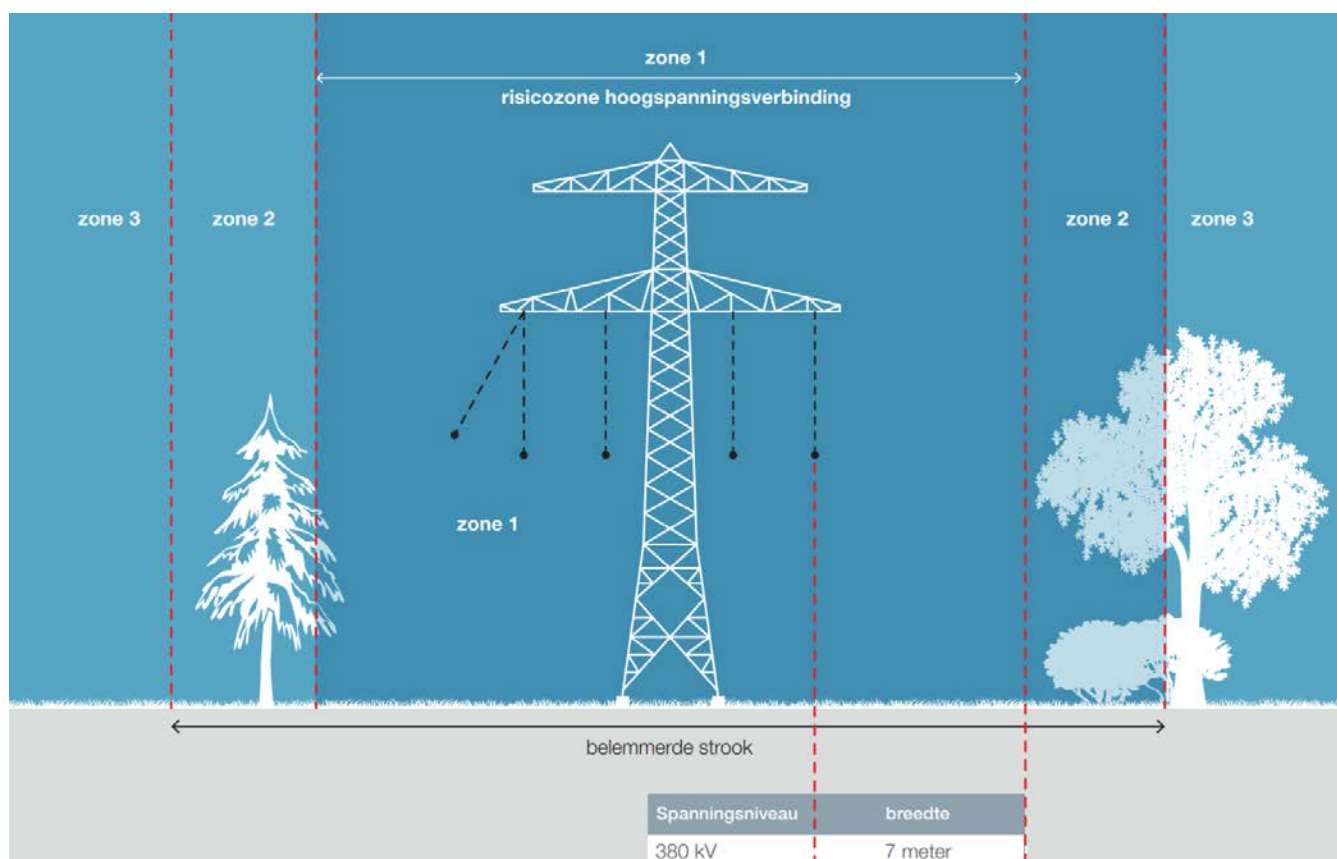
Onder de verbinding gelden hoogteregels voor het gebruik van (landbouw)apparatuur en -materiaal om contact met geleiders te voorkomen. In deze fase zijn de locaties en hoogte van de masten nog niet bekend. Zodra een voorkeursalternatief is gekozen, wordt in de planuitwerkingsfase de precieze locatie en hoogte van de masten onderzocht en wordt de hoogtebeperking bepaald.

Planten en bomen kunnen een gevaar vormen als ze te groot worden en te dicht bij de geleiders (spanningsvoerende draden) van een hoogspanningsverbinding komen. De elektriciteit kan dan via de beplanting een weg naar de aarde zoeken; dit wordt overslag genoemd. Figuur 1.16 geeft schematisch weer dat er verschillende zones aangewezen zijn waarbinnen geen beplanting is toegestaan of beperkingen gelden. Dit komt voort uit technische ontwerprichtlijnen en veiligheidsvoorschriften van TenneT.

- zone 1 is de risicozone. De breedte hiervan is de mast + 7 meter aan weerszijden, gerekend vanaf de buitenste geleiders van de mast. In deze zone moeten in principe bomen gekapt worden. Beplanting en landbouwgewassen tot 1,75 meter hoogte zijn toegestaan in deze zone;
- zone 2 heeft geen vaststaande afmeting; dit wordt in afstemming met de grondeigenaar bepaald en

vastgelegd in een Zakelijk Rechtsovereenkomst (ZRO). TenneT bepaalt dan wat er in die zone met opgaande beplanting moet gebeuren. Voor de effectbeoordeling in het plan-MER wordt voor de belemmerde strook (ZRO-strook) 35 meter aan weerszijden van de mast aangehouden, gerekend vanaf het middelpunt van de mast (de hartlijn);

- zone 3 heeft ook geen vaststaande afmeting. Deze zone valt buiten de belemmerde strook, waarin wordt bekeken of er zieke, dode of hoge bomen staan die bij omvallen in zone 1 terecht kunnen komen. Dan moeten deze gekapt worden.



Figuur 1.17 Schematische weergave van de zones onder/nabij masten waar beperkingen gelden voor beplanting

Hoogspanningsstations

Een hoogspanningsstation is een elektrische installatie in het hoogspanningsnet waar meerdere bovengrondse elektriciteitslijnen en/of ondergrondse elektriciteitskabels bij elkaar komen. Het is een knooppunt in het elektriciteitsnet.

Een hoogspanningsstation is een afgesloten terrein dat niet toegankelijk is zonder toestemming. Een hoogspanningsstation is in principe onbemand en bestaat vaak uit installaties in de openlucht en gebouwen. De lucht rondom de verschillende systemen is nodig voor de isolatie van onderdelen die onder spanning staan. Daarnaast zijn de onderdelen die onder spanning staan vaak (op flinke afstand) boven de grond aangebracht, om kortsluiting of overslag te voorkomen. Voor nieuwe hoogspanningsstations wordt gebruik

gemaakt van een soort 'basisontwerp' en diverse elementen die altijd op het nieuwe hoogspanningsstation aanwezig moeten zijn. De precieze landschappelijke inpassing is wel (gebieds)specifiek en hangt af van lokale gebiedskenmerken.

De twee nieuwe hoogspanningsstations nabij Lelystad en nabij Almere-Zeewolde vereisen beide een geschat ruimtebeslag van 12 à 15 ha. Voor de effectstudies wordt worst-case uitgegaan van 15 ha. Een hoogspanningsstation bestaat in de basis uit diverse onderdelen, namelijk: transformatoren(velden), lijn- en kabelvelden, railsysteem en compensatoren. Daarnaast zijn er twee gesloten gebouwen aanwezig: een centraal diensten gebouw en een middenspanningsgebouw. Transformatoren kunnen een laag, licht brommend geluid maken. Dit heet ook wel laag frequent geluid. Dit geluid is te horen, afhankelijk van de afstand tot de transformator. In veel situaties (ook afhankelijk van de locatie van het hoogspanningsstation) wordt dit geluid van transformatoren overstemd door andere, bestaande omgevingsgeluiden zoals wind, verkeer, bedrijfsactiviteiten en natuurlijke geluiden. Bij de aanleg van een nieuw hoogspanningsstation wordt hier altijd onderzoek naar gedaan. TenneT moet zich in zowel de realisatie- als de gebruiksfase aan de wettelijke normen ten aanzien van geluidshinder houden.

De aanleg van een hoogspanningsstation vergt voornamelijk werkzaamheden op maaiveld, zoals het ophogen van het maaiveld, het egaliseren van de bouwplaats en uiteindelijk het realiseren en installeren van de elektrotechnische onderdelen. Benodigde werkzaamheden onder het maaiveld zijn bijvoorbeeld het heien van fundatiepalen, bemaling, storten van de fundering en aanleg kabels. Voor grondroering wordt uitgegaan van een diepte tot 12 meter.

1.4 Leeswijzer deelrapport

Voorliggend deelrapport richt zich op de effectbeoordeling van de alternatieven op duurzaamheid. Hierbij wordt gekeken naar materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen. Dit is verder toegelicht in hoofdstuk 3.

In deze plan-MER fase ligt de focus van de effectbepaling op het in beeld brengen van de (globale) milieu-informatie die relevant is voor de keuze van een voorkeursalternatief. Doel hiervan is om de belangrijkste en onderscheidende effecten van de verschillende onderzoeksalternatieven voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding in beeld te brengen en indien nodig om mitigerende maatregelen te bepalen om de sterk negatieve effecten te verminderen. Zowel de onderzoeksalternatieven voor de tracés, als de locatiealternatieven voor de nieuwe hoogspanningsstations worden beoordeeld op effecten.

Hoofdstuk 2 gaat in op het (sectorale) wettelijk kader en beleid dat relevant is voor dit deelrapport. Hoofdstuk 3 beschrijft de beoordelingsmethodiek die gehanteerd is voor de verschillende criteria. Daarna geeft hoofdstuk 4 een beschrijving van de referentiesituatie (huidige situatie en autonome ontwikkelingen). Hoofdstukken 5 en 6 bevatten de effectbeschrijvingen en -beoordelingen van de onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid en noord. Hoofdstuk 7 bevat de effectbeschrijving en -beoordeling van de locatiealternatieven voor de hoogspanningsstations. Hoofdstuk 8 sluit af met de mogelijke mitigerende maatregelen om materiaalgebruik of uitstoot broeikasgassen te verminderen.

2. Wettelijk kader en beleid

Op verschillende niveaus zijn door overheden in wet- en regelgeving en beleidsdocumenten kaders gesteld waarbinnen ruimtelijke ontwikkelingen plaats mogen en kunnen vinden. Wet- en regelgeving vormen een dwingend kader bij de planvorming. Met bestaand beleid dient zo veel mogelijk rekening te worden gehouden. In dit hoofdstuk is een overzicht opgenomen (tabel 2.1) van relevante sectorale wet- en regelgeving en beleid voor het thema duurzaamheid, aanvullend op het overkoepelende beleidskader zoals opgenomen in het hoofdrapport van het MER. Bij de beschrijving worden verschillende schaalniveaus onderscheiden.

Wetgeving en beleid	Relevantie voor het project
<i>Internationaal</i>	
Klimaatwet	Om klimaatverandering aan te pakken, heeft het Europees Parlement de Europese klimaatwet aangenomen, die de EU-doelstelling om tegen 2030 de vermindering van de netto-uitstoot van broeikasgassen tot ten minste 55 % verhoogt (van de huidige 40 %) en die klimaatneutraliteit tegen 2050 wettelijk bindend maakt.
Fluorinated gases regulation	<p>Het Europees Parlement heeft op 16 januari 2024 een wetgevingsresolutie goedgekeurd voor de toekomstige F-gassenverordening. Hierin staat het volgende:</p> <p>Wanneer het vrijkomen van gefluoreerde stoffen technisch noodzakelijk is, moeten de exploitanten alle technische en economische haalbare maatregelen om het vrijkomen van dergelijke stoffen in de atmosfeer te voorkomen onder meer door de uitgestoten gassen terug te vangen.</p> <p>Wanneer er technisch geschikte alternatieven beschikbaar zijn die in overeenstemming zijn met het Europese beleid wordt de ingebruikneming van nieuwe elektrische schakelapparatuur met gefluoreerde broeikasgassen verboden.</p> <p>Om de behoefte aan de productie van nieuw geproduceerd zwavelhexafluoride (SF6) te beperken moet terugwinning van SF6 uit bestaande apparatuur worden uitgevoerd.</p> <p>Het gebruik van nieuw geproduceerd SF6 in elektrische schakelapparatuur moet worden vermeden wanneer het technisch haalbaar is om geregenereerde of gerecycleerde SF6 te gebruiken, Zonder de veilige werking van de elektriciteitsnetten en elektriciteitscentrales in gevaar te brengen.</p>

<i>Nationaal</i>	
Klimaatakkoord 2019	De opgave om de nationale broeikasgasuitstoot in 2030 met 49 % terug te dringen ten opzichte van 1990 is het centrale doel van dit Klimaatakkoord.
Rijksbreed programma Circulaire Economie 2016	In het Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050 schetst het kabinet hoe onze economie kan veranderen naar een duurzame, volledig circulaire economie in 2050. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen) doelstelling te realiseren van 50 % minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen). Het programma omschrijft wat nodig is om zuiniger en slimmer met grondstoffen, producten en diensten om te gaan.
<i>Grondstoffenakkoord 2017</i>	In januari 2017 ondertekenen 180 partijen in Den Haag het Grondstoffenakkoord. Hierin staan afspraken om de Nederlandse economie te laten draaien op herbruikbare grondstoffen. Het schetst een gezamenlijke ambitie een circulaire economie te realiseren, waarmee efficiënt en slim omgaan met grondstoffen en materialen het verdienvermogen van de Nederlandse economie helpt te versterken en het duurzaam omgaan met natuurlijk kapitaal en klimaat- en andere milieudoelen helpt te realiseren. Het akkoord is ondertekend door verschillende partijen uit de overheid, het bedrijfsleven, de vakbeweging en milieuorganisaties.
Transitieagenda circulaire bouweconomie	De Transitieagenda Circulaire Bouweconomie zet de strategie uit en doet concrete aanbevelingen om te voldoen aan de ambitie om de gebouwde omgeving uiterlijk in 2050 100 % circulair te maken. Eén daarvan is dat de overheid vanaf 2023 alle opdrachten 100 % circulair uitvaart.
Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2023-2030	Het Kabinet presenteert het Nationaal Programma 2023 - 2030. Daarin staat een mix van maatregelen om de komende jaren zuiniger om te gaan met grondstoffen.
<i>Regionaal</i>	
Duurzaamheidsprogramma infrastructuur 2019-2023 (Provincie Flevoland)	Provincie Flevoland heeft in de Omgevingsvisie FlevolandStraks en het Coalitieakkoord uitgesproken dat zij het goede voorbeeld willen geven als een circulaire en energie-neutrale provincie. Hierbij wil de provinciale organisatie het goede voorbeeld geven van inkoop tot aanbesteding. De organisatie wil zelf de stap maken naar een circulaire door onder andere vraag naar groene grondstoffen en gebruikte materialen te stimuleren. Ook wordt de organisatie energieneutraal. Het verminderen van de CO ₂ -uitstoot is een vertrekpunt bij ontwerpen, aanleggen en beheren en onderhouden van de (vaar)wegen.
Flevolandse energie agenda	Verscheidene partijen in Flevoland (waaronder gemeenten Almere, Dronten, Lelystad, Noordoost polder, Urk en Zeewolde en provincie Flevoland) hebben zich gecommitteerd aan de Flevolandse energie agenda met als doel een volwaardige bijdrage leveren aan de landelijke doelstellingen voor CO ₂ -reductie en hebben deze doelstellingen verder uitgewerkt in een uitvoeringsstrategie.

Omgevingsvisie FlevolandStraks Uitwerkingsagenda 2020-2025	De Omgevingsvisie FlevolandStraks formuleert zeven lange termijn opgaven richting 2030 en verder voor Flevoland. Dit is de uitwerkingsagenda voor de middellange termijn, met ambities en doelen tot 2025. Duurzame energie en circulaire economie zijn thema's die hieronder vallen.
Actieagenda Circulaire Economie 2021–2025 (Provincie Noord-Holland)	De actieagenda van de provincie Noord-Holland benoemt twee strategische doelen waar het gaat over grondstoffen: meer circulair gebruik van grondstoffen en minder gebruik van primaire en niet-hernieuwbare grondstoffen. Daarnaast zijn er operationele doelen opgesteld als: meer circulaire bouw, minder afvalstromen en meer hoogwaardig verwerkte reststromen.
Actieprogramma Klimaat (Provincie Noord-Holland)	De provincie Noord-Holland heeft vanuit het Klimaatakkoord het doel om in 2030 is de CO ₂ -uitstoot van de gebouwde omgeving met 3,4 Megaton terug te brengen.
MRA Agenda 2.0 (MRA)	De MRA agenda 2.0 heeft als een van de hoofdprincipes toekomstbestendigheid, waarmee wordt bedoeld dat er wordt ingezet op de energietransitie, circulaire economie, klimaatadaptatie en biodiversiteit. In aanvulling op de trajecten van de regionale energiestrategieën (RES'en) werkt de MRA aan een toekomstbestendige energie-infrastructuur.
Ontwikkelplan circulaire economie (MRA)	De MRA zet zich op drie sporen in op de circulaire economie. De inzet richt zich op drie samenhangende sporen die elkaar ondersteunen en versterken: 1 circulaire Inkoop; 2 grondstoffenstromen (waaronder bouw en sloop); 3 interventies.
Beleidsvisie circulaire samenleving 2050 (Provincie Utrecht)	De provincie Utrecht zet zich samen met anderen in de regio in om in 2050 volledig circulair te zijn. Als tussenstap zullen wij in 2030 het gebruik van primaire, abiotische grondstoffen in de provincie met 50 % reduceren. Het gaat dan om: - het reduceren van de winning van nieuwe abiotische grondstoffen (input); - het optimaal (her)gebruiken en behouden van reeds beschikbare materialen en producten (R-ladder met focus op de hoogste treden) het voorkomen van afval (verlies).
Regionale transitie agenda's bouw en infrastructuur (Provincie Overijssel)	De transitieagenda's beschrijven de kansen en knelpunten voor circulariteit.
Grondstoffenvisie (Regio Gooi en Vechtstreek)	Dit document omschrijft hoe regio Gooi en Vechtstreek wil omgaan met grondstoffen en reststromen.
<i>Lokaal</i>	
Klimaatbeleidsplan gemeente Dronten	Gemeente Dronten hoge doelstellingen op het gebied van broeikasgasemissies, namelijk om klimaatneutraal te worden. Dit betekent dat er evenwicht moet zijn tussen de uitstoot en opname van broeikasgassen. Onder broeikasgassen worden onder andere koolstofdioxide (CO ₂), methaan (CH ₄) en lachgas (N ₂ O) verstaan.
Amsterdam Circulair 2020 –	Dit document beschrijft de beleidsdoelen voor circulariteit in Amsterdam en is

2025	relevant voor de alternatieven door Diemen en Weesp.
Amsterdam klimaatneutraal 2050	Dit document beschrijft de beleidsdoelen voor de reductie van broeikasgasemissies in Amsterdam en is relevant voor de alternatieven door Diemen en Weesp.
Duurzaamheidsagenda gemeente Almere	Dit document omschrijft hoe duurzaamheid meer structureel in de organisatie van de gemeente Almere wordt geborgd, op onder andere de thema's energietransitie, mobiliteit en circulaire economie.
Kadernota Duurzaamheid (gemeente Lelystad)	Dit document omschrijft de visie, speerpunten en werkwijze op het gebied van duurzaamheid in de gemeente Lelystad.
Lelystadse Adaptatie Strategie (LAS)	Dit document omschrijft een eerste aanzet om de ambities op het gebied van klimaatadaptatie verder te concretiseren en wat de strategie is van de gemeente Lelystad.
Duurzaamheidsvisie Gemeente Zeewolde 2017 - 2025	Dit document omschrijft de visie op het gebied van duurzaamheid in de gemeente Zeewolde.
Duurzaamheidsvisie Urk	Dit document omschrijft de visie op het gebied van duurzaamheid in de gemeente Urk.
Duurzaam Diemen, duurzaamheidsagenda 2020-2025	Dit document omschrijft de visie op het gebied van duurzaamheid en programma in de gemeente Diemen.
<i>TenneT</i>	
7 kernpunten voor een duurzaam energiesysteem in 2050	TenneT heeft zeven belangrijke kernpunten vastgesteld die van grote waarde zijn voor een écht duurzame toekomst voor Nederland. Zeven kernpunten die essentieel zijn voor TenneT om zijn taken goed uit te kunnen voeren en die helpen de transitie naar een CO ₂ -vrij energiesysteem in Nederland te realiseren.
CSR ambitieplan 2025	TenneT heeft ambities opgenomen ten aanzien van circulariteit. TenneT wil de impact op zowel het gebruik van nieuw koper als op het gebied van niet-hernieuwbaar afval verminderen met 25 %. Intern wordt onderzocht hoe de TenneT-brede doelstellingen vertaald kunnen worden naar project-specifieke doelstellingen. Klimaatneutraliteit (met als doel klimaatneutraal in 2050) wordt gemeten aan de hand van: <ul style="list-style-type: none"> - totale CO₂-voetafdruk (bruto uitstoot in tonnen CO₂ exclusief vergroening); - totale CO₂-voetafdruk (netto uitstoot in tonnen CO₂ inclusief vergroening); - CO₂-voetafdruk voor onze elektriciteitsstations en kantoren en op het gebied van mobiliteit (netto uitstoot in tonnen CO₂); - SF₆ lekkages (in kg); - SF₆ lekkages (percentage van totaal).
Het energiesysteem van de toekomst: de II305-scenario's	Netbeheer Nederland, waaronder TenneT, beschrijft in dit document vier routes om toe te werken naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050.

Tabel 2.1 Relevante wetgeving en beleid

3. Beoordelingsmethodiek

Het bouwen van een nieuwe hoogspanningsverbinding is een forse ingreep en zal daardoor altijd invloed hebben op duurzaamheid. Enerzijds zijn er veel materialen nodig voor de aanleg van de verbinding. Anderzijds zijn er voor de aanleg van de verbinding ook veel werkzaamheden, en dus brandstof, nodig. De nieuwe hoogspanningsverbinding bestaat in de basis uit de volgende onderdelen:

- bovengrondse verbinding (masten en geleiders) over land en over water;
- (mogelijk) ondergrondse delen van de verbinding inclusief opstijgpunten;
- hoogspanningsstations en andere installaties.

Om de effecten op duurzaamheid in dit plan-MER te kunnen beoordelen, wordt gebruik gemaakt van een beoordelingsmethodiek op tracéniveau. De criteria worden beoordeeld aan de hand van een aantal (semi) kwantitatieve kengetallen en uitgangspunten met een kwalitatieve omschrijving. De kengetallen zijn bepaald op basis van wetenschappelijke bronnen en civieltechnische informatie vanuit TenneT. In onderstaande paragrafen is per criterium uitgelegd welke kengetallen er zijn aangehouden.

Aspect	Criterium	Beoordelingswijze	Onderzoek op basis van:
circulariteit	materiaalgebruik	semi-kwantitatief	kengetallen
klimaat	uitstoot broeikasgassen (CO ₂ , SF ₆) tijdens realisatie- en gebruiksfase	semi-kwantitatief	kengetallen

Tabel 3.1 Beoordelingsmethodiek thema Duurzaamheid

3.1 Geen onderzoek naar: energiegebruik en beheer en onderhoud

Energiegebruik wordt niet als criterium beoordeeld in dit plan-MER. Energiegebruik vindt voor het grootste deel plaats in de realisatiefase. In deze fase is namelijk veel brandstof nodig voor de bouw van de hoogspanningsverbinding en uitbreiding/toevoeging van stations. De grootste milieu-impact van energiegebruik heeft te maken met het gebruik van fossiele brandstoffen. Wanneer de totale uitvoering met elektrisch materieel kan worden gedaan is de milieu-impact aanzienlijk veel lager dan wanneer hier fossiele brandstoffen voor worden ingezet. Broeikasgasemissies hebben een directe invloed op het milieu. Daarnaast zijn er voor broeikasgasemissies sturingsmogelijkheden om de uitstoot te verminderen, zoals het inzetten van elektrisch materieel. In het geval van energie zijn er weinig proceskeuzes te maken die een significante verbetering van energiegebruik realiseren. Aangezien de grootste milieu-impact wat betreft energiegebruik te behalen is met het verminderen van de uitstoot van CO₂ is het thema energie daar ondervangen. Er is daarom voor gekozen om energiegebruik niet afzonderlijk te beoordelen. Ook de milieu-impact van het criterium materiaalgebruik wordt voor een groot deel bepaald door de CO₂-uitstoot. Omdat materiaalgebruik ook gaat over onder andere schaarste van materialen, en milieu-impact categorieën als toxiciteit, acidificatie en landgebruik, wordt dit wil als los criterium beoordeeld.

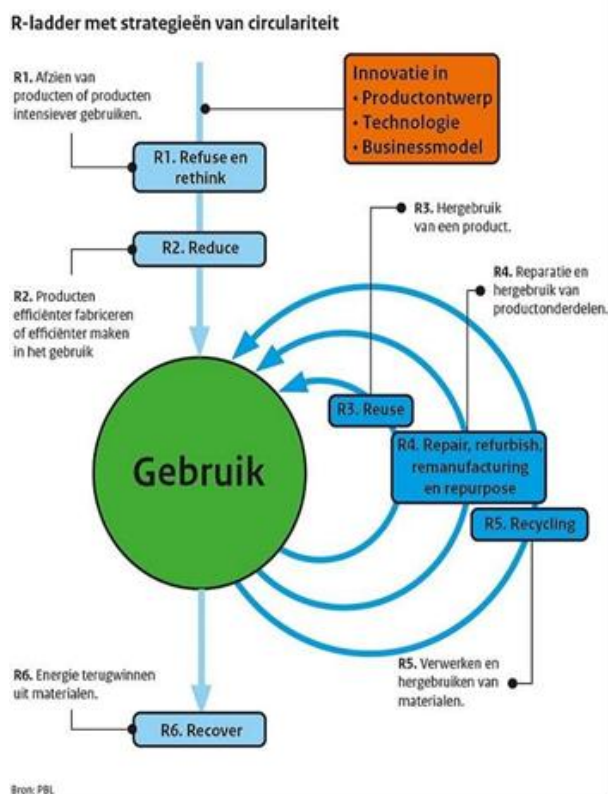
Er wordt geen significante hoeveelheid energiegebruik verwacht voor het laten functioneren van de hoogspanningsverbinding tijdens de gebruiksfase. Daarbij zal het energiegebruik tijdens de gebruiksfase geen onderscheidende factor zijn tussen de verschillende alternatieven.

Daarnaast worden de effecten die optreden in de gebruiksfase als gevolg van de benodigde beheer en onderhoud van de nieuwe verbindingen en hoogspanningsstations in dit plan-MER niet beoordeeld. Dit is voor dit thema niet onderscheidend. De benodigde beheerinspanningen zijn wel betrokken in de opgestelde kostenraming en maatschappelijke kostprijsbepaling, als onderdeel van de Integrale Effectanalyse (IEA).

3.2 Materiaalgebruik

De realisatie van een hoogspanningsverbinding inclusief stations vraagt om een grote hoeveelheid materiaalgebruik. Materiaalgebruik kan grote impact hebben op het milieu. Een deel van de materialen zijn eindig en grondstofvoorraden worden steeds kleiner. Daarnaast hebben sommige materialen grote impact op het milieu omdat ze bijvoorbeeld stoffen bevatten die de leefomgeving aantasten en verontreinigen. Ook komt bij de productie en het transport van materialen veel CO₂ uitstoot vrij.

Deze milieuschade dient zoveel mogelijk beperkt te worden en het bevorderen van een circulaire economie kan hier een bijdrage aan leveren. Om de strategie voor circulariteit te bepalen gebruik worden gemaakt van de R-ladder. De R-ladder heeft meerdere treden die elk een circulaire strategie omschrijven (zie figuur 3.1). Hoe hoger een strategie op de R-ladder staat, des te hoger de impact voor het bevorderen van een circulaire economie. Dit model laat zien dat het in het huidige stadium vooral mogelijk om gebruik te maken van twee strategieën die zorgen voor het verminderen van materiaalgebruik (namelijk R1: 'refuse and rethink' en R2: 'reduce'). Dit zijn tevens de strategieën waarmee de grootste circulaire impact kan worden bereikt.



Figuur 3.1 De R-ladder (bron: Planbureau voor de Leefomgeving)

Voor het Plan-MER is het onderlinge verschil tussen de onderzoeksalternatieven relevant. In eerste instantie zou materiaalgebruik worden beoordeeld aan de hand van het kortste alternatief, omdat werd verwacht dat lengte de grootste onderscheidende factor zou zijn. Immers: hoe langer het tracé hoe meer materiaal er nodig is. Tijdens de uitwerking is gebleken dat er ook alternatieven zijn die op basis van andere factoren dan de lengte van het alternatief meer materiaal gebruiken. Het gaat met name om of een alternatief over land of over water loopt en of een alternatief boven- of ondergronds loopt. Wanneer een tracé over water loopt betekent dit bijvoorbeeld dat er meer staal en beton nodig is voor hogere en zwaardere masten. Een ondergrondse verbinding vergt ook ander materiaal, onder andere voor de kabels. Het uitgangspunt is dat de gehele verbinding bovengronds komt. Er is op één locatie een uitzondering, namelijk deeltracé OR12 als onderdeel van alternatief oranje. Hiervan is bij voorbaat bekend dat deze vanwege technische uitvoerbare redenen niet bovengronds kan. De alternatieven worden in procentueel verschil in materiaalgebruik vergeleken met het alternatief met het minste materiaalgebruik.

Er wordt voor het criterium materiaalgebruik alleen gekeken naar materialen met een hoge milieu-impact waar grote hoeveelheden van worden ingezet. Staal en beton zijn de materialen die het meest worden ingezet en daarmee in totaal een significante milieu-impact hebben. De milieu-impact is bepaald op basis van de milieukostenindicator (MKI) uit de Ecolnvent database. Voor deze factoren is op basis van kengetallen een inschatting gemaakt van de totaal benodigde hoeveelheden. De uitgangspunten die zijn

aangehouden zijn in 3.2 omschreven. De uitkomsten zijn in hoofdstuk 5 kwalitatief beschreven. Geleiders zijn de draden die de elektriciteit transporteren. De geleiders zijn meestal gemaakt van aluminium of staal en worden bovengronds luchtgeïsoleerd. Een in de grond geplaatste geleider moet elektrisch geïsoleerd zijn van zijn omgeving, om energieverlies te voorkomen en de elektrische energie te controleren en beveiligen. Dit wordt ook wel een kabel genoemd. Wanneer een tracé ondergronds gaat wordt koper ingezet als geleidend materiaal in plaats van aluminium. Bij huidige kabels wordt meestal een kunststof isolatiemateriaal gebruikt. Aangezien koper (MKI 10,54) ook een materiaal is met een grote milieu-impact dan aluminium (MKI 0,87) wordt het inzetten van koper kwalitatief beschreven bij de effectbeoordeling. *De MKI is gehaald uit de Ecolnvent database. Voor koper is Copper {GLO} market for | Cut-off, U aangehouden en voor aluminium 0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO} market for | Cut-off, U; 26 % primair, 74 % secundair).*

3.3 Uitgangspunten materiaalgebruik

Om een indicatie te geven van de hoeveelheid materiaalgebruik per tracé is aan de hand van kengetallen een inschatting gemaakt. Hierbij is vooral gekeken naar de onderscheidende factoren tussen de tracés, zoals de lengte van de tracés en of de tracés over water of ondergronds worden aangelegd. De twee materialen die het meest worden ingezet én een grote milieu-impact hebben worden hier beoordeeld, namelijk staal en beton. Daarnaast wordt gekeken naar koper om het verschil tussen een boven- en ondergrondse verbinding te duiden. Voor de inschatting van het materiaalgebruik per tracé zijn de uitgangspunten aangehouden, deze uitgangspunten zijn onderstaand omschreven. Een aantal van deze uitgangspunten zijn samengevat in tabel 3.2. De referentietracés met het minste materiaalgebruik zijn: voor deelgebied noord onderzoeksalternatief Noord-Paars-1 en voor deelgebied zuid onderzoeksalternatief Zuid-Paars-2.

Voor de masten op land zijn de onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- in alle tracés is uitgegaan van een Moldau mast;
- voor het berekenen van de hoeveelheid materiaalgebruik voor de realisatie van de masten is uitgegaan van staal en beton (in tonnen);
- nominale veldlengte tussen masten is circa 400 meter;
- als uitgangspunt is de type S+0 mast genomen. Dit is een standaard type mast op land. Deze mast heeft een gewicht van 37 ton staal. Daarnaast is er 10 kubieke meter beton nodig voor het funderen van dit type mast. Door dit om te rekenen met de dichtheid van standaard beton (2,4 ton/m³) betekent dit dat er per type S+0 mast 24 ton beton nodig is;
- om circa 5 kilometer is uitgegaan van een hoek- of trekmast. Voor deze masten is uitgegaan van het type H+0, wat een standaard type hoekmast is voor op land. Voor deze mast is uitgegaan van een gewicht van 69 ton staal. Een type H+0 mast heeft variërend tussen de 50 en 100 kubieke meter beton nodig. In deze berekening is daarom uitgegaan van 75 kubieke meter beton voor een H+0 mast. Wanneer dit wordt omgerekend met de dichtheid van standaard beton (2,4 ton/m³) betekent dit dat voor een H+0 mast 180 ton beton nodig is.

Voor de masten over water zijn de onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- in alle tracés is uitgegaan van een Moldau mast;
- voor het berekenen van de hoeveelheid materiaalgebruik voor de realisatie van de masten is uitgegaan van staal en beton (in tonnen);
- nominale veldlengte tussen masten is circa 400 meter;
- waar de masten over water gaan is uitgegaan van een ander type mast dan op land. Er is uitgegaan van een S+40 als standaard steunmast genomen. Er is uitgegaan van S+40 omdat er 40 meter vrije doorvaarthoogte is bepaald. Deze mast bestaat uit 97 ton staal en 96 ton beton. De uitgangspunten voor deze berekening worden in de volgende punten uitgelegd;
- om de circa 5 kilometer is uitgegaan van een hoek- of trekmast. Over water is uitgegaan van het type H+40 van 513 ton staal en 720 ton beton. Ook voor dit type mast is uitgegaan van 40 meter vrije doorvaarthoogte. Een steunmast in het water heeft een voet van 50 bij 50 meter;
- voor masten op water is uitgegaan van meer staalverbruik dan masten op land:
 - . voor masten op water is uitgegaan van 25 % meer staal per ~8 meter mastverhoging ten opzichte van de standaardhoogte en 15 % meer staal per + 3 meter mastverhoging ten opzichte van de standaardhoogte voor hoekmasten;
 - . de masten moeten op deze locatie geschikt zijn voor de zwaardere windbelastingen. Hiervoor is uitgegaan van een extra toeslag op de hoeveelheid staal van 5 %;
- voor de masten op het water is het moeilijk te bepalen hoeveel beton er exact moet worden gebruikt, aangezien de ontwerpen voor deze verbindingen uniek zullen zijn. Een grove schatting is dat de hoeveelheid beton voor de masten op het water een factor 3 tot 5 hoger zal liggen ten opzichte van de masten op het land. Voor de berekeningen gebruiken we daarom een factor 4 ten opzichte van de betonhoeveelheden op gebruikt voor de masten op land. Dit betekent dat de standaard mast type S+40 op water 96 ton aan beton zal worden gebruikt en dat voor het type H+40 op water 720 ton beton zal worden gebruikt. Dit is berekend door het vermenigvuldigen met een factor vier van de hoeveelheid kubieke meter beton dat nodig is voor op land. Vervolgens is dit getal vermenigvuldigd met de dichtheid van standaard beton (2,4 ton/m³);
 - . masten op het water hebben ten opzichte van masten op het land een zwaardere fundering doordat de constructie grotere belastingen moet opnemen. Een van die belastingen is kruisend ijs die onder invloed van de wind kan zorgen voor substantiële krachten op de constructie.

Voor de ondergrondse constructie zijn onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- per opstijgpunt is uitgegaan van het volgende: Het standaard 380 kV-portaal dat TenneT gaat toepassen weegt ongeveer 30 ton. Dit is het staalgewicht van het portaal exclusief de fundering. Voor ondersteuning van kabeleindsluitingen en overspanningsafleiders is ook staal nodig, dat zal naar schatting 20 à 30 ton zijn. Per opstijgpunt is uitgegaan van 60 ton staal;
- voor een ondergrondse verbinding wordt ander materiaal gebruikt dan een bovengrondse verbinding. Bij een bovengrondse verbinding wordt aluminium als geleider in gezet en is geen isolatiemateriaal nodig. Voor een ondergrondse hoogspanningsverbinding is uitgegaan van koper als geleider en is isolatiemateriaal nodig in de kabel. Tussen koper en aluminium is een groot verschil te zien qua milieu-impact. Voor koper wordt uitgegaan van een milieukostenindicator (MKI) van 10,54 euro per kg

terwijl dit bij aluminium 0,87 euro is per kg. De MKI is gehaald uit de EcolInvent database. Voor koper is Copper {GLO} | market for | Cut-off, U aangehouden en voor aluminium 0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO} | market for | Cut-off, U; 26 % primair, 74 % secundair).

Type mast/constructie	Code/omschrijving	Staal (ton)	Beton (ton)
Steunmast op land	S+0	37	24
Hoekmast op land	H+0	69	180
Steunmast op water	S+40	97	96
Hoekmast op water	H+40	513	720
Opstijgpunt constructie	380 kV portaal	60	n.v.t.

Tabel 3.2 Uitgangspunten voor materiaalhoeveelheden van staal en beton voor verschillende type masten en constructies

3.4 Uitstoot broeikasgassen (CO₂, SF₆) tijdens realisatie- en gebruiksfase

Met het ondertekenen van het VN-Klimaatakkoord van Parijs (2016) heeft de Nederlandse regering zich gecommitteerd aan een vergaande vermindering van de uitstoot van broeikasgassen. Het doel van het VN-Klimaatakkoord is om het opwarmen van de aarde te beperken tot ruim onder de 2 graden, ten opzichte van het pre-industriële tijdperk (voor 1750). Om klimaatverandering te vermindering is een reductie van broeikasgasemissies essentieel. Het verduurzamen van de energievoorziening is een belangrijk onderdeel van de reductie van broeikasgasemissies.

Eenzijds zal de uitbreiding van de hoogspanningsverbinding een positieve bijdrage leveren aan het verminderen van broeikasgasemissies. Voor de energietransitie is namelijk een groter energienetwerk nodig omdat we steeds meer gebruik maken van duurzame energiebronnen zoals wind- en zonne-energie. Deze energiebronnen zijn vaak afhankelijk van het weer en de locatie, waardoor de opwekking van energie onvoorspelbaar kan zijn. Hoogspanningsverbindingen zijn een belangrijke schakel om deze energieopwekking te koppelen aan energieafname door gebruikers. Hoogspanningsverbindingen dragen dus bij aan de transportcapaciteit van het energiesysteem. Vanuit het nationale programma de Regionale Energie Strategie (RES) wordt door verschillende overheden gewerkt aan een toekomstbestendig energiesysteem. Om te voldoen aan de doelen die zijn gesteld in de RES die vanuit overheden zijn opgesteld wordt veel gevraagd van het energiesysteem. Door een hoogspanningsverbinding te realiseren voorziet TenneT in het behalen van de RES doelen, door het transport van energie tussen het aanbod en afname te verbeteren. Tegelijkertijd kan de route voor de nieuwe hoogspanningsverbinding ook andere ambities / plannen die voortkomen uit de RES bemoeilijken. Zo zijn er bijvoorbeeld in Noord-Holland locaties aangewezen waarvoor wordt verkend of die geschikt zijn voor windenergie. In het deelrapport gebruiksfuncties van dit plan-MER wordt ingegaan op eventuele impact van de hoogspanningsverbinding op die locaties.

Anderzijds worden er tijdens de bouw- en de gebruiksfase ook broeikasgasemissies uitgestoten. We kijken naar de broeikasgassen CO₂ en SF₆. SF₆, ofwel zwavelhexafluoride, is een minder bekend broeikasgas dat

vrij kan komen tijdens de gebruiksfase. Het wordt ingezet als isolatiemiddel bij een gas geïsoleerd schakelstation (GIS) om het elektriciteitsnetwerk te isoleren. Hierbij wordt SF₆ specifiek ingezet om de vermogensschakelaar, een component van het schakelstation, te isoleren. Het broeikasgas SF₆ is 22.800 keer sterker dan CO₂ (Bron: CBS, CO₂-equivalents CO₂ equivalents (cbs.nl)). Wanneer er gekozen wordt voor het inzetten van SF₆ in de schakelstations kan dit een negatief effect hebben op het milieu, omdat het broeikasgas via lekkage vrij kan komen in de atmosfeer. Wanneer GIS wordt toegepast, worden standaard voorzorgsmaatregelen genomen om dit te voorkomen. Over het algemeen is het de standaard keuze bij TenneT om voor een lucht geïsoleerd station te kiezen (AIS). Inmiddels lopen er pilots om te zoeken naar alternatieven voor het inzetten van SF₆ in hoogspanningsstations. We gaan er voor het plan-MER vanuit dat er in ieder alternatief evenveel en even grote hoogspanningsstations worden geplaatst en dat de keuze voor wel of geen SF₆ in ieder alternatief en bij alle stations hetzelfde is. Daarom wordt ervan uit gegaan dat er in alle alternatieven evenveel SF₆ ingezet zal worden en dit geen onderscheidende factor is in deze fase.

CO₂ is een bekend broeikasgas dat vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen. In de gebruiksfase zal de uitstoot van CO₂ plaatsvinden bij het beheer en onderhoud. In deze fase van het planproces is over de uitstoot tijdens de gebruiksfase nog weinig geconcretiseerd. Er kan worden gesteld dat de lengte van de tracés om meer onderhoudswerkzaamheden vragen. Ook is de plaatsing van een tracé over water naar verwachting lastiger te onderhouden. De frequentie van het onderhoud is naar verwachting laag. Daarnaast is het op dit moment nog niet duidelijk of beheer en onderhoud mogelijk met schoner materieel uitgevoerd kan worden. In vergelijking met het beheer en onderhoud heeft de realisatie de grootste invloed op de uitstoot van broeikasgasemissies. Voor de realisatie van de hoogspanningslijn is een grote hoeveelheid brandstof nodig voor het in te zetten materieel tijdens de bouw. De lengte van de alternatieven heeft invloed op hoeveel brandstof die nodig is. Naarmate het tracé langer wordt, zijn meer werkvoertuigen nodig. Daarnaast is meer brandstof nodig wanneer een tracé over water loopt. Schepen moeten ingezet worden om het materiaal (staal en machines) op de eilanden te krijgen en er zijn meer transportbewegingen nodig. Daarnaast zijn de masten die over water worden geplaatst zwaarder dan de masten die op land worden geplaatst. Daarom moeten er zware schepen worden ingezet voor de aanleg. Daarnaast moeten zandeilanden worden aangelegd. Deze schepen gebruiken meer brandstoffen dan materieel over land. De uitgangspunten voor werkzaamheden over water zijn in paragraaf 3.5 omschreven.

Voor een ondergrondse verbinding is ook een ander type materieel nodig. Doorgaans wordt een hoogspanningskabel in de grond aangebracht door middel van een open ontgraving. Dit betekent dat over de route van de te leggen kabels de grond eerst geheel verwijderd wordt tot een diepte van ca. 2 meter om de kabels neer te leggen en daarna de grond weer terug te plaatsen. In dit geval (OR12) worden kabels aangebracht via een gestuurde boring, waarvoor de grond niet eerst verwijderd hoeft te worden en wordt de kabel dieper de grond in geboord. Omdat er nog weinige bekend is over de benodigde werkzaamheden voor een gestuurde boring en de verwachting is dat de ondergrondse aanleg een minder groot verschil in uitstoot zal geven dan de aanleg op water, is ondergrondse aanleg voor dit plan-MER niet meegenomen als onderscheidende factor.

Aangezien het op dit moment in het planproces nog niet mogelijk is een inschatting te maken van de totale uitstoot van de werkzaamheden wordt aan de hand van kengetallen een kwalitatieve omschrijving gegeven voor de effectbeoordeling. De grootste onderscheidende factoren in deze fase van de planprocedure zijn lengte van de alternatieven en of het tracé over land of water loopt. De alternatieven worden daarom in percentuele toename van lengte vergeleken met het kortste alternatief dat over land loopt. Wanneer het tracé over water gaat, zijn de werkzaamheden tijdens de realisatiefase groter en wordt ook het beheer intensiever. Samen vormen de totale lengte van het tracé en voor hoeveel kilometer het tracé over water loopt de input voor de beoordeling.

3.5 Uitgangspunten uitstoot broeikasgassen (CO₂, SF₆) tijdens realisatie- en gebruiksfase

Om een indicatie te geven van de uitstoot van broeikasgasemissies per tracé is aan de hand van kengetallen een inschatting gemaakt. Hierbij is gekeken naar de onderscheidende factoren tussen de tracés, zoals de lengte van de tracés en of de tracés over water worden aangelegd. Voor de inschatting van het broeikasgasemissies per tracé zijn de uitgangspunten aangehouden, deze uitgangspunten zijn onderstaand omschreven. De referentietracés met het minste materiaalgebruik zijn: voor deelgebied noord onderzoeksalternatief Noord-Paars-1 en in deelgebied zuid onderzoeksalternatief Zuid-Paars-2.

Voor de masten op land zijn de onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- in alle tracés is uitgegaan van een Moldau mast;
- nominale veldlengte tussen masten is 400 meter;
- als standaard mast is S+0 genomen;
- om de 5 kilometer is uitgegaan van hoek of trek mast. Voor deze masten is uitgegaan van het type H+0.

Voor de masten over water zijn de onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- qua materiaal moet een steunmast op water groter zijn dan een mast op land (vanwege 40 meter vrije doorvaarhoogte). Ook moeten de masten bestendig zijn voor een zwaardere windbelasting. Waar de masten over water gaan is een S+40 als standaard genomen. Steun of tussenmast over water is uitgegaan van het type H+40. Ook voor dit type mast is uitgegaan van 40 meter vrije doorvaarhoogte:
 - om dit te realiseren is een installatieschip nodig. Dit kunnen verschillende scheepstypes zijn, zoals een hefschip, jack-up schip, zelfheffend schip of een kraanschip. Er moet in elk geval een kraan op staan;
 - hydraulische hefmachine moet op het installatieschip zijn gemonteerd en wordt gebruikt bij het heien van de fundatie;
 - verder kan het materieel met enkele pontons en sleepboten vervoerd worden naar de plek van installatie;
 - ook is voor de gehele duur van de werkzaamheden op water in ieder geval een boot (zonder specifieke installaties, maar een boot die mensen kan vervoeren) nodig waar personeel in vaart om de draden in de masten te hangen;
- hoekmasten moeten op een eiland geplaatst worden. Elke 5 kilometer is een hoekmast nodig, én

wanneer het tracé van richting verandert. Eiland heeft een omvang van 600 bij 200 meter (ovaalvormig). Rondom Lelystad is er een waterdiepte van 10 meter. Op andere plekken in het IJsselmeer/Markermeer is het uitgangspunt een waterdiepte van 5 meter. Eilanden bestaan uit lokaal gewonnen en opgespoten zand, afgewerkt met stortsteen. Voor het realiseren van een eiland met hoekmast is in elk geval nodig:

- . een schip dat het zand kan opspuiten;
- . hijskraanschip;
- . heilinstallatie voor de betonnen fundatie;
- . pontons met sleepboot voor vervoeren materiaal naar de locaties;
- bouwen op water bemoeilijkt de uitvoerbaarheid van de realisatie:
 - . om onderhoud uit te kunnen voeren aan de masten in het water zijn eilanden nodig, die groot genoeg zijn voor het uitvoeren van de verschillende werkzaamheden en de aanleg van de benodigde veiligheidsvoorzieningen zoals een landplaats voor helikopters;
 - . daarna moeten de masten geplaatst worden op de (schier)eilanden en de geleiders ingetrokken en ingeregeld worden, wat een tijdrovende en complexe operatie is;
- langere uitvoeringstijd, door onder andere:
 - . uitvoering van project-specifieke masten (de standaard-types zijn niet toereikend);
 - . complicerende risico's en factoren die bij het bouwen op water toenemen tijdens de realisatie.

4. Referentiesituatie

Voor dit thema is er geen referentiesituatie waartegen de effecten worden afgezet, zoals bij de andere thema's in het plan-MER. De impact op materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen wordt voor de alternatieven ten opzichte van elkaar beschouwd. Het toepassen van materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen zijn namelijk een direct gevolg van de uitvoering van het project (realisatie nieuwe hoogspanningsverbinding en -stations).

5. Effectbeschrijving- en beoordeling deelgebied zuid

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de verschillende alternatieven in deelgebied zuid (Diemen en Lelystad) gepresenteerd, voor de criteria materiaalgebruik en broeikasgassen. Paragraaf 3.2 bevat de uitgangspunten voor materiaalgebruik en paragraaf 3.4 bevat de uitgangspunten voor broeikasgassen. Paragraaf 5.3 bevat een samenvatting en conclusies van de effectbeoordelingen.

5.1 Materiaalgebruik

In deze paragraaf zijn de effecten van de onderzoeksalternatieven tussen Diemen en Lelystad op het materiaalgebruik toegelicht en beoordeeld. Zuid-Paars-2 is op basis van de uitgangspunten het referentietracé. In onderstaande tabel (tabel 5.1) zijn gegevens te vinden over de karakteristieken van de verschillende onderzoeksalternatieven op basis van lengte en materiaalgebruik. Deze tabel is berekend op basis van de eerder omschreven uitgangspunten (in hoofdstuk 1 en in hoofdstuk 3). Zoals met name in hoofdstuk 1.3 wordt toegelicht is voor het realiseren van hoogspanningsverbindingen over water meer materiaal nodig dan wanneer de verbinding over land zou lopen. Zo hebben verbindingen die over water lopen een stevigere en daardoor zwaardere fundering nodig, zijn er hogere masten nodig vanwege de minimale doorvaarhoogte en zullen er eilanden moeten worden gerealiseerd waar de hoek- en trekmasten op komen te staan.

In de daaropvolgende tekst zijn de uitkomsten over het materiaalgebruik per onderzoeksalternatief in deelgebied zuid verder toegelicht.

Tracé	Totale lengte (meter)	Lengte bovengronds (meter)	Lengte ondergronds (meter)	Over water (meter)	Procentuele toename lengte t.o.v. referentie (%)	Staal (ton)	Procentueel verschil staal t.o.v. referentie (%)	Beton (ton)	Procentueel verschil beton t.o.v. referentie (%)	Totaal materiaalgebruik (ton)	Procentueel verschil materiaalgebruik (staal en beton) t.o.v. referentie (%)
Zuid-Blauw-1	47050	3323	0	43727	-3,91	16309	271,93	18828	334,63	35137	303,09
Zuid-Blauw-2	45257	26958	0	18299	-7,57	9436	115,19	11544	166,48	20980	140,68
Zuid-Paars-1	52728	52303	0	425	7,69	5739	30,88	7272	67,87	13011	49,26
Zuid-Paars-2	48965	48965	0	0	0,00	4385	0,00	4332	0,00	8717	0,00
Zuid-Groen-1	50635	43008	0	7627	3,41	7210	64,42	8448	95,01	15658	79,63
Zuid-Geel-1	57550	57550	0	0	17,53	5995	36,72	6864	58,45	12859	47,52
Zuid-Oranje-1	67695	56756	0	10939	38,25	10492	139,27	13308	207,20	23800	173,03
Zuid-Oranje-2	56887	47796	0	9091	16,18	7785	77,54	9648	122,71	17433	99,99

Tabel 5.1 Overzicht geschat materiaalgebruik per onderzoeksalternatief in deelgebied zuid

Zuid-Blauw-1 gaat vrijwel alleen maar over water (meer dan 4 kilometer). Dit zorgt voor een zeer hoge hoeveelheid van staal en beton. Het gehele procentuele verschil van het totale materiaalgebruik ten opzichte van Zuid-Paars-2 komt neer op meer dan 300 %. Zowel gebruik van beton als staal nemen namelijk fors toe bij de realisatie van Zuid-Blauw-1.

Zuid-Blauw-2 is de kortste route van alle zuidelijke onderzoeksalternatieven. Toch is de totale hoeveelheid materiaalgebruik fors hoger ten opzichte van referentietracé Zuid-Paars-2. Aangezien Zuid-Blauw-2 voor ongeveer 18 kilometer over water loopt is het verwachte staal en betonverbruik aan de hoge kant. Het procentuele verschil in materiaalgebruik ten opzichte van Zuid-Paars-2 is dan ook circa 140 %.

Tracé Zuid-Paars-1 is ongeveer 4 kilometer langer dan Zuid-Paars-2. De afstand over water is vrij kort. Het verschil in materiaalgebruik is ongeveer 50 % meer dan het referentietracé.

Zuid-Paars-2 is in deze beoordeling het referentietracé omdat dit het onderzoeksalternatief is met het laagste totale materiaalgebruik op basis van de uitgangspunten. Zuid-paars-2 loopt enkel over land en niet over water. Het tracé is wel iets langer dan andere tracés.

Zuid-Groen-1 iets langer dan Zuid-Paars-2 (een verschil van 3,41 %) en loopt over een afstand van ruim 7 kilometer over water. Het totale materiaalgebruik is daarmee fors hoger dan het referentietracé. Zuid-Groen-1 heeft 80 % meer materiaalgebruik ten opzichte van Zuid-Paars-2.

Ook komt uit de berekeningen naar voren dat Zuid-Geel-1 circa 47 % verschilt in het totale materiaalgebruik ten opzichte van Zuid-Paars-2. Zuid-Geel-1 is een stuk langer dan Zuid-Paars-1 maar loopt in zijn geheel over land, wat weer zorgt voor minder materiaalgebruik dan wanneer het tracé (deels) over water zou lopen.

Zuid-Oranje-1 is de langste van alle onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid. Daarnaast gaat het ook bijna 11 kilometer over water. Dit leidt ertoe dat de geschatte staal en -betongebruik toeneemt met 173 % ten opzichte van Zuid-Paars-2. Met name het gebruik van beton verschilt fors met 207 %.

Tenslotte is Zuid-Oranje-2 het op een na langste van alle onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid. Dit leidt ertoe dat het geschatte materiaalgebruik van dit tracé bijna 100 % toeneemt ten opzichte van Zuid-Paars-2. Het tracé loopt voor ongeveer 9 kilometer over water, wat zorgt voor meer materiaalgebruik dan wanneer het tracé over land loopt.

5.2 Uitstoot broeikasgassen

In deze paragraaf worden de effecten van de onderzoeksalternatieven tussen Diemen en Lelystad op de uitstoot van broeikasgassen toegelicht en beoordeeld. Voor deelgebied zuid wordt Zuid-Paars-2 als referentietracé gebruikt. De uitkomsten van de berekeningen zijn te vinden in onderstaande tabel. De berekeningen zijn gemaakt op basis van de uitgangspunten in hoofdstuk 3. In onderstaande tekst wordt de effectbeoordeling gegeven op basis van deze tabel.

Onderzoeksalternatief	Totale lengte (meter)	Bovengrondse lengte (meter)	Over water (meter)	Procentueel verschil lengte t.o.v. referentie (%)
Zuid-Blauw-1	47050	3323	43727	-3,91
Zuid-Blauw-2	45257	26958	18299	-7,57
Zuid-Paars-1	52728	52303	425	7,69
Zuid-Paars-2	48965	48965	0	0
Zuid-Groen-1	50635	43008	7627	3,41
Zuid-Geel-1	57550	57550	0	17,53
Zuid-Oranje-1	67695	56756	10939	38,25
Zuid-Oranje-2	56887	47796	9091	16,18

Tabel 5.2 Overzicht van lengtes van onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid

Zuid-Blauw-1 is op één onderzoeksalternatief na, de kortste route van deelgebied zuid. Alleen Zuid-Blauw-2 is korter. Zuid-Blauw-1 loopt bijna geheel over water, dat is zo'n 44 km. Aangezien het tracé voor een lang aaneengesloten stuk over water loopt, is er sprake van het inzetten van zwaar materieel over water en daarnaast een arbeidsintensieve en lange uitvoeringstijd, mede vanwege het moeten aanleggen van eilanden, waardoor de hoeveelheid broeikasgasemissies ook aanzienlijk veel hoger is dan het referentietracé.

Zuid-Blauw-2 is minder lang dan referentietracé Zuid-Paars-2 (circa 7,6 %). Hierbij Zuid-Blauw-2 het kortste tracé van alle alternatieven. Aangezien het tracé voor een lang aaneengesloten stuk over water loopt, is er sprake van het inzetten van zwaar materieel over water en daarnaast een arbeidsintensieve en lange uitvoeringstijd, mede vanwege het moeten realiseren van eilanden, waardoor de hoeveelheid broeikasgasemissies ook aanzienlijk veel hoger is dan het referentietracé.

Zuid-Paars-1 is ongeveer 7 kilometer langer dan Zuid-Blauw-2. Het gehele tracé loopt vrijwel geheel over land en dit zorgt voor minder intensieve en langere uitvoering dan wanneer het tracé over water zou lopen.

Het tracé Zuid-Paars-2 loopt geheel over land. Het is daarnaast een van de kortere alternatieven. Aangezien dit tracé geheel over land loopt is de uitstoot van broeikasgasemissies in de realisatiefase ook beduidend minder dan tracés die (deels) over water gaan. Zuid-Paars-2 dient daarom als referentietracé voor de

effectenbeoordeling van de zuidelijke alternatieven. Het is namelijk in vergelijking tot andere alternatieven aan de korte kant en loopt niet over water.

Verder is Zuid-Groen-1 ook een van de kortere alternatieven aangezien het slechts ongeveer 3,41 % langer is dan Zuid-Paars-2. Bijna 8 kilometer van de route van het tracé gaat over water en dat leidt tot meer uitstoot van broeikasgasemissies tijdens de realisatiefase. Ook moet een hoekmast op water worden geplaatst, waarvoor de realisatie van een eiland nodig is. In totaliteit zorgt Zuid-Groen-1 voor significant meer uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van Zuid-Paars-2.

Zuid-Geel-1 gaat in zijn geheel alleen maar over land en dit zorgt ervoor dat de realisatiefase minder intensief is dan wanneer de route (deels) over het water loopt. De totale lengte van het tracé is wel een stuk langer dan Zuid-Paars-2, namelijk circa 17 %. Daarmee is dit tracé bijna de langste van alle alternatieven.

Zuid-Oranje-1 is het langste tracé van alle zuidelijke alternatieven. De totaallengte van het tracé is namelijk bijna 68 kilometer en het is daarmee ongeveer 38 % langer ten opzichte van het referentietracé. Daarnaast loopt ongeveer 11 kilometer van dit tracé over water. Er is bij de lange oversteek van het Gooimeer een hoekmast op het water nodig, wat betekent dat hier ook een eiland moet worden gerealiseerd. Dat betekent ten opzichte van masten op land een toename in de hoeveelheid uitstoot van broeikasgassen gedurende de realisatiefase.

Zuid-Oranje-2 is met 56,89 kilometer ook een lang tracé, maar niet de langste van alle zuidelijke alternatieven. Het is ongeveer 16 % langer ten opzichte van het referentietracé Zuid-Paars-2. Daarnaast gaat de route van het tracé ook meer dan 9 kilometer over water. Er is bij de lange oversteek van het Wolderwijd een hoekmast op het water nodig, wat betekent dat hier ook een eiland moet worden gerealiseerd. Dat betekent dat er ten opzichte van masten op land meer uitstoot van broeikasgassen plaatsvindt gedurende de realisatiefase.

5.3 Conclusies effectbeoordelingen deelgebied zuid

In deze paragraaf zijn de belangrijkste conclusies opgenomen over de effectenbeoordelingen voor de criteria materiaalgebruik en broeikasgassen voor de onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid. In tabel 5.3 zijn nogmaals de berekeningen weergegeven op basis van de uitgangspunten die eerder zijn beschreven.

Uit de indicatieve berekeningen die uitgevoerd zijn, kunnen de verschillen tussen de onderzoeksalternatieven bepaald worden op het gebied van materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen. Voor de zuidelijke alternatieven kan uit de effectbeoordeling worden geconcludeerd dat tracé Zuid-Paars-2 leidt tot het minste materiaalgebruik ten opzichte van de andere alternatieven. Hoewel Zuid-Paars-2 niet het kortste alternatief is in totale lengte (Zuid-Blauw-1 en Zuid-Blauw-2 zijn korter), vergt de realisatie van dit alternatief wel de minste materialen. Dit komt met name omdat tracé Zuid-Paars-2 niet over water gaat en hierdoor minder materialen worden gebruikt ten opzichte van andere alternatieven. Zuid-Blauw-1 vergt daarentegen het meeste materiaalgebruik van alle alternatieven. Dit komt omdat Zuid-Blauw-1 in vrijwel

gehele lengte over water loopt. Dit vereist de realisatie van hogere en zwaardere masten, wat terug te zien is in de materiaalhoeveelheden. Realisatie van Zuid-Oranje-1 vergt na Zuid-Blauw-1 het meeste materiaalgebruik omdat dit in kilometers het langste tracé is.

Uit de effectenbeoordeling van de onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid komt ook naar voren dat Zuid-Paars-2 leidt tot de minste uitstoot van broeikasgassen gedurende de realisatie en -gebruiksfase ten opzichte van de andere alternatieven. Ondanks dat Zuid-Paars-2 niet het kortste tracé is, loopt het nergens over water. Dit zorgt voor een beduidend mindere uitstoot van broeikasgassen dan alternatieven die wellicht korter zijn in totale lengte maar wel (deels) over water lopen (zoals Zuid-Blauw-1 en Zuid-Blauw-2). Daarnaast komt naar voren dat Zuid-Blauw-1 leidt tot de meeste uitstoot van broeikasgassen gedurende de realisatie en -gebruiksfase (ten opzichte van de andere alternatieven in deelgebied zuid). Dit tracé loopt namelijk meer dan 43 kilometer over water en dit zorgt voor meer uitstoot van broeikasgassen dan alternatieven die over land lopen.

Tracé	Totale lengte (meter)	Lengte bovengronds (meter)	Over water (meter)	Procentueel verschil lengte t.o.v. referentie (%)	Staal (ton)	Procentueel verschil staal t.o.v. referentie (%)	Beton (ton)	Procentueel verschil beton t.o.v. referentie (%)	Totaal materiaalgebruik (ton)	Procentueel verschil materiaalgebruik (staal en beton) t.o.v. referentie (%)
Zuid-Blauw-1	47050	3323	43727	-3,91	16309	271,93	18828	334,63	35137	303,09
Zuid-Blauw-2	45257	26958	18299	-7,57	9436	115,19	11544	166,48	20980	140,68
Zuid-Paars-1	52728	52303	425	7,69	5739	30,88	7272	67,87	13011	49,26
Zuid-Paars-2	48965	48965	0	0,00	4385	0,00	4332	0,00	8717	0,00
Zuid-Groen-1	50635	43008	7627	3,41	7210	64,42	8448	95,01	15658	79,63
Zuid-Geel-1	57550	57550	0	17,53	5995	36,72	6864	58,45	12859	47,52
Zuid-Oranje-1	67695	56756	10939	38,25	10492	139,27	13308	207,20	23800	173,03
Zuid-Oranje-2	56887	47796	9091	16,18	7785	77,54	9648	122,71	17433	99,99

Tabel 5.3 Overzicht van geschat materiaalgebruik en lengte van de zuidelijke alternatieven. Zuid-Paars-2 is het referentietracé voor de onderzoeksalternatieven in deelgebied zuid

6. Effectbeschrijving- en beoordeling deelgebied noord

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de verschillende alternatieven in deelgebied noord (Lelystad-Ens) gepresenteerd, voor de criteria broeikasgasemissies en broeikasgassen. Hoofdstuk 3 bevat de uitgangspunten voor broeikasgasemissies, paragraaf 6.2 de effectbeoordeling voor materiaalgebruik van deelgebied noord en paragraaf 6.3 bevat de effectbeoordeling van broeikasgassen van deelgebied noord. Paragraaf 6.4 bevat een samenvatting en conclusies van de effectbeoordelingen.

Bij elk criterium is ook ingegaan op de cumulatie-effecten met de 380 kV-verbinding Vierverlaten-Ens, oftewel: de opgetelde effecten van beide projecten. Hierbij wordt voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten - Ens uitgegaan van tracéalternatief 1, in de HIA als Paars 1 benoemd. Dit is een alternatief met een dubbele Moldau-mastenrij met een onderlinge afstand van 50 meter. In één mastenrij komt de huidige 220 kV-verbinding, in de andere mastenrij komt de nieuwe 380 kV-verbinding Vierverlaten-Ens.

6.1 Materiaalgebruik

In dit deelhoofdstuk worden de effecten van de onderzoeksalternatieven tussen Lelystad en Ens op het gebied van materiaalgebruik toegelicht en beoordeeld. Zoals eerder benoemd is Noord-Paars-1 op basis van de uitgangspunten het referentietracé voor deze beoordeling. In onderstaande tabel (tabel 6.1) zijn gegevens te vinden over de karakteristieken van de verschillende onderzoeksalternatieven op basis van lengte en materiaalgebruik. Deze tabel is berekend op basis van de eerder omschreven uitgangspunten (in hoofdstuk 1 en in hoofdstuk 3). In de daaropvolgende tekst zijn de uitkomsten verder toegelicht.

Tracé	Totale lengte (meter)	Lengte bovengronds (meter)	Lengte ondergronds (meter)	Over water (meter)	Procentueel verschil lengte t.o.v. referentie (%)	Staal (ton)	Procentueel verschil staal t.o.v. referentie (%)	Beton (ton)	Procentueel verschil beton t.o.v. referentie (%)	Totaal materiaalgebruik (ton)	Procentueel verschil materiaalgebruik (staal en beton) t.o.v. referentie (%)
Noord-Blauw-1	20869	11836	0	9033	4,27	5095	117,64	6396	123,01	11491	120,60
Noord-Paars-1	20015	18345	0	1670	0,00	2341	0,00	2868	0,00	5209	0,00
Noord-Paars-2	30489	25819	0	4670	52,33	3851	64,50	4620	61,09	8471	62,62
Noord-Groen-1	24067	21767	0	2300	20,24	2899	23,84	3804	32,64	6703	28,68
Noord-Groen-2	25265	20595	0	4670	26,23	3402	45,32	4464	55,65	7866	51,01
Noord-Geel-1	26974	23149	0	3825	34,77	3398	45,15	4260	48,54	7658	47,01
Noord-Geel-2	35205	32685	0	2520	75,89	4539	93,89	5328	85,77	9867	89,42
Noord-Oranje-1	32662	29081	2961	620	63,19	3618	54,55	5040	75,73	8658	66,21
Noord-Oranje-2	43967	40386	2961	620	119,67	4718	101,54	6024	110,04	10742	106,22

Tracé	Totale lengte (meter)	Lengte bovengronds (meter)	Lengte ondergronds (meter)	Over water (meter)	Procentueel verschil lengte t.o.v. referentie (%)	Staal (ton)	Procentueel verschil staal t.o.v. referentie (%)	Beton (ton)	Procentueel verschil beton t.o.v. referentie (%)	Totaal materiaalgebruik (ton)	Procentueel verschil materiaalgebruik (staal en beton) t.o.v. referentie (%)
Noord-Grijs-1 (enkele mastenrij / dubbele mastenrij)	30294 / 50021	30294 / 50021	0 / 0	1670 / 1670	51,36 / 149,92	4099 / 7810	75,10 / 233,62	5496 / 10608	91,63 / 269,87	9595 / 18418	84,20 / 253,58

Tabel 6.1 Overzicht geschat materiaalgebruik per onderzoeksalternatief in deelgebied noord

Noord-Blauw-1 is qua lengte het kortste onderzoeksalternatief. Het grootste verschil tussen Noord-Blauw-1 en Noord-Paars-1 is dat Noord-Blauw-1 door water loopt. Dit betekent dat er hogere en sterkere masten en meer fundering nodig is. Voor staal betekent dit dat er 117,64 % meer staal nodig is ten opzichte van het referentietracé met het minste materiaalgebruik (Noord-Paars-1). Daarnaast zullen voor de blauwe alternatieven die over water lopen ook meer materialen worden ingezet. Zo gebruikt Noord-Blauw-1 het meeste beton van alle noordelijke onderzoeksalternatieven. Ondanks de korte lengte, is er wel veel materiaal nodig.

Noord-Paars-1 gebruikt het minste materiaal op basis van de uitgangspunten en is daarom als referentietracé genomen. Het verschil in totale materiaalgebruik tussen Noord-Paars-2 en Noord-Paars-1 is 62,62 %. Zo is er ook meer dan 60 % staal nodig ten opzichte van Noord-Paars-1. De route van tracé loopt grotendeels over water en dit verklaart het verschil in materiaalgebruik vergeleken met het referentietracé.

Ook komt naar voren dat tracé Noord-Groen-1 ongeveer 20 % langer is dan het referentietracé Noord-Paars-1 en ruim 23 % aan extra staal en 32 % aan beton verbruikt. Tracé Noord-Groen-1 gaat ongeveer 600 meter langer over water dan Noord-Paars-1. Het procentuele verschil van de totale hoeveelheid materiaalgebruik is bijna 29 % meer ten opzichte van de referentie.

Noord-Groen-2 is met een totaal van ongeveer 25 kilometer zo'n 26 % langer dan het referentietracé Noord-Paars-1. Echter wordt er wel ongeveer 45 % meer staal verbruikt voor dit tracé, mede omdat het tracé een aantal kilometers meer water overbrugt. Dit is ook te zien in een toename van staal en beton, waardoor het gehele materiaalgebruik 51,1 % meer is dan het referentietracé.

Voor tracé Noord-Geel-1 geldt dat er ongeveer 45 % meer staal en circa 55 % meer beton wordt gebruikt ten opzichte van Noord-Paars-1. Dit heeft er vooral mee te maken dat Noord-Geel-1 in totale lengte ongeveer 7 kilometer langer is dan Noord-Paars-1 en daarvan een langer gedeelte over water moet.

Ook tracé Noord-Geel-2 is een stuk langer dan het referentietracé Noord-Paars-1; ongeveer 15 kilometer. Ook gaat tracé Noord-Geel-2 bijna een kilometer langer over water dan Noord-Paars-1. Dit betekent voor het materiaalgebruik dat er meer dan 90 % aan extra staal en bijna 85 % meer beton wordt gebruikt ten opzichte van Noord-Paars-1 in dit tracé.

Tracé Noord-Oranje-1 gaat voor ongeveer 3 kilometer ondergronds. Voor een ondergrondse verbinding wordt gebruik gemaakt van koper als geleidersmateriaal, waar bovengronds aluminium wordt ingezet. Tussen koper en aluminium is een groot verschil te zien qua milieu-impact. Voor koper wordt uitgegaan van een MKI van 10,54 euro terwijl dit bij aluminium 0,87 euro is. Het gaat om een milieu-impact die 12,11 keer zo hoog is. Er wordt voor dit tracé 55 % meer staal en 76 % meer beton ingezet dan in de referentiesituatie.

Noord-Oranje-2 gaat ook voor ongeveer 3 kilometer ondergronds. Voor een ondergrondse verbinding wordt gebruik gemaakt van koper als geleidersmateriaal, waar bovengronds aluminium wordt ingezet. Tussen koper en aluminium zit een groot verschil qua milieu-impact. Voor koper wordt uitgegaan van een MKI van 10,54 euro terwijl dit bij aluminium 0,87 euro is. Het gaat om een milieu-impact die 12,11 keer zo hoog is. Daarnaast is voor staal en beton ook 106,22 % extra materiaal nodig ten opzichte van Noord-Paars-1. Dat is een zeer groot verschil.

Tracé Noord-Grijs-1 heeft met een enkele rij een totale lengte van 30,3 km, waarvan 1,7 kilometer over water loopt. Er wordt voor dit tracé circa 75,1% meer staal en 91,6% meer beton ingezet dan bij het referentietracé. Het totale materiaalgebruik verschilt circa 84,2%. Het verschil in materiaalgebruik ten opzichte van Noord-Paars-1 heeft voornamelijk te maken met de lengte van het tracé, wat 51,36% langer is dan Noord-Paars-1. Wanneer Noord-Grijs-1 met een dubbele lijn wordt aangelegd wordt het verschil in lengte nog groter, namelijk 149,92%. Dit resulteert in een verschil in materiaalgebruik van 253,58% ten opzichte van de referentiesituatie Noord-Paars-1. Vanwege het grote aantal masten zou tracé Noord-Grijs-1 met een dubbele lijn het tracé zijn met het meeste materiaalgebruik. Bij een dubbele mastenrij is echter wel het uitgangspunt dat een gedeelte van de bestaande verbinding tussen Lelystad en Ens (ongeveer vanaf de Hollandse Brug tot aan hoogspanningsstation Ens) verwijderd wordt. Daarmee komt er ook een deel van het materiaal vrij. Of en op welke manier dit hergebruikt kan worden is nu echter nog niet te zeggen, dat vergt nader onderzoek. Wel biedt dat kansen voor een duurzame herbestemming van vrijkomende materialen. Dit is echter niet 'weg te strepen' tegen de grote hoeveelheid nieuwe masten die nodig is voor een nieuwe dubbele mastenrij van Noord-Grijs-1.

6.1.1 Cumulatie met Vierverlaten-Ens

In het oosten van deeltracé GS-2 worden alternatieven onderzocht voor een nieuwe 380 kV-verbinding tussen Vierverlaten en Ens. In onderstaande tabel is opgenomen welke effecten de aanleg en het gebruik van beide verbindingen hebben op het materiaalgebruik. In tabel 6.3 is de totale materiaalhoeveelheid berekend dat nodig is om in zowel het project Diemen-Ens als Vierverlaten-Ens te realiseren. De samenloop van beide verbindingen zorgt niet voor een cumulatief effect.

Tracé	Totale lengte DIM-ENS & VVLE (meter)	Lengte ondergronds (meter)	Over water (meter)	Staal (ton)	Beton (ton)
1 x DIM-ENS	30294	0	1670	4099	5496
2 x DIM-ENS	50021	0	1670	7810	10608
1 x DIM-ENS + 2 x VVL-ENS	44413	0	1670	5769	8136
2 x DIM-ENS + 2 x VVL-ENS	64156	0	1670	9480	13248

Tabel 6.2 Cumulatie materiaalgebruik Diemen-Ens met Vierverlaten-Ens

6.2 Uitstoot broeikasgassen

In deze paragraaf worden de effecten van de onderzoeksalternatieven tussen Lelystad en Ens op de uitstoot van broeikasgassen toegelicht en beoordeeld. Deze beoordeling is uiteengezet op basis van de berekeningen van de uitgangspunten die eerder zijn omschreven. Ook voor deze beoordeling is onderzoeksalternatief Noord-Paars-1 het referentietracé voor deelgebied noord. Onder tabel 6.2 is de beoordeling toegelicht per alternatief.

Onderzoeksalternatief	Totale lengte (meter)	Bovengrondse lengte (meter)	Ondergrondse lengte (meter)	Over water (meter)	Procentuele toename lengte t.o.v. referentie (%)
Noord-Blauw-1	20869	11836	0	9033	4,27
Noord-Paars-1	20015	18345	0	1670	0
Noord-Paars-2	30489	25819	0	4670	52,33
Noord-Groen-1	24067	21767	0	2300	20,24
Noord-Groen-2	25265	20595	0	4670	26,23
Noord-Geel-1	26974	23149	0	3825	
Noord-Geel-2	35205	32685	0	2520	75,89
Noord-Oranje-1	32662	29081	2961	620	63,19
Noord-Oranje-2	43967	40386	2961	620	119,67
Noord-Grijs-1 (enkele mastenrij / dubbele mastenrij)	30294 / 50021	30294 / 50021	0 / 0	1670 / 1670	51,36 / 149,92

Tabel 6.2 Overzicht van lengtes van de onderzoeksalternatieven in deelgebied noord

Het eerste tracé is Noord-Blauw-1. Noord-blauw-1 is het op één na kortste tracé van de noordelijke tracés. Het tracé Noord-Blauw-1 gaat voor een groot deel over water (circa 9 kilometer), wat gevolgen heeft voor de activiteiten die plaatsvinden tijdens de realisatiefase en een forse toename van de uitstoot van broeikasgassen. Zo zorgt een tracé over water namelijk voor een complexere en langere uitvoering van realisatie. Vooral omdat het om een lang aaneengesloten stuk over water gaat. Er moeten voor dit tracé ook hoekmasten op water geplaatst worden. De realisatie van Noord-Blauw-1 stoot daarom meer broeikasgassen uit ten opzichte van Noord-Paars-1.

Noord-Paars-1 is het kortste tracé van de alle noordelijke alternatieven. Voor dit MER is als uitgangspunt genomen dat de gehele tracélengte en de lengte van het tracé dat over water loopt uitgangspunten voor de uitstoot van broeikasgasemissies. Noord-Paars-1 heeft het kortste tracé en heeft behalve Noord-Oranje-1 en Noord-Oranje-2 de kortste lengte over water (maar deze tracés zijn dan weer in totale lengte langer). Daarom is Noord-Paars-1 het referentie-tracé en zal dit tracé vergeleken met andere alternatieven minder uitstoot van broeikasgassen tijdens de realisatie- en gebruiksfase tot gevolg hebben.

Noord-Paars-2 is een stuk langer dan de route van Noord-Paars-1, namelijk een toename van 52 %. Dit tracé loopt in totaal bijna vijf kilometer over water. Er worden geen hoekmasten op water geplaatst, waardoor er geen eilanden nodig zijn. Aangezien Noord-Paars-2 in vergelijking met andere alternatieven langer is, zorgt dit in verhouding voor een grotere uitstoot van broeikasgassen.

Noord-Groen-1 is circa 20 % langer dan het referentietracé. Het tracé gaat voor het grootste deel over land en 2,3 kilometer over water. Vergeleken met het referentietracé Noord-Paars-1 is dat ongeveer 600 meter meer over water. De gehele lengte afstand is relatief kort ten opzichte van andere alternatieven. Uitstoot van broeikasgassen zou dus meer zijn dan Noord-Paars-1, maar ook fors minder dan andere alternatieven.

Verder is Noord-Groen-2 circa 26 % langer dan het referentietracé Noord-Paars-1 en gaat bijna 5 kilometer over water. De afstand over water is gelijk als Noord-Paars-2. Er worden voor het deel over water geen hoekmasten geplaatst. Door het grote gedeelte over water neemt de uitstoot van broeikasgassen ook flink toe voor de realisatie- en gebruiksfase ten opzichte van de andere alternatieven.

Noord-Geel-1 is bijna 7 kilometer langer dan Noord-Paars-1 en loopt daarnaast voor een groot deel over water. Het stuk over water is aan de lange kant. Noord-Geel-1 behoort dus in totale lengte en de lengte over water tot de middenmoot. Het stoot in vergelijking met Noord-Paars-1 meer broeikasgassen uit gedurende realisatie- en gebruiksfase.

Noord-Geel-2 loopt ten opzichte van andere alternatieven een stuk minder lang over water. De totale lengte is wel 75 % meer dan ten opzichte van Noord-Paars-1. Het is daarmee niet de langste van alle alternatieven, maar staat op de tweede plaats. De hoeveelheid uitstoot broeikasgassen gedurende de realisatie- en gebruiksfase ligt daardoor een stuk hoger dan bij Noord-Paars-1.

Noord-Oranje-1 gaat in vergelijking met de andere tracés maar voor een kort stuk over water (0,6 kilometer). Hierdoor hoeft minder zwaar materieel voor op water ingezet te worden dan bij de meeste andere onderzoeksalternatieven. Het tracé is met 63,9 % wel een stuk langer dan referentietracé Noord-Paars-1.

Ook tracé Noord-Oranje-2 gaat voor een relatief kort gedeelte over water (0,6). Hierdoor hoeft minder zwaar materieel voor op water ingezet te worden dan voor de meeste andere onderzoeksalternatieven. Het tracé is met 119,67 % wel het langste van alle tracés, wat betekent dat er veel materieel moet worden ingezet over land om het tracé aan te leggen.

Noord-Grijs-1 is bijna 30 kilometer lang. Circa 1,7 kilometer daarvan loopt over water. Het tracé is in vergelijking met de andere tracés relatief lang. Net als bij tracé Noord-Paars-2 worden er geen hoekmasten op water geplaatst, waardoor er geen eilanden nodig zijn. Aangezien Noord-Grijs-1 vergeleken met andere alternatieven relatief lang is, zorgt dit in verhouding voor een grotere uitstoot van broeikasgassen. Wanneer Noord-Grijs-1 met een dubbele rij wordt geplaatst zal het tracé met een lengte van 50 kilometer nog langer worden. Het aanleggen van Noord-Grijs-1 met een dubbele rij is 149,92% langer dan referentietracé Noord-Paars-1. Dit betekent een grotere uitstoot van broeikasgassen voor de aanleg van het tracé. Wanneer Noord-Grijs-1 met een dubbele lijn wordt aangelegd zou dit het tracé zijn met de meeste CO₂-uitstoot.

6.2.1 Cumulatie met Vierverlaten-Ens

In het oosten van deeltracé GS-2 worden alternatieven onderzocht voor een nieuwe 380 kV-verbinding tussen Vierverlaten en Ens. In onderstaande tabel is opgenomen welke effecten de aanleg en het gebruik van beide verbindingen hebben op het criterium CO₂-uitstoot. De cumulatie zal voor CO₂-uitstoot zeer beperkt zijn. Als beide trajecten naast elkaar worden aangelegd, zullen per tracédeel nog steeds evenveel werkzaamheden nodig zijn voor de aanleg van de masten. Aangezien de masten dicht bij elkaar komen te liggen zal er qua CO₂-uitstoot mogelijk een kleine winst te behalen zijn door het verkleinen van transportafstanden.

Onderzoeksalternatief	Totale lengte DIM-ENS & VVLE (meter)	Lengte deel DIM-ENS (meter)	Bovengrondse lengte (meter)	Ondergrondse lengte (meter)	Over water (meter)	Procentuele toename lengte t.o.v. referentie DIM-ENS (%)	Procentuele toename lengte t.o.v. referentie totaal DIM-ENS & VVLE (%)
1 x DIM-ENS	30294	30294	30294	0	1670	51,36	51,36
2 x DIM-ENS	50021	50021	50021	0	1670	149,92	149,92
1 x DIM-ENS + 2 x VVL-ENS	44413	30294	44413	0	1670	51,36	121,90
2 x DIM-ENS + 2 x VVL-ENS	64156	50021	64156	0	1670	149,92	220,54

Tabel 6.2 Cumulatie broeikasgassen Diemen-Ens met Vierverlaten-Ens

6.3 Conclusies effectbeoordelingen deelgebied noord

In deze paragraaf zijn de belangrijkste conclusies opgenomen over de effectenbeoordelingen voor de criteria materiaalgebruik en broeikasgassen voor de onderzoeksalternatieven in deelgebied noord. In tabel 6.3 zijn nogmaals de berekeningen weergegeven op basis van de uitgangspunten die eerder zijn beschreven.

Uit de indicatieve berekeningen die uitgevoerd zijn, kunnen de verschillen worden bepaald tussen de onderzoeksalternatieven op het gebied van materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat in deelgebied noord, Noord-Paars-1 leidt tot het minste materiaalgebruik ten opzichte van de andere alternatieven, aangezien dit het kortste tracé is. Na Noord-Paars-1 is Noord-Groen-1 het tracé met het minste materiaalgebruik, alleen zorgt een langere overspanning over water voor een toename van materiaalgebruik. Daarentegen hebben Noord-Grijs-1 met dubbele mastenrij, Noord-Blauw-1 en Noord-Oranje-2 de hoogste hoeveelheid materiaalgebruik. Bij Noord-Grijs-1 is dit te verklaren doordat er een dubbele mastenrij wordt gerealiseerd, waardoor het totaal aantal masten toeneemt. Bij Noord-Blauw-1 is dit vooral te verklaren door het gedeelte van het tracé over water. Dan zijn er relatief hogere en zwaardere masten nodig, wat zwaar doorwerkt in de score van materiaalgebruik. Voor Noord-Oranje-2 is het te verklaren doordat dit in afstand het langste onderzoeksalternatief is van deelgebied noord. Dit zorgt ook voor een toename van materiaalgebruik ten opzichte van het referentietracé door de grote hoeveelheid masten. Daarnaast loopt Noord-Oranje-2 deels ondergronds waardoor koper wordt ingezet als geleider.

Uit de effectbeoordeling van de onderzoeksalternatieven in deelgebied noord komt naar voren dat Noord-Paars-1 op basis van lengte over water en totale lengte van het tracé leidt tot de minste uitstoot van broeikasgassen gedurende de realisatie en -gebruiksfase. Omdat de lengte in totaal korter is en vrijwel geheel over land loopt, zijn werkzaamheden minder intensief en vindt er minder uitstoot van broeikasgassen plaats. Naast Noord-Paars-1 zal ook voor tracé Noord-Groen-1, vanwege de relatief korte lengte van het tracé en korte afstand over water, beperkte CO₂-uitstoot plaatsvinden. Voor het aanleggen van Noord-Grijs-1 met een dubbele mastenrij en Noord-Oranje-2 zijn de meeste masten nodig. Dit heeft voor Noord-Grijs-1 te maken met het aanleggen van een dubbele mastenrij, en bij Noord-Oranje-2 met de lengte van het tracé. Doordat er voor deze tracés meer masten moeten worden aangelegd neemt de CO₂-uitstoot van werkzaamheden toe. Daarmee leiden deze tracés tot een grotere uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van de andere alternatieven in deelgebied noord. Noord-Blauw-1 loopt daarnaast van alle tracés het langste over water. Dat vergt de realisatie van een aantal eilanden waar de hoekmasten op komen te staan en daarnaast moeten de masten op water hoger zijn dan de masten op land. Dit leidt tot een hoge uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van de andere alternatieven in deelgebied noord.

Tracé	Totale lengte (meter)	Lengte bovengronds (meter)	Lengte ondergronds (meter)	Over water (meter)	Procentueel verschil lengte t.o.v. referentie (%)	Staal (ton)	Procentueel verschil staal t.o.v. referentie (%)	Beton (ton)	Procentueel verschil beton t.o.v. referentie (%)	Totaal materiaalgebruik (ton)	Procentueel verschil materiaalgebruik (staal en beton) t.o.v. referentie (%)
Noord-Blauw-1	20869	11836	0	9033	4,27	5095	117,64	6396	123,01	11491	120,60
Noord-Paars-1	20015	18345	0	1670	0,00	2341	0,00	2868	0,00	5209	0,00
Noord-Paars-2	30489	25819	0	4670	52,33	3851	64,50	4620	61,09	8471	62,62
Noord-Groen-1	24067	21767	0	2300	20,24	2899	23,84	3804	32,64	6703	28,68
Noord-Groen-2	25265	20595	0	4670	26,23	3402	45,32	4464	55,65	7866	51,01
Noord-Geel-1	26974	23149	0	3825	34,77	3398	45,15	4260	48,54	7658	47,01
Noord-Geel-2	35205	32685	0	2520	75,89	4539	93,89	5328	85,77	9867	89,42
Noord-Oranje-1	32662	29081	2961	620	63,19	3618	54,55	5040	75,73	8658	66,21
Noord-Oranje-2	43967	40386	2961	620	119,67	4718	101,54	6024	110,04	10742	106,22
Noord-Grijs-1 (enkele mastenrij / dubbele mastenrij)	30294 / 50021	30294 / 50021	0 / 0	1670 / 1670	51,36 / 149,92	4099 / 7810	75,10 / 233,62	5496 / 10608	91,63 / 269,87	9595 / 18418	84,20 / 253,58

Tabel 6.3 Overzicht van geschat materiaalgebruik en lengte van de noordelijke alternatieven. Noord-Paars-1 is het referentietracé van de onderzoeksalternatieven in deelgebied noord

7. Effectbeschrijving- en beoordeling hoogspanningsstations

Voor het realiseren van de hoogspanningsstations vinden werkzaamheden plaats, zoals het ophogen van het maaiveld, de egalisatie van de bouwplaats, heien van de funderingspalen en het storten van de fundering. Het belangrijkste materieel voor het realiseren van civiele onderdelen zijn vrachtwagens, betonmixers, kranen en de heimachine. Daarnaast zijn voor de gebouwen, de elektrotechnische en civiele elementen en de terreininrichting van de stationslocaties verschillende materialen nodig, waaronder beton en staal. De hoogspanningsstations worden op basis van de totale grootte en benodigde inrichting met elkaar vergeleken.

De effecten van de hoogspanningsstations zijn niet kwantitatief gemaakt. Op basis van een kwalitatieve beschrijving is het onderscheid tussen de verschillende locatiealternatieven beschreven.

7.1 Hoogspanningsstation Lelystad

Figuur 7.1 toont de verschillende locatiealternatieven die voor de hoogspanningsverbinding Lelystad zijn onderzocht. L-0 betreft de uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation (zie ook paragraaf 1.2.1) en L-1 t/m L-4 betreft een nieuw hoogspanningsstation.



Figuur 7.1 Locatiealternatieven uitbreiding bestaand hoogspanningsstation of nieuw hoogspanningsstation Lelystad

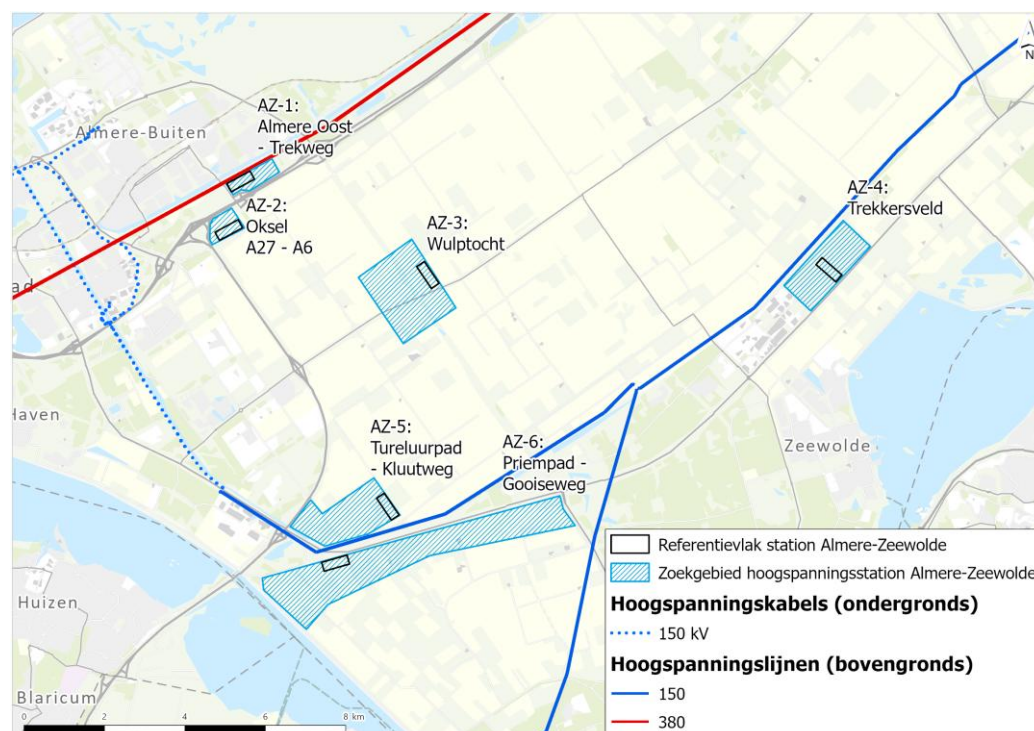
Een hoogspanningsstation bestaat in de basis uit diverse onderdelen, namelijk: transformatoren(velden), lijn- en kabelvelden, railsysteem en compensatoren. Daarnaast zijn er twee gebouwen aanwezig: een centraal diensten gebouw en een middenspanningsgebouw.

De locatiealternatieven L-1 t/m L-4 voor het nieuwe hoogspanningsstation bij Lelystad zijn niet onderscheidend op het gebied van materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen. Het uitgangspunt is dat het op elk van de locaties gaat om een hoogspanningsstation van circa 15 ha (worst-case). De functionaliteiten van het nieuwe station verschilt niet per locatiealternatief. Dat betekent dat de benodigde systemen en componenten (onderdelen), de terreininrichting en de hiervoor benodigde ruimte binnen de hekken van het hoogspanningsstation Lelystad hetzelfde is voor alle locatiealternatieven die een volledig nieuw station omvatten.

Het L-0 station wordt gebouwd als uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation in Lelystad. Hiervoor hoeven de twee gebouwen (middenspanningsgebouw en dienstengebouw) niet gerealiseerd te worden, want deze zijn reeds aanwezig op het bestaande hoogspanningsstation Lelystad. Onderdelen die wel gerealiseerd worden, zijn een railsysteem, kabelveld en eventueel een of meerdere compensatorvelden. Hiervoor zijn in totaal minder grondstoffen en materialen nodig dan bij de locatiealternatieven L-1 t/m L-4. Hetzelfde geldt voor de benodigde transportbewegingen en bouwactiviteiten en de uitstoot van schadelijke stoffen die hierdoor wordt gegenereerd. Voor alternatief L-0 zal minder materieel en werkzaamheden nodig zijn.

7.2 Hoogspanningsstation Almere-Zeewolde

Figuur 7.2 toont de zes verschillende locatiealternatieven die voor de hoogspanningsverbinding Almere-Zeewolde zijn onderzocht. Zie hiervoor ook paragraaf 1.2.2.



Figuur 7.2 Locatiealternatieven nieuw hoogspanningsstation Almere-Zeewolde

De locatiealternatieven voor het nieuwe hoogspanningsstation bij Almere-Zeewolde zijn niet onderscheidend op het gebied van materiaalgebruik en uitstoot broeikasgassen. Het uitgangspunt is dat het op elk van de locaties moet gaan om een hoogspanningsstation van circa 15 ha (worst-case). De functionaliteiten van het nieuwe station zijn op elke locatie gelijk. Dat betekent dat de benodigde systemen en componenten (onderdelen), de terreininrichting en de hiervoor benodigde ruimte binnen de hekken van het hoogspanningsstation Lelystad voor alle locatiealternatieven hetzelfde is.

De grondstoffen en materialen die nodig zijn voor de bouw van het station zijn niet onderscheidend per locatiealternatief. Hetzelfde geldt voor de benodigde transportbewegingen en bouwactiviteiten en de uitstoot van schadelijke stoffen die hierdoor wordt gegenereerd. Voor ieder locatiealternatief is er voor één hoogspanningsstation en alles wat daarbij hoort, dus evenveel materiaal en werkzaamheden nodig.

8. Mitigerende maatregelen

Dit hoofdstuk bevat een overzicht van mogelijke aanvullende mitigerende maatregelen om negatieve effecten te verminderen. Dit betekent niet dat deze maatregelen sowieso worden uitgevoerd. De benoemde maatregelen kunnen als onderdeel van het voorkeursalternatief verder onderzocht en uitgewerkt worden in de volgende fase van het project en in het project-MER.

Voor dit plan-MER is gebruik gemaakt van grove aannames. Voor beide aspecten geldt dat het nodig is om voor het project-MER meer inzicht te krijgen aan het totaal van materiaal en werkzaamheden dat nodig gaat zijn voor de realisatie en gebruiksfase. Zo zijn er in deze planfase nog geen specifieke stationslocaties bekend en is er nog geen concreet tracé bekend. Daarnaast is er nog geen (bouw)technisch- en ruimtelijk ontwerp van de alternatieven beschikbaar. Gedurende de project-MER fase, waarin het ontwerp van het gekozen voorkeursalternatief wordt uitgewerkt en onderzocht, worden de aannames aangescherpt. Voor het aspect materialen gaat het om zicht op het type en de hoeveelheid materialen die nodig is voor de realisatie. Voor het aspect broeikasgasemissies gaat het om een zo goed mogelijk beeld van de type werkzaamheden die in de realisatie en gebruiksfase worden uitgevoerd en het type materieel wat daarvoor wordt ingezet, om zo een beeld te schetsen van de uiteindelijke uitstoot van broeikasgas.

Maatregelen om de duurzame impact op circulariteit te verminderen

Er zijn diverse maatregelen te bedenken die de duurzame impact op circulariteit kunnen verminderen. Enkele aanbevelingen zijn hieronder benoemd. Hierbij is nog geen integrale afweging gemaakt. Een maatregel die vanuit het oogpunt van duurzaamheid voor minder negatieve effecten kan leiden, kan op een ander milieuthema bijvoorbeeld juist tot meer negatieve effecten leiden:

- 1 kies voor een alternatief met zo min mogelijk gebruik van materialen;
- 2 volg in het ontwerpproces circulaire ontwerpprincipes van Rijkswaterstaat;
- 3 met preventie is de grootste milieuwinst te behalen. Aangeraden wordt om in de volgende projectfase te bekijken of het gebruik van staal en beton verminderd kan worden;
- 4 hergebruiken materialen uit oude hoogspanningsmasten;
- 5 voor alle materialen die nodig zijn (staal, beton, aluminium, koper, zand) op zoek naar secundair materiaal via materialen 'marktplaatsen' of vanuit eigen areaal. Dit kan zowel voor materialen die in dit plan-MER zijn beoordeeld (staal, beton, aluminium, koper) als voor andere type materialen, zoals zand en polyethyleen;
- 6 er zijn duurzamere alternatieven voor de standaard en traditioneel veelgebruikte materialen als beton, staal en koper. Onderzoek gedurende de verkenningsfase of het mogelijk is om deze duurzame alternatieven (deels) te gebruiken voor onderdelen van de nieuwe hoogspanningsverbinding en hoogspanningsstations. Geopolymeerbeton is hier een voorbeeld van, in dit type beton zit geen cement. Bij de productie van cement komt er veel CO₂ vrij;
- 7 vul een materialenpaspoort in om zicht te krijgen op de materialen die nodig zijn voor de realisatie en de mate van circulariteit. Dit kan ook helpen bij het bepalen waar nog winst te behalen is, op het gebied van materiaalgebruik;
- 8 voor het inzichtelijk maken van duurzaamheid binnen materiaal- en ontwerpkeuzes kan in een volgende

fase gebruik worden gemaakt van de Levenscyclusanalyse (LCA) van materialen en de Milieu Kosten Indicator (MKI). Hierbij is een vereiste dat er voldoende data beschikbaar is over de milieuprestaties en levenscyclus van de te onderzoeken materialen en/of componenten.

Maatregelen voor verminderde impact op broeikasgasemissies

Ook zijn er maatregelen te bedenken die voor een verminderde impact op broeikasgasemissies kunnen zorgen. Enkele aanbevelingen zijn hieronder benoemd:

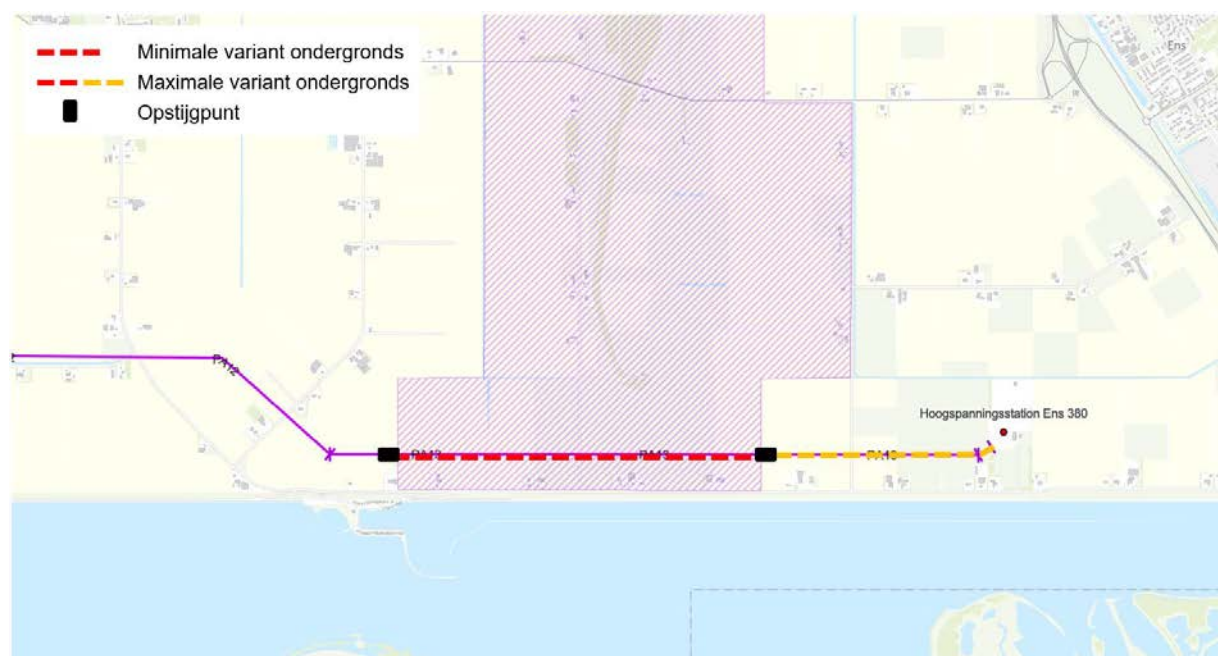
- 1 kies voor een alternatief met zo min mogelijk impact op broeikasgasemissies;
- 2 het is gebruikelijk dat er luchtisolatie wordt toegepast met een AIS station. In dit type station wordt geen SF₆ ingezet. Wanneer er voor een gas geïsoleerd station wordt gekozen, wordt SF₆ wordt ingezet om de verschillende installatieonderdelen te isoleren. Het is mogelijk dat SF₆ vervolgens via lekkage vrijkomt in de lucht. Het niet inzetten van SF₆ als isolatiemateriaal kan daarom enorme milieuwinst opleveren. TenneT is momenteel bezig met het uitvoeren van pilots voor het inzetten van alternatieven voor SF₆ bij hoogspanningsstations. Wanneer deze pilots slagen zal het in de toekomst wellicht mogelijk zijn om een vervanger voor SF₆ in te zetten. Aanbevolen wordt om deze ontwikkelingen te volgen en wanneer de ontwikkelingen verder gevorderd zijn op een alternatief isolatiemateriaal over te stappen;
- 3 zet in op het zo efficiënt mogelijk uitvoeren van de werkzaamheden. Bijvoorbeeld door in de planning rekening te houden met het koppelen van werkzaamheden, waardoor er minder vervoersbewegingen nodig zijn;
- 4 zet in op het toepassen van elektrisch materieel waar dit mogelijk is. Er is veel energie nodig voor het uitvoeren van werkzaamheden tijdens de aanlegfase. Door in de aanlegfase elektrisch materieel in te zetten komen er minder fossiele brandstoffen vrij. Het is mogelijk om meer zicht te krijgen op het uitvoeren van werkzaamheden met elektrisch materieel door via een marktconsultatie zicht te krijgen op de mogelijkheden die aannemers hebben voor het (deels) uitvoeren van werkzaamheden met elektrisch materieel;
- 5 probeer materialen lokaal te verwerven, zodat er weinig transport nodig is;
- 6 onderzoek of het mogelijk is om zonnepanelen aan te leggen op de nieuwe hoogspanningsstations.

Mitigatievoorstellen vanuit andere thema's die van invloed kunnen zijn op de effectbeoordeling duurzaamheid

Er zijn enkele voorstellen voor mitigatie gedaan vanuit andere thema's en vanuit diverse technische analyses die zijn uitgevoerd parallel aan het opstellen van het plan-MER. Enkele van deze mitigatievoorstellen worden in alle deelrapporten van het plan-MER beschouwd, omdat deze van invloed kunnen zijn op de effecten van die thema's. Beschouwd wordt of de voorgestelde mitigerende maatregelen voor andere effecten (verbetering of verslechtering) kan zorgen, voor de beoordelingscriteria in voorliggend deelrapport.

Deeltracé PA12 (deels) ondergronds

Vanwege het sterk negatieve effect op UNESCO Werelderfgoedgebied Schokland en Omgeving, is in deelrapport cultuurhistorie en archeologie voorgesteld om te onderzoeken of een ondergrondse aanleg hier mogelijk is en wat dit voor gevolgen heeft. Een minimale variant omvat het ondergronds brengen van PA13 voor zover dat deeltracé overlapt met de begrenzing van het UNESCO werelderfgoedgebied, in figuur 8.5 aangeduid met rode stippellijn. Dan zijn er twee opstijgpunten nodig (zwarte blokken), waar de verbinding van bovengronds naar ondergronds wordt gebracht. Een maximale variant loopt langer ondergronds, tot aan hoogspanningsstation Ens (dus: rode én oranje stippellijnen tezamen). Dan is enkel het opstijppunt ten westen van de paarse begrenzing nodig.



Figuur 8.1 Mitigerende maatregel bij PA13; deels ondergronds ter plaatse van UNESCO Werelderfgoed Schokland en omgeving

Het ondergronds brengen van de verbinding kan met een open ontgraving of met een gestuurde boring. Bij een open ontgraving gaat het om een ontgraving van circa 50 meter breedte met een diepte van 2 meter onder maaiveld, waarbij de kabels op zo'n 1,80 meter onder maaiveld neergelegd worden. De benodigde 12 kabels worden naast elkaar gelegd.

Bij een gestuurde boring worden de kabels met een horizontale boring ondergronds aangebracht. Eén kabel is maximaal 1 kilometer lang. Omdat het stuk van PA13 dat binnen de begrenzing van werelderfgoed Schokland en omgeving ligt zo'n 2,5 kilometer beslaat, zijn er minimaal 3 kabels nodig die aan elkaar bevestigd worden. Dit bevestigen van twee kabels aan elkaar gebeurt bovengronds. Op de plek waar de kabels aan elkaar verbonden worden, is lokaal een open ontgraving nodig. Het wordt uiteindelijk wel weggewerkt onder het maaiveld, zodat in de gebruiksfase op deze locatie bovengronds alleen een hekwerk van 14 bij 16 meter nodig is.

Hieronder is beschouwd wat de implicaties zijn van het doorvoeren van deze mitigerende maatregel voor het thema duurzaamheid.

Criterion	Impact op effectbeoordeling
Materiaalgebruik	Het aanleggen van een ondergrondse verbinding vraagt om het realiseren van twee opstijgpunten en vergt andere type materialen voor de kabel. Wel zullen er minder masten nodig zijn, maar de opstijgpunten zijn per saldo groter in omvang. Het ondergronds aanbrengen van de verbinding zorgt niet voor een andere effectbeoordeling op dit criterium.
Uitstoot broeikasgassen	Het aanleggen van een ondergrondse verbinding vraagt om het realiseren van twee opstijgpunten. Er zullen meer werkzaamheden zijn vanwege het ondergronds aanleggen van de verbinding en het realiseren van de opstijgpunten. Lokaal zorgt het naar verwachting wel voor een grotere uitstoot broeikasgassen bij een ondergrondse verbinding, ten opzichte van een bovengrondse verbinding.

Portalen ter plaatse van antennepark Zeewolde

In Zeewolde staat een antennepark met een korte golf zendstation. Alternatief Zuid-Geel-1 loopt hier aan de zuidoost kant langs, het gaat hier om tracédeel GE3. Er gelden bouwbeperkingen rondom het antennepark (vastgelegd in het omgevingsplan), waarbij een maximaal toelaatbare bouwhoogte van 22 meter geldt. De mogelijkheden om hiervan af te wijken waren tijdens de alternatievenontwikkeling niet direct helder. Er is onder andere verkend wat de mogelijke beïnvloeding van het antennepark kan zijn op de 380 kV-verbinding en andersom, en er is overleg gevoerd met defensie (de eigenaar van dit antennepark) over de vergunbaarheid van hogere masten dan 22 m. Een worst-case situatie is dat er geen mogelijkheden zijn om hiervan af te wijken.

Dit houdt in dat er over het gedeelte dat is aangeduid in figuur 8.7 elke 100 meter een portaal zou komen te staan van 22 meter hoog. In plaats van vier fundatiepalen (het uitgangspunt voor een mast), heeft een portaal 3 fundaties met elk 8 funderingspalen. Figuur 8.6 toont indicatief hoe zo'n portaal er uit ziet.



Figuur 8.2 Foto van portalen. Bron: hoogspanningsnet.com



Figuur 8.3 Gedeelte van GE3 waar mogelijk portalen nodig zijn in verband met het antennepark Zeewolde.

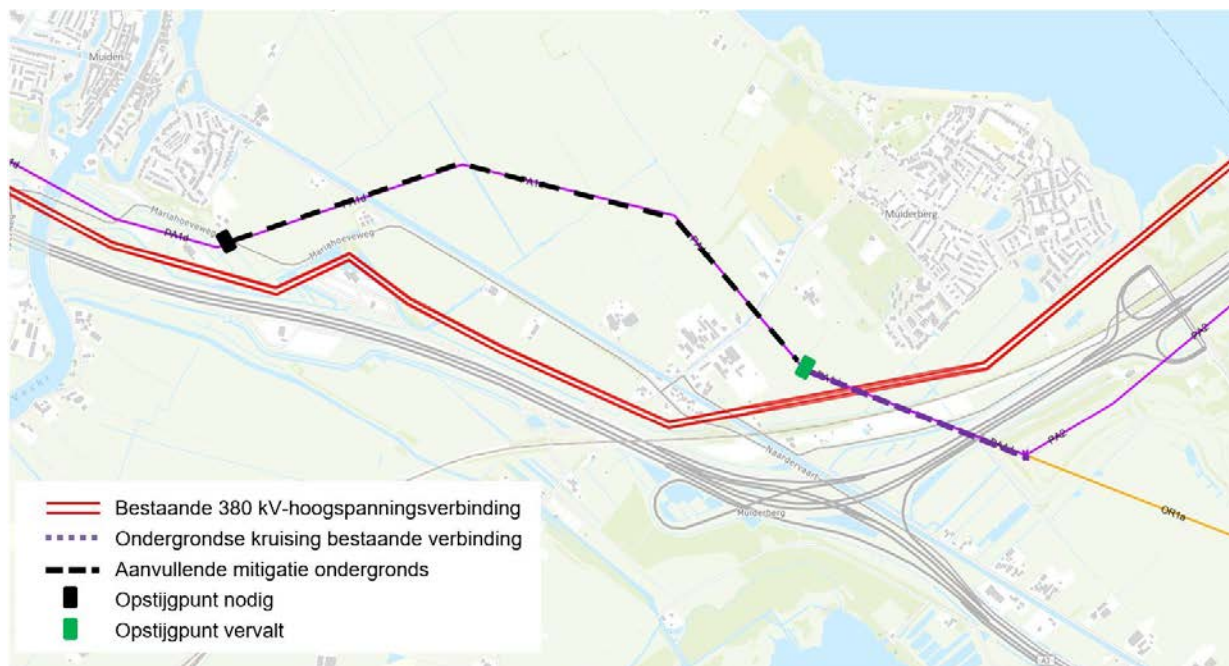
Hieronder is beschouwd wat de implicaties zijn van het doorvoeren van deze mitigerende maatregel voor het thema duurzaamheid.

Criterion	Impact op effectbeoordeling
Materiaalgebruik	Ondanks dat de palen minder hoog zijn is er meer materiaal nodig voor de portalen, omdat er meer fundaties en funderingspalen nodig zijn en er om de 100 meter een portaal komt.
Uitstoot broeikasgassen	Dit betekent ook dat er meer werkzaamheden worden uitgevoerd en de uitstoot van broeikasgassen toeneemt.

Deeltracé PA1D deels ondergronds

Onderdeel van de onderzoeksalternatieven Zuid-Paars-1 en Zuid-Oranje-2 is deeltracé PA1d. Dit deeltracé loopt tussen Muiden en de bestaande 380 kV-verbinding / snelweg A1 en maakt een knik op de Noordpolder in de richting van Muiderberg. Hier steekt het deeltracé de snelweg A6, de bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding en het spoor over.

De paarse stippellijn geeft het gedeelte van PA1d weer dat vanwege technische maakbaarheid sowieso ondergronds moet vanwege het kruisen van de bestaande hoogspanningsverbinding (zie hiervoor hoofdstuk 1). Het andere deel van PA1d loopt door de open Noordpolder. Vanwege sterk negatieve effecten op UNESCO Werelderfgoed Hollandse Waterlinies is in deelrapport cultuurhistorie en archeologie als mitigerende maatregel voorgesteld om te onderzoeken of een groter deel van PA1d ondergronds te gebracht kan worden. Met de zwarte stippellijn is weergegeven om welk gedeelte van PA1d het gaat. Bij de overgang van bovengrondse naar een ondergrondse verbinding is er een opstijgpunt nodig. Dit is weergegeven met de zwarte vierhoek. Het opstijgpunt aan de oostzijde verval, omdat hier geen overgang meer is van bovengronds naar ondergronds.



Figuur 8.4 Deeltracé PA1d ondergronds tussen Muiden en Muiderberg vanwege UNESCO Werelderfgoed Hollandse Waterlinies

Hieronder is beschouwd wat de implicaties zijn van het doorvoeren van deze mitigerende maatregel voor het thema duurzaamheid.

Criterium	Impact op effectbeoordeling
Materiaalgebruik	Het aanleggen van een ondergrondse verbinding vraagt niet om het aanleggen van extra opstijgpunten. Wel zullen er meer andere type materialen nodig zijn voor de kabel van de ondergrondse verbinding en zullen er minder masten nodig zijn. Het ondergronds aanbrengen van de verbinding zorgt niet voor een andere effectbeoordeling op dit criterium.
Uitstoot broeikasgassen	Het aanleggen van een ondergrondse verbinding vraagt niet om het aanleggen van meer opstijgpunten dan voorzien. Er zullen meer werkzaamheden zijn vanwege het ondergronds aanleggen van de verbinding. Het ondergronds aanbrengen van de verbinding zorgt niet voor een andere effectbeoordeling op dit criterium.

Deeltracé OR7a deels ondergronds

OR7a is een deeltracé van alternatief Zuid-Oranje-1. Deze volgt aan de zuidkant de snelweg A1 en ligt nagenoeg volledig binnen de beschermingszone dan wel bufferzone van UNESCO werelderfgoed Hollandse Waterlinies. Het loopt hier onder andere op zeer korte afstand langs vesting Naarden. Dit heeft sterk negatieve effecten op het UNESCO Werelderfgoed. Duidelijk is dat dit zeer nadelig is voor het behoud van de UNESCO-status, hoewel niet met zekerheid te zeggen is wat de precieze impact gaat zijn. Voor het verbeteren van de haalbaarheid van dit alternatief, is vanuit het deelrapport cultuurhistorie en archeologie als mitigerende maatregel voorgesteld om een deel van OR7a ondergronds te onderzoeken, zodat het grote nadelige effect op vesting Naarden beperkt blijft. De oranje verdikking van de lijn geeft aan over welk gedeelte het gaat. Bij de overgang van bovengrondse naar een ondergrondse verbinding is er een opstijgpunt nodig. Dit is weergegeven met de oranje vierhoeken aan beide zijden.



Figuur 8.5 Deeltracé OR7a gedeeltelijk ondergronds nabij Naardervesting vanwege UNESCO Werelderfgoed Hollandse Waterlinies

Hieronder is beschouwd wat de implicaties zijn van het doorvoeren van deze mitigerende maatregel voor het thema duurzaamheid.

Criterion	Impact op effectbeoordeling
Materiaalgebruik	Het aanleggen van een ondergrondse verbinding vraagt om het realiseren van twee opstijgpunten en vergt andere type materialen voor de kabel. Wel zullen er minder masten nodig zijn. Het ondergronds aanbrengen van de verbinding zorgt niet voor een andere effectbeoordeling op dit criterium.
Uitstoot broeikasgassen	Het aanleggen van een ondergrondse verbinding vraagt om het realiseren van twee opstijgpunten en extra werkzaamheden voor ondergrondse realisatie. Wel zullen er minder masten nodig zijn. Het ondergronds aanbrengen van de verbinding zorgt niet voor een andere effectbeoordeling op dit criterium.

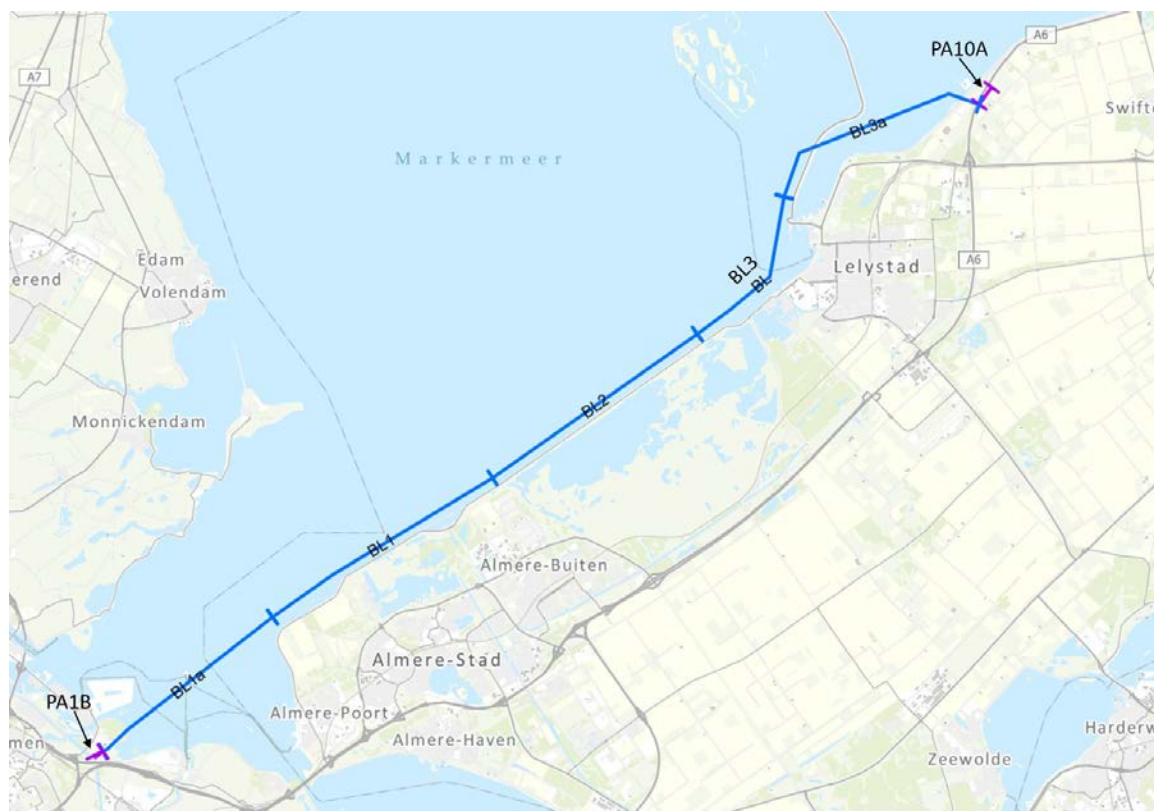
Bijlage 1

Kaartuitsnedes onderzoeksalternatieven

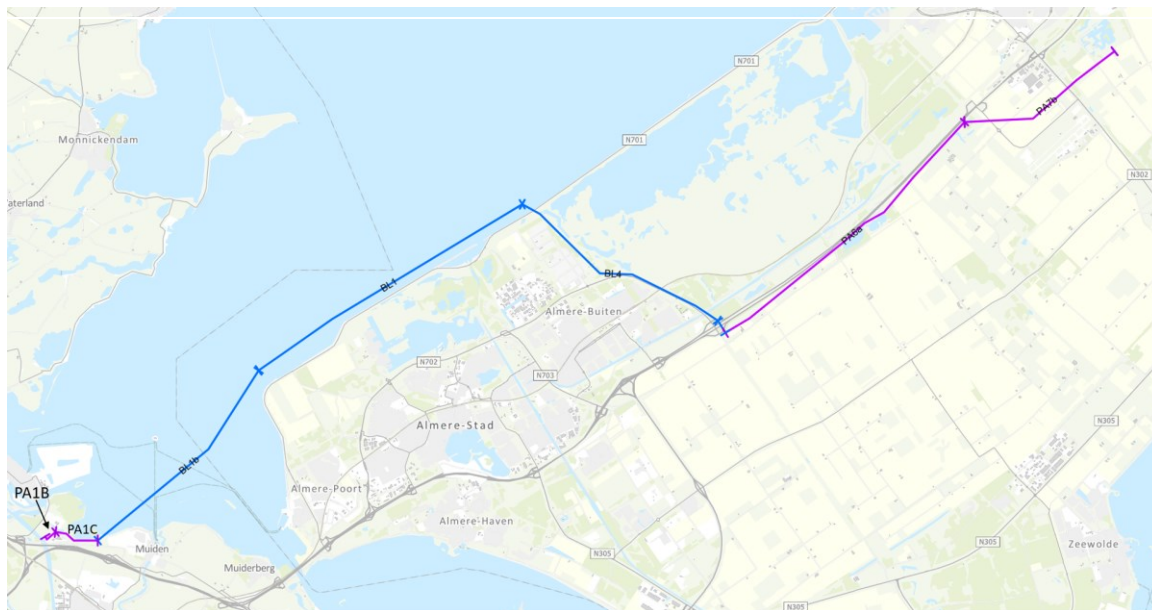
Bijlage 1 Kaartuitsnedes onderzoeksalternatieven

Deelgebied zuid

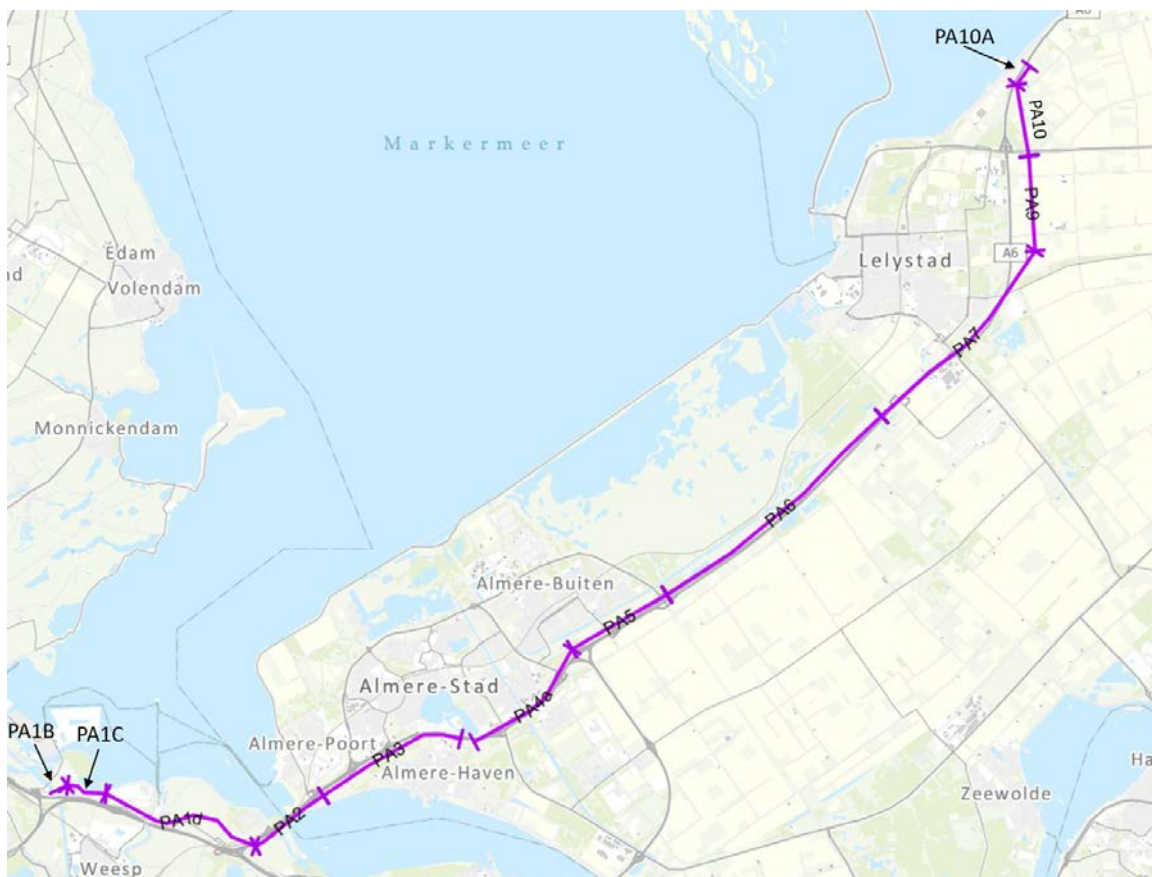
- Zuid-Blauw-1
- Zuid-Blauw-2
- Zuid-Paars-1
- Zuid-Paars-2
- Zuid-Groen-1
- Zuid-Geel-1
- Zuid-Oranje-1
- Zuid-Oranje-2
- Overige deeltracés



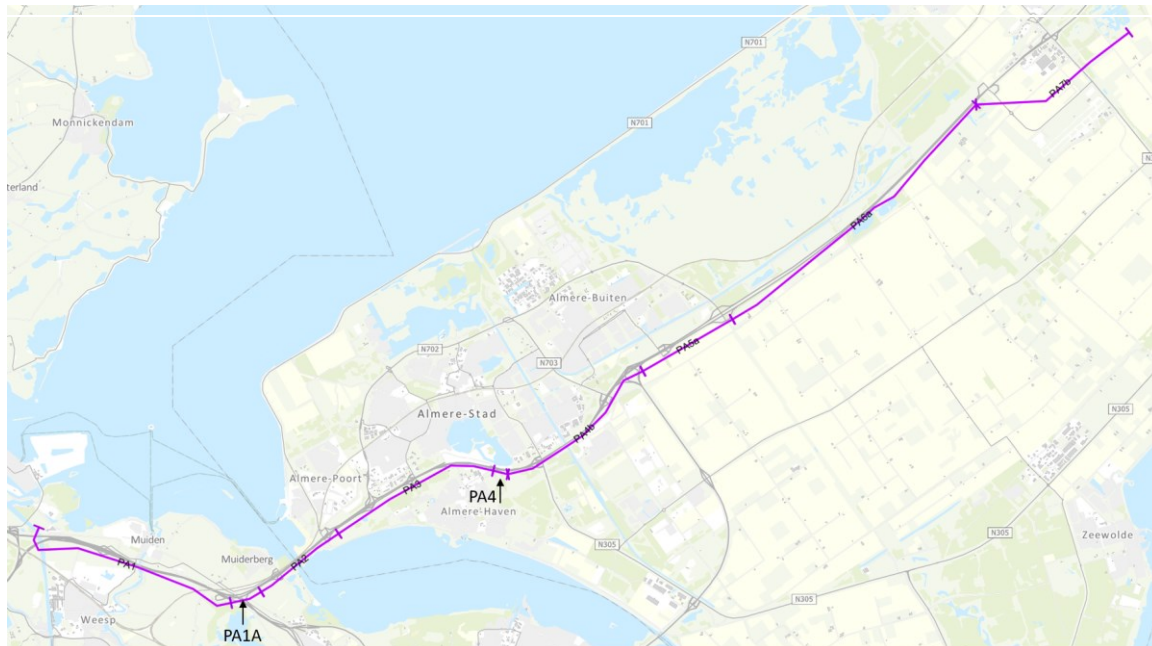
Afbeelding I.1 Zuid-Blauw-1



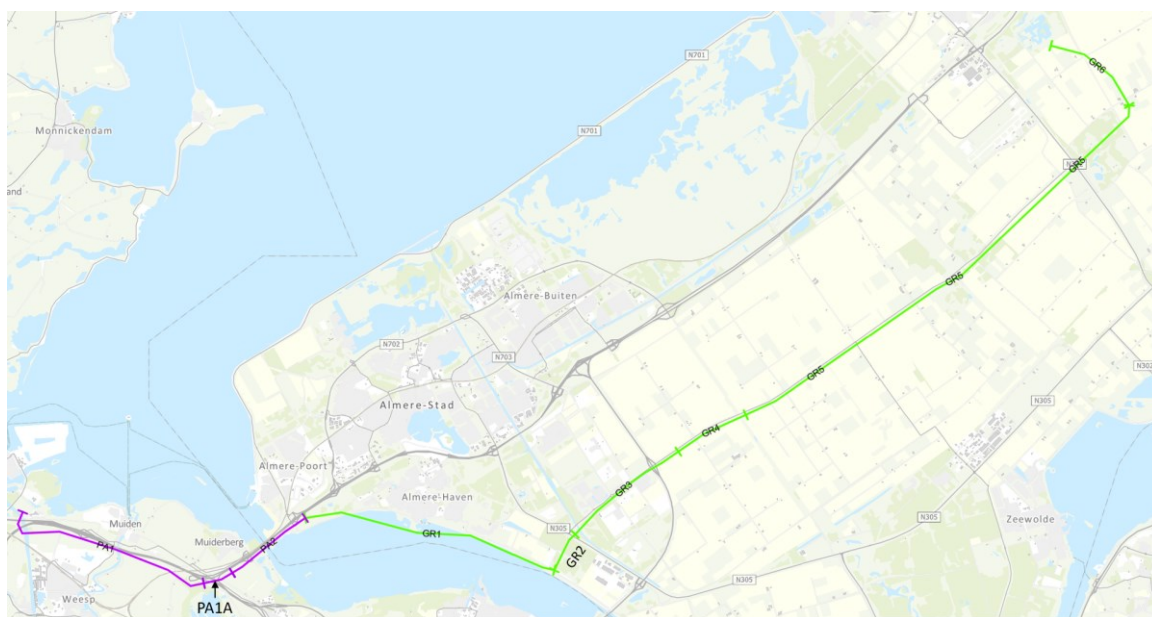
Afbeelding I.2 Zuid-Blauw-2



Afbeelding I.3 Zuid-Paars-1



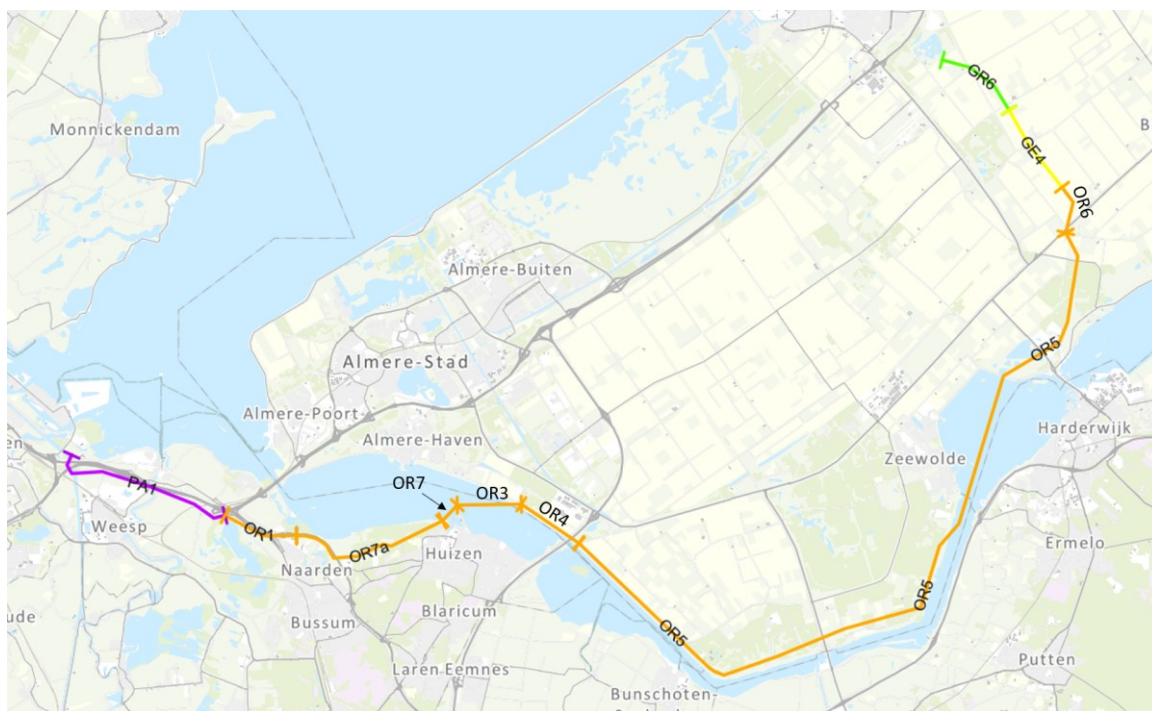
Afbeelding I.4 Zuid-Paars-2



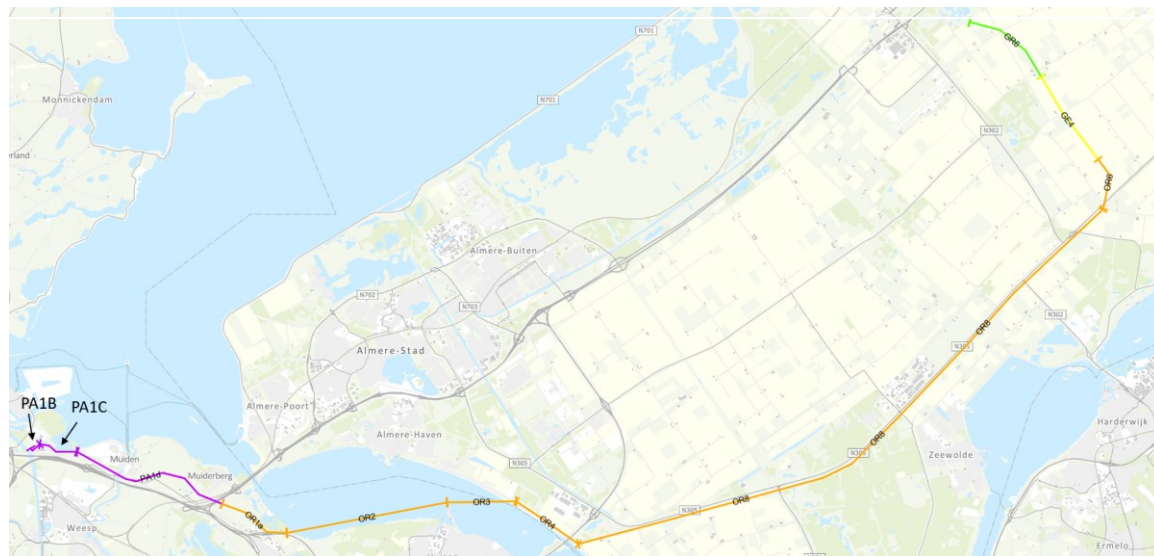
Afbeelding I.5 Zuid-Groen-1



Afbeelding I.6 Zuid-Geel-1



Afbeelding I.7 Zuid-Oranje-1



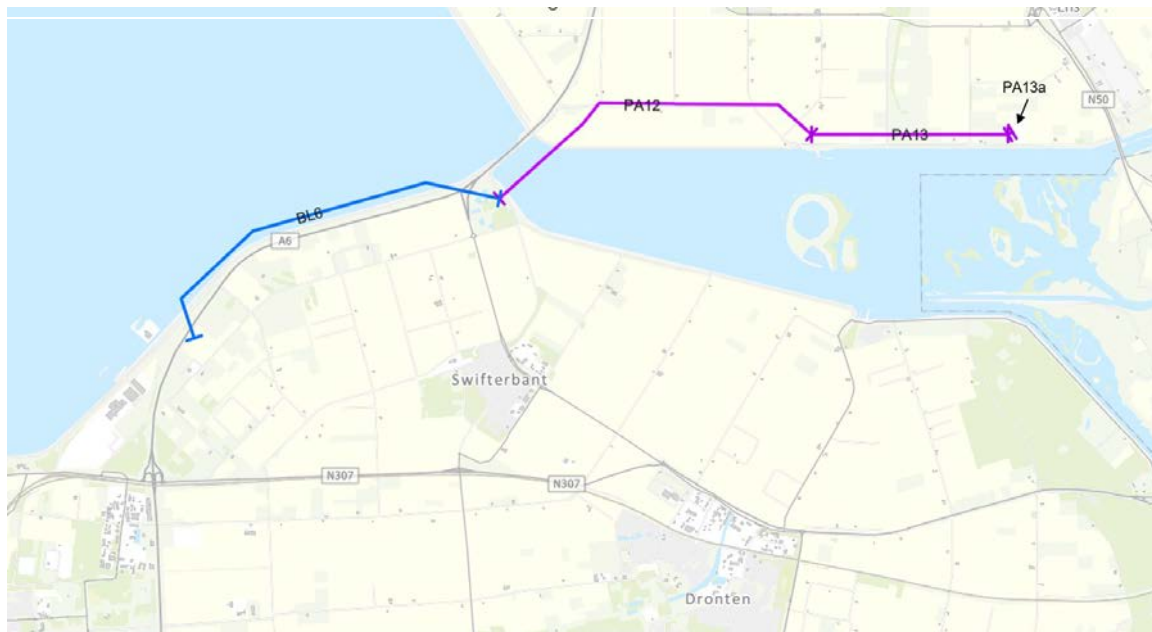
Afbeelding I.8 Zuid-Oranje-2



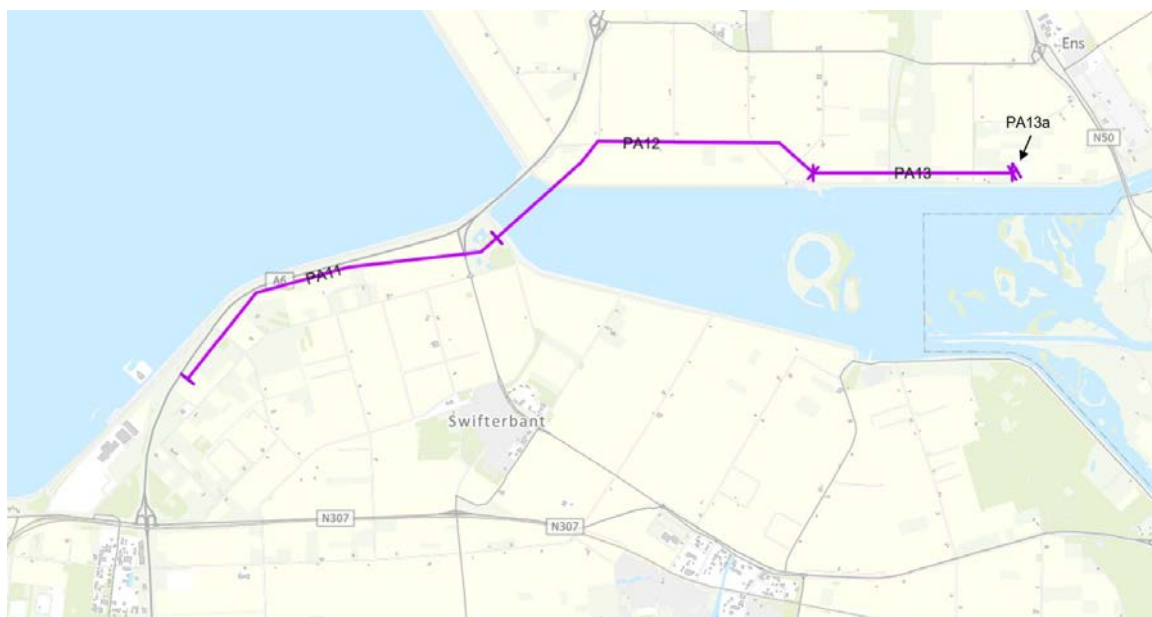
Afbeelding I.9 Overige deeltracés

Deelgebied Noord

- Noord-Blauw-1
- Noord-Paars-1
- Noord-Paars-2
- Noord-Groen-1
- Noord-Groen-2
- Noord-Geel-1
- Noord-Geel-2
- Noord-Oranje-1
- Noord-Oranje-2
- Noord-Grijs-1
- Overige deeltracés



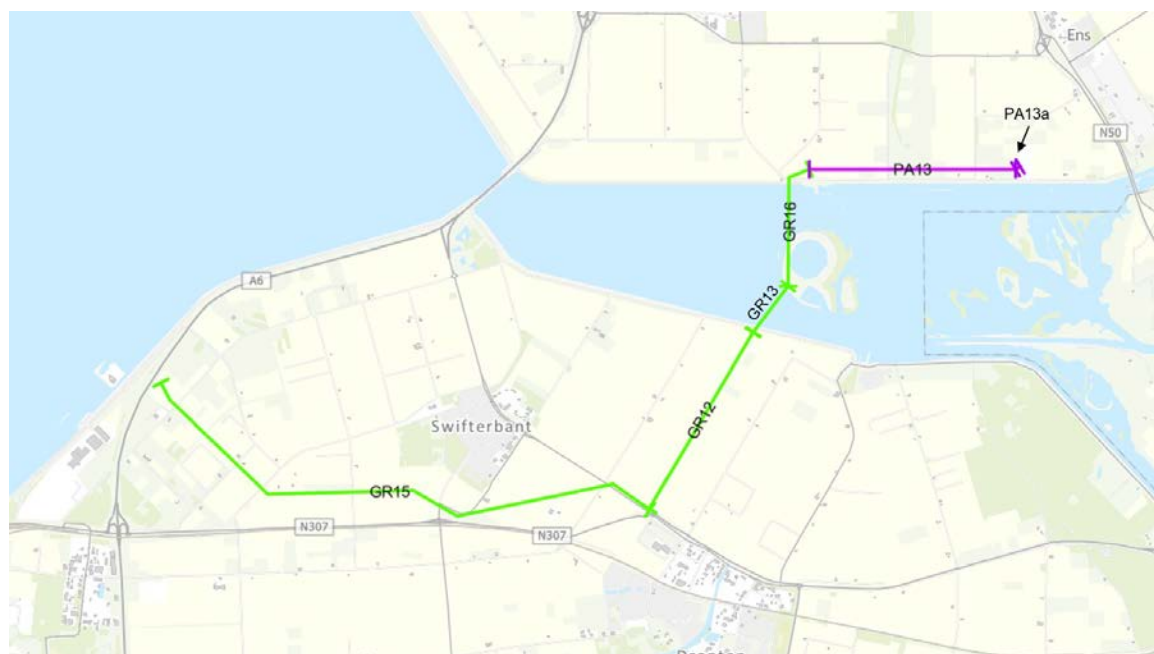
Afbeelding **Error! No text of specified style in document.**1.10 Noord-Blauw-1



Afbeelding 1.11 Noord-Paars-1



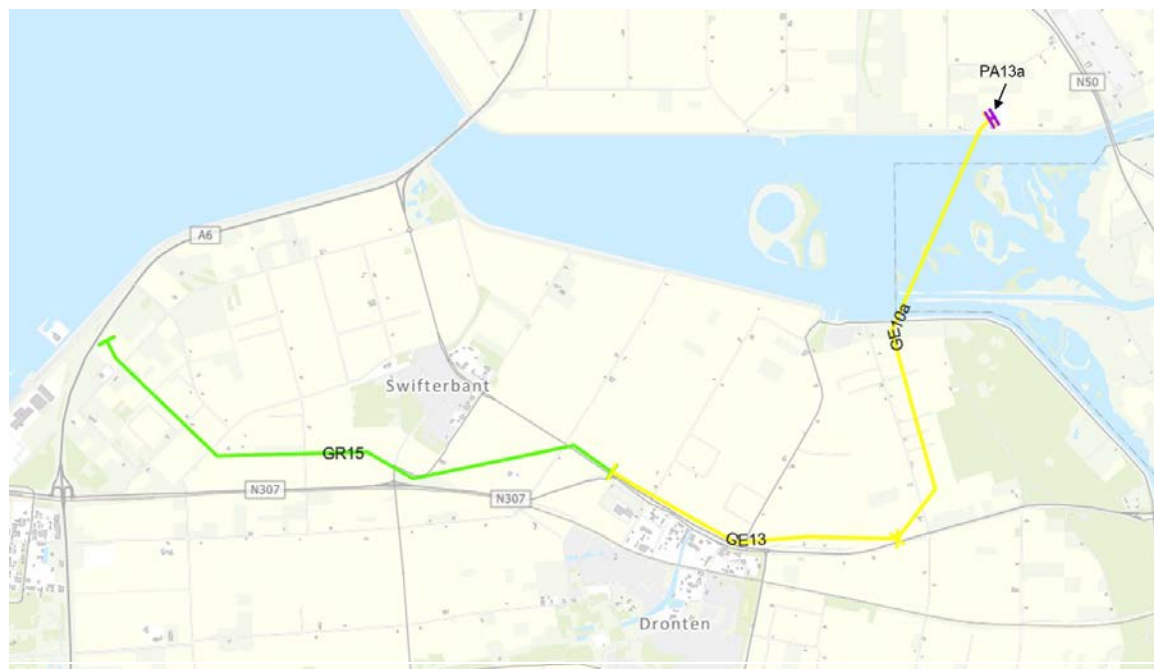
Afbeelding 1.12 Noord-Paars-2



Afbeelding 1.13 Noord-Groen-1



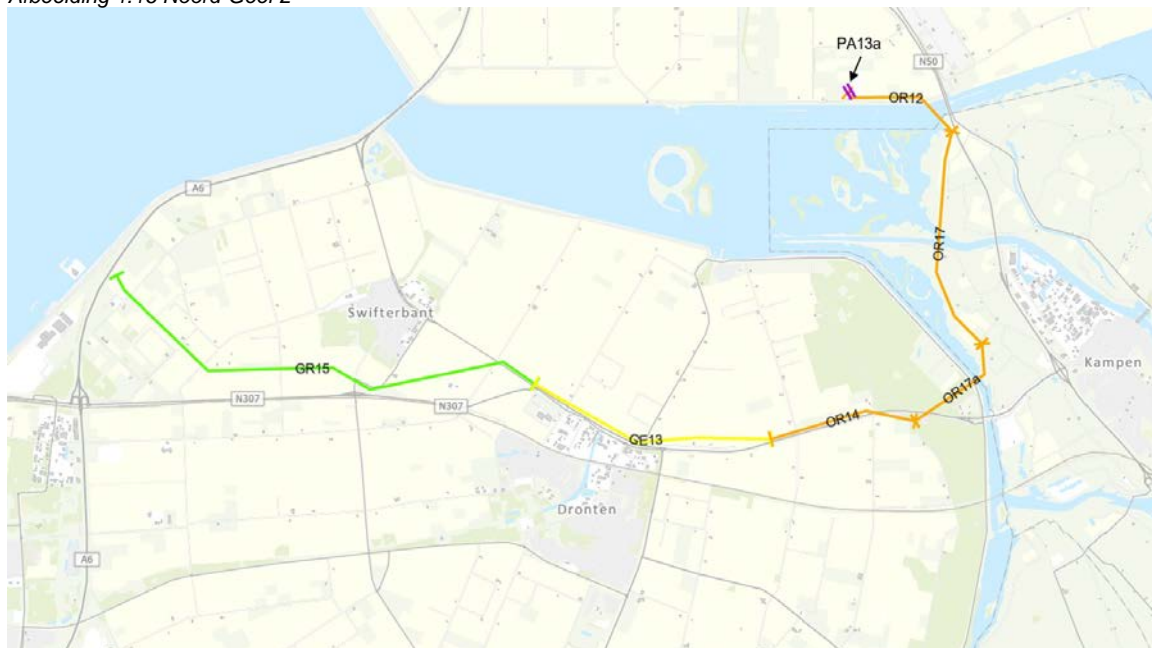
Afbeelding 1.14 Noord-Groen-2



Afbeelding 1.15 Noord-Geel-1



Afbeelding 1.16 Noord-Geel-2



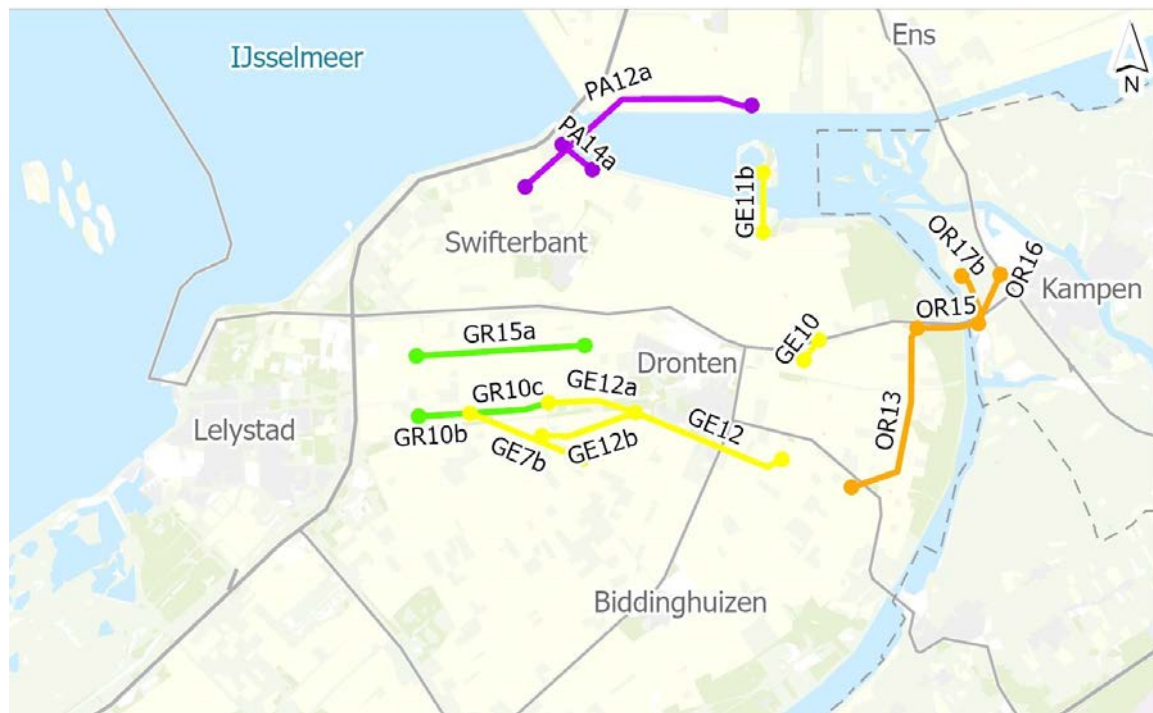
Afbeelding 1.17 Noord-Oranje-1



Afbeelding 1.10 Noord-Oranje-2



Afbeelding 1.19 Noord-Grijs-1



Afbeelding 1.20 Overige deeltracés