

VERKENNING AANLANDING NETTEN OP ZEE 2030

Samenvatting en tussentijdse notitie

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

30 AUGUSTUS 2018

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	5
DEEL A SAMENVATTING	6
1 AANLEIDING	7
1.1 Routekaart 2030	7
1.2 Doel verkenning	8
1.3 Drie stappen	9
2 SCOPE VAN DE VERKENNING	11
2.1 RCR-procedure en klimaatakkoord	11
2.2 Conventionele opties: afvoer van elektriciteit door kabels	11
2.3 Tracering en beoordelingskader conventionele opties	16
2.4 Overwegingen overige conventionele opties	19
2.5 Overwegingen niet-conventionele opties	21
3 CONCLUSIES	22
3.1 Conclusie Hollandse Kust (west)	22
3.2 Conclusie Ten Noorden van de Waddeneilanden	23
3.3 Conclusie IJmuiden Ver	24
DEEL B TUSSENTIJDSE NOTITIE	28
4 PROJECTOMSCHRIJVING	29
4.1 Aanleiding: Routekaart 2030	29
4.2 Centrale vraag en aanpak	30
4.3 Drie stappen verkenning	31
4.4 Kader: tijdpad en klimaatakkoord op hoofdlijnen	32
5 AFBAKENING EN SCOPE	35
5.1 Wisselstroom- en gelijkstroomverbindingen	35

5.2	Capaciteit van het netwerk	38
5.3	Kansrijke stations op basis van afstand	39
5.4	Capaciteit van stations	41
5.5	Ligging ten opzichte andere stations	43
5.6	Tracering opties	51
5.7	Beoordelingskader	64
5.8	Vragen regiobijeenkomsten	70
6	BEOORDELING HOLLANDSE KUST (WEST)	72
6.1	Milieu op zee	72
6.2	Milieu op land	73
6.3	(Energie)techniek	75
6.4	Kosten	75
6.5	Toekomstvastheid	76
6.6	Omgeving	76
6.7	Conclusie	78
7	BEOORDELING TEN NOORDEN VAN DE WADDENEILANDEN	82
7.1	Milieu op zee	82
7.2	Milieu op land	83
7.3	(Energie)techniek	84
7.4	Kosten	85
7.5	Toekomstvastheid	85
7.6	Omgeving	86
7.7	Conclusie	86
8	BEOORDELING IJMUIDEN VER	89
8.1	Milieu op zee	89
8.2	Milieu op land	91
8.3	(Energie)techniek	95
8.4	Kosten	97
8.5	Toekomstvastheid	98
8.6	Omgeving	98
8.7	Conclusie	100
9	NIET-CONVENTIONEEL	108
9.1	Afbakening en scope	108
9.2	Resultaten grove zeef	112

9.3 Conclusie

124

VOORWOORD

Voor u ligt de “tussentijdse notitie verkenning aanlanding netten op zee 2030”. Deze notitie, opgesteld door Arcadis/Pondera, heeft de status van ambtelijk werkconcept en beschrijft de (grove) effecten van verschillende opties om de windenergie van nieuwe windenergiegebieden op zee naar land te brengen. De nieuwe windenergiegebieden zijn eerder dit jaar vastgelegd in de routekaart windenergie op zee 2030¹: Hollandse Kust (West), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver.

In de tussentijdse notitie worden geen formele keuzes gemaakt. Definitieve keuzes worden gemaakt in het kader van een op te stellen inpassingsplan en het te starten vergunningentraject, dat volgt op deze verkenning. Wel wordt in deze verkenning getrechterd, waarbij we opties die niet kansrijk zijn niet verder uitwerken. Daarmee neemt de verkenning een voorschot op later te maken definitieve keuzes. Dat doen we op twee momenten. Het eerste moment is nu op basis van deze tussentijdse notitie (“grove zeef”). Het tweede moment is aan het eind van de verkenning (november 2018) op basis van een door Arcadis/Pondera op te stellen afwegingsnotitie. Trechtering en het selecteren van kansrijke opties vindt niet plaats door het ingenieursbureau Arcadis/Pondera, maar door het Rijk mede op basis van de input vanuit de omgeving. De eerste trechtering werken we momenteel uit en toetsen we samen met de tussentijdse notitie tijdens de gebiedsbijeenkomsten die we in september organiseren².

De resultaten uit de gebiedsbijeenkomsten nemen we mee in de afwegingsnotitie. In oktober organiseren we nog een bijeenkomst voor alle betrokken partijen waarin we de concept afwegingsnotitie bespreken. Na verwerking van resultaten organiseren we samen met provincies begin november per regio bestuurlijke overleggen met gemeenten, provincies en TenneT. Op basis daarvan zal de minister van Economische Zaken en Klimaat een besluit nemen welke ruimtelijke procedures gaan starten en welke alternatieven daartoe in elk geval worden onderzocht. Daarna start, zoals gezegd, de formele besluitvorming en het opstellen van een Milieueffectrapportage. Participatie vanuit de omgeving en belanghebbenden achten we in alle fasen van groot belang. Daarom organiseren we niet alleen tijdens deze verkenning gebiedsbijeenkomsten, maar zal ook tijdens de ruimtelijke procedures de betrokkenheid van de omgeving bij keuzes actief georganiseerd worden.

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Lennert Goemans, projectleider

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2018/03/27/kabinet-maakt-plannen-bekend-voor-windparken-op-zee-2024-2030>

² Voor data zie <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hoogspanning/verkenning-aanlanding-netten-op-zee-2030>

DEEL A SAMENVATTING

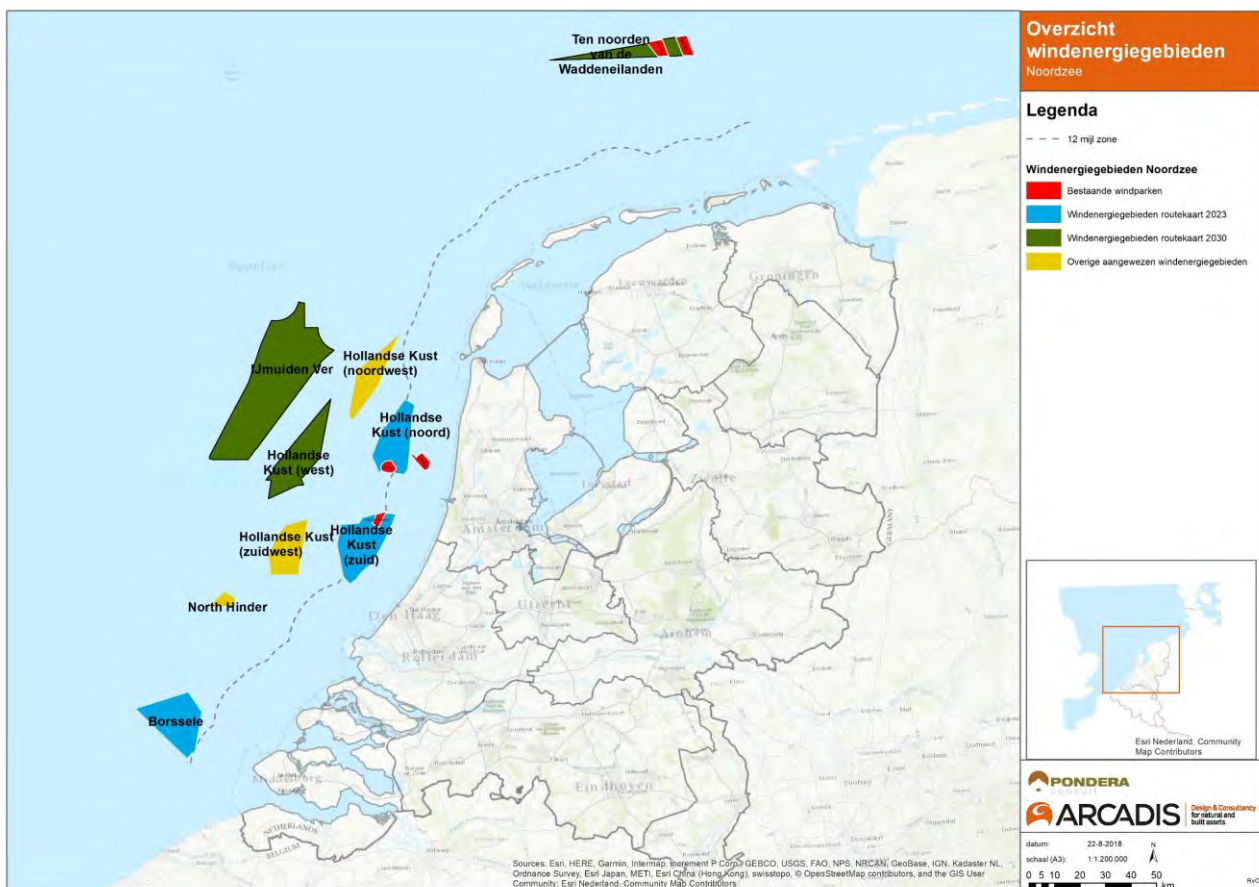
1 AANLEIDING

Leeswijzer

Voor u ligt de tussentijdse notitie 'Verkenning aanlanding netten op zee 2030'. In deze verkenning staat centraal welke opties het meest kansrijk zijn voor de afvoer van opgewekte elektriciteit in de windparken in de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), IJmuiden Ver en Ten noorden van de Waddeneilanden. In deze samenvatting (deel A) wordt in het eerste hoofdstuk de aanleiding van deze verkenning beschreven. In hoofdstuk 2 wordt de scope van de verkenning weergegeven, waarbij het onder andere gaat over welke stations kansrijk en minder kansrijk zijn voor aansluiting en de tracering naar deze stations toe. Ook geeft het hoofdstuk het beoordelingskader weer aan de hand waarvan de tracés zijn beoordeeld. Hoofdstuk 3 betreft de conclusies en geeft de beoordeling van de tracéopties weer. Na deze samenvatting (deel A), volgt de tussentijdse notitie (deel B) zelf. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolgpcedure (zie ook paragraaf 1.3).

1.1 Routekaart 2030

Op 27 maart 2018 is de 'Routekaart windenergie op zee 2030' toegestuurd aan de Tweede Kamer. Hierin is voorzien in de ontwikkeling van 6,1 gigawatt (GW) windenergie in de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), IJmuiden Ver en Ten noorden van de Waddeneilanden in de periode tussen 2024-2030.



Figuur 1-1 Bestaande windparken (in rood), windenergiegebieden routekaart 2023 (in blauw), windenergiegebieden routekaart 2030 (in groen) en overige aangewezen windenergiegebieden (in geel).

1.2 Doel verkenning

De **centrale vraag** in deze verkenning is welke opties het meest kansrijk zijn voor de afvoer van grootschalige windenergie uit de gebieden Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver tussen 2024 en 2030. De opties betreffen zowel **conventionele opties** als **niet-conventionele opties** (zie kader).

Conventioneel en niet-conventioneel

In deze verkenning wordt onder conventionele opties verstaan: een gelijk- of wisselstroomverbinding die het / de windpark(en) in het windenergiegebied via een convertor-/transformatorstation aansluit op het landelijke hoogspanningsnet. Het gaat hierbij zowel om het deel (windpark in het windenergiegebied) op zee tot aan de kust als het deel vanaf de kust (aanlanding) tot aan de aansluiting op het landelijke hoogspanningsnet. Onder niet-conventioneel wordt in deze verkenning verstaan: het omzetten van de opgewekte windenergie in waterstof op zee of in havens, de inzet van elektrificatie van de industrie, de inzet van opslag en het afstemmen van productie en consumptie van elektriciteit op de capaciteit van het elektriciteitsnet voor de afvoer van windenergie.

Deze verkenning heeft tot **doel** het bieden van een basis voor de verdere ('RCR' oftewel Rijkscoördinatieregeling)-procedure die nodig is voor de aansluiting van de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver tussen 2024 en 2030. Het gaat hierbij om:

- 0,7 GW windenergie opgesteld vermogen gebied Hollandse Kust (west)³;
- 0,7 GW windenergie opgesteld vermogen gebied Ten noorden van de Waddeneilanden;
- 4 GW windenergie opgesteld vermogen gebied IJmuiden Ver.

In de toekomstige omgevingswet wordt opgenomen dat een verkenning wordt gedaan voorafgaande aan besluitvorming om reële opties te selecteren en hierover in gesprek te gaan met de omgeving. Dat vindt plaats in de procedure voor de milieueffectrapportage (m.e.r.). Deze verkenning wordt nog voor de m.e.r. uitgevoerd.

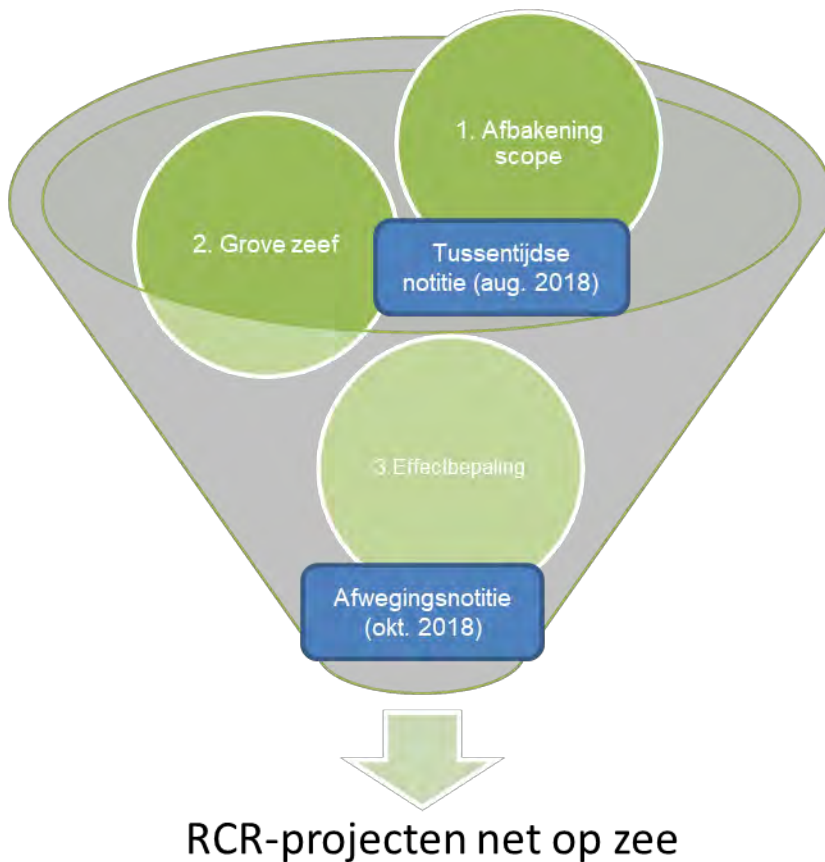
Disclaimer

Deze verkenning is voor een belangrijk deel gericht op het selecteren van kansrijke locaties voor het aan land brengen van elektriciteit. In de vervolgfase van de besluitvorming zal per verbinding een Milieueffectrapport (MER) worden opgesteld. Daarbij zullen per aansluitlocatie verschillende tracé alternatieven worden onderzocht om uiteindelijk te komen tot het meest optimale tracé voor het aan land brengen van elektriciteit.

³ Hollandse Kust (west) heeft een capaciteit van 1,4 GW. 0,7 GW vormt onderdeel van de lopende RCR-procedure net op zee Hollandse Kust (noord) en (west Alpha).

1.3 Drie stappen

Deze verkenning bestaat uit een trechter met drie stappen:



Figuur 1-2 Drie stappen verkenning.

De eerste stap is het bepalen van de scope: welke opties worden meegenomen en welke uitgangspunten worden gehanteerd. In de tweede stap vindt een globale effectbepaling plaats waarbij de kansrijkheid van opties is aangegeven op basis van een aantal onderscheidende aspecten vanuit milieu, techniek, kosten, omgeving en toekomstvastheid. Dit heet de grove zeef. Hier wordt een tussentijdse notitie van gemaakt, welke nu voorligt. Deze tussentijdse notitie bevat de uitkomsten van stap 1 en stap 2. De derde stap is de nadere effectbepaling waarin op de overgebleven opties wordt ingezoomd. Hierbij worden de opties in meer detail beoordeeld. Deze stap wordt afgesloten met een afwegingsnotitie.

Parallel aan de stappen 1 tot en met 3 vinden regiobijeenkomsten plaats, waarbij de omgeving in de gelegenheid wordt gesteld om input te geven in het proces. De tussentijdse notitie die nu voor u ligt vormt de input voor een gesprek met betrokken partijen in de regio. Het doel hiervan is om deze eerste resultaten van de verkenning gezamenlijk te toetsen en aan te scherpen. Na afloop van de gesprekken kunnen de eerste resultaten worden aangepast of aangescherpt en wordt dit meegenomen wanneer de afwegingsnotitie wordt opgesteld.

De volgende stap in het proces betreft formele besluitvorming over een inpassingsplan en vergunningen. Daarvoor wordt de Rijkscoördinatieprocedure (RCR-procedure) gevolgd. Deze geven we vorm in de geest van de Omgevingswet, waarbij achtereenvolgens de volgende stappen worden doorlopen:

- Het opstellen van een kennisgeving en een participatieplan met een concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau waarin wordt aangegeven welke opties op welke wijze en met welk detailniveau worden onderzocht en hoe de betrokkenheid van belanghebbenden zal worden vormgegeven tijdens het besluitvormingsproces;
- Onderzoek in de vorm van een milieueffectrapport (MER);

- Het vaststellen van een voorkeursalternatief en het vastleggen ervan in een inpassingsplan en benodigde vergunningen; het inpassingsplan maakt het net op zee ruimtelijk mogelijk;
- Mogelijke beroepsprocedure;
- Onderzoeken ter voorbereiding van de daadwerkelijke aanleg, denk daarbij bijvoorbeeld aan bodemonderzoek voor de installatie in zee;

Gedurende dit gehele proces wordt wederom de omgeving betrokken. Niet alleen op formele momenten, zoals het indienen van zienswijzen als de producten ter inzage liggen, maar juist ook voorafgaand aan keuzemomenten. De betrokkenheid van de omgeving wordt vastgelegd in een participatieplan.

2 SCOPE VAN DE VERKENNING

Leeswijzer

Voor de scope van deze verkenning is het van belang te weten wat de doorlooptijd is tussen start van de procedure tot aan realisatie van de windparken en bijbehorende netten op zee. Ook het klimaatakkoord dat in de maak is heeft raakvlakken met deze verkenning, vandaar dat hier in paragraaf 2.1 aandacht aan is besteed. In paragraaf 2.2 zijn criteria voor de conventionele opties beschreven. In paragraaf 2.3 is de tracering naar kansrijke stations beschreven en is het beoordelingskader gepresenteerd. In paragraaf 2.4 is een aantal conventionele opties nader beschouwd, op verzoek van de regio's. Paragraaf 2.5 geeft tot slot van dit hoofdstuk de overwegingen weer van de niet-conventionele opties.

2.1 RCR-procedure en klimaatakkoord

2.1.1 Tijdpad voor de afvoer van de windenergiegebieden tot 2030

De doorlooptijd van de start van de RCR-procedure tot aan realisatie van de windparken en bijbehorende netten op zee vormt een belangrijke randvoorwaarde voor deze verkenning om te bepalen of aansluitopties vanuit oogpunt van tijd kansrijk zijn. Er zit circa zes jaar tussen de start van de RCR-procedure en de ingebruikname van het net op zee. Indien een tracé verder landinwaarts wordt gekozen is er waarschijnlijk een langere doorlooptijd voor de procedure nodig. Voor IJmuiden Ver geldt ook dat er een langere doorlooptijd benodigd is omdat meerdere tracés nodig zijn. Dit betekent, gebaseerd op de Routekaart 2030, voor:

- Hollandse Kust (west Beta): ingebruikname 2024/2025 betekent start RCR-procedure in 2018/2019;
- Ten noorden van de Waddeneilanden: ingebruikname 2026 betekent start RCR-procedure 2019;
- IJmuiden Ver: gezien de ingebruikname in 2027 t/m 2030, de omvang en de grotere complexiteit is een start van de RCR-procedure zo snel mogelijk in 2019 gewenst. Gezien de langere aanlooptijd kan het mogelijk zijn om opties in 2019 en 2020 in te brengen in de procedure.

2.1.2 Hoofdlijnen van het klimaatakkoord

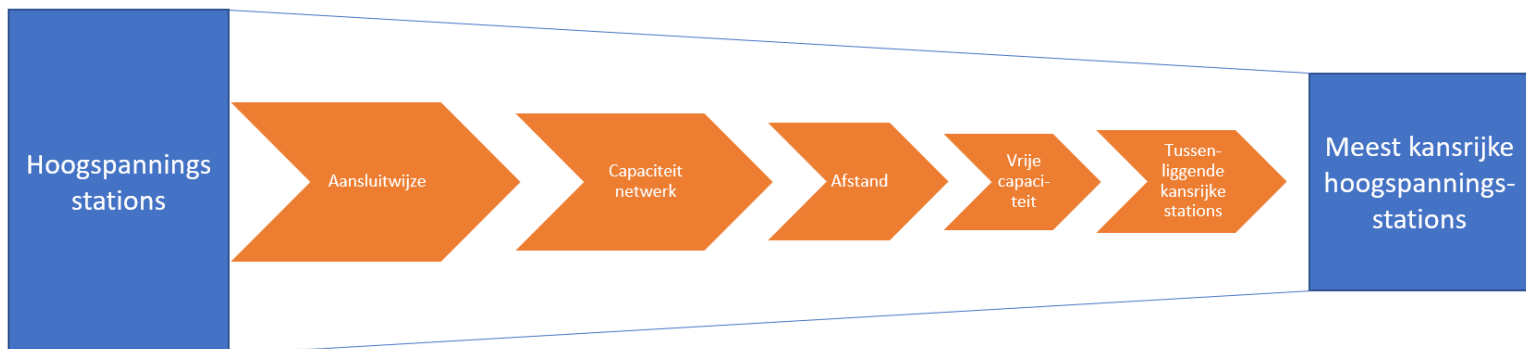
In het 'Voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord' van 10 juli 2018 is een aantal aanknopingspunten voor deze verkenning opgenomen:

- Wind op zee: plannen voor verdere opschaling (boven 11,5 GW) worden voorbereid en overwogen als de vraag naar elektriciteit (extra) toeneemt. De overheid zal in 2020 extra gebieden op zee aanwijzen.
- Voor de industrie, de gebouwde omgeving en de mobiliteitssector biedt elektrificatie mogelijkheden voor vergaande emissiereductie, mits die elektriciteit duurzaam wordt opgewekt.
- Partijen voorzien een brede benutting van groene waterstof als energiedrager voor mobiliteit en transport, industrie en energiesector en mogelijk ook voor de gebouwde omgeving. De gedeelde verwachting is dat waterstof als grondstof in de industrie en als energiedrager vooral ná 2030 gebruikt zal worden.

2.2 Conventionele opties: afvoer van elektriciteit door kabels

De huidige windparken worden via een zeekabel en vervolgens een kabel op land aangesloten op het landelijke hoogspanningsnetwerk. Zo wordt de energie van het windpark afgevoerd naar het vaste land. Als de windparken in Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver ook op deze wijze worden ontsloten moeten er keuzes gemaakt worden. Welke routes leggen de kabels af? Op welk punt (station) in het hoogspanningsnetwerk worden ze aangesloten?

Om het keuzeproces enigszins te vereenvoudigen is er een aantal aannames gedaan om het aantal opties te beperken. In het schema hieronder staat schematisch hoe de scope is afgebakend. In de tekst daaronder wordt dit uitgelegd.



Figuur 2-1 Afbakening van de scope schematisch weergegeven.

2.2.1 Aansluitwijze en capaciteit netwerk

Elektriciteit kan getransporteerd worden als wisselstroom of als gelijkstroom. Het Nederlandse elektriciteitsnetwerk werkt bijna geheel op wisselstroom. Daardoor zijn er voor transport met gelijkstroom extra aanpassingen aan het netwerk nodig om de gelijkstroom weer om te zetten in wisselstroom. Deze aanpassingen (zoals bijvoorbeeld een extra ‘converterstation’) kosten geld. Bij gelijkstroom gaat er echter minder elektriciteit verloren tijdens het transport. Hoe langer de afstand waarover elektriciteit moet worden getransporteerd, hoe gunstiger gelijkstroom wordt.

Het exacte omslagpunt tussen wisselstroom en gelijkstroom is, naast de lengte van de kabel, afhankelijk van het vermogen per verbinding en de mogelijkheid van de kabel om warmte kwijt te raken. Bij grotere vermogens (bijv. 2 of 3 GW) over gelijke afstand, wordt eerder gekozen voor gelijkstroom. Concreet betekent dit dat de windenergiegebieden Hollandse Kust (west) en Ten noorden van de Waddeneilanden uitgaan van aansluiten op wisselstroom, en dat de aansluiting van IJmuiden Ver plaatsvindt via gelijkstroom.

Voor het aansluiten van vermogens van 700 MW of meer, zoals bij een windenergiegebied op zee, moet er voldoende capaciteit beschikbaar zijn op het landelijke hoogspanningsnet en op de hoogspanningsstations. Dit is voor dergelijk grote vermogens alleen beschikbaar op hoogspanningsstations en -verbindingen met een spanningsniveau van 220 kV en 380 kV. Lagere spanningsniveaus (110 kV en 150 kV) kunnen niet zoveel vermogen vervoeren. Voor Ten noorden van de Waddeneilanden kan daarom worden aangesloten op het 220 kV- en het 380 kV-netwerk. Het 220 kV-netwerk ligt verder dan 100 km van Hollandse Kust (west), waardoor dit windenergiegebied alleen op het 380 kV-net kan worden aangesloten.

Het aansluiten van IJmuiden Ver vindt plaats door middel van 1,3 GW (1.300 MW) of 2 GW (2.000 MW) verbindingen. Alleen het 380 kV-netwerk heeft genoeg capaciteit voor deze vermogens. De aansluitwijze van de verschillende windenergiegebieden is samengevat in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Aansluitwijze windparken.

Onderdeel	Aansluitwijze	Aansluiten op netwerk
Ten noorden van de Waddeneilanden	Wisselstroom	220 kV / 380 kV
Hollandse Kust (west)	Wisselstroom	380 kV
IJmuiden Ver	Gelijkstroom	380 kV

Capaciteit netwerk om windenergie aan te sluiten

Om knelpunten in het netwerk te voorkomen is het belangrijk dat de aanlanding van wind op zee wordt gespreid.

Spreiding betekent dat ten minste één verbinding van IJmuiden Ver ten zuiden van het (potentiële) knelpunt Geertruidenberg – Krimpen wordt aangesloten. Dit betekent een aansluiting op één van de volgende 380 kV-stations: Borssele, Rilland of Geertruidenberg. Hiermee wordt gezorgd voor verlichting van een (toekomstig) knelpunt Geertruidenberg – Krimpen en wordt een noodzakelijke netverzwaring voorkomen. Ook zorgt een dergelijke zuidelijke aansluiting voor een zo efficiënt mogelijke benutting van de bestaande infrastructuur.

2.2.2 Afstand, vrije capaciteit en tussenliggende kansrijke stations

Nederland kent ongeveer 30 hoogspanningsstations in het 380 kV-netwerk en circa 15 hoogspanningsstations in het 220 kV-netwerk. In deze verkenning worden niet alle stations als aansluitlocatie onderzocht. Dat is niet alleen om de onderzoekslast te beperken, maar ook omdat een aantal stations minder kansrijk is dan andere stations. Deze kansrijkheid hangt af van een combinatie van de volgende factoren:

- **Afstand van het station tot het windenergiegebied;** voor windenergiegebieden Ten noorden van de Waddeneilanden en Hollandse Kust (west) wordt alleen gekeken naar stations binnen circa 100 km (hemelsbreed). Dit heeft te maken met de keuze voor wisselstroom, dat bij afstanden groter dan circa 100 km duurder wordt dan gelijkstroom. Voor windenergiegebied IJmuiden Ver wordt gekeken naar stations binnen de 200 km. Dit is vooral om de onnodige onderzoekslast te beperken: binnen 200 km liggen al veel stations die kansrijk zijn, waardoor het niet nodig is langere en duurdere opties verder weg mee te nemen.
- **Beschikbare vrije capaciteit op de stations;** er moet op een station minimaal genoeg capaciteit zijn om het opgestelde vermogen van het windenergiegebied af te voeren. Dat betekent dat er minimaal 700 MW vrije capaciteit moet zijn op stations waarop Ten noorden van de Waddeneilanden en Hollandse Kust (west) worden aangesloten, en minimaal 1,3 GW vrije capaciteit op stations die in aanmerking komen voor aansluiting op IJmuiden Ver.
- **Ligging van andere kansrijke stations tussen het station en het windenergiegebied;** als er andere kansrijke stations geografisch tussen het station en het windenergiegebied liggen, wordt het station minder kansrijk. De kans is immers groot dat voor de andere tussenliggende stations wordt gekozen omdat een grotere lengte gepaard gaat met meer effecten en kosten. Aangezien IJmuiden Ver met maximaal drie verbindingen wordt aangesloten – waarvan er minimaal één naar Rilland, Borssele of Geertruidenberg gaat - en er maximaal twee verbindingen naar één station gaan, kan er voor dit windenergiegebied maximaal één ander kansrijk station tussen een station en een windenergiegebied liggen.

De afbakening per windgebied is samengevat in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Criteria voor kansrijke hoogspanningsstations.

Windenergiegebied	Hemelsbrede afstand station tot landstations	Vrije capaciteit op station	Ander station tussen windenergiegebied en station met capaciteit
Ten noorden van de Waddeneilanden	Maximaal 100 km	Minimaal 700 MW	Er mag <u>geen</u> ander station met voldoende capaciteit geografisch tussen het station en het windenergiegebied liggen
Hollandse Kust (west)	Maximaal 100 km	Minimaal 700 MW	Er mag <u>geen</u> ander station met voldoende capaciteit geografisch tussen het station en het windenergiegebied liggen
IJmuiden Ver	Maximaal 200 km	Minimaal 1,3 GW	Er mag <u>maximaal één</u> ander station met voldoende capaciteit geografisch tussen het station en het windenergiegebied liggen. Minimaal één verbinding gaat naar Borssele, Rilland of Geertruidenberg

2.2.3 Meest kansrijke hoogspanningsstations

Op basis van de afbakeningscriteria uit Tabel 2-2 is bepaald naar welke kansrijke stations wordt gekeken voor de verschillende windenergiegebieden. Dit is weergegeven in Tabel 2-3. Naar deze stations zijn grove tracés ingetekend die vervolgens zijn beoordeeld. De locatie van de genoemde stations is terug te vinden in Figuur 2-2. Een groot aantal stations die staan vermeld in figuur 2-2 zijn afgevalen op basis van de afbakeningscriteria in paragraaf 2.2.1 en 2.2.2.

Tabel 2-3 Kansrijke stations na afbakening. De locatie van de stations is te vinden in Figuur 2-2.

Onderdeel	Kansrijke stations
Ten noorden van de Waddeneilanden	Eemshaven (380 kV en 220 kV) Vierverlaten (380 kV en 220 kV), Bergum (220 kV) Louwsmeer (220 kV)
Hollandse Kust (west)	Beverwijk ⁴ , Vijfhuizen, Wateringen, Maasvlakte (allen 380 kV)
IJmuiden Ver	Lelystad, Ens, Vijfhuizen, Bleiswijk ⁵ , Wateringen, Maasvlakte, Simonshaven, Geertruidenberg, Borssele, Rilland (allen 380 kV)

⁴ Op station Beverwijk bij beoordeling van de ruimte rondom het station gebleken dat er niet genoeg ruimte is voor een converterstation. Om deze reden is station Beverwijk niet in beschouwing genomen bij IJmuiden Ver, maar wel bij Hollandse Kust (west).

⁵ De reden dat Bleiswijk wel kansrijk is als station voor IJmuiden Ver en niet voor Hollandse Kust (west) is dat er bij IJmuiden Ver gekeken wordt naar stations waarbij maximaal één ander station met voldoende capaciteit tussen het station en het windenergiegebied ligt en bij Hollandse Kust (west) geen.



Figuur 2-2 380 kV-netwerk (rood) en 220 kV-netwerk (groen) in Nederland.

2.3 Tracering en beoordelingskader conventionele opties

2.3.1 Tracering

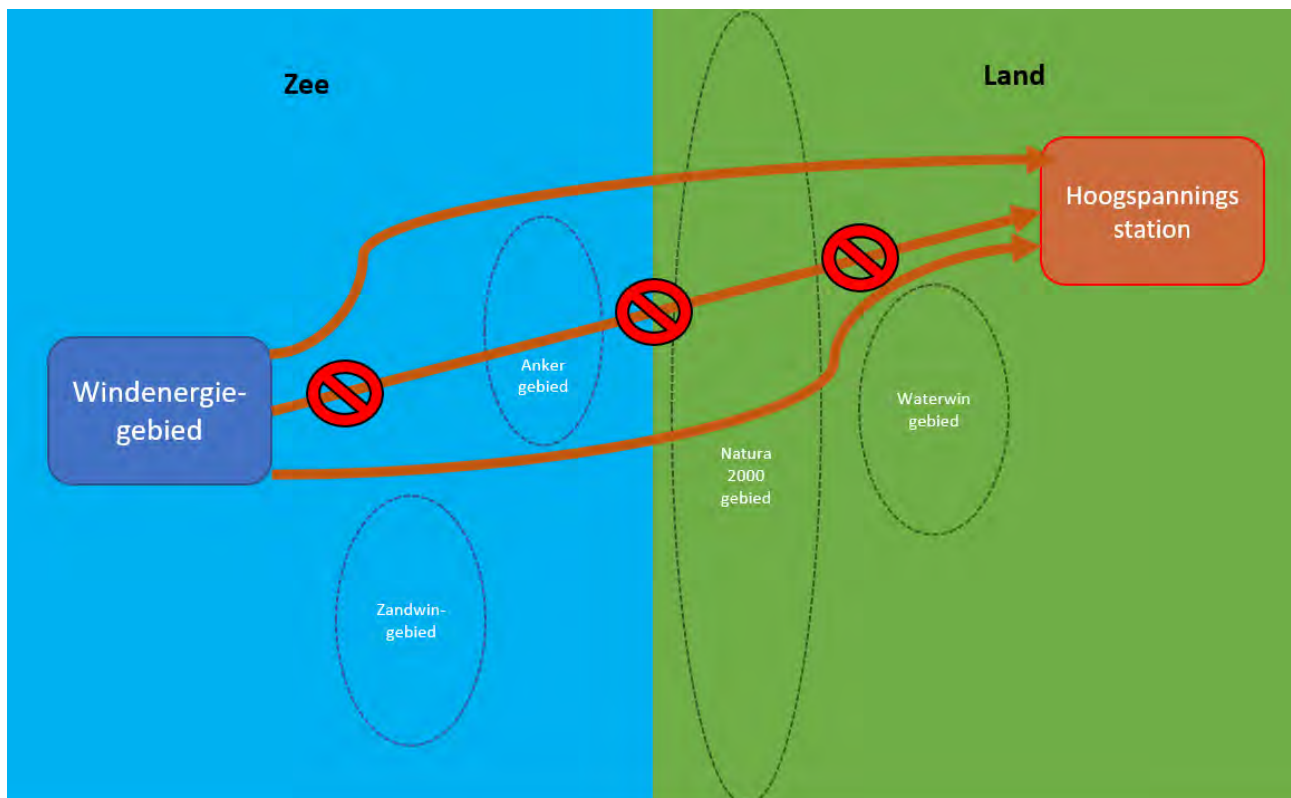
Tracering

Bij het bepalen van de tracéopties op hoofdlijnen is een aantal uitgangspunten gehanteerd. Een generiek uitgangspunt is dat gestreefd wordt naar een tracé dat hinder zo veel als mogelijk voorkomt en dat doelmatig wordt uitgevoerd. Dit betekent in de praktijk dat een zo kort mogelijk tracé wordt nagestreefd. De overige gehanteerde uitgangspunten gaan bijvoorbeeld over het vermijden van minder geschikte gebieden op land en zee, zoals anker-, zandwin-, baggerstort en drinkwaterwingebieden, waterkeringen en natuurgebieden. Soms kunnen deze gebieden niet op voorhand ontweken worden. Een voorbeeld hiervan is Natura 2000-gebied. Bijna de gehele Nederlandse Noordzee- en Waddenkust is Natura 2000-gebied. Voor het aansluiten van windparken op zee op het landelijk hoogspanningsnet moeten deze gebieden doorkruist worden.

Bij de tracering is, waar mogelijk, gebruik gemaakt van tracés die eerder zijn 'ontworpen' voor eerdere windenergiegebieden. Zo zijn voor aansluiting van Hollandse Kust (west) tracés gebruikt die al zijn ontwikkeld voor Hollandse Kust (noord) en (west Alpha).

Ook zijn er tracés niet meegenomen omdat deze op voorhand vanwege grote belemmeringen niet tot nauwelijks kansrijk bleken. Voorbeelden hiervan is de bundeling met bestaande kabels van Gemini, Tycom, NorNed en Cobra ten oosten van Rottumeroog (voor aansluiting Windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden). Meer toelichting hierover is beschreven in paragraaf 2.4.

Een voorbeeld van tracering is schematisch weergegeven in Figuur 2-3. In dit voorbeeld gaat de kortste route door het Ankergebied, maar wordt dit tracé niet meegenomen omdat het gebied vermeden kan worden door twee andere tracéopties.



Figuur 2-3 Schematische weergave tracering: zoveel als mogelijk ontwijken van belemmeringen en andere functies.

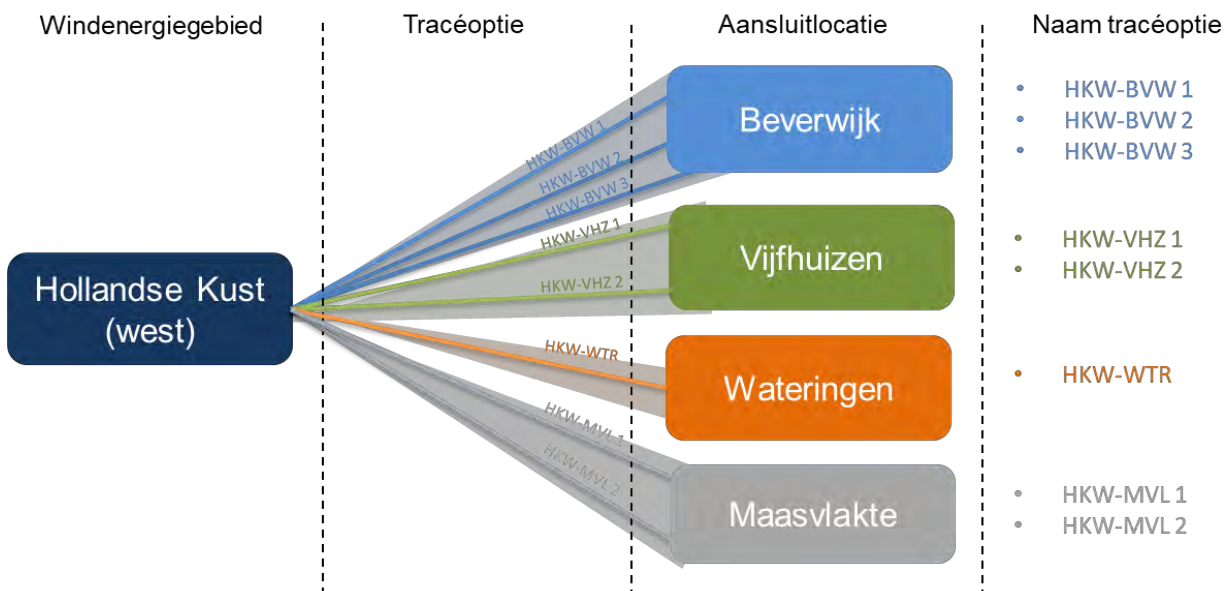
Beoordelingskader

De tracés die zijn bepaald volgens de uitgangspunten in paragraaf 2.2 zijn beoordeeld volgens een beoordelingskader. In dit beoordelingskader worden de tracéopties beoordeeld op de thema's milieueffecten op zee, milieueffecten op land, energietechniek, kosten, toekomstvastheid. Het thema omgeving wordt niet beoordeeld en omdat belangen uit de omgeving niet allemaal hetzelfde en soms tegengesteld kunnen zijn. Een andere reden om omgevingsaspecten niet mee te wegen in de beoordeling is dat deze verkenning de start vormt van het gespreksproces met de omgeving, waardoor nog niet alle omgevingsvraagstukken in beeld hoeven te zijn.

De beoordeling wordt uitgevoerd aan de hand van GIS-gegevens en expert judgement.

2.3.2 Opties Hollandse Kust (west)

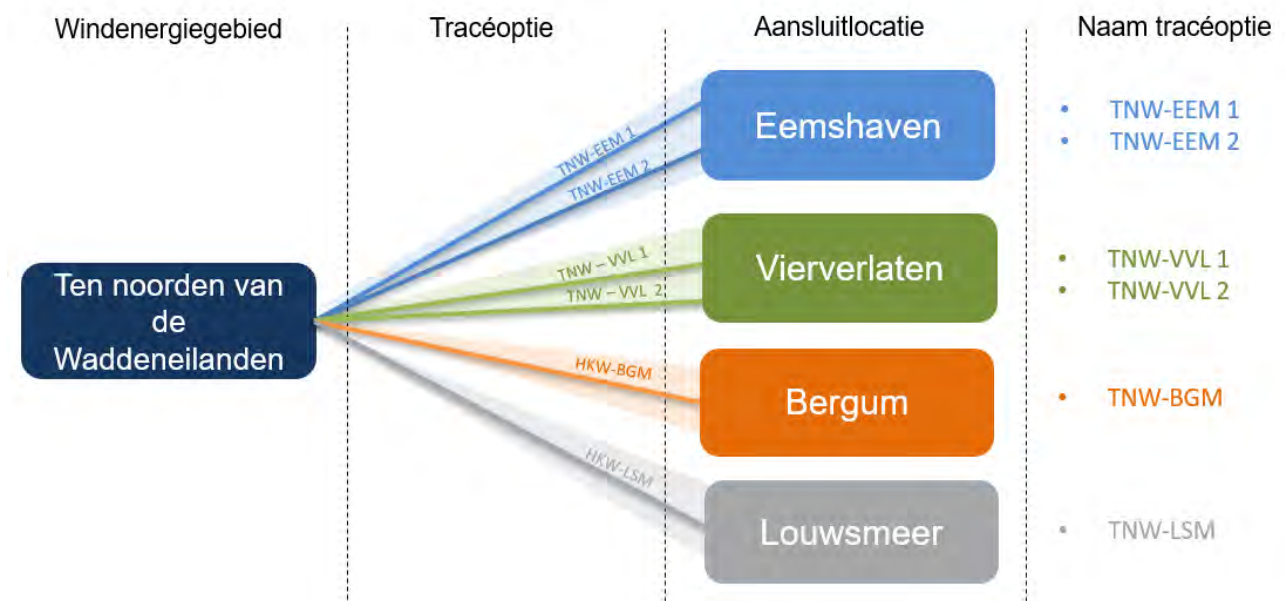
In de onderstaande figuur zijn de verschillende opties voor Hollandse Kust (west) op een rij gezet. Zoals eerder aangegeven betreft het hier een wisselstroomverbinding voor 0,7 GW vanaf platform Hollandse Kust (west Bèta). In Figuur 3-1 in hoofdstuk 3 zijn de opties op kaart weergegeven.



Figuur 2-4 Opties Hollandse Kust (west).

2.3.3 Opties Ten noorden van de Waddeneilanden

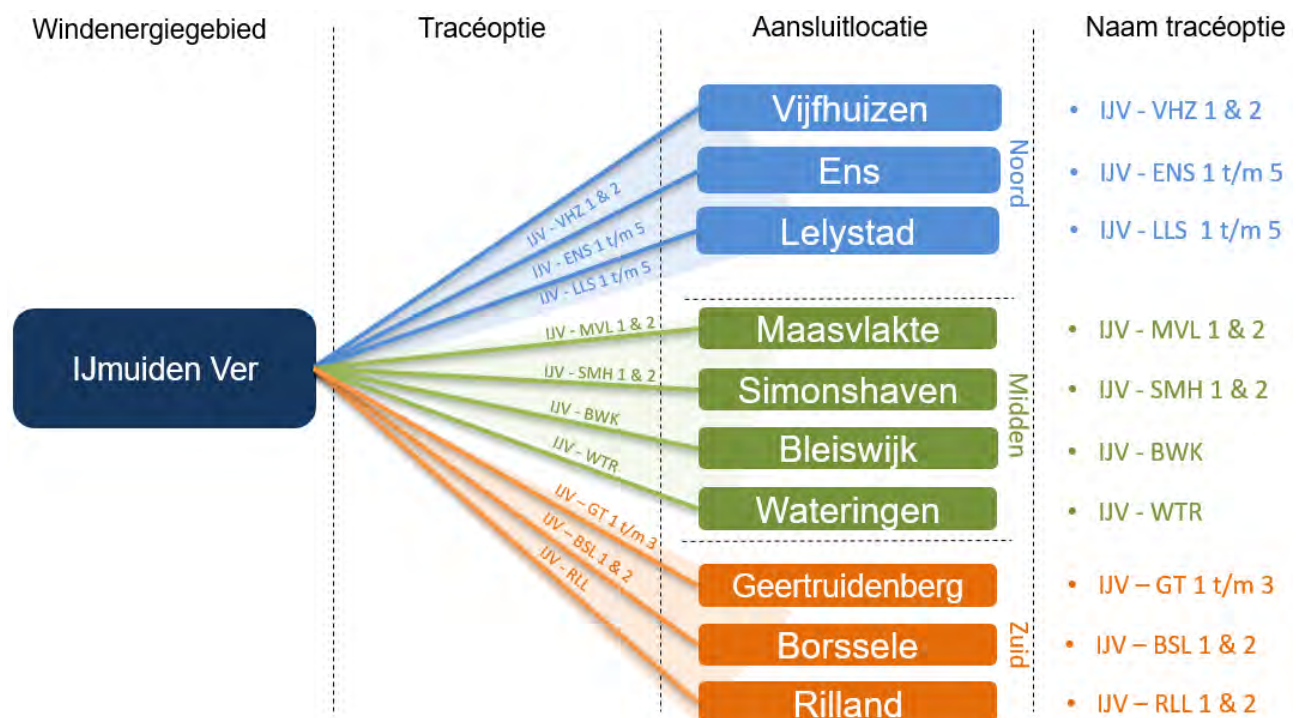
In de onderstaande figuur zijn de verschillende opties voor Ten noorden van de Waddeneilanden op een rij gezet. Zoals eerder aangegeven betreft het hier een wisselstroomverbinding voor 0,7 GW vanuit en platform in het windenergiegebied. In Figuur 3-2 in hoofdstuk 3 zijn de opties op kaart weergegeven.



Figuur 2-5 Opties Ten noorden van de Waddeneilanden

2.3.4 Opties IJmuiden Ver

In de onderstaande figuur zijn de verschillende opties voor IJmuiden Ver op een rij gezet. Zoals eerder aangegeven betreft het hier twee (van 2 GW) of drie gelijkstroomverbindingen (van 1,3 GW) vanuit het windenergiegebied. Omdat er meerdere verbindingen nodig zijn en met DC een grotere afstand kan worden overbrugd dan met gelijkstroom is er een grote hoeveelheid opties mogelijk. Deze zijn verdeeld in noord, midden en zuid. In Figuur 3-3 in hoofdstuk 3 zijn de opties op kaart weergegeven.



Figuur 2-6 Opties IJmuiden Ver

2.4 Overwegingen overige conventionele opties

In de regiobijeenkomsten in juni 2018 is onder andere gevraagd om aanvullend naar drie locaties te kijken als aansluitpunt voor de afvoer van windenergie. Dit zijn Den Helder, Terneuzen en Delfzijl. Deze opties komen vanuit de uitgangspunten van deze verkenning in eerste instantie niet in aanmerking als optie en zijn daarom hiervoor ook niet meegenomen in het bepalen van tracés vanwege het ontbreken van een 380 kV-station. Omdat vanuit de regiobijeenkomsten de vraag is gekomen om toch naar deze aansluitpunten te kijken is besloten om in deze paragraaf de genoemde locaties te beschouwen. Aanvullend is aangegeven waarom niet bestaande tracés in de Eemsmond zijn gevolgd (2.4.1).

2.4.1 Eemsmond

Er liggen al een aantal kabeltracés van de Eemshaven naar het noorden. Deze gaan onder andere naar windparken (Gemini) en naar andere landen (NorNed en Cobra). Deze kabeltracés zijn zo veel als mogelijk gebundeld om het effect op de omgeving te beperken. Het ligt voor de hand om te kijken of een kabeltracé naar Ten noorden van de Waddeneilanden ook gebundeld kan worden binnen deze zone. Hier is echter geen ruimte meer voor. Oostelijker ligt de vaargeul naar Emden (Westereems), inclusief een ankergebied. Aanleg in de vaargeul is niet gewenst vanwege het morfologisch hoog dynamische karakter en ook niet gewenst door het Duitse bevoegd gezag. Ten oosten van de vaargeul liggen Duitse kabels en leidingen. Ten westen van de Gemini kabel is niet mogelijk omdat tussen de Gemini kabel en het referentiegebied⁶ onvoldoende ruimte is voor de kabelaanleg, onder andere vanwege de aanwezige rustgebieden van de zeehond en hoogwatervluchtplaatsen van wadvogels. Aan de noordzijde van het referentiegebied bestaat ook nauwelijks ruimte tussen het referentiegebied, de NGT-leiding en de NorNed-kabel.

2.4.2 Terneuzen

Vanuit de regio sessie is gevraagd om te kijken naar een aansluiting bij Terneuzen vanuit IJmuiden Ver vanuit het oogpunt van de voorziene groei van de vraag naar elektriciteit en verdere verduurzaming van het industriecluster in Zeeuws-Vlaanderen.

Voor aansluiten op Terneuzen ontbreekt op dit moment een 380 kV-hoogspanningsnet. Terneuzen is aangesloten op het 150 kV-net. Zeeland is op dit moment een netto exporteur van elektriciteit. Dit betekent dat het aansluiten van extra windenergievermogen de export zal vergroten, waardoor knelpunten op het 150 kV-netwerk zijn te verwachten. Daarnaast moet ook de vraag extra gestimuleerd worden binnen het gebied, voorsnog is dit niet voorzien op grote schaal tot 2030.

Een tweede punt is dat bij het aanleggen van een DC-verbinding van IJmuiden Ver naar Terneuzen, het bestaande 380 kV-station Borssele met voldoende aansluitcapaciteit gepasseerd wordt. Het is dan niet logisch (zie bovenstaand uit oogpunt van doelmatigheid) om vanuit het net op zee programma een langer en duurder tracé aan te leggen naar Terneuzen. Dit kan dan beter als netverzwaring gebeuren tussen Borssele en Terneuzen als hertoe vanuit de KCD aanleiding is.

Ten derde kan het een optie zijn om Terneuzen te beschouwen als een (stand alone) 'klantaansluiting', met als grote afnemers onder andere YARA en Dow Chemical. Het is de vraag of dit mogelijk en wenselijk is. Dit betekent dat vraag en aanbod van elektriciteit exact op elkaar wordt afgestemd. Zoals beschreven in paragraaf 9.1.2.6 is dat dit geen realistische optie is omdat het ongewenst is dat een windpark en de afnemer(s) zo sterk van elkaar afhankelijk zijn.

Het is logisch om voor de DC-verbinding van IJmuiden Ver naar Terneuzen te kijken naar een tracé door de Westerschelde. Het aanleggen van een tracé door de Westerschelde kent grote risico's en belemmeringen (zie ook kader in paragraaf 5.6.2). In de Westerschelde wordt een deel van het net op zee Borssele gerealiseerd, grofweg in het midden van de Westerschelde. Een nieuwe verbinding kan aan de noordzijde of aan de zuidzijde gerealiseerd worden. Aan de noordzijde van deze kabelsystemen tussen Vlissingen en Borssele ligt de vaargeul in een verder morfologisch zeer dynamisch gebied. Hier een kabelsysteem

⁶ Het referentiegebied is in het kader van internationale verplichtingen aangewezen en heeft als doel om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur te kunnen volgen (PKB Waddenzee). De trilaterale 'Verklaring van Esbjerg' tussen Nederland, Duitsland en Denemarken uit 1991 stelt dat in het referentiegebied geen exploitaties en verstorende activiteiten mogen plaatsvinden. Dit gebied is daarom gesloten voor alle activiteiten en biedt geen ruimte voor de aanleg van kabels.

aanleggen is om verschillende redenen (toegang tot de haven Antwerpen, zeer diepe begraafdieptes met zeer grote baggervolumes) bezwaarlijk. Aan de zuidzijde liggen drie ankergebieden die niet te kruisen zijn en die van zeer groot belang zijn voor de scheepvaart naar Antwerpen. Ook hier zijn geen mogelijkheden voor een kabelsysteem.

Het rechtstreeks aansluiten van Terneuzen met een verbinding vanuit IJmuiden Ver lijkt om genoemde redenen dan ook onwaarschijnlijk.

De regio komt nog met een rapport over vraagontwikkeling. Dat wordt in september 2018 meegenomen in de studie.

2.4.3 Den Helder

Vanuit de regioessie is gevraagd om te kijken naar een aansluiting bij Den Helder (het zou dan gaan om de aansluiting van IJmuiden Ver). Dit is gevraagd omdat er verwacht wordt dat in de toekomst de vraag naar elektriciteit sterk gaat toenemen door onder meer elektrificatie van industrie, de komst van een datacentrum en waterstofproductie.

Het wel aansluiten van Den Helder heeft één van de twee volgende consequenties:

- 1) Den Helder moet aangesloten worden op het 380 kV-net. Dit betekent het realiseren van een nieuwe, bovengrondse verbinding tussen Den Helder en (waarschijnlijk) Beverwijk of Oostzaan.
 - a. Hiervoor is een lange planologische procedure en bouwfase noodzakelijk vanaf het moment van de start (ervaring leert dat dit momenteel tussen de 10-15 jaar duurt). Het is daarmee niet waarschijnlijk dat voor het jaar 2030 een 380 kV-verbinding naar Den Helder is gerealiseerd.
 - b. Daarnaast is er momenteel niet voldoende noodzaak voor deze investering, omdat uit de KCD 2017 van TenneT naar voren komt, dat in de kop van Noord-Holland geen dusdanige knelpunten in het netwerk zijn of worden verwacht dat er een verzwaring naar een 380 kV-netwerk noodzakelijk is. **PM<vergelijking kosten opnemen tussen 380 kV-verbinding naar Den Helder en de opties aansluiting IJver op huidige 380 kV net door TenneT>** Wel vindt er netuitbreiding plaats met de realisatie van 150 kV-station Middenmeer en de verbindingen Anna Paulowna – Middenmeer en Middenmeer – Westwoud. Verder wordt een verzwaring voorzien van de 150 kV-verbinding Velsen-Beverwijk-Oterleek.
- 2) Een tweede optie kan zijn om Den Helder te beschouwen als een (stand alone) 'klantaansluiting'. Het is de vraag of dit mogelijk en wenselijk is. Dit betekent dat vraag en aanbod van elektriciteit exact op elkaar wordt afgestemd. Zoals beschreven in paragraaf 9.1.2.6 is dat dit geen realistische optie omdat het ongewenst is dat een windpark en de afnemer(s) zo sterk van elkaar afhankelijk zijn.

Belangrijkste punt om Den Helder niet als aansluitpunt te hanteren is het ontbreken van een 380 kV-hoogspanningsnet in het noorden van Noord-Holland. Het 150 kV-net loopt tot 150 kV-station Anna Paulowna. Het dichtstbijzijnde 380 kV-station is station Beverwijk. Een 150 kV-verbinding heeft onvoldoende capaciteit om één verbinding van 1,3 GW voor IJmuiden Ver aan te sluiten. Een belangrijke randvoorwaarde voor TenneT als netbeheerder bij netverzwaring is doelmatigheid. De nut en noodzaak voor de realisatie van een nieuwe 380 kV-verbinding moet aangetoond worden doordat er een groeiende vraag is die niet opgevangen kan worden door het huidige net. Hier is onvoldoende sprake van in de regio Den Helder; er is een grotere vraagtoename nodig.

2.4.4 Delfzijl

Vanuit de regioessie is gevraagd om te kijken naar een aansluiting van een gelijkstroomverbinding naar Delfzijl. Dit is gevraagd om de vergroening van waterstofproductie te faciliteren en daarmee te versnellen.

Het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden wordt gerealiseerd met een wisselstroomverbinding (zie paragraaf 5.1) en aangesloten op een bestaand 220- of 380 kV-station. Hiervoor is gekozen vanuit de laagst mogelijke kosten voor het realiseren van het net op zee. De schaal (700MW van windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden) leent zich niet voor een kostenefficiënte aansluiting op basis van gelijkstroom.

IJmuiden Ver wordt wel gerealiseerd op basis van gelijkstroom. Locatie Eemshaven (of Delfzijl) ligt echter (met Maasbracht) het verste weg van alle Nederlandse 380 kV-stations. Het is dan niet logisch om een

gelijkstroomverbinding rechtstreeks vanaf een windenergiegebied naar Delfzijl aan te leggen. Het is de vraag of een rechtstreekse aansluiting kostenefficiënter is dan gebruik te maken van een aansluiting op het bestaande landelijke hoogspanningsnet om gelijkstroom te leveren. Dit is echter in het kader van deze studie nu niet nader onderzocht. TenneT is momenteel bezig om met Groningen Sea Ports (GSP) een studie te doen naar kansrijkheid van een gelijkstroomnetwerk. Conclusies uit deze studie worden in deze verkenning meegenomen.

2.5 Overwegingen niet-conventionele opties

Conventionele opties meest realistisch tot 2030

Een belangrijke constatering is dat de energie afkomstig uit de windenergiegebieden van de Routekaart 2030 (Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden, IJmuiden Ver) op een conventionele manier is af te voeren. Daarmee is het niet noodzakelijk om niet-conventionele opties tot 2030 in te zetten voor de afvoer van de windenergie uit de genoemde windenergiegebieden. Een conventionele aansluiting geniet de voorkeur vanuit kosten en leveringszekerheid.

Echter met het oog op de verwachte toename in de toekomstige vraag naar elektriciteit uit hernieuwbare energie en daarmee verbonden de toename van dag- en seizoen afhankelijke fluctuaties in het aanbod ervan, is naast de conventionele opties gekeken naar opties waarmee op een andere wijze de op zee opgewekte windenergie afgevoerd, gedistribueerd of tijdelijk opgeslagen kan worden. Onder de noemer 'niet-conventioneel' is onderzocht in hoeverre deze opties realistisch, wenselijk en haalbaar zijn voor de afvoer en distributie van de elektriciteit van de drie windenergiegebieden tussen 2024 en 2030.

Onderzochte niet-conventionele opties

De volgende niet-conventionele opties zijn meegenomen in de beschouwing van niet conventionele opties.

1. Productie van groen waterstof op zee;
2. Productie van groen waterstof aan land;
3. Tijdelijke opslag van elektriciteit;
4. Toename van de vraag naar elektriciteit aan de Nederlandse kust;
5. Het maken van afspraken met producenten om de productie aan te passen aan de capaciteit van het landelijk hoogspanningsnet.

Conclusies niet-conventionele opties

Voor zowel de optie waterstof (voornamelijk op land) als de optie opslag geldt dat er voor deze technieken grote ontwikkelingen te verwachten zijn. Vanuit de markt wordt op dit moment gevraagd om deze ontwikkelingen vanuit de overheid mede te faciliteren. Dit is onder meer verwoord in het Voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord. Op dit moment wordt verwacht dat de opties na 2030 een belangrijke rol gaan spelen; op dit moment is het nog niet mogelijk deze technieken grootschalig en kosteneffectief toe te passen. TenneT geeft in haar KCD 2017 ook aan dat, als er hogere volumes (dan 10 GW) aan windenergie ontsloten dienen te worden, er parallel aan aansluitingen op het net niet-conventionele technieken verder ontwikkeld moeten worden.

De industrietafel bij het Klimaatakkoord geeft aan dat voor de industrie elektrificatie mogelijkheden biedt voor vergaande emissiereductie, mits die elektriciteit duurzaam wordt opgewekt. Binnen de scope van deze verkenning is momenteel de conclusie dat het doelmatiger is om de duurzame opgewekte windenergie met een conventionele optie aan te sluiten op het net en op die manier de vraag naar duurzame energie in te vullen. Meer elektrificatie aan de kust, afstemming van elektriciteitsproductie en -consumptie en directe klantaansluitingen hebben daardoor momenteel geen voorkeur als optie.

3 CONCLUSIES

Leeswijzer

In deze conclusie van de samenvatting wordt de beoordeling achtereenvolgend voor het windenergiegebied Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver gepresenteerd.

3.1 Conclusie Hollandse Kust (west)

De uitgebreide beoordeling en achtergrond daarbij is te vinden in hoofdstuk 6.

De meest kansrijke tracéopties op basis van **milieu op zee** zijn de tracéopties naar Vijfhuizen (HKW-VHZ 1 en HKW-VHZ 2) omdat deze ten opzichte van de andere opties alleen de separatiezone en VSS kruisen. De minst geschikte optie is HKW-MVL2, omdat deze het langste tracé heeft, de VSS, het Natura 2000-gebied Voordelta, een schelpenwingsgebied én een separatiezone kruist.

Bij **milieu op land** gaan de drie tracéopties naar Beverwijk door Natura 2000-gebied Noord-Hollands Duinreservaat en de primaire waterkering Zandige Kust Zuid. De tracéopties naar Maasvlakte kruisen de primaire waterkering Zeewering en ongeveer 1 km brakwatergebied. De Zeewering is geen primaire waterkering, maar wordt als zodanig behandeld. De tracéopties naar Vijfhuizen en Wateringen zijn het minst kansrijk voor milieu op land, vooral omdat deze, naast een aantal andere beschermde gebieden, door dichtbebouwd gebied gaan.

Vanuit **(energie)techniek** zijn alle tracéopties kansrijk omdat alle stations voldoende capaciteit hebben om het vermogen van het windenergiegebied aan te sluiten en er door het aansluiten van het windenergiegebied geen knelpunten ontstaan in het achterliggende hoogspanningsnetwerk.

Vanuit **kosten** is de tracéoptie HKW-BVW 3 de goedkoopste en is HKW-MVL 2 de duurste optie. De andere tracéopties liggen qua kosten dicht bij elkaar.

Voor **toekomstvastheid** zijn de tracés HKW-MVL 1 en 2 het meest gunstig, omdat er weliswaar invloed is op een tracéoptie vanuit een ander windenergiegebied (dat is bij elk tracé het geval), maar er is fysieke ruimte op de Maasvlakte voor twee transformatorstations en dat is bij geen enkel andere optie het geval.

Indien alle thema's worden opgeteld en indien elk thema even zwaar meetelt, dan ontstaat het beeld dat de tracéopties HKW-BVW 3 en HKN-MVL 1 het meest kansrijk zijn (groen in de onderstaande figuur) en de tracéoptie HKW-MVL 2 het minst kansrijk is (rood in de onderstaande figuur). De overige tracéopties zijn oranje in Figuur 3-1. Er zijn geen showstoppers voor de tracés. Het even zwaar meetellen van elk thema is hier alleen gedaan om inzicht te geven hoe opties gescoord kunnen worden. Er kunnen redenen zijn om een ander gewicht te hangen aan de thema's. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolprocedure.



Figuur 3-1 Kansrijkheid opties Hollandse Kust (west). Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tussenliggende opties zijn oranje.

3.2 Conclusie Ten Noorden van de Waddeneilanden

De uitgebreide beoordeling en achtergrond daarbij is te vinden in hoofdstuk 7.

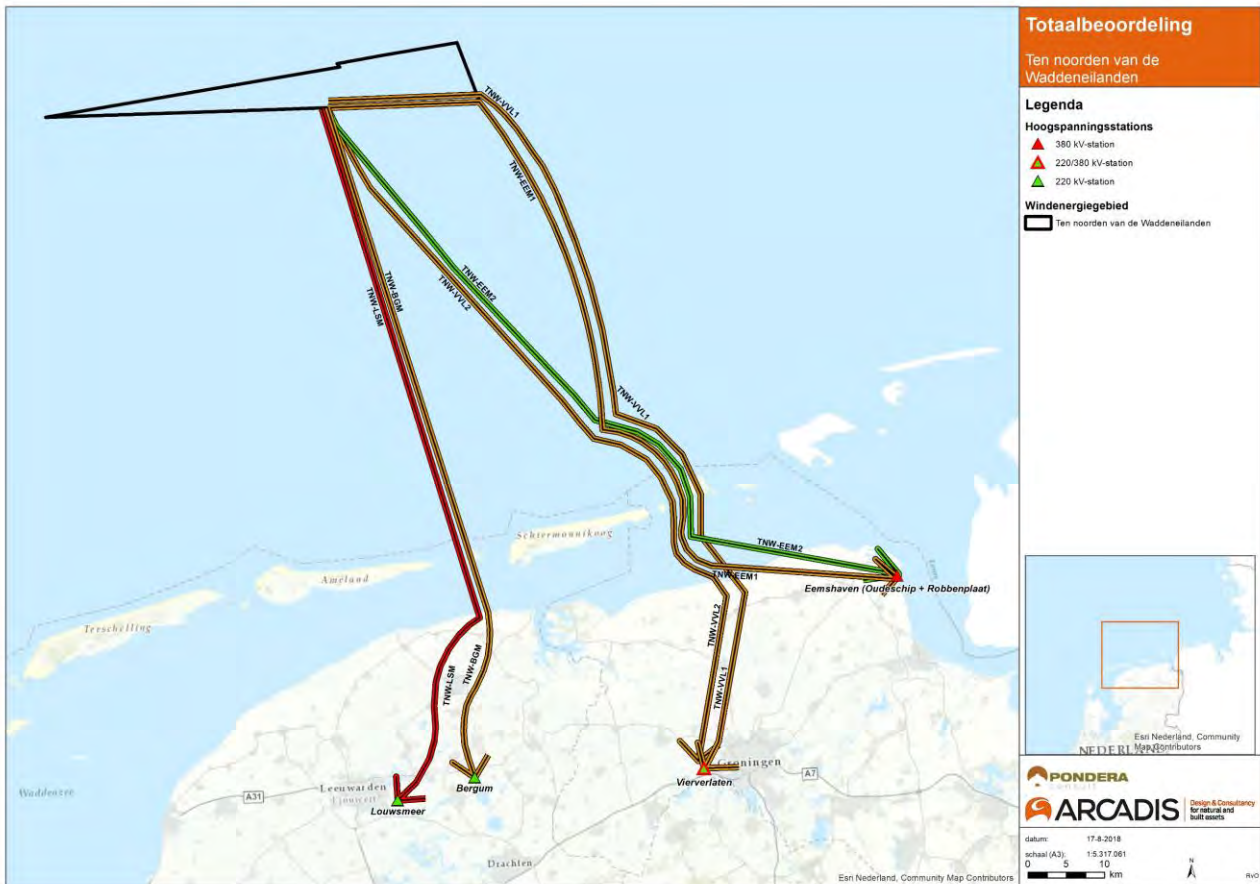
De meest kansrijke tracéopties op basis van **milieu op zee** zijn TNW-EEM 2 en TNW-VVL 2 omdat deze relatief kort zijn en de minste doorsnijding kennen met de verschillende criteria. De minst kansrijke tracéopties voor het aspect milieu op zee zijn die naar Bergum (TNW-BGM) en Louwsmeer (TNW-LSM), omdat ze door of dicht langs het Rif en artikel 20⁷ gebieden gaan. Voor **milieu op land** zijn de twee tracés naar Eemshaven (TNW-EEM 1 en 2) het meest kansrijk en het tracé naar Louwsmeer (TNW-LSM) het minst kansrijk. Voornamelijk omdat dit laatste tracé kilometers door veenweidegebied gaat, hetgeen zeer zettingsgevoelig is en zetting schade kan veroorzaken aan de kabels. Het tracé naar Bergum gaat in vergelijking met het tracé naar Louwsmeer door Nationaal landschap, maar dat is in de beoordeling minder zwaar meegenomen dan het kruisen van veenweidegebied, temeer omdat de kabels ondergronds komen te liggen en dan niet of nauwelijks meer een impact hebben op het landschap.

Vanuit **(energie)techniek** zijn alle tracéopties kansrijk omdat alle stations voldoende capaciteit hebben om het vermogen van het windenergiegebied aan te sluiten en er door het aansluiten van het windenergiegebied geen knelpunten ontstaan in het achterliggende hoogspanningsnetwerk.

⁷ Dit betekent dat het gebied voor een deel of het gehele jaar gesloten is voor menselijke activiteiten. Indien dit gebied gedeeltelijk opengesteld is gelden dezelfde eisen voor kruisen als in overige delen van de Waddenzee. Voor tracés die dit gebied doorkruisen is het wel noodzakelijk nader onderzoek te doen naar de mogelijkheden om dit te realiseren.

Vanuit **kosten** zijn het tracé TNW-BGM het goedkoopste en zijn de tracés TNW-EEM 1 EN TNW-VVL 1 naar verwachting de duurste opties. Vanuit **toekomstvastheid** bestaat er geen voorkeur voor de tracéopties.

Indien alle thema's worden opgeteld en indien elk thema even zwaar meetelt, dan ontstaat het beeld dat de tracéoptie TNW-EEM 2 het meest kansrijk is (groen in de onderstaande figuur) en de tracéoptie TNW-LSM het minst kansrijk is (rood in de onderstaande figuur). De overige tracéopties zijn oranje in Figuur 3-2. Er zijn geen showstoppers voor de tracés. Het even zwaar meetellen van elk thema is hier alleen gedaan om inzicht te geven hoe opties gescoord kunnen worden. Er kunnen redenen zijn om een ander gewicht te hangen aan de thema's. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolgprocedure.



Figuur 3-2 Kansrijkheid opties Ten noorden van de Waddeneilanden. De meest kansrijke optie is groen. De minst kansrijke opties is rood. Tussenvallende opties zijn oranje.

3.3 Conclusie IJmuiden Ver

PM: in deze conclusie is het tracé Rilland 2 nog niet verwerkt. In de afwegingsnotitie zal dit wel opgenomen zijn.

De uitgebreide beoordeling en achtergrond daarbij is te vinden in hoofdstuk 8.

De meest geschikte tracéoptie op basis van **milieu op zee** is IJV-VHZ 1. Dit komt met name omdat er geen Natura 2000-gebied wordt doorkruist en het een relatief kort tracé is. De tracés met grotere lengte zijn minder kansrijk, omdat zij automatisch ook over grotere lengte verschillende criteria doorkruisen. Dit zijn IJV-MVL 2 en de zuidelijke tracés naar Geertruidenberg, Borssele en Rilland. De tracés naar Geertruidenberg, Borssele en Rilland scoren rood omdat er veel criteria doorkruist worden (onder andere Natura 2000, winningsvergunning schelpenwinning, aanloopgebied Scheldemonden). Met name IJV-BSL 2 heeft grote aandachtspunten met tweemaal kruisen van de vaargeul en de krapte tussen ankergebieden.

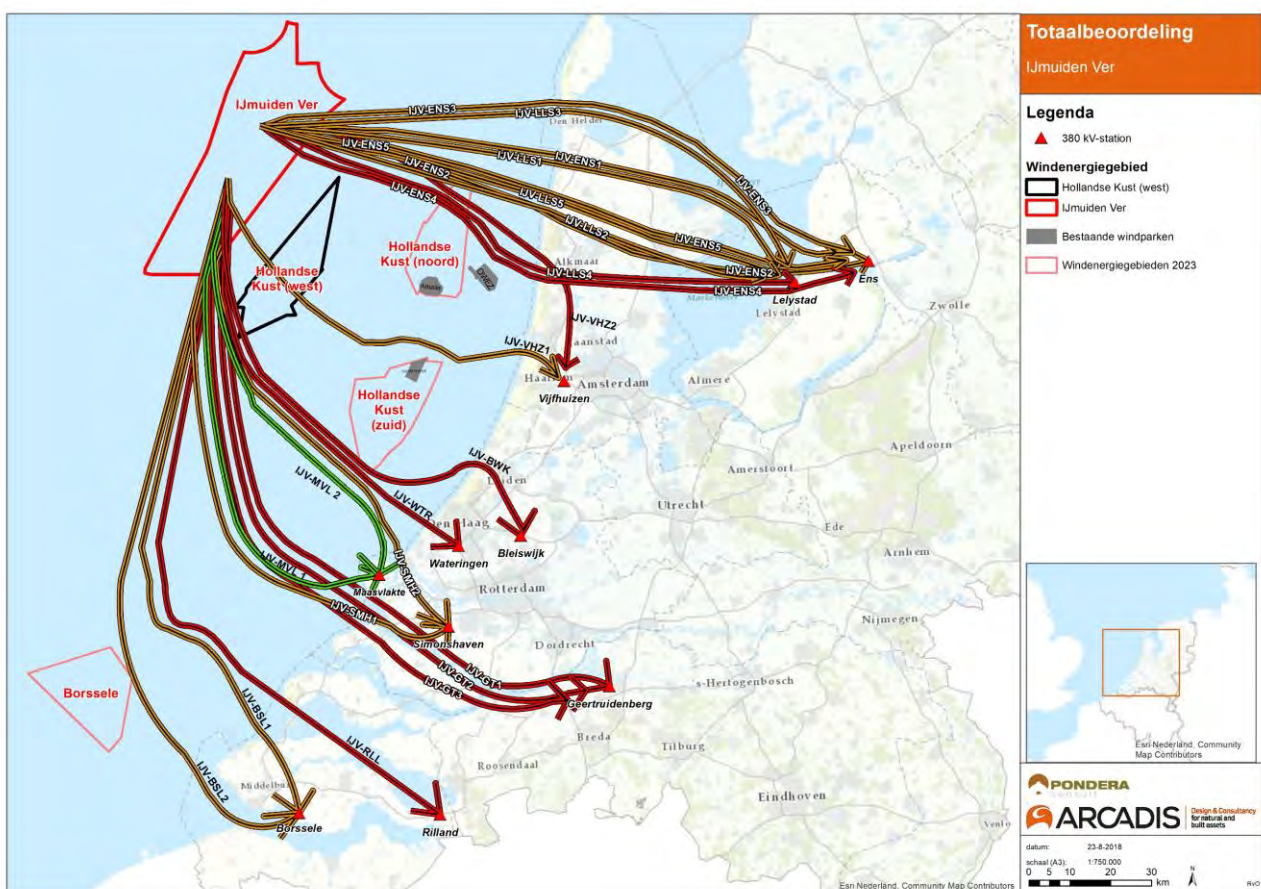
Voor **milieu op land** zijn de twee tracés naar Maasvlakte (MVL 1 MVL 2) en Borssele 2 het meest geschikt. Voor de tracés naar de Maasvlakte en Borssele 2 hoeft geen Natura 2000-gebied op land gekruist te worden. De tracés naar Vijfhuizen, IJM-ENS 4, IJM-LLS4 en IJV-BWK worden als minst geschikt beoordeeld omdat deze tracés diverse criteria op land doorsnijden.

Vanuit **(energie)techniek** zijn de tracéopties naar Geertruidenberg, Borssele en Rilland het meest geschikt doordat aansluiting op deze stations de kans op knelpunten op het netwerk verkleinen. Het tracé naar Wateringen is minder geschikt omdat aansluiten op dit station de kans op congestie op het netwerk vergroot en er slechts ruimte op het station is voor 1x1,3 GW en niet voor 1x2 GW. De overige stations hebben ook te verwachten knelpunten op het netwerk, maar wel ruimte voor 1x2 of 2x1,3 GW op het station.

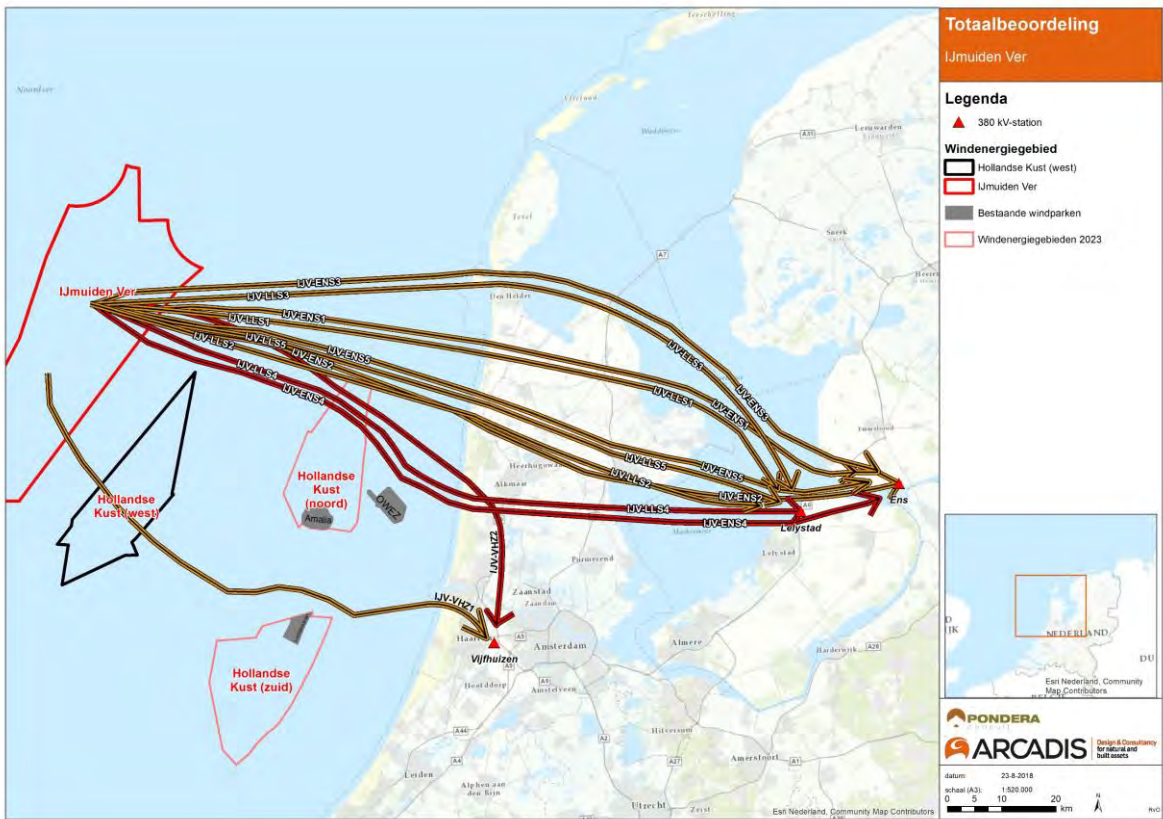
Vanuit het aspect **kosten** zijn de tracéopties naar Vijfhuizen, Maasvlakte of Wateringen het meest gunstig en zijn de tracés naar Borssele 2, Geertruidenberg en Rilland naar verwachting het minst aantrekkelijk. Dit heeft vooral met lengte van de tracés te maken.

Vanuit **toekomstvastheid** zijn de tracéopties naar Ens, Lelystad, Maasvlakte, Simonshaven, Bleiswijk, Geertruidenberg, Borssele en Rilland het meest geschikt en scoren de tracéopties naar Vijfhuizen en Wateringen minder goed, omdat er niet of nauwelijks fysieke ruimte voor een extra tracé op land is.

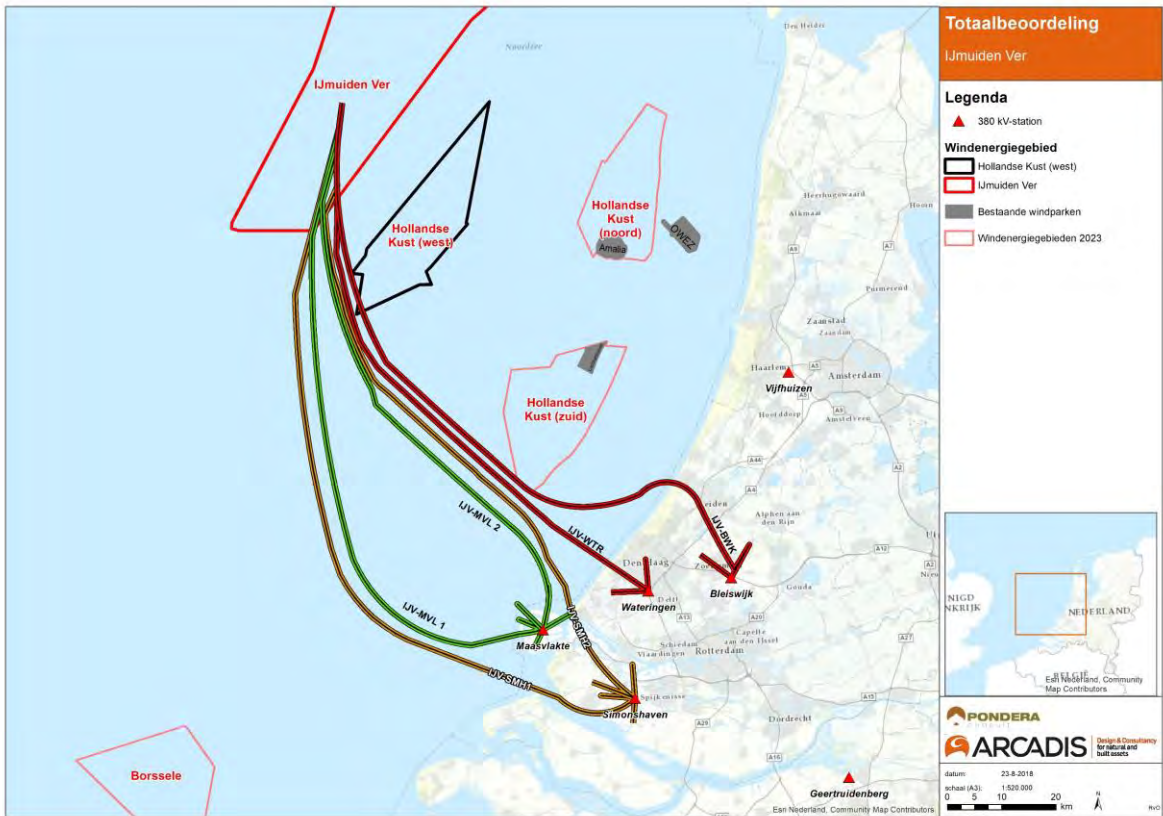
Indien alle thema's worden opgeteld en indien elk thema even zwaar meetelt, dan ontstaat het beeld dat de tracéopties tracé IJV-MVL 1 en IJV-MVL 2 het meest kansrijk zijn en de tracéopties ENS-4, LLS-4, VHZ-2, BWK, WTR, GT 1-3 en RLL1 het minst kansrijk zijn. De overige tracés scoren net iets minder dan IJV-MVL 1 en 2, maar beter dan de slechtst scorende tracés. Het even zwaar meetellen van elk thema is hier alleen gedaan om inzicht te geven hoe opties gescoord kunnen worden. Er kunnen redenen zijn om een ander gewicht te hangen aan de thema's. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolprocedure.



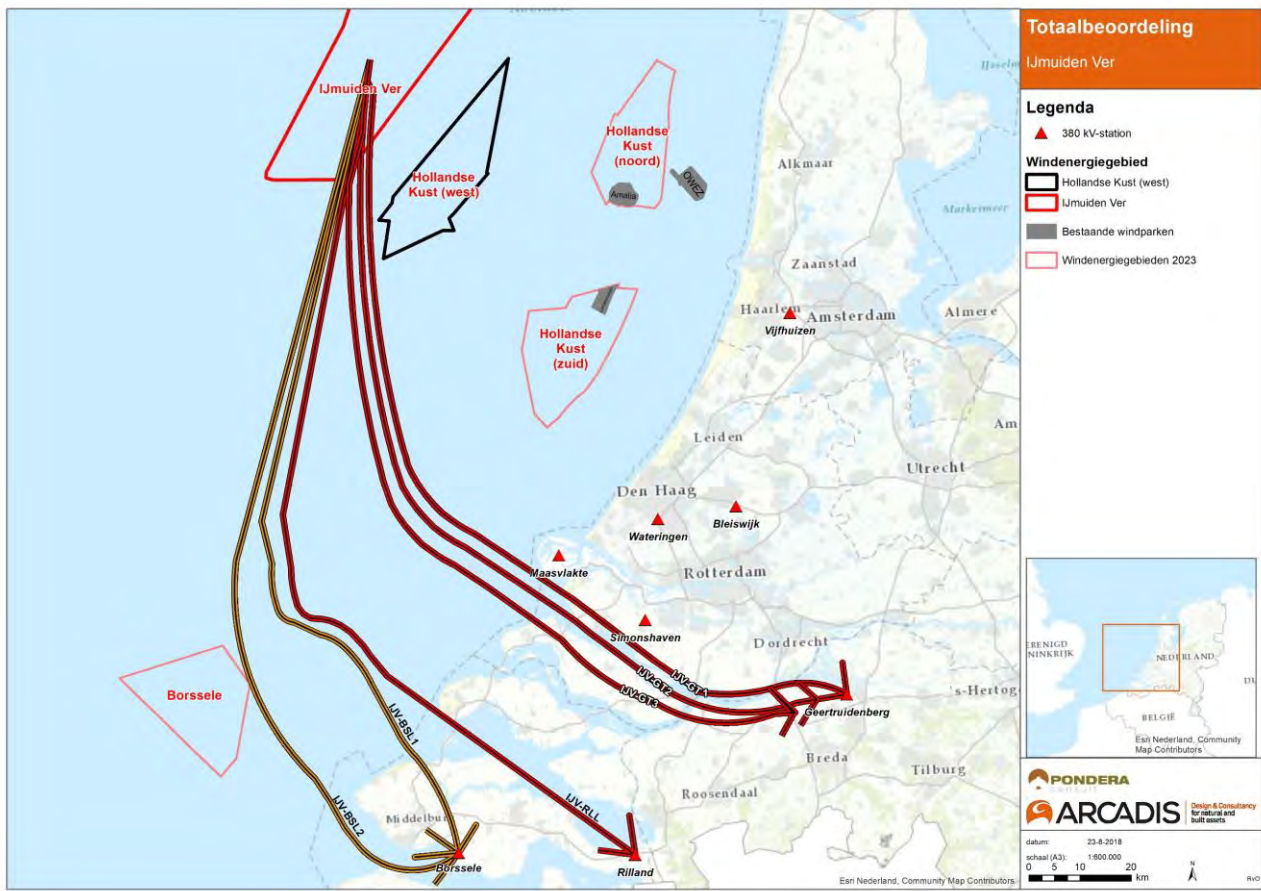
Figuur 3-3 Totaalbeoordeling van de verschillende tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tussentijdse opties zijn oranje. **PM: in deze figuur is het tracé naar Rilland 2 nog niet verwerkt.**



Figuur 3-4 Totaalbeoordeling van de verschillende noordelijke tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tussenliggende opties zijn oranje.



Figuur 3-5 Totaalbeoordeling van de verschillende midden tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tussenliggende opties zijn oranje.



Figuur 3-6 Totaalbeoordeling van de verschillende zuidelijke tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tusseliggende opties zijn oranje. **PM: in deze figuur is het tracé naar Rilland 2 nog niet verwerkt.**

DEEL B TUSSENTIJDSE NOTITIE

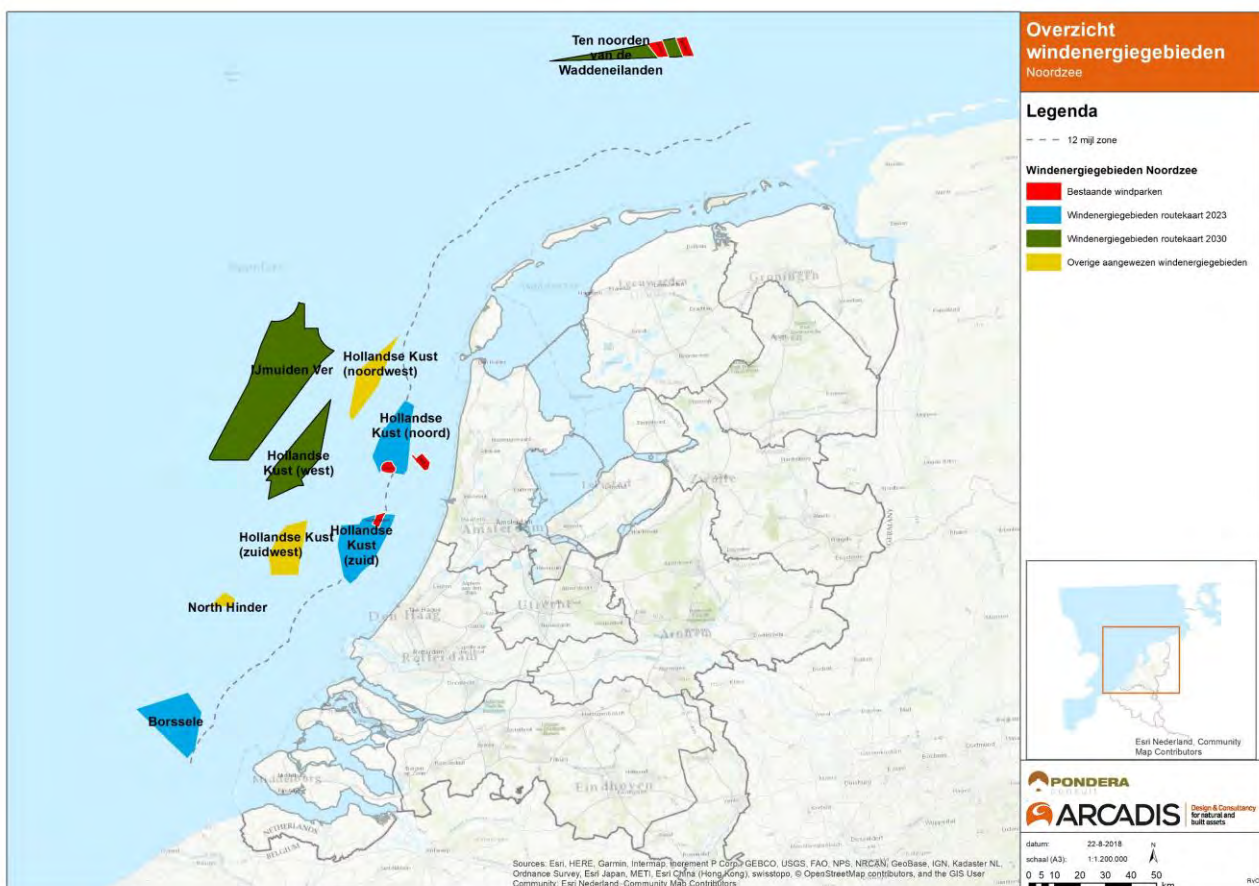
4 PROJECTOMSCHRIJVING

Leeswijzer

Voor u ligt de tussentijdse notitie 'Verkenning aanlanding netten op zee 2030'. In deze verkenning staat centraal welke opties het meest kansrijk zijn voor de afvoer van opgewekte elektriciteit in de windparken in de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), IJmuiden Ver en Ten noorden van de Waddeneilanden. In het onderstaande hoofdstuk staat de projectomschrijving met daarin de aanleiding, de centrale vraag, de drie stappen van deze verkenning en het kader. Hoofdstuk 5 gaat over de afbakening van deze verkenning en geeft het beoordelingskader en de traceringsopties weer. In hoofdstuk 6, 7 en 8 worden de conventionele opties respectievelijk voor windenergiegebied Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver beschreven. Hoofdstuk 9 tenslotte bevat de niet-conventionele opties die zijn beschouwd.

4.1 Aanleiding: Routekaart 2030

Op 27 maart 2018 is de 'Routekaart windenergie op zee 2030' toegestuurd aan de Tweede Kamer.⁸ Deze routekaart betreft de ontwikkeling van 7 gigawatt (GW) windenergie op zee in de periode tussen 2024-2030. Daarvan is 6,1 GW voorzien in de in het Nationaal Waterplan 2016-2021 aangewezen windenergiegebieden Hollandse Kust (west), IJmuiden Ver en Ten noorden van de Waddeneilanden. Voor de resterende 0,9 GW neemt het kabinet op een later tijdstip een besluit.



Figuur 4-1 Kaart met bestaande windparken (in rood), windenergiegebieden van de routekaart 2023 (in blauw), windenergiegebieden van de routekaart 2030 (in groen) en overige al aangewezen windenergiegebieden (in geel).

⁸ (<https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2018/03/27/kabinet-maakt-plannen-bekend-voor-windparken-op-zee-2024-2030>)

Om de windparken te kunnen realiseren zijn kavelbesluiten en vergunningen nodig voor de windparken en een inpassingsplan voor de netten op zee. Om een goede start te maken met de procedures voor de kavelbesluiten en de netten op zee voor de eerste 6,1 GW, dient in het najaar van 2018 een vijftal projecten in samenhang te worden afgerond:

- Verkaveling van de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver in kavels voor de windparken;
- De keuze voor eiland of platforms IJmuiden Ver;
- Verkenning aanlanding netten op zee 2030;
- Update van het kader ecologie en cumulatie (KEC) naar aanleiding van de routekaart 2030;
- Update van het ontwikkelkader windenergie op zee.

4.2 Centrale vraag en aanpak

De **centrale vraag** in deze verkenning is welke opties het meest kansrijk zijn voor de afvoer van grootschalige windenergie uit de gebieden Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver tussen 2024 en 2030. De opties betreffen zowel **conventionele opties** als **niet-conventionele opties**.

Conventioneel en niet-conventioneel

In deze verkenning wordt onder conventionele opties verstaan: een gelijk- of wisselstroomverbinding die het / de windpark(en) in het windenergiegebied via een convertor-/transformatorstation aansluit op het landelijke hoogspanningsnet. Het gaat hierbij zowel om het deel (windpark in het windenergiegebied) op zee tot aan de kust als het deel vanaf de kust (aanlanding) tot aan de aansluiting op het landelijke hoogspanningsnet. Onder niet-conventioneel wordt in deze verkenning verstaan: het omzetten van de opgewekte windenergie in waterstof op zee of in havens, de inzet van elektrificatie van de industrie, de inzet van opslag en het afstemmen van productie en consumptie van elektriciteit op de capaciteit van het elektriciteitsnet voor de afvoer van windenergie.

Deze verkenning heeft tot **doel** het bieden van een basis voor de verdere ('RCR' oftewel Rijkscoördinatieregeling)-procedure die nodig is voor de aansluiting van de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver tussen 2024 en 2030. Het gaat hierbij om:

- 0,7 GW windenergie opgesteld vermogen gebied Hollandse Kust (west)⁹;
- 0,7 GW windenergie opgesteld vermogen gebied Ten noorden van de Waddeneilanden;
- 4 GW windenergie opgesteld vermogen gebied IJmuiden Ver.

In de toekomstige omgevingswet wordt opgenomen dat een verkenning wordt gedaan voorafgaande aan besluitvorming om reële opties te selecteren en hierover in gesprek te gaan met de omgeving. Dat vindt plaats in de procedure voor de milieueffectrapportage (m.e.r.). Deze verkenning wordt nog voor de m.e.r. uitgevoerd. De verkenning gebeurt door het selecteren van kansrijke opties door middel van een trechterproces in drie stappen. Er wordt per aansluitpunt een RCR-procedure gestart, in het MER worden per aansluitpunt verschillende opties voor aansluiting onderzocht om tot een voorkeursalternatief te komen. Een belangrijk kenmerk in de aanpak van de verkenning is dat het effectenonderzoek in samenspraak plaatsvindt met de omgeving (overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties nabij de aanlandstations).

⁹ Hollandse Kust (west) heeft een capaciteit van 1,4 GW. 0,7 GW vormt onderdeel van de lopende RCR-procedure net op zee Hollandse Kust (noord) en (west Alpha).

Disclaimer

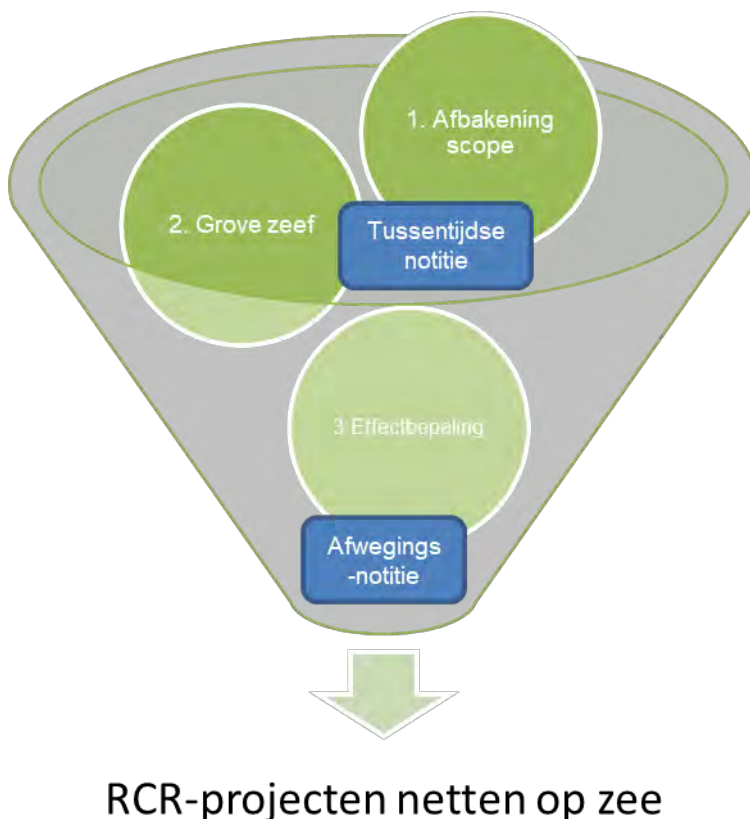
Deze verkenning is voor een belangrijk deel gericht op het selecteren van kansrijke locaties voor het aan land brengen van elektriciteit. In de vervolgfase van de besluitvorming zal per verbinding een Milieu Effect Rapport (MER) worden opgesteld. Daarbij zullen per aansluitlocatie verschillende tracé alternatieven worden onderzocht om uiteindelijk te komen tot het meest optimale tracé voor het aan land brengen van elektriciteit.

4.3 Drie stappen verkenning

De verkenning bestaat uit drie stappen:

- Als eerste wordt aangegeven welke opties worden genomen in de effectbepaling. Tevens worden de motieven weergegeven waarom van bepaalde opties de effecten niet worden bepaald. Dit heet afbakening van de scope (hoofdstuk 5 voor conventioneel en paragraaf 9.1 voor niet conventioneel).
- Daarna worden door een globale effectbepaling op basis van een beperkt aantal onderscheidende aspecten vanuit milieu, kosten, (energie)techniek, toekomstvastheid en omgeving de meest kansrijke opties geselecteerd. Dit is de zogenoemde grove zeef (hoofdstuk 6, 7 en 8 voor conventioneel en paragraaf 9.2 voor niet conventioneel).
- De derde stap is de nadere effectbepaling waarin op de overgebleven opties wordt ingezoomd. Hierbij worden de opties verder beoordeeld op een reeks van onderscheidende aspecten (milieu, techniek, omgeving, kosten, toekomstvastheid). Deze stap is geen onderdeel van deze tussentijdse notitie en wordt daarna uitgevoerd.

De drie stappen van de verkenning zijn in de onderstaande afbeelding weergegeven.



Figuur 4-2 Drie stappen effectenonderzoek verkenning.

Parallel aan de stappen 1 tot en met 3 vinden regiobijeenkomsten plaats, waarbij de omgeving in de gelegenheid wordt gesteld om input te geven in het proces. De tussentijdse notitie die nu voor u ligt vormt de input voor een gesprek met betrokken partijen in de regio. Het doel hiervan is om deze eerste resultaten van de verkenning gezamenlijk te toetsen en aan te scherpen. Na afloop van de gesprekken kunnen de eerste resultaten worden aangepast of aangescherpt en wordt dit meegenomen wanneer de afwegingsnotitie wordt opgesteld.

Er is momenteel nog een aantal **onzekerheden** rondom deze verkenning:

- Over de resterende 0,9 GW van de Routekaart 2030 besluit het kabinet in de toekomst;
- Wel of geen klein eiland in windenergiegebied IJmuiden Ver;
- Twee of drie kabelsystemen vanuit windenergiegebied IJmuiden Ver;
- Eind 2018 worden de uitkomsten van het Klimaatakkoord verwacht (hoofddijnen op 10 juli 2018 bekend gemaakt) die betrekking hebben op:
 - grote ambities rond waterstof en elektrificatie
 - extra ambitie voor duurzame energie opwek tot 2030
 - snelheid van elektrificatie industrie en maatschappij

Met deze onzekerheden moet rekening worden gehouden bij het trekken van conclusies in deze verkenning.

4.4 Kader: tijdpad en klimaatakkoord op hoofdlijnen

4.4.1 Tijdpad voor de afvoer van de windenergiegebieden tot 2030

In deze paragraaf wordt beschreven wat de doorlooptijd is van start van de RCR-procedure tot aan realisatie van de windparken en bijbehorende netten op zee tot 2030. Dit vormt een belangrijke randvoorwaarde omdat het van belang is te weten of aansluitopties vanuit oogpunt van tijd kansrijk zijn voor de afvoer van windenergie uit die gebieden.

In de 'Routekaart windenergie op zee 2030' is voor de doorlooptijd tussen het afgeven van de vergunningen en vaststellen inpassingsplan tot aan ingebruikname een indicatie gegeven van vier jaar. Daarnaast leert de ervaring dat voorafgaand daaraan circa twee jaar nodig is voordat een vergunning afgegeven en inpassingsplan vastgesteld kan worden. In die twee jaar wordt ook duidelijk welke optie gekozen wordt voor de afvoer van de elektriciteit uit het windenergiegebied. Dat betekent dat er circa zes jaar zit tussen de start van de RCR-procedure en de ingebruikname. Deze periode is nodig om een goed proces te kunnen doorlopen en voldoende tijd te hebben voor onderzoek en omgevingsmanagement, besluitvorming en aanleg. Indien een tracé verder landinwaarts wordt gekozen zal er waarschijnlijk een langere doorlooptijd dan 6 jaar benodigd zijn. Voor IJmuiden Ver geldt ook dat er een langere doorlooptijd benodigd is vanwege meerdere tracés. Hierdoor kan het zijn dat de RCR-procedures tegelijkertijd starten maar een andere doorlooptijd hebben. Dit betekent, gebaseerd op de Routekaart 2030, voor:

- Hollandse Kust (west Beta): ingebruikname 2024/2025 betekent start RCR-procedure in 2018/2019;
- Ten noorden van de Waddeneilanden: ingebruikname 2026 betekent start RCR-procedure in 2019;
- IJmuiden Ver: gezien de ingebruikname 2027 t/m 2030, de omvang en de grotere complexiteit is start RCR-procedure zo snel mogelijk in 2019 gewenst. Gezien de langere aanlooptijd, kan het mogelijk zijn om opties in 2019 en 2020 in te brengen in de procedure.

Toelichting te doorlopen stappen tot in gebruik name

De volgende stap in het proces betreft formele besluitvorming over een inpassingsplan en vergunningen. Daarvoor wordt de Rijkscoördinatieprocedure (RCR-procedure) gevolgd. Deze geven we vorm in de geest van de Omgevingswet, waarbij achtereenvolgens de volgende stappen worden doorlopen:

- Het opstellen van een kennisgeving en een participatieplan met een concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau waarin wordt aangegeven welke opties op welke wijze en met welk detailniveau worden onderzocht en hoe de betrokkenheid van belanghebbenden zal worden vormgegeven tijdens het besluitvormingsproces;
- Onderzoek in de vorm van een milieueffectrapport (MER);
- Het vaststellen van een voorkeursalternatief en het vastleggen ervan in een inpassingsplan en benodigde vergunningen; het inpassingsplan maakt het net op zee ruimtelijk mogelijk;
- Mogelijke beroepsprocedure;
- Onderzoeken ter voorbereiding van de daadwerkelijke aanleg, denk daarbij bijvoorbeeld aan bodemonderzoek voor de installatie in zee;

Gedurende dit gehele proces wordt wederom de omgeving betrokken. Niet alleen op formele momenten, zoals het indienen van zienswijzen als de producten ter inzage liggen, maar juist ook voorafgaand aan keuzemomenten. De betrokkenheid van de omgeving wordt vastgelegd in een participatieplan.

4.4.2 Hoofdpijnen van het klimaatakkoord

In het 'Voorstel voor hoofdpijnen van het klimaatakkoord' van 10 juli 2018 zijn de hoofdpijnen geformuleerd van een toekomstbestendig klimaatbeleid, dat de Nederlandse CO₂-uitstoot in 2030 fors terugdringt naar tenminste 49% ten opzichte van 1990. Gelet op de Nederlandse inzet in de Europese Unie om 55% CO₂ reductie te realiseren in 2030, is er daarnaast gewerkt aan de opdracht ook voor deze extra opgave voorstellen te ontwikkelen. Momenteel rekenen de planbureaus PBL en CPB de plannen door, dit moet zicht geven op de verwachte CO₂-reductie van de voorgestelde maatregelen en instrumentering. De doorrekening kan leiden tot een bevestiging of herziening van de voorstellen, maar kan partijen ook helpen in het maken van keuzes. De verwachting is dat er eind 2018 een klimaatakkoord ligt.

De werkdocumenten van vijf sectortafels (gebouwde omgeving, industrie, landbouw en landgebruik, mobiliteit en elektriciteit) hebben de basis gevormd voor het Voorstel voor hoofdpijnen. De belangrijkste aanknopingspunten uit het voorstel voor deze verkenning, zijn:

Sectortafel elektriciteit:

- Transitie naar een CO₂-vrij elektriciteitssysteem door versnelling van de omslag van fossiele bronnen naar hernieuwbare opwekking.
- Wind op zee: 49 TWh (ongeveer 11,5 GW) in productie in bestaande en nieuwe parken. Plannen voor verdere opschaling worden voorbereid en overwogen als de vraag naar elektriciteit uit sectoren (extra) toeneemt. De overheid zal in 2020 extra gebieden op zee aanwijzen.
- Systeemintegratie: er wordt voorzien dat hernieuwbaar opgewekte elektriciteit gebruikt gaat worden voor (hoge temperatuur-) warmte in met name de industrie (power- to-heat). Ook zal op termijn in toenemende mate omzetting plaatsvinden van elektronen naar duurzame moleculen (power-to-X), voor transport, opslag of als grondstof in industriële processen.
- Aan de elektriciteitstafel worden ruimtelijke principes gehanteerd voor de weging van maatregelen, waaronder zuinig en zoveel mogelijk meervoudig ruimtegebruik, dicht bij elkaar brengen van vraag en aanbod, en het combineren van opgaven.
- Er is een noodzaak voor een gebiedsspecifieke aanpak.

Sectortafel Industrie

- Transitie naar een circulaire industrie die blijvend internationaal concurreert en waar de uitstoot van broeikasgassen nagenoeg nul is. Elektrificatie, efficiëntie van processen en warmtegebruik en circulair gebruik van grondstoffen zijn de grote thema's. Carbon Capture and Storage (CCS) wordt als noodzakelijke maatregel geacht om als tussenoplossing de doelen voor 2030 te halen. CCS is het afvangen van de CO₂ uitstoot en dit (ondergronds) opslaan.

Overstijgende thema's

- Er is intensief is gesproken over het te verwachten tempo van elektrificatie¹⁰. Voor de industrie, de gebouwde omgeving en de mobiliteitssector biedt elektrificatie mogelijkheden voor vergaande emissiereductie, mits die elektriciteit duurzaam wordt opgewekt.
- Waterstof vormt een belangrijk thema waarop het te sluiten Klimaatakkoord voor versnelling moet gaan zorgen. Partijen voorzien een brede benutting van groene waterstof¹¹ als energiedrager voor mobiliteit en transport, in de industrie en de energiesector en mogelijk ook in de gebouwde omgeving. De verwachting is dat de toepassing van waterstof als grondstof in de industrie en als energiedrager vooral na 2030 tot opschaling zal komen. Het voorstel is om met een programmatische aanpak de ontwikkeling en uitrol van groen waterstof te versnellen.
- De ruimtelijke dimensie van het klimaatakkoord worden verder uitgewerkt als onderwerp in het Klimaatakkoord.

¹⁰ Elektrificatie is het inzetten van elektriciteit als voeding voor processen. Zo betekent elektrificatie van vervoer dat niet brandstoffen als benzine of diesel worden gebruikt, maar elektriciteit.

¹¹ Er is elektriciteit nodig om - via elektrolyse - water te splitsen in waterstof en zuurstof. Wanneer deze elektriciteit duurzaam is opgewekt, dan wordt gesproken over groene waterstof. Wanneer er aardgas wordt gebruikt om water te splitsen, spreekt men over grijze waterstof. Blauwe waterstof tot slot is waterstof dat met behulp van aardgas wordt geproduceerd, maar waarbij de CO₂ die vrijkomt bij de verbranding van het aardgas, wordt afgevangen en opgeslagen.

5 AFBAKENING EN SCOPE

Leeswijzer

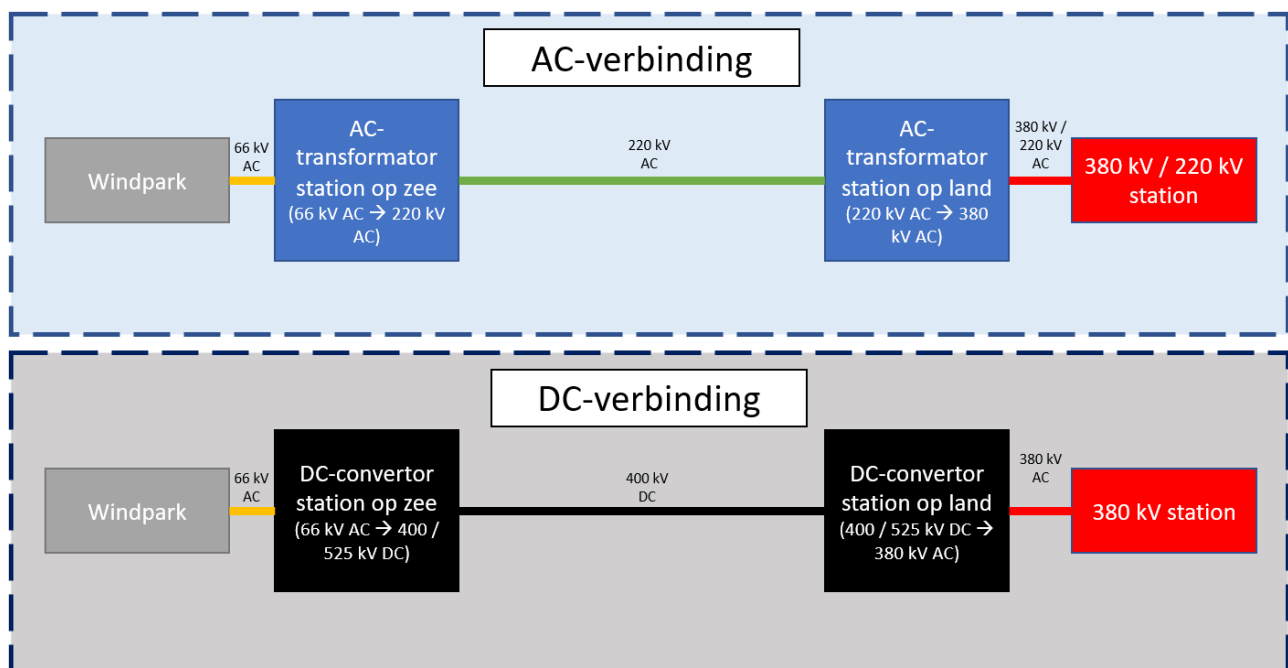
In dit hoofdstuk vindt een beschouwing plaats van kansrijke alternatieven voor een conventionele aansluiting van windenergiegebieden op zee op het landelijke hoogspanningsnet. Daarbij worden eerst in de eerste paragrafen van dit hoofdstuk randvoorwaarden voor aansluiting op het landelijke hoogspanningsnet op een rij gezet. Daarbij gaat het om het verschil tussen wisselstroom- en gelijkstroomverbindingen (paragraaf 5.1), de capaciteit van het netwerk (5.2), kansrijke stations op basis van afstand tot de windenergiegebieden (5.3) en ligging ten opzichte andere stations (5.4). Paragraaf 5.5 presenteert op basis van genoemde randvoorwaarden traceringsopties per windenergiegebied. Paragraaf 5.6 geeft het beoordelingskader weer voor de traceringsopties dat wordt gebruikt voor de effectbeoordeling van de traceringsopties in hoofdstukken 6, 7 en 8. Het hoofdstuk sluit af met een beschouwing van extra aansluitopties die zijn aangedragen tijdens de regiobijeenkomsten die zijn georganiseerd in het kader van deze verkenning.

5.1 Wisselstroom- en gelijkstroomverbindingen

Bij het op conventionele wijze aansluiten van windparken wordt uitgegaan van het verbinden van het windpark in het windenergiegebied op zee met het landelijke hoogspanningsnet op het vaste land met een kabeltracé op de zeebodem of ondergronds. Voor deze verbinding zijn volgens de huidige stand der techniek twee opties:

1. Verbinden met een wisselstroomverbinding (ook wel Alternating Current of AC-verbinding genoemd).
2. Verbinden met een gelijkstroomverbinding (ook wel Direct Current of DC-verbinding genoemd).

Bij beide aansluitwijzen moeten er verschillende onderdelen (bijvoorbeeld kabels, transformatoren, etc.) worden gerealiseerd om de stroom af te kunnen voeren. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5-1



Figuur 5-1 Opties om een windenergiegebied aan te sluiten op het hoogspanningsnet. De spanningsniveaus die worden genoemd kunnen variëren.

Verskil in afvoer van wissel- (AC) en gelijkstroom (DC)

De elektriciteit die in een windpark wordt opgewekt heeft een spanningsniveau van 66 kV (kiloVolt, oftewel 66.000 Volt). Dit is wisselstroom (AC). Om transportverliezen zo klein mogelijk te houden wordt bij een AC-verbinding eerst het spanningsniveau omgezet in 220 kV door een transformatorstation op zee. Vervolgens wordt de elektriciteit met 220 kV-kabels naar een transformatorstation op land getransporteerd. Daar moet de elektriciteit worden omgezet naar een spanningsniveau van 380 kV om het op dit deel van het net aan te kunnen sluiten. Dit aansluitconcept is ook toegepast voor het aansluiten van de windenergiegebieden uit Routekaart 2023 met de netten op zee. In het noorden van Nederland is het ook mogelijk om de 220 kV kabels aan te sluiten op een bestaand 220 kV station. In Groningen en Friesland ligt immers een 220 kV netwerk. Voor een dergelijke aansluiting moet onderzocht worden welke extra componenten nodig zijn (blindstroomcompensatie/spoelen e.d.).

In het geval van afvoer met een DC-verbinding moet de 66 kV-wisselstroom op het windpark eerst worden omgezet in gelijkstroom. Dit gebeurt in een DC-converterstation op zee. Vervolgens wordt de elektriciteit met DC-kabels naar een DC-converterstation op land getransporteerd. Dit converterstation zet de gelijkstroom weer om in wisselstroom op een spanningsniveau van 380 kV.

Ondergrondse verbindingen

Op basis van het ontwikkelkader Windenergie op Zee (actualisatie 15 juni 2017) zijn de huidige netten op zee (voor Borssele/Hollandse Kust (zuid) en Hollandse Kust (noord)) uitgegaan van aansluiting op het hoogspanningsnetwerk op land doormiddel van ondergrondse kabels op land (kabels op zee worden altijd ondergronds aangelegd). In deze verkenning wordt ook uitgegaan van een ondergrondse verbinding op land (en op zee).

De keuze voor een AC- of DC-systeem hangt onder andere af van de technische haalbaarheid en de financiële consequenties van de systemen. De lengte van de kabel speelt hierbij een grote rol.

Normaal gesproken kan gezegd worden dat elektriciteitstransport over een grotere afstand gunstiger is met gelijkstroom (DC). Op grotere afstand nemen de elektrische verliezen in een AC-verbinding namelijk dusdanig toe dat de verbinding technisch onhaalbaar wordt of significant duurder in vergelijking met een DC-verbinding.

De kleinere netverliezen bij een DC kabelverbinding compenseert vanaf een bepaalde lengte de conversieverliezen (AC naar DC) en de veel grotere aanlegkosten van de converterstations op land en zee.

In Tabel 5-1 zijn de relatieve kosten van de verschillende onderdelen weergegeven. Daarin is te zien dat de kosten voor een AC-transformatorstation relatief laag zijn in vergelijking met een DC-converterstation. Daarentegen zijn de kosten voor de lange DC-verbinding weer relatief laag ten opzichte van AC (DC heeft meer transportvermogen per kabel en dus zijn er minder aantal kabels nodig). Dit in combinatie met de kleinere netverliezen, bepaalt de keuze om windparken die ver in zee liggen aan te sluiten met een DC-verbinding.

Het exacte omslagpunt is afhankelijk van de lengte van de kabel, het vermogen per verbinding en de mogelijkheid van de kabel om warmte kwijt te raken. Bij grotere vermogens (bijv. 2 of 3 GW) over gelijke afstand, wordt eerder gekozen voor DC dan bij lagere vermogens. Zoals beschreven in de Routekaart windenergie op zee 2030 worden de windenergiegebieden Hollandse Kust (west) en Ten noorden van de Waddeneilanden nog ontsloten met het standaard AC-platform van 700 MW. Ook staat beschreven dat voor IJmuiden Ver verschillende onderzoeken hebben plaatsgevonden wat betreft laagst mogelijke kosten (Levelized Cost of Energy, LCoE) en andere criteria zoals doorlooptijd, technische haalbaarheid, betrouwbaarheid, toekomstvastheid en ruimtelijke inpasbaarheid. Vanwege de langere lengtes naar de kust en de grotere vermogens "ligt het voor de hand" om te kiezen voor gelijkstroom (DC).

Afweging AC/DC-verbinding

In principe geldt er geen eenduidig afstandscriterium voor de keuze van een AC- of DC-verbinding. Zoals eerder aangegeven hangt dit ook af van het te transporteren vermogen en de thermische omgevingscondities van de kabel. Voor 700 MW-kabelverbindingen wordt vanaf een lengte van circa 100 km niet alleen meer gekeken naar een AC-verbinding. AC- versus DC- verbindingsopties worden per windenergiegebied afgewogen in een businesscase.

Tabel 5-1 Relatieve kosten AC- en DC-aansluitingen.

Onderdeel	Relatieve kosten
AC-transformatorstation op land/zee	Laag
DC-converterstation op land/zee	Hoog
AC-verbinding (kabels en netverliezen)	Hoog
DC-verbinding (kabels en netverliezen)	Laag

Type verbinding per windenergiegebied

In deze notitie worden drie windenergiegebieden meegenomen: Hollandse Kust (west), Ten Noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver. Van belang bij de keuze tussen een AC- en een DC-verbinding is met name de afstand en het te transporteren vermogen, naast de thermische omgevingscondities van de kabel. Tabel 2-1 toont het opgesteld vermogen van de windenergiegebieden en de hemelsbrede afstand tot de dichtstbij gelegen bestaande hoogspanningsstations. In Tabel 2-1 is te zien dat windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden op 90-100 kilometer afstand hemelsbreed is gelegen tot het dichtstbij gelegen hoogspanningsstation op land. Ondanks de grote afstand van Ten noorden van de Waddeneilanden is gekozen voor een AC-verbinding vanwege het vermogen van 700 MW van het windpark. Met dit vermogen is het niet mogelijk om een kostenefficiënte DC-verbinding aan te leggen. Windenergiegebied Hollandse Kust (west) ligt hemelsbreed op 65-85 kilometer en kan, net als het windenergiegebied Ten Noorden van de Waddeneilanden op één station worden aangesloten. Door de korte afstand en het vermogen (700MW) is voor Hollandse Kust (west) het uitgangspunt een AC-verbinding. Voor Ten noorden van de Waddeneilanden moeten mogelijk technische maatregelen (bijvoorbeeld tussencompensatie) toegepast worden wanneer technische grenzen overschreden worden. Hoe deze maatregelen er uit zien, moet onderzocht worden in een meer gedetailleerde studie.

Voor windenergiegebied IJmuiden Ver geldt weliswaar dat de meest dichtbijgelegen stations binnen 100 km vallen, maar dat er op meerdere stations moet worden aangesloten (twee of drie). Er wordt niet op één locatie aangesloten omdat het risico op een zogenaamde “single point failure ” te groot is; het net kan de uitval van zo'n groot vermogen op één locatie niet opvangen. Uit de LCoE blijkt verder dat het realiseren van vier verbindingen met vier converters niet kostenefficiënt is. Dit is de reden dat gekeken wordt naar drie verbindingen van ieder 1,3 GW of twee verbindingen van ieder 2 GW. Een of meer van deze verbindingen heeft zeer waarschijnlijk een lengte ruim boven de 100 km. Dit in combinatie met de grote vermogens per verbinding maakt dat voor IJmuiden Ver wordt gekozen voor een DC-verbinding.

Tabel 5-2 Aansluitwijze windparken

Onderdeel	Opgesteld vermogen windpark	Hemelsbrede afstand tot landstations	Benodigde stations om aan te sluiten	Verbinding
Ten Noorden van de Waddeneilanden	700 MW	90-100 km	1	AC
Hollandse Kust (west)	700 MW	65-85 km	1	AC
IJmuiden Ver	Ca. 4.000 MW oftewel 4 GW	85-160km	2-3	DC

Naast de vermogens per windenergiegebied in voorgaande tabel zal nog besloten worden waar aanvullend circa 900 MW aan windvermogen ontwikkeld gaat worden. Afhankelijk van de locatie en of dit op één locatie of over twee locaties verspreid wordt, zal een keuze gemaakt moeten worden tussen DC en AC per windenergiegebied. Deze 900 MW wordt meegenomen binnen het thema toekomstvastheid in deze verkenning.

5.2 Capaciteit van het netwerk

Het Nederlandse hoogspanningsnet bestaat uit verbindingen (bovengronds- en ondergronds) met verschillende spanningsniveaus, uitgedrukt in voltages (kilovolt, oftewel kV). Vanaf een spanning van 110 kV wordt een verbinding een hoogspanningsverbinding genoemd. Hetzelfde geldt voor hoogspanningsstations. De algemene regel is dat er over een hoger spanningsniveau meer 'vermogen' (Watt of Megawatt) kan worden vervoerd (zie onderstaande formule).

$$\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampere}$$

Voor het aansluiten van vermogens van 700 MW of meer, zoals bij een windenergiegebied op zee, moet er voldoende capaciteit beschikbaar zijn op het landelijke hoogspanningsnet en op de hoogspanningsstations. Dit is voor dergelijk grote vermogens alleen beschikbaar op hoogspanningsstations en -verbindingen met een spanningsniveau van 220 kV en 380 kV. Lagere spanningsniveaus (110 kV en 150 kV) kunnen simpelweg niet zoveel vermogen vervoeren.

Zoals in paragraaf 5.1 beschreven, zijn voor de aansluiting van windenergiegebied IJmuiden Ver twee of drie gelijkstroomverbindingen nodig die elk 1.3 – 2.0 GW kunnen vervoeren. Deze vermogens kunnen alleen worden aangesloten op 380 kV-stations (en niet op 220 kV-stations). Dit komt omdat dit vermogen alleen getransporteerd kan worden via 380 kV-verbindingen. 220 kV-verbindingen hebben hiervoor te weinig capaciteit.

In deze verkenning is aangenomen dat onderstaande verbindingen, die op het moment van het opstellen van deze verkenning nog niet (geheel) zijn gerealiseerd of nog in procedure zijn, ten tijde van de aansluiting van de windparken zijn gerealiseerd:

- Randstad380: verbinding Bleiswijk – Vijfhuizen, inclusief het 380 kV-station Vijfhuizen;
- Noordwest380: verbinding Ververlaten – Eemshaven-Oudeschip, inclusief het 380 kV-station Ververlaten;
- Zuidwest380: (1) verbinding Borssele-Rilland (ZW380-West), inclusief het 380 kV-station Rilland; (2) de verbinding Rilland-Tilburg (ZW380-Oost), inclusief het 380 kV-station Tilburg.

Analyse transportcapaciteit in relatie tot de aansluiting van vermogen wind op zee uit Routekaart 2030

In het regeerakkoord "Vertrouwen in de toekomst" zijn in 2017 de rijks ambities met betrekking tot de groei van opgesteld windvermogen op zee vastgelegd. Hierin is de ambitie vastgelegd om in de periode 2024-2030 het opgesteld windvermogen op zee verder te laten groeien met 7 GW (zie volgende tabel). De wijze waarop dit gerealiseerd zou kunnen worden is verder uitgewerkt in de "Routekaart windenergie op zee

2030", gepresenteerd in de kamerbrief van 27 maart 2018. Hiermee worden 7 van de hierboven genoemde maximaal + 10 GW gerealiseerd.

In deze "Routekaart windenergie op zee 2030" zijn de windenergiegebieden uit onderstaande tabel benoemd. De totale hoeveelheid geïnstalleerd vermogen telt vooralsnog op tot 6,1 GW.

Tabel 5-3 Schema routekaart 2030.

Omvang (GW)	Windenergiegebied	Kortste afstand uit de kust	Start procedure kavelbesluit ¹²	Tender	Ingebruik-name
1,4	Hollandse Kust (west)	51 km vanaf Petten	2018	2020/2021	2024/2025
0,7	Ten noorden van de Waddeneilanden	56 km vanaf Schiermonnikoog	2020	2022	2026
Circa 4,0	IJmuiden Ver	53 km vanaf Den Helder; 80 km vanaf IJmuiden	2020	2023/2026	2027-2030
Circa 0,9			Nader te bepalen		

Impactanalyse groei Wind op Zee

In het kader van voorliggende studie zijn door TenneT enkele nadere analyses gemaakt van verschillende aansluitvarianten. Hieruit blijkt het volgende:

- Bij de aansluitvariant conform KCD 2017 scenario "Centrale Klimaatactie; jaar 2030"¹³ (al het vermogen van Hollandse Kust (west) en IJmuiden Ver aansluiten op de Maasvlakte en Beverwijk en 700 MW op Eemshaven) ontstaan significante knelpunten die in de andere varianten niet gesignaleerd worden. Al het windvermogen van zee op genoemde kustlocaties aansluiten is ongunstig en niet wenselijk en kan leiden tot diepere netinvesteringen in het 380 kV-net met een lang realisatietraject.
- Met een spreiding van de aansluitingen over een deel van het Nederlandse hoogspanningsnet kan het +7 GW windvermogen van zee uit de routekaart 2030 gefaciliteerd worden zonder dat er significante knelpunten ontstaan. Hierbij is het wel noodzakelijk dat minimaal één van de verbindingen vanuit IJmuiden Ver naar Borssele, Rilland of Geertruidenberg gaat. Dit is dan ook als uitgangspunt gehanteerd in deze studie.
- De keuze om een deel van het offshore windvermogen van het gebied IJmuiden Ver in zuidwest-Nederland (Borssele, Rilland of Geertruidenberg) aan te sluiten zorgt voor verlichting van gesignaleerde knelpunten in het net en voor een zo efficiënt mogelijke benutting van bestaande netinfrastructuur. Bovendien ontstaat er ruimte om meer vermogen op de SEV-III locatie Maasvlakte (en/of Simonshaven) aan te sluiten.

5.3 Kansrijke stations op basis van afstand

Zoals reeds in paragraaf 5.1 is aangegeven, wordt er een verschillende aansluitwijze aangenomen voor de verschillende windparken. Hollandse Kust (west) en Ten Noorden van de Waddeneilanden worden met een AC-verbinding aangesloten, IJmuiden Ver met een DC-verbinding. Deze paragraaf geeft een overzicht van stations die vanwege de afstand en het spanningsniveau kansrijk zijn voor aansluiting van de windenergiegebieden. Er wordt hier nog niet gekeken naar de capaciteit van de stations, dat vindt plaats in paragraaf 5.4.

¹² Start van de procedure voor het net op zee kan afwijken van deze jaartallen, zie ook paragraaf 4.4.1.

¹³ Dit scenario komt het best overeen met de verwachte ontwikkelingen tot 2030. Hierbij is destijds geen rekening gehouden met verdergaande elektrificatie van de industrie.

Hollandse Kust (west)

Voor het windpark Hollandse Kust (west) liggen de volgende stations (zie Tabel 5-4) binnen een afstand van 100 kilometer hemelsbreed. Alle stations hebben een spanning van 380 kV. Vanwege de afstand zullen voor de verder weg gelegen stations altijd aanvullende maatregelen nodig zijn en zullen de netverliezen groter worden, waardoor deze als niet kansrijk zijn aangemerkt voor Hollandse Kust (west). Niet alle stations hebben hiervoor capaciteit en sommige stations zijn op voorhand minder kansrijk dan anderen. Daar wordt verder op ingegaan in paragraaf 5.4 en 5.5.

Tabel 5-4 Hoogspanningsstations binnen circa 100 kilometer hemelsbreed van Hollandse Kust (west).

Spanningsniveau	Hoogspanningsstation
380 kV	Beverwijk
	Oostzaan
	Diemen
	Bleiswijk
	Krimpen a/d IJssel
	Hoek van Holland
	Wateringen
	Simonshaven
	Maasvlakte
	Westerlee
	Vijfhuizen
	Breukelen-Kortrijk

Ten Noorden van de Waddeneilanden

Voor het windenergiegebied Ten Noorden van de Waddeneilanden liggen de volgende hoogspanningsstations (zie Tabel 5-5) binnen een afstand van circa 100 kilometer. De overige stations zijn door de afstand niet kansrijk voor aansluiting met wisselstroom vanuit Ten Noorden van de Waddeneilanden. Niet alle hoogspanningsstations hebben hiervoor capaciteit en sommige stations zijn op voorhand minder kansrijk dan anderen. Daar wordt verder op ingezoomd in paragraaf 5.4 en 5.5.

Er wordt zowel gekeken naar 380 kV als naar 220 kV-stations om op aan te sluiten. Beide spanningsniveaus kunnen een vermogen van 700 MW faciliteren. Hoewel een 220 kV-verbinding een kleinere, maar voldoende, transportcapaciteit heeft, heeft het in dit geval als voordeel dat er geen transformatorstation hoeft te worden gerealiseerd.

Station Weiwerd 220 kV ligt net buiten de grens van 100km. Omdat het station ook geen capaciteit heeft (zie verder 5.4 voor uitleg over het begrip capaciteit) is dit station als minder kansrijk beschouwd en verder niet meer meegenomen als optie.

Tabel 5-5 Hoogspanningsstations binnen 100 km hemelsbreed van Ten Noorden van de Waddeneilanden.

Spanningsniveau	Station
380 kV	Eemshaven
	Eemshaven Oudeschip
	Vierverlaten
220 kV	Eemshaven 220 / Robbenplaat 220
	Vierverlaten
	Louwsmeer
	Bergum

IJmuiden Ver

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 5.2 moet IJmuiden Ver door het te vervoeren vermogen van 1.300-2.000 MW per kabelsysteem (twee of drie in totaal) worden aangesloten op het 380 kV-netwerk. Niet alle hoogspanningsstations hebben hiervoor voldoende capaciteit en sommige stations zijn op voorhand minder kansrijk dan anderen. Anders dan bij wisselstroom (met een maximale afstand van 100 km) is er voor de gelijkstroomverbindingen geen maximale afstand gehanteerd. Om deze reden is hier geen lijst met kansrijke stations genoemd die binnen een bepaalde afstand vallen. Alle 380 kV-stations zijn in principe nog kansrijk. De kansrijke stations komen in paragraaf 5.4 en 5.5 aan bod, als het gaat om capaciteit en geschiktheid.

5.4 Capaciteit van stations

Niet alle hoogspanningsstations op het 220 kV en 380 kV-net hebben capaciteit om 700 MW (Hollandse Kust (west) en Ten Noorden van de Waddeneilanden) of 1.300-2.000 MW¹⁴ (IJmuiden Ver) aan te sluiten. De capaciteit om aan te sluiten hangt af van de hoeveelheid vrije capaciteit (vrije velden) op de stations en de mogelijkheid om op korte termijn nieuwe capaciteit te creëren (er is ruimte in eigendom of te verkrijgen voor nieuwe velden en deze ruimte is om binnen tijdspad van deze ontwikkeling in te zetten voor bouw nieuwe velden). Deze informatie is in het kader van deze studie ontvangen van TenneT. Om te voldoen aan de afspraken zoals vastgelegd in de Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet¹⁵ is het maximaal productievermogen dat op één 220 kV- of 380 kV-veld aangesloten mag worden gelimiteerd tot 1.500 MW.

In Tabel 5-6 is aangegeven hoeveel capaciteit stations hebben. Hieruit is te concluderen dat stations Oostzaan, Westerlee, Hoek van Holland en Meeden niet voldoende capaciteit hebben. Breukelen-Kortrijk en Boxmeer zijn op dit moment geen volwaardige (dubbelrail)stations en bieden op dit moment daarom ook niet voldoende capaciteit. Deze stations zijn daardoor minder kansrijk. Stations Vierverlaten 380 kV en Tilburg worden in de komende jaren gerealiseerd.

¹⁴ Het totaal opgesteld vermogen van windpark IJmuiden Ver is circa 4.000 MW. Zoals in te zien is in 5.1, wordt dit opgestelde vermogen met twee 2.000 MW of drie 1.300 MW gelijkstroomverbindingen afgevoerd.

¹⁵ Actueel (mei 2018) staat het toepassen van deze kwaliteitsnorm in een AMvB, te hangen aan de wet VET, ter discussie. De uitkomst van deze discussie kan leiden tot andere conclusies met betrekking tot het maximaal aan te sluiten vermogen per veld en station zoals gepresenteerd in deze notitie.

Tabel 5-6 Capaciteit van stations en mogelijkheden om aan te sluiten.

Spanningsniveau	Station	Ruimte voor aan te sluiten productie (MW)	HKW	TNW	IJV
380 kV	Beverwijk	1500	Mogelijk	-	1,3 GW mogelijk
	Oostzaan	0	Niet mogelijk	-	Niet mogelijk
	Diemen	2500	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Vijfhuizen	3000	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Breukelen-Kortrijk ¹⁶	0	Niet mogelijk	-	Niet mogelijk
	Bleiswijk	3000	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Wateringen	1500	Mogelijk	-	1,3 GW mogelijk
	Westerlee	0	Niet mogelijk	-	Niet mogelijk
	Maasvlakte	2500	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Hoek van Holland ¹⁷	0	Niet mogelijk	-	Niet mogelijk
	Krimpen a/d IJssel	3000	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Simonshaven	5000	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Crayestein	3000	Mogelijk	-	2 GW mogelijk
	Geertruidenberg	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Borssele	3800	-	-	2 GW mogelijk
	Rilland	4500	-	-	2 GW mogelijk
	Lelystad	2500	-	-	2 GW mogelijk
	Ens	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Eemshaven	2500-3000	-	Mogelijk	2 GW mogelijk
	Eemshaven Oudeschip	2500-3000	-	Mogelijk	2 GW mogelijk
	Vierverlaten ¹⁸	4000	-	Mogelijk	2 GW mogelijk
	Meeden	0	-	-	Niet mogelijk
Zwolle	3000	-	-	2 GW mogelijk	

¹⁶ Dit station zal buiten de bestaande terreingrenzen uitgebreid moeten worden tot een dubbelrailstation.

¹⁷ Dit station is geen volwaardig hoogspanningsstation. Het kan ook niet volwaardig worden gemaakt binnen het tijdpad.

¹⁸ Dit station moet nog gerealiseerd worden (verwacht 2021).

Spanningsniveau	Station	Ruimte voor aan te sluiten productie (MW)	HKW	TNW	IJV
	Hengelo	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Doetinchem	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Dodewaard	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Boxmeer	0	-	-	Niet mogelijk
	Maasbracht	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Eindhoven	3000	-	-	2 GW mogelijk
	Tilburg	3000	-	-	2 GW mogelijk
220 kV	Eemshaven/Robbenplaat	900	-	Mogelijk	-
	Vierverlaten	1900	-	Mogelijk	-
	Bergum	1750	-	Mogelijk	-
	Louwsmeer	1900	-	Mogelijk	-

5.5 Ligging ten opzichte andere stations

In paragraaf 5.3 is aangegeven welke hoogspanningsstations qua afstand kansrijk zijn voor de verschillende windenergiegebieden. In paragraaf 5.4 is beschouwd welke stations volgens huidig inzicht binnen de termijn van 2024-2030 capaciteit hebben om een windenergiegebied aan te sluiten. In deze paragraaf is beschreven welke stations kansrijk zijn om mee te nemen in de grove zee. Het belangrijkste criterium in deze paragraaf is de geografische ligging van een station in relatie tot andere stations. Indien er andere stations met voldoende capaciteit op kortere afstand van tot het windenergiegebied liggen, is het station relatief minder kansrijk ten opzichte van het dichterbij gelegen station. Dit omdat het station met capaciteit dat dichterbij het windenergiegebied is gelegen een korter kabeltracé nodig heeft. Dit leidt tot minder kosten en (milieu)effecten. Met andere woorden, in relatief opzicht bestaat er een station dat kansrijker is dan het verder weg gelegen station.

Hollandse Kust (west)

Een overzicht van de hoogspanningsstations nabij Hollandse Kust (west) is weergegeven op kaart in Figuur 5-2. In Tabel 5-7 is aangegeven of er al een ander station met voldoende capaciteit ligt tussen het station en het windenergiegebied. Dit is het geval voor de stations Diemen, Bleiswijk, Krimpen a/d IJssel, Simonshaven en Breukelen-Kortrijk. Deze stations zijn daarmee minder kansrijk. Het is zeer waarschijnlijk dat een verbinding eerder naar een dichterbij gelegen station gaat.

De afstanden die in Tabel 5-7 zijn gepresenteerd zijn afgerond op 5 kilometer en zijn bepaald als hemelsbrede afstand tussen het hoogspanningsstation op land en de rand van het windenergiegebied. Het betreft een indicatie, want de exacte positie van de stations op zee zijn nog niet bekend.

De kansrijke stations die verder worden meegenomen zijn daardoor Beverwijk, Wateringen, Maasvlakte en Vijfhuizen.

Tabel 5-7 Kansrijke stations Hollandse Kust (west).

Spanningsniveau	Station	Afstand hemelsbreed (km)	Ander station tussen windenergiegebied en station met capaciteit?	Te beschouwen in grove zee?
380 kV	Beverwijk	60	Nee	Ja
	Diemen	85	Ja, Beverwijk en Vijfhuizen	Nee
	Bleiswijk	75	Ja, Wateringen	Nee
	Krimpen a/d IJssel	90	Ja, Wateringen, Beverwijk, Vijfhuizen, Bleiswijk, Maasvlakte	Nee
	Wateringen	70	Nee	Ja
	Simonshaven	85	Ja, Maasvlakte	Nee
	Maasvlakte	65	Nee	Ja
	Vijfhuizen	65	Nee	Ja



Figuur 5-2 Hoogspanningsstations binnen 100 km van Hollandse Kust (west)

Ten Noorden van de Waddeneilanden

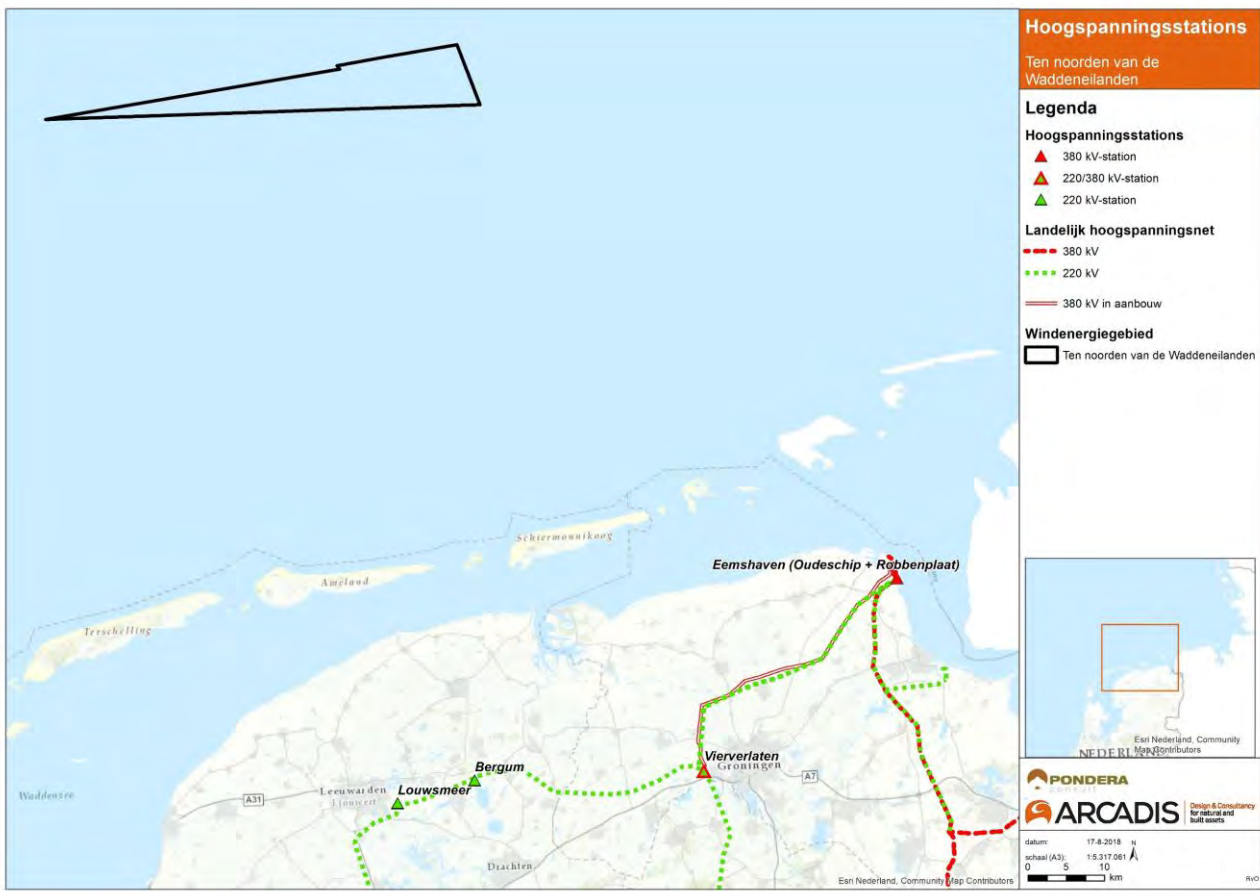
Een overzicht van de hoogspanningsstations nabij Ten Noorden van de Waddeneilanden is weergegeven op kaart in Figuur 5-3. In Tabel 5-8 is aangegeven of er al een ander station met voldoende capaciteit ligt tussen het station en het windenergiegebied. Dit is bij geen van de stations het geval.

De kansrijke stations die in de grove zeef worden meegenomen zijn daardoor Eemshaven (Eemshaven, Oudeschip en Robbenplaat¹⁹), Vierverlaten, Louwsmeer en Bergum.

Tabel 5-8 Kansrijke stations Ten Noorden van de Waddeneilanden

Spanningsniveau	Station	Afstand hemelsbreed (km)	Ander station tussen windenergiegebied en station met capaciteit?
380 kV	Eemshaven	90	Nee
	Eemshaven Oudeschip	90	Nee
	Vierverlaten	95	Nee
220 kV	Eemshaven / Robbenplaat	90	Nee
	Vierverlaten	95	Nee
	Louwsmeer	90	Nee
	Bergum	90	Nee

¹⁹ Eemshaven, Oudeschip en Robbenplaat worden in het vervolg van de studie als 'Eemshaven' samengevat.



Figuur 5-3 Hoogspanningsstations binnen 100 km van Ten noorden van de Waddeneilanden.

IJmuiden Ver

Een overzicht van de hoogspanningsstations nabij IJmuiden Ver is weergegeven op kaart in Figuur 5-4. In Tabel 5-9 is aangegeven of er andere stations met voldoende capaciteit liggen tussen een station en het windenergiegebied. Dit is voor meerdere stations het geval. In paragraaf 5.2 is aangegeven dat in ieder geval één van de verbindingen vanuit IJmuiden Ver naar Borssele, Rilland of Geertruidenberg moet gaan.

Aangezien IJmuiden Ver bestaat uit twee of drie verbindingen is ervoor gekozen een station als kansrijk te blijven beschouwen als er maximaal één ander station met voldoende capaciteit tussen ligt. Stations waarbij twee of meer andere stations met voldoende capaciteit tussen het station en het windpark in het windenergiegebied ligt, worden als minder kansrijk beschouwd. Uitzondering op dit uitgangspunt is station Geertruidenberg. Er liggen twee kansrijke stations tussen Geertruidenberg en het windenergiegebied. Zoals aangegeven is het uitgangspunt dat minimaal één van de verbindingen van IJmuiden Ver naar Borssele, Rilland of Geertruidenberg moet gaan. Om deze reden is Geertruidenberg verder meegenomen in de grove zeef.

De stations in Eemshaven en Vierverlaten worden ook als minder kansrijk beschouwd voor de aansluiting van IJmuiden Ver. Deze liggen op relatief grote afstand (>200 km). Alle andere stations liggen op kortere afstand en zijn daarmee kansrijker. De kansrijke stations die verder worden meegenomen zijn daardoor Vijfhuizen, Bleiswijk, Wateringen, Maasvlakte, Simonshaven, Geertruidenberg, Borssele, Rilland, Lelystad en Ens.

Tabel 5-9 Kansrijke stations IJmuiden Ver.

Spanningsniveau	Station	Afstand hemelsbreed (km)	Ander station tussen windenergiegebied en station met capaciteit?	Te beschouwen in grove zeef?
380 kV	Beverwijk	80	Nee	Nee ²⁰
	Diemen	100	Ja, Beverwijk en Vijfhuizen	Nee
	Vijfhuizen	85	Nee	Ja
	Bleiswijk	100	Ja, Wateringen	Ja
	Wateringen	90	Nee	Ja
	Maasvlakte	85	Nee	Ja
	Krimpen a/d IJssel	115	Ja, Wateringen, Beverwijk, Vijfhuizen, Bleiswijk, Maasvlakte	Nee
	Simonshaven	105	Ja, Maasvlakte	Ja
	Crayestein	130	Ja, Wateringen, Beverwijk, Vijfhuizen, Bleiswijk, Maasvlakte, Simonshaven, Krimpen a/d/ IJssel	Nee
	Geertruidenberg	140	Ja, Maasvlakte en Simonshaven ²¹	Ja
	Borssele	135	Nee	Ja
	Rilland	145	Ja, Borssele	Ja
	Lelystad	120	Nee	Ja
	Ens	135	Ja, Lelystad	Ja
	Eemshaven	200	Nee	Nee
	Eemshaven Oudeschip	200	Nee	Nee
	Vierverlaten	170	Nee	Nee
Zwolle	160	Ja, Beverwijk, Vijfhuizen, Lelystad, Ens	Nee	
Hengelo	260	Ja, Beverwijk, Diemen, Lelystad, Ens, Zwolle, Dodewaard, Doetinchem	Nee	

²⁰ Op station Beverwijk bij beoordeling van de ruimte rondom het station (paragraaf 5.6.1) gebleken dat er niet genoeg ruimte is voor een converterstation. Om deze reden is station Beverwijk niet in beschouwing genomen bij IJmuiden Ver, maar wel bij Hollandse Kust (west).

²¹ Uitgangspunt is dat één van de verbindingen vanuit windenergiegebied IJmuiden Ver naar Borssele, Rilland of Geertruidenberg gaat. Daarom is Geertruidenberg meegenomen in de grove zeef.

Doetinchem	195	Ja, Maasvlakte, Wateringen, Bleiswijk, Krimpen a/d IJssel, Crayestein, Dodewaard	Nee
Dodewaard	170	Ja, Maasvlakte, Wateringen, Bleiswijk, Krimpen a/d IJssel, Crayestein	Nee
Boxmeer	200	Ja, Maasvlakte, Simonshaven, Crayestein, Geertruidenberg, Eindhoven	Nee
Maasbracht	235	Ja, Maasvlakte, Simonshaven, Crayestein, Geertruidenberg, Tilburg, Eindhoven	Nee
Eindhoven	195	Ja, Maasvlakte, Simonshaven, Crayestein, Geertruidenberg, Tilburg	Nee
Tilburg	160	Ja, Maasvlakte, Simonshaven, Crayestein, Geertruidenberg,	Nee



Figuur 5-4 Hoogspanningsstations die in deze paragraaf zijn beschouwd voor aansluiting IJmuiden Ver.

5.6 Tracering opties

5.6.1 Uitgangspunten tracering

Om tracéopties te kunnen beoordelen worden eerst tracés ontworpen op hooflijnen. Bij het bepalen van de tracéopties is een aantal uitgangspunten gehanteerd. Een generiek uitgangspunt is dat gestreefd wordt naar een tracé dat hinder zo veel als mogelijk voorkomt en dat doelmatig wordt uitgevoerd. Dit betekent in de praktijk dat een zo kort mogelijk tracé wordt nagestreefd. De overige gehanteerde uitgangspunten zijn hieronder per onderdeel opgesomd. Er is bij het bepalen van de tracéopties gestreefd naar het zo veel mogelijk toepassen van de onderstaande uitgangspunten. De tracéopties zijn indicatief en geven een globaal beeld van de locaties om een eerste inzicht te geven in de mogelijkheden en belemmeringen die zich kunnen voordoen bij een tracéoptie.

Belangrijkste uitgangspunten kabeltracé op zee

De belangrijkste uitgangspunten die gebruikt zijn bij de tracering op zee zijn:

- Er wordt gezocht naar een zo kort mogelijk tracé;
- Ankergebieden voor scheepvaart worden vermeden;
- Zo min mogelijk kruisen van andere functies zoals zandwinning waarvoor op de structuurvisiekaart van de Beleidsnota Noordzee 2016-2021 voorkeursgebieden zijn aangegeven. Dit betreft ook baggerstortgebieden, scheepvaart (verkeersscheidingstelsel [VSS] en separatiezones) en andere (aangewezen) windenergiegebieden;
- Beperken van milieueffecten, zoals het zo min mogelijk kruisen van Natura 2000-gebieden;
- Daar waar mogelijk bundelen van bestaande kabel- en leidingeninfrastructuur;
- Technische randvoorwaarden, zoals het zoveel mogelijk haaks kruisen van scheepvaartgebieden;
- Indien een AC-verbinding langer dan 90 km is, wordt ervan uitgegaan dat er tussencompensatie of andere technische maatregelen benodigd is;
- Er wordt rekening gehouden met een onderhoudszone van 500 m aan weerszijden van een DC-circuit. Het totale kabelbed is daardoor ca. 1 km breed. Bij twee DC-circuits naast elkaar is het kabelbed ca. 1,2-1,5 km breed;
- De structuurvisiekaart Noordzee in het Nationaal Waterplan 2016-2020 is meegenomen.

De belangrijkste uitgangspunten bij het aanlandingspunt (punt waar kabels aan land komen) zijn:

- Aanwezige ruimte voor het realiseren van de overgang tussen land- en zeekabels;
- Zoveel mogelijk recreatieterrainen en bebouwd gebied vermijden;
- Zo min mogelijk traceren op plekken waar grote effecten kunnen optreden op natuur en grondwaterbeschermingsgebieden.

Belangrijkste uitgangspunten kabeltracé op land

- Er wordt gezocht naar een zo kort mogelijk tracé;
- Vanwege de lagere kosten en minder complex onderhoud is aanleg van een tracé via de open sleuf methode²² het uitgangspunt. Wanneer noodzakelijk –bijvoorbeeld ter vermijding van hinder of beperkt beschikbare ruimte- dan is boren ook mogelijk;
- Zoveel mogelijk vermijden van bebouwd gebied;
- Het zoveel mogelijk vermijden van waterwingebieden;
- Zoveel mogelijk vermijden van zettingsgevoelige gebieden en veengronden;
- Zoveel mogelijk vermijden van kruisingen met waterkeringen;
- Beperken van milieueffecten, zoals het zo veel mogelijk vermijden van het kruisen van Natura 2000-gebieden, Natuurnetwerk Nederland (NNN) en gebieden met landschappelijke of cultuurhistorische waarden;
- Daar waar mogelijk aansluiten van het kabeltracé bij bestaande (water)weginfrastructuur. Echter wel vermijden van tracés binnen (toekomstige) beheerszone van wegen.
- Er wordt rekening gehouden met een breedte van een kabelbed van ca. 12 meter.

²² Hierbij wordt een sleuf gegraven waarna de kabels in de sleuf worden gelegd en de sleuf daarna wordt toegedekt.

Belangrijkste uitgangspunten voor een locatie van een transformatorstation/converterstation nabij een 380 kV-station

- Er wordt gezocht naar een locatie voor een transformatorstation/converterstation binnen een straal van 5 km vanaf een bestaand 380 kV-station.
- Voor een transformatorstation wordt gekeken naar een locatie van circa 3 tot 5 hectare en voor een converterstation naar een locatie van circa 5 tot 6,5 hectare (inclusief bouwruimte).
- Gekeken wordt of er ruimte is voor een transformatorstation of een converterstation. Daarbij wordt ruimte beschouwd als er agrarisch grondgebruik is of een bedrijventerrein met onbebouwde ruimte.

Vanwege de complexe inpassing in het landelijke hoogspanningsnet en de hoge kosten van een nieuw 380 kV-station vindt de aansluiting plaats op een bestaand 380 kV-station. De locatie van het transformatorstation ligt bij voorkeur in de directe nabijheid van het 380 kV-station waar de aansluiting op het hoogspanningsnet gaat plaatsvinden. Dat is nodig omdat een 380 kV-kabelsysteem van een zekere lengte zogenaamde blindstroom opwekt. Deze blindstroom moet gecompenseerd worden omdat het elektriciteitssysteem anders instabiel wordt en er daardoor makkelijker storingen kunnen ontstaan. Tot ongeveer één à twee kilometer van de netaansluiting is geen extra compensatie nodig. Een langer 380 kV-kabelsysteem vereist kabelcompensatie (shunt reactor) op het 380 kV-station. Met een 380 kV-shunt reactor kan een afstand tussen het transformatorstation en het aansluitstation worden overbrugd van meerdere kilometers. In eerste instantie wordt gekeken naar een afstand tot 5 kilometer om daar de mogelijkheden te onderzoeken naar mogelijke locaties. Indien hier geen mogelijkheden worden gevonden, kan de afstand eventueel uitgebreid worden naar 7 kilometer.

Er is gekeken naar de omgeving rondom de verschillende 380 kV-aansluitstations. Dit is gedaan omdat er een transformatorstation benodigd is om 220 kV te transformeren naar 380 kV bij een AC-verbinding. Voor het omzetten van gelijkstroom (DC) naar wisselstroom (AC) is een converterstation nodig. Er is een eerste GIS-analyse gedaan naar de beschikbare ruimte binnen circa 5 kilometer rondom de hoogspanningsstations. Met ruimte wordt bedoeld gronden die in gebruik zijn als bedrijventerrein of als agrarisch akkerbouw- of grasland (dus geen glastuinbouw of (fruit)boomgaarden. Er is dus nog niet gekeken naar geschiktheid (grondsoort en milieueffect) en verwerfbaarheid. Dit eerste punt wordt bekeken bij de effectbeoordeling. Verwerfbaarheid wordt niet nader onderzocht in deze verkenning. Bij alle locaties is landschappelijke inpassing een aandachtspunt dat in een later stadium geadresseerd moet worden.

In Tabel 5-10 zijn de resultaten van deze analyse weergegeven per station dat als kansrijk uit paragraaf 5 is gekomen. In de tekst onder de tabel is er als voorbeeld voor één station (Eemshaven) een korte toelichting gegeven. De toelichting van de overige stations is te vinden in Bijlage A. Hieruit blijkt dat station Beverwijk afvalt voor IJmuiden Ver omdat blijkt dat er in de nabijheid van het station geen ruimte is voor een converterstation.

Tabel 5-10 Ruimtelijke beoordeling stationslocaties.

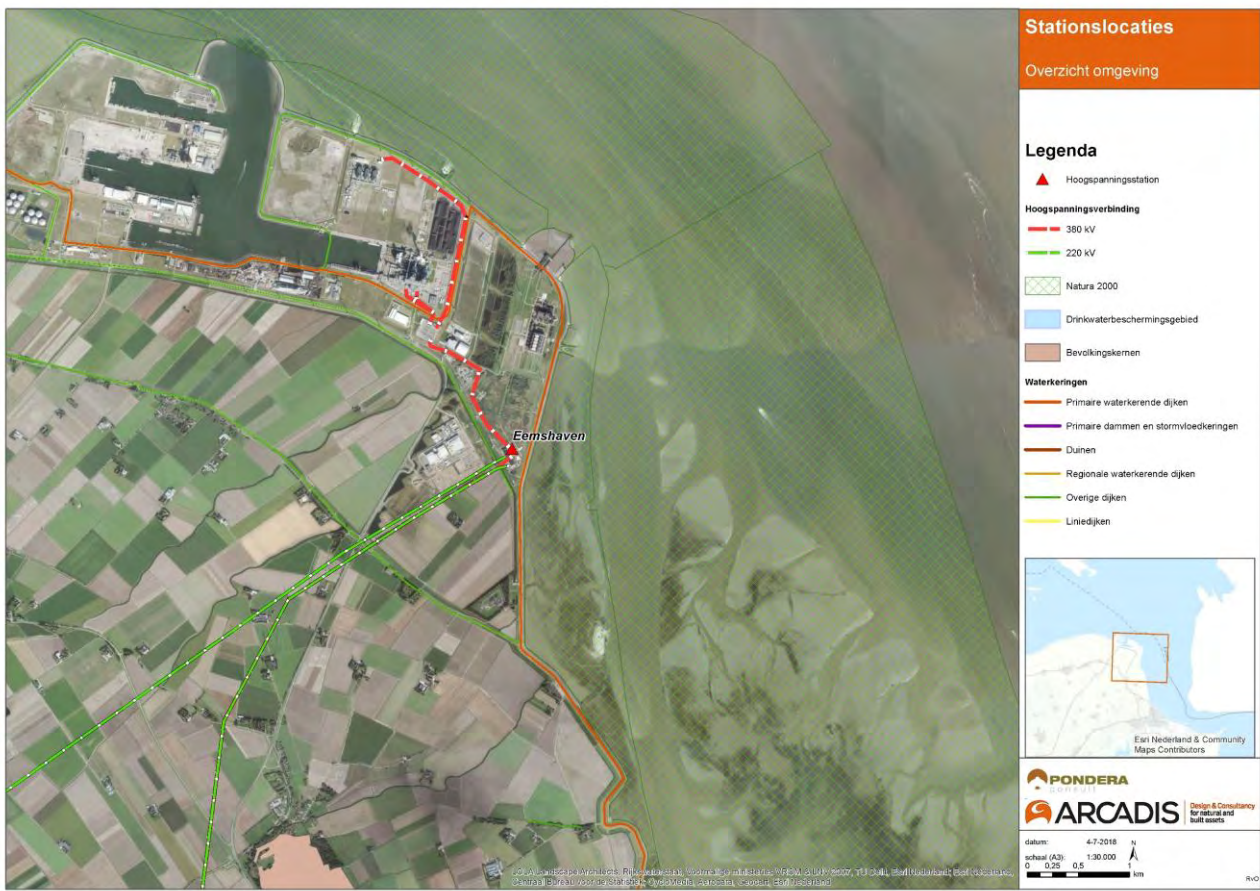
Tracé	Beoordeling beschikbare ruimte rondom 380/220 kV-station voor een transformatorstation (3-5 ha)	Beoordeling beschikbare ruimte rondom 380 kV-station voor een converterstation (5-6,5 ha) ²³
Eemshaven	Ruim voldoende	-
Vierverlaten	Ruim voldoende	-
Bergum	Voldoende	-
Louwsmeer	Voldoende	-
Beverwijk	Beperkt	Geen ruimte
Vijfhuizen	Voldoende	Voldoende

²³ De stations Maasvlakte, Simonshaven, Borssele, Rilland, Ens en Lelystad lijken de ruimte en de netcapaciteit te hebben om eventueel 2 converterstations te kunnen plaatsen.

Bleiswijk	-	Voldoende
Wateringen	Voldoende	Voldoende
Maasvlakte	Ruim voldoende	Ruim voldoende
Simonshaven	-	Ruim voldoende
Geertruidenberg	-	Voldoende
Borssele	-	Ruim voldoende
Rilland	-	Ruim voldoende
Lelystad	-	Ruim voldoende
Ens	-	Ruim voldoende

Eemshaven

In de omgeving van station Eemshaven lijkt er op basis van GIS-analyse ruim voldoende beschikbare ruimte aanwezig voor een transformatorstation, zie Figuur 5-5. Naar ruimte voor een converterstation is niet gekeken voor station Eemshaven, omdat station Eemshaven alleen kansrijk is als aansluitpunt voor Ten Noorden van de Waddeneilanden door middel van een AC-verbinding (zie de paragrafen hiervoor). Dit is weergegeven door middel van het teken “-“ in Tabel 5-10. Er is binnen 5 kilometer van station Eemshaven bedrijventerrein waar een transformatorstation zou kunnen worden gerealiseerd en er is eventueel ook voldoende open agrarische ruimte in de omgeving voor een dergelijk transformatorstation.



Figuur 5-5 Omgeving stationslocatie Eemshaven.

5.6.2 Beschrijving tracéopties

Op basis van de in de vorige paragraaf genoemde uitgangspunten zijn tracés van de windenergiegebieden op zee naar het hoogspanningsstation op land op hoofdlijnen ontwikkeld. Per windenergiegebied zijn deze weergegeven in onderstaande paragrafen.

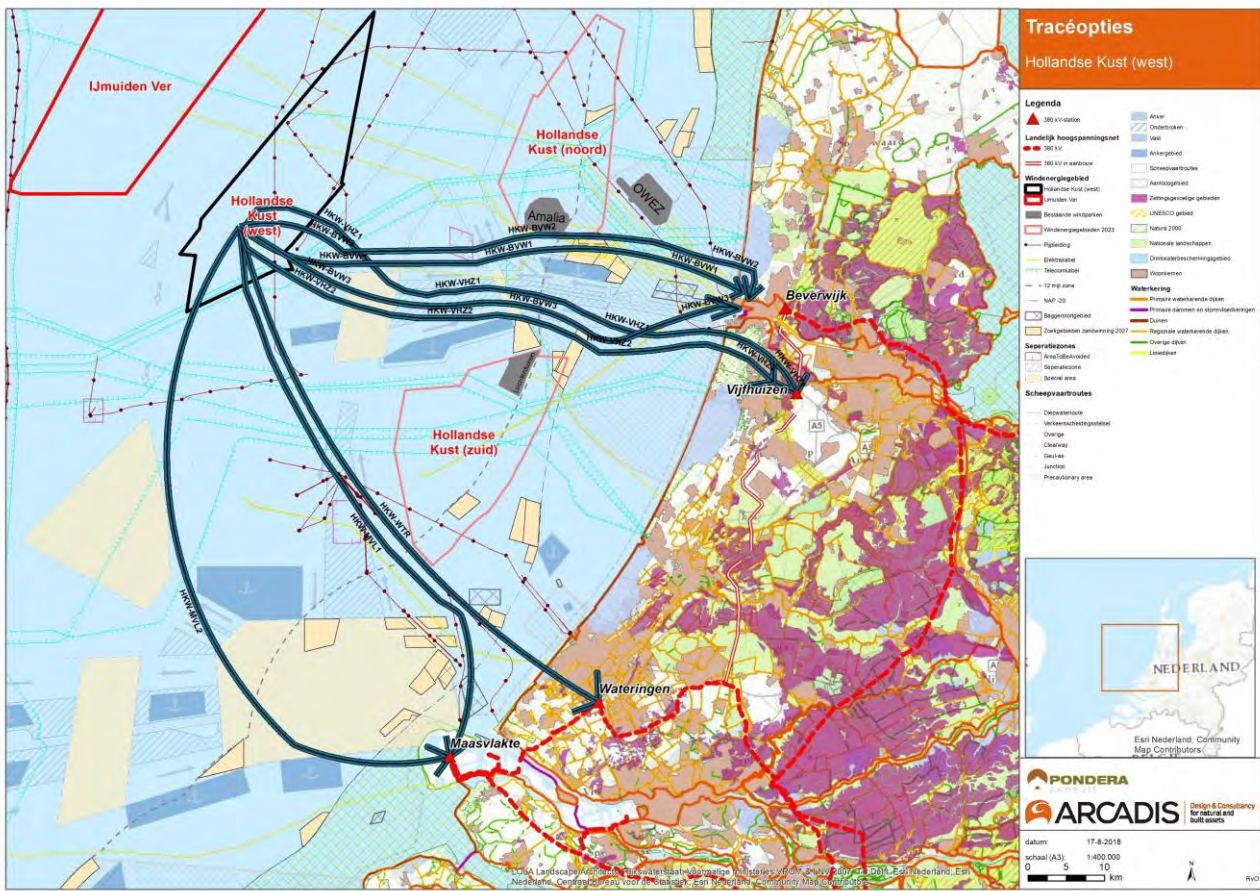
Hollandse Kust (west)

In Figuur 5-6 zijn de verschillende tracéopties vanaf Hollandse Kust (west) naar de kansrijke 380 kV-stationslocaties weergegeven. In Tabel 5-11 zijn de verschillende tracéopties en de bijbehorende afkortingen opgesomd. Voor de tracering zijn de uitgangspunten gehanteerd die in 5.6.1 zijn genoemd. Zo is voor het deel op zee op een manier getraceerd dat baggerstortgebieden, ankergebieden en scheepvaartroutes zoveel mogelijk worden vermeden. Op land worden geen drinkwatergebieden doorkruist en bevolkingskernen en Natura2000 gebieden zoveel mogelijk vermeden. Het landtracé naar station Beverwijk en station Vijfhuizen is gelijk aan het eerdere tracé ontworpen in de studie die is uitgevoerd in het MER voor de aansluiting van Hollandse Kust (noord). Vanaf het gebied op zee ten zuiden van Hollandse Kust (zuid) is het daarvoor ontwikkelde tracé naar zowel station Wateringen als station Maasvlakte aangehouden.

Tabel 5-11 Overzicht tracéopties vanaf windenergiegebied Hollandes Kust (west).

Tracé richting station	Tracéopties
Beverwijk (BVW)²⁴	HKW-BVW 1 HKW-BVW 2 HKW-BVW 3
Wateringen (WTR)	HKW-WTR
Maasvlakte (MVL)	HKW-MVL 1 HKW-MVL 2
Vijfhuizen (VHZ)	HKW-VHZ 1 HKW-VHZ 2

²⁴ Bij station Beverwijk wordt naar het transformatorstation getraceerd dat nog moet worden gebouwd op het terrein van Tata-staal in Wijk aan Zee. Dit nieuwe transformatorstation wordt aangesloten op het landelijke hoogspanningsnet op het bestaande 380 kV-station Beverwijk.



Figuur 5-6 Overzicht tracéopties vanaf windenergiegebied Hollandse Kust (west). Op de kaart is te zien dat de pijlen niet volledig richting stationslocatie Beverwijk gaan. De pijlen gaan naar het transformatorstation Tata Steel en de verbinding van Tata Steel naar hoogspanningsstation Beverwijk wordt nog gerealiseerd middels het project Hollandse Kust (noord) & Hollandse Kust (west Alpha).

Ten noorden van de Waddeneilanden

In Figuur 5-7 zijn de verschillende tracéopties vanaf Ten noorden van de Waddeneilanden naar verschillende 220- en 380 kV-stationslocaties weergegeven. In Tabel 5-12 zijn de verschillende tracéopties en de bijbehorende afkortingen opgesomd. Het tracé op zee is op twee manieren benaderd. Gekozen is voor gedeeltelijke bundeling met de bestaande kabels van windpark Gemini. Vanwege ruimtegebrek ten oosten van Rottumerplaat is een tracé gekozen aan de westzijde van dit eiland (zie onder). Dit tracé is ontwikkeld ten tijde van het MER COBRACable. De tweede optie is zo kort mogelijk naar de kust voor de desbetreffende stationslocaties. Dit betekent een route dwars door het Defensiegebied. Deze routes gaan daarna ook door de Waddenzee. De Waddenzee is onvermijdelijk voor alle tracés. Op land is er waar mogelijk gebundeld met provinciale (weg)infrastructuur. Daarbij worden geen drinkwatergebieden doorkruist en bevolkingskernen en Natura2000 gebieden zijn zoveel mogelijk vermeden.

Nadere toelichting Het Rif en ruimtegebrek ten oosten van Rottumeroog

Tussen de Waddeneilanden Ameland en Schiermonnikoog ligt de zandplaat Het Rif, naast de vaargeulen Westgat en Zoutkamperlaag. Deze zandplaat is onderdeel van Artikel 20-gebied uit de Wet natuurbescherming. Dit betekent dat het gebied voor een deel of het gehele jaar gesloten is voor menselijke activiteiten. Indien dit gebied gedeeltelijk opengesteld is gelden dezelfde eisen voor kruisen als in overige delen van de Waddenzee. Voor tracés die dit gebied doorkruisen is het wel noodzakelijk nader onderzoek te doen naar de mogelijkheden om dit te realiseren.

Rottumeroog en westelijker Rottumerplaat zijn aangewezen als referentiegebied. Het referentiegebied is in het kader van internationale verplichtingen aangewezen en heeft als doel om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur te kunnen volgen (PKB Waddenzee). De trilaterale 'Verklaring van Esbjerg' tussen Nederland, Duitsland en Denemarken uit 1991 stelt dat in het referentiegebied geen exploitaties en verstorende activiteiten mogen plaatsvinden. Dit gebied is daarom gesloten voor alle activiteiten en biedt geen ruimte voor de aanleg van kabels.

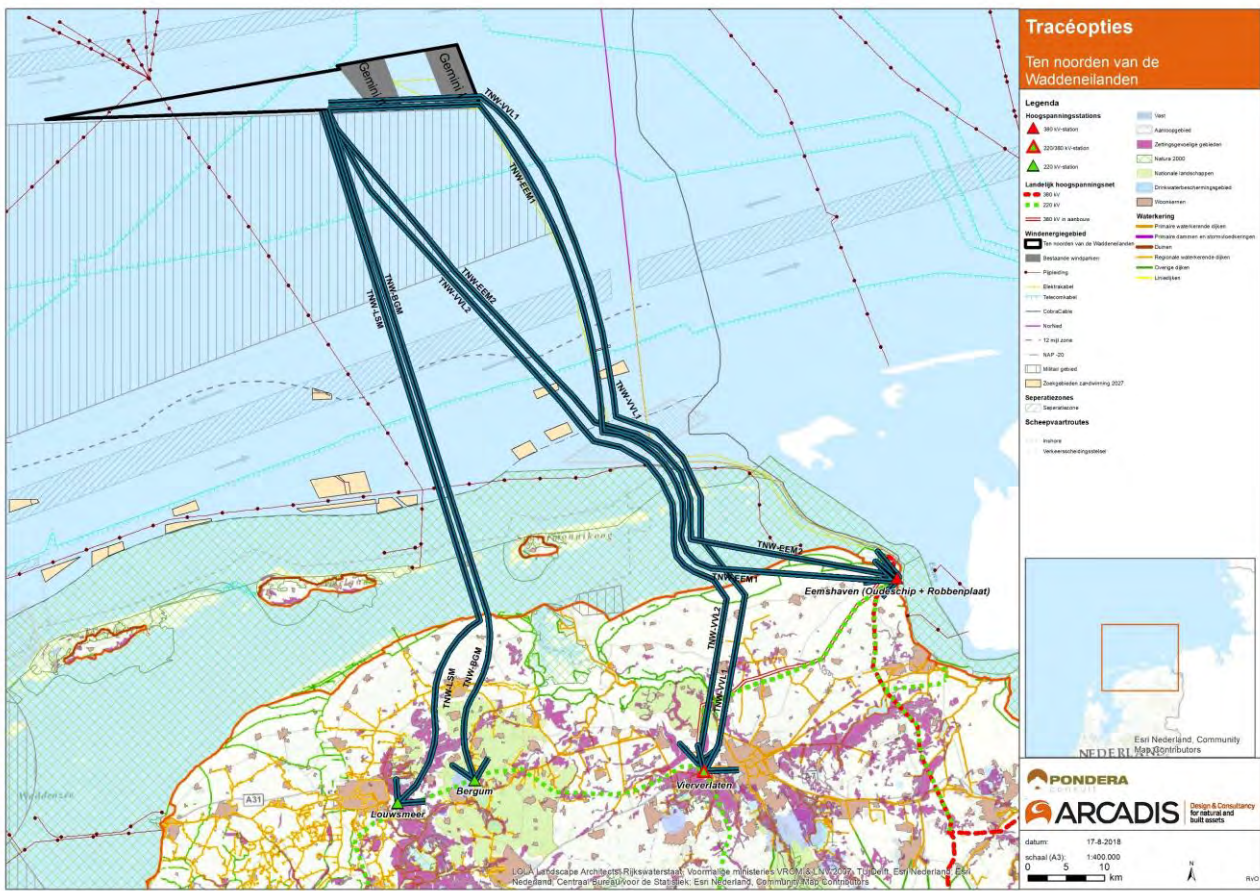
Ten oosten van Rottumeroog liggen respectievelijk de kabels van Gemini, Tycom, NorNed en Cobra. Er zijn technisch gezien grote risico's om tussen deze kabels in te gaan liggen. Ook kruisingen met deze kabels brengt grote risico's en kosten met zich mee.

Oostelijker ligt de vaargeul naar Emden (Westereems), inclusief een ankergebied. Aanleg in de vaargeul is niet gewenst vanwege het morfologisch hoog dynamische karakter en ook niet gewenst door het Duitse bevoegd gezag. Ten oosten van de vaargeul liggen Duitse kabels en leidingen.

Ten westen van de Gemini kabel is een nieuwe kabel niet mogelijk omdat tussen de Gemini kabel en het referentiegebied onvoldoende ruimte is voor de kabelaanleg. Aan de noordzijde van het referentiegebied is er ook geen ruimte tussen het referentiegebied, de NGT-leiding en de NorNed-kabel.

Tabel 5-12 Overzicht tracéopties vanaf windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden.

Tracé richting station	Tracéopties
Eemshaven (EEM)	TNW-EEM 1 TNW-EEM 2
Vierverlaten (VVL)	TNW-VVL 1 TNW-VVL 2
Bergum (BGM)	TNW-BGM
Louwsmeer (LSM)	TNW-LSM



Figuur 5-7 Overzicht tracéopties vanaf windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden.

IJmuiden Ver

PM: in deze beschrijving is het tracé naar Rilland 2 nog niet verwerkt. In de afwegingsnotitie zal dit wel opgenomen zijn.

In Figuur 5-8 t/m Figuur 5-11 de verschillende tracéopties vanaf IJmuiden Ver naar verschillende 380 kV-stationslocaties weergegeven. In Tabel 2-13 zijn de verschillende tracéopties en de bijbehorende afkortingen opgesomd. Voor IJmuiden Ver zijn vele stationslocaties mogelijk, zie paragraaf 5.5. Hieronder wordt in driedeling noord, midden en zuid de tracéopties besproken.

Het noordelijk deel bestaat uit de stations Lelystad, Ens en Vijfhuizen. Een eerste tracé naar Lelystad en Ens is ontwikkeld om zoveel mogelijk een zeekabel te kunnen toepassen. Dit betekent dat het tracé zo recht mogelijk naar Den Helder gaat door het Marsdiep, de Afsluitdijk kruist en via het IJsselmeer gaat naar station Ens of Lelystad. Vanwege de verwachte complexiteit van het Marsdiep (dynamisch morfologische omstandigheden, kruisingen van bestaande kabels en leidingen naar Texel) en de Afsluitdijkkruising zijn er enkele tracés naar Lelystad en Ens ontwikkeld door de Kop van Noord-Holland. Hierbij wordt aangesloten bij provinciale infrastructuur en zijn Natura2000 gebieden zoveel als mogelijk vermeden. Het meest zuidelijke zeetracé voor Lelystad en Ens is ook geschikt voor een tracé dat bundelt met net op zee Hollandse Kust (noord) naar station Beverwijk. Voor station Vijfhuizen is vanaf Egmond aan zee een landtracé overgenomen eveneens van Hollandse Kust (noord). Station Vijfhuizen kan ook via een zuidelijk zeetracé aangesloten worden. Dit betekent wel dat het tracé de kavel van Hollandse Kust (west) kruist. Hierna is het tracé dat ontwikkeld is voor Hollandse Kust (west) gevolgd (zie beschrijving Hollandse Kust (west) hierboven).

Het middendeel bestaat uit stations Bleiswijk, Wateringen, Maasvlakte en Simonshaven. De tracés gaan allemaal ten zuiden van windenergiegebied Hollandse Kust (west). Voor alle vier de stations is een tracéoptie ontwikkeld die direct ten zuiden langs Hollandse Kust (zuid) gaat. Voor Wateringen en Maasvlakte zijn tracés gebruikt die ontwikkeld zijn voor MER Hollandse Kust (zuid). Station Bleiswijk landt aan bij

Katwijk. Om bevolkingskernen te vermijden is zoveel mogelijk open gebied opgezocht. Hierbij wordt wel waterwingebied doorkruist. Om station Simonshaven te bereiken kruist het ontwikkelde tracé de Eurogeul en loopt zoveel mogelijk parallel aan de bestaande 380 kV-verbindingen richting station Simonshaven. Voor de stations Maasvlakte en Simonshaven is er ook een zuidelijk tracé ontwikkeld. Bij station Simonshaven is ervoor gekozen om de Haringvlietdam en het Haringvliet te kruisen. Na Hellevoetsluis komt het tracé aan land en vermijdt hier bevolkingskernen.

Het zuidelijk deel bestaat uit stations Geertruidenberg, Borssele en Rilland. Voor station Geertruidenberg is het zuidelijke tracé van station Simonshaven gebruikt. Om zoveel mogelijk een zeekabel toe te passen loopt het tracé door het Haringvliet en Hollands Diep tot aan Geertruidenberg. Dit tracé kruist over lange lengtes Natura2000 gebieden (Haringvliet en Biesbosch). Hierdoor zijn er ook opties om een tracé via land te volgen. Deze tracés volgen zoveel mogelijk provinciale infrastructuur en vermijden bevolkingskernen. Ook is het tracé van Zuid-West 380 kV oost zoveel mogelijk gevolgd. Borssele en Rilland volgen een zo recht mogelijk tracé in zuidelijke richting. Voor Borssele wordt het Veerse Meer-tracé gebruikt zoals onderzocht in het MER net op zee Borssele. Aanlanding via de kop van het eiland is niet meegenomen omdat uit het MER net op zee Borssele is gebleken dat deze tracés om diverse redenen niet mogelijk worden geacht. Ook wordt er een optie verkend via de Westerschelde (zie onderstaand kader). De Oosterscheldekering-kruising is een aandachtspunt vanwege technische aspecten en een hoge ruimtedruk in de Oosterschelde zelf. Station Rilland wordt via de Oosterschelde benaderd in deze verkenning.

Nadere toelichting Westerschelde

Het net op zee Borssele is aangelegd in de Westerschelde en lijkt het logisch om te kijken naar een nieuwe verbinding door de Westerschelde. Deze verbinding heeft als voordeel dat deze volledig met een zeekabel gelegd kan worden en er geen tot zeer weinig effecten op land ontstaan.

De Westerschelde is een morfologisch zeer dynamisch gebied. Het wordt gekenmerkt door diepe (vaar)geulen en "beweeglijke" platen. Als voorbeeld de Spijkerplaat die in een cyclus van circa 30 jaar 20 meter in hoogte varieert. Voor de begraafdiepte van de kabels betekent dit dat diep begraven nodig is. In het geval van Borssele is dit 10 m op de Spijkerplaat.

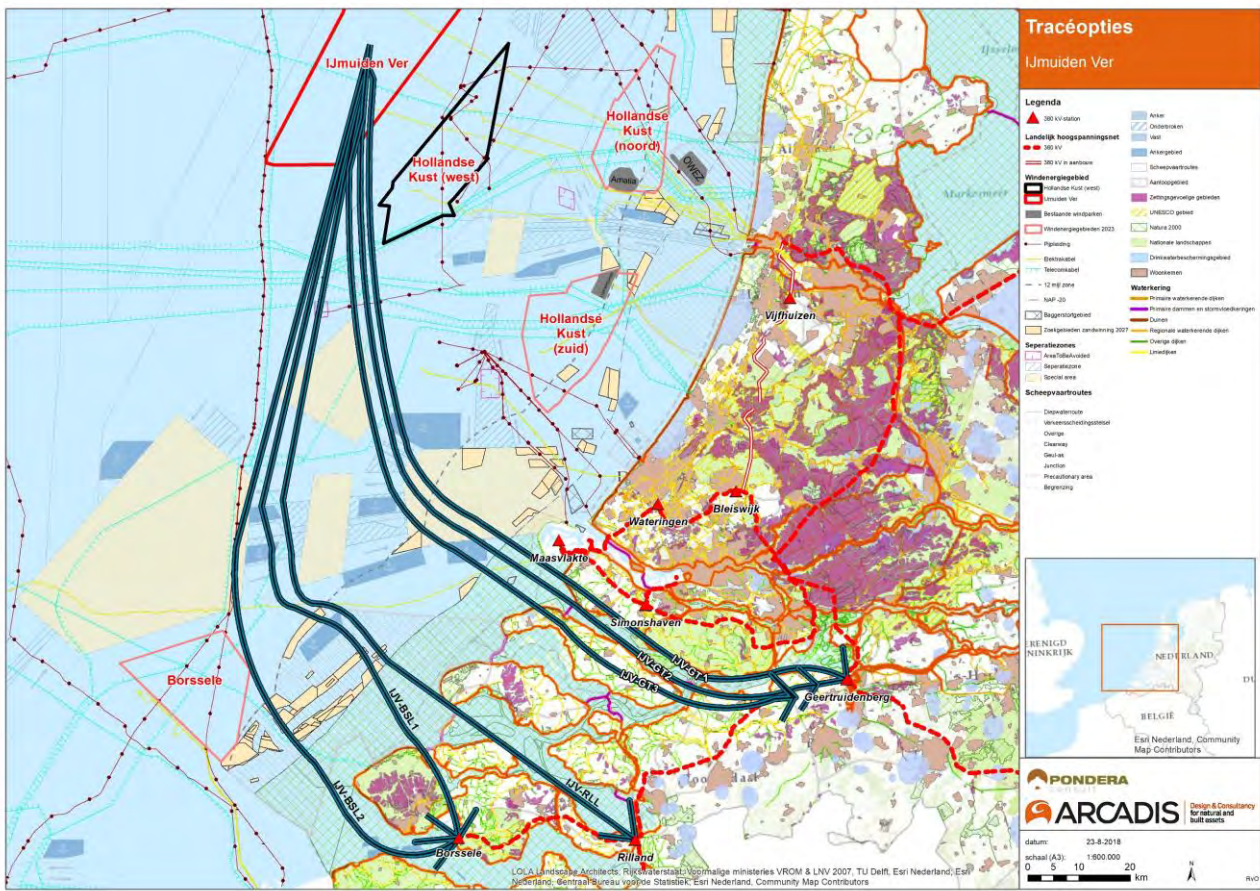
Het net op zee Borssele ligt ongeveer in het midden van de Westerschelde tussen Vlissingen en Borssele aan de noordzijde de vaargeul. Aan deze zijde is er erg weinig tot geen ruimte om nieuwe kabels aan te leggen zonder de belangen van de scheepvaart naar de haven van Antwerpen aan te tasten. Aanleg in de lengterichting van de vaargeul is vanwege de scheepvaart en de morfologische dynamiek niet mogelijk. Een nieuw tracé door de Westerschelde zal ook de bestaande kabels naar windpark Borssele twee keer moeten kruisen, wat in een dynamisch gebied tot grote risico's en kosten leidt.

Aan de zuidzijde van de Westerschelde – ter hoogte van Breskens – liggen ankergebieden. Deze zijn van groot belang voor de haven van Antwerpen omdat grote zeeschepen niet bij eb de haven kunnen bereiken en hier wachten op hoogwater. Deze ankergebieden kunnen niet doorkruist worden met kabels. Daarnaast liggen er veel en moeilijk op te sporen niet gesprongen explosieven in de Westerschelde.

Dit betekent dat zowel voor de noordelijke als de zuidelijke zijde van de Westerschelde zeer grote risico's aanwezig zijn voor het aanleggen van kabels. Ondanks deze risico's is een tracé door de Westerschelde toch meegenomen in de grove zeef. Mede vanwege de vraag vanuit regiobijeenkomsten om een dergelijk tracé te beschouwen.

Tabel 5-13 Overzicht tracéopties vanaf windenergiegebied IJmuiden Ver.

Tracé richting station	Tracéopties
Vijfhuizen (VHZ)	IJV-VHZ 1 IJV-VHZ 2
Bleiswijk (BWK)	IJV-BWK
Maasvlakte (MVL)	IJV-MVL 1 IJV-MVL 2
Simonshaven (SMH)	IJV-SMH 1 IJV-SMH 2
Geertruidenberg (GT)	IJV-GT 1 IJV-GT 2 IJV-GT 3
Borssele (BSL)	IJV-BSL 1 IJV-BSL 2
Rilland (RLL)	IJV-RLL 1 IJV-RLL 2
Lelystad (LLS)	IJV-LLS 1 IJV-LLS 2 IJV-LLS 3 IJV-LLS 4 IJV-LLS 5
Ens (ENS)	IJV-ENS 1 IJV-ENS 2 IJV-ENS 3 IJV-ENS 4 IJV-ENS 5



Figuur 5-11 Overzicht zuidelijke tracéopties vanaf windenergiegebied IJmuiden Ver. **PM: in deze figuur is het tracé Rilland 2 nog niet verwerkt.**

5.7 Beoordelingskader

5.7.1 Inleiding

In de vorige paragraaf zijn bij het bepalen van de tracés de belangrijkste belemmeringen aangegeven. Hierdoor is duidelijk gemaakt waardoor bepaalde tracés niet mogelijk zijn en of er risico's voor een tracé aanwezig zijn. In deze paragraaf wordt het beoordelingskader van de grove zeef uiteengezet waarbij voortgeborduurd wordt op deze belemmeringen. De grove zeef heeft als doel om de belangrijkste belemmeringen/vraagstukken te benoemen die leiden tot risico's voor de haalbaarheid van een tracé. Zo ontstaat per tracé inzicht in de mate van kansrijkheid. De keuze voor de te beschouwen thema's en criteria is hier dan ook op gericht.

De volgende stap na de grove zeef (namelijk de effectbepaling, niet in dit rapport opgenomen) bouwt voort op de resultaten van de grove zeef door een verdieping van de effectenbeoordeling van de overgebleven opties (tracés en de locaties voor transformator- of converterstations). Deze verdieping houdt onder meer in dat er naar meer criteria wordt gekeken en informatie wordt toegevoegd. Een voorbeeld hiervan is dat in de grove zeef naar Natura 2000-gebieden gekeken wordt en bij de effectbepaling naast Natura 2000-gebieden ook gekeken wordt naar NNN (Natuurnetwerk Nederland) en overige ecologisch beschermde gebieden (zoals weidevogelgebieden).

Goed om hierbij nog aan te geven dat het hierbij gaat om een verkenning en dat uitwerking en beoordeling van effecten nog zal plaatsvinden in de te doorlopen Rijkscoördinatieprojecten (inclusief m.e.r.) voor de aansluiting van de windenergiegebieden op het hoogspanningsnet op land.

De grove zeef wordt gescoord aan de hand van een stoplichtmodel met de volgende betekenis van de kleuren:

- Rood: aard en/of omvang belemmering leidt tot veel en/of grote risico's voor een tracé die niet of zeer lastig beheersbaar zijn met maatregelen;
- Oranje: aard en/of aantal belemmering leidt tot risico's voor een tracé die beheersbaar zijn met het treffen van maatregelen;
- Groen: aard en en/of aantal belemmeringen leiden tot weinig of geen risico's voor een tracé.



De beoordeling gebeurt voornamelijk kwalitatief aan de hand van een Geografisch Informatie Systeem (GIS), expert judgement en op basis van ervaringen in andere projecten, zoals de bestaande netten op zee. GIS speelt tevens een belangrijke rol bij het visueel maken van geografische kenmerken en belemmeringen. Waar mogelijk en nodig worden kwantitatieve gegevens gebruikt.

Het beoordelingskader (Tabel 5-14) bestaat uit de thema's milieu op zee, milieu op land, energie(techniek), kosten, toekomstvastheid en omgeving. Elk thema is weer onderverdeeld in aspecten of criteria en per aspect of criterium is een korte toelichting gegeven in de volgende tabel. Voor de thema's toekomstvastheid en omgeving wordt er in tekstkaders onder de tabel een uitgebreidere toelichting gegeven. Per aspect is een specifieke toelichting gegeven wanneer rood, oranje en groen is gescoord. De lengte en het aantal kilometers doorsnijding is bij benadering en afgerond, vanwege de globale aard van de tracés. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen geen doorsnijding (0 km), ongeveer 1 km doorsnijding/lengte, 5 km doorsnijding/lengte en vervolgens per 5 km doorsnijding of lengte. Het aantal kruisingen van waterkeringen wordt niet afgerond, maar is exact aangegeven.

5.7.2 Tabel met toelichting

Tabel 5-14 Beoordelingskader grove zee conventionele opties.

Thema	Aspect/criterium	Toelichting	Beoordeling/uitleg kleuren
	Lengte	Is zowel van toepassing voor zee als land. Hoe groter de lengte, hoe meer ruimtebeslag wat meestal meer/grotere effecten betekent. Verder is het een factor voor de kosten en tijdsplanning	Omdat de lengte al doorwerkt in de kosten en andere milieueffecten, wordt de lengte op zichzelf niet beoordeeld door middel van een groene, oranje of rode kleur.
	Scheepvaartroutes	Invloed op scheepvaart zoals scheepvaartroutes, aanloopgebieden en vaargeulen	Groen: Kruisen VSS en aanloopgebieden Oranje: Kruisen vaargeul haven Rood: Accumulatie kruisen vaargeulen havens
	Zand- en schelpenwingebieden	Invloed op zand- en schelpenwingebieden	Groen: Zand- en schelpwinningsgebieden worden vermeden of kunnen in een nadere detaillering vermeden worden; doorkruising reserveringsgebied voor zandwinning is niet onderscheidend. Oranje: Tracé loopt deels door zoekgebied voor zandwinning en/of waar een schelpwinningsvergunning geldt en kan moeilijk vermeden worden. Rood: Tracé loopt >30 km door zoekgebied voor zandwinning en/of waar een schelpwinningsvergunning geldt
	Baggerstortgebieden	Baggerstortgebieden dienen vermeden te worden voor de kabels	Groen: Baggerstortgebieden worden vermeden Oranje: Kruisen baggerstortgebieden maar kunnen in een nadere detaillering vermeden worden Rood: Kruisen baggerstortgebieden zonder uitwijkmogelijkheden
	Natura 2000	Invloed op Natura 2000-gebieden op zee	Groen: Geen doorkruising N2000 Oranje: Doorkruising N2000 met verwachting dat aan Wnb voldaan kan worden Rood: Doorkruising N2000 zonder verwachting dat aan Wnb voldaan kan worden
	Landschap	Invloed op landschappelijk waardevolle gebieden (voorheen nationale landschappen)	Groen: Geen doorkruising Nationaal Landschap Oranje: Doorkruising Nationaal Landschap Rood: Niet van toepassing, naar verwachting beheersbaar risico ²⁵
Milieu op land	Cultuurhistorische	Invloed op cultuurhistorisch waardevolle gebieden (UNESCO)	Groen: Geen doorkruising UNESCO Werelderfgoedgebied Oranje: Doorkruising UNESCO Werelderfgoedgebied Rood: Niet van toepassing, naar verwachting beheersbaar risico ²⁶
	Natura 2000	Invloed op Natura 2000-gebieden binnendijs van primaire waterkeringen.	Groen: Geen doorkruising N2000 Oranje: Doorkruising N2000 met verwachting dat aan Wnb voldaan kan worden Rood: Doorkruising zonder verwachting dat aan Wnb voldaan kan worden

²⁵ Eventueel nader te beschouwen in effectbepaling.

²⁶ Eventueel nader te beschouwen in effectbepaling.

Thema	Aspect/criterium	Toelichting	Beoordeling/uitleg kleuren
	Waterkeringen	Aard (primair en secundair) en hoeveelheid waterkeringen te kruisen.	Groen: Kruising 1 waterkering Oranje: Kruising meerdere waterkeringen Rood: Niet van toepassing, naar verwachting beheersbaar risico ²⁷
	Grondwater	Invloed op grondwaterbeschermingsgebieden	Groen: Geen doorkruising Oranje: Doorkruising van grondwaterbeschermingsgebied maar kan in een nadere detaillering vermeden worden Rood: Doorkruising van grondwaterbeschermingsgebied zonder uitwijkmogelijkheden
	Zettings-/verziltingsgevoelige gebieden	Invloed op zettings- en verziltingsgevoelige gebieden	Groen: Geen doorkruising zettings- of verziltingsgevoelige gebieden maar kan in een nadere detaillering vermeden worden Oranje: Kruising van zettings- of verziltingsgevoelige gebieden Rood: Niet van toepassing, naar verwachting beheersbaar risico ²⁸
	Bebouwing	Invloed op (beperkt) kwetsbare objecten aan de hand van ligging ten opzichte van bevolkingskernen	Groen: Geen doorkruising bevolkingskernen Oranje: Doorkruising bevolkingskernen met verwacht beheersbaar risico Rood: Doorkruising bevolkingskernen met verwacht niet of zeer lastig beheersbaar risico
(Energie) techniek	Capaciteit aansluitlocatie	Beschikbare ruimte en capaciteit aansluitlocatie 380 kV- of 220 kV-station	Groen: Er is voldoende capaciteit op het station aanwezig of in de nabije toekomst te creëren om het vermogen van het windenergiegebied aan te sluiten. Voor IJmuiden Ver scoort een station groen als er minimaal 2 x 1,3 GW of 1 x 2 GW kan worden aangesloten. Oranje: Voor Hollandse Kust (west) en Ten noorden van de Waddeneilanden wordt de score oranje niet gehanteerd. Er is capaciteit (groen) of geen capaciteit (rood). Voor IJmuiden Ver scoort een station oranje als er wel 1 x 1,3 GW kan worden aangesloten, maar niet meer (1 x 2 GW of 2 x 1,3 GW). Rood: Er is onvoldoende capaciteit op het station aanwezig of in de nabije toekomst te creëren om het vermogen van het windenergiegebied aan te sluiten.
	Knelpunten netwerk	Ontstaan en/of worden bestaande knelpunten vergroot in het landelijke hoogspanningsnet	Groen: Er ontstaan door het aansluiten van het windenergiegebied op het station geen of mogelijk lichte knelpunten in het achterliggende hoogspanningsnetwerk. Oranje: Er ontstaan door het aansluiten van het windenergiegebied op het station een grote kans op behoorlijke ²⁹ knelpunten in het achterliggende hoogspanningsnetwerk. Rood: Er ontstaan door het aansluiten van het windenergiegebied op het station een grote kans op ernstige ³⁰ knelpunten in het achterliggende hoogspanningsnetwerk.
Kosten	Relatieve kosten	Per optie is bepaald wat de investering is van benodigde platform op zee, de kabels, het converterstation of transformatorstation en evt.	Groen: relatieve kosten van 100% t/m 110% Oranje: Relatieve kosten van 115% t/m 150% Rood: Relatieve kosten hoger dan 150%

²⁷ Eventueel nader te beschouwen in effectbepaling.

²⁸ Eventueel nader te beschouwen in effectbepaling.

²⁹ de (N-1)-veilige transportcapaciteit wordt met meer dan 120% overschreden, gedurende 100 tot 800 uur per jaar

³⁰ de (N-1)-veilige transportcapaciteit wordt met meer dan 130% overschreden, gedurende meer dan 800 uur per jaar

Thema	Aspect/criterium	Toelichting	Beoordeling/uitleg kleuren
		tussencompensatie. Eiland niet meegenomen. Goedkoopste optie is 100%, andere opties daaraan gerelateerd.	
Toekomstvastheid	Invloed op andere opties	Beperkingen voor andere opties en extra 0,9 GW binnen de Routekaart 2030	Groen: Geen overlap mogelijkheden andere opties Oranje: Beïnvloeding mogelijkheden andere opties Rood: Niet van toepassing
Omgeving	Belangrijkste kansen en risico's	Analyse kansen en risico's op basis van de gebiedssessies, gevoerde gesprekken in de regio.	Wordt niet beoordeeld en uitgedrukt in kleuren omdat belangen uit de omgeving niet allemaal hetzelfde en soms tegengesteld kunnen zijn. Een andere reden is dat deze verkenning de start vormt van het gespreksproces met de omgeving, waardoor nog niet alle omgevingsvraagstukken in beeld zijn.

5.7.3 Toelichting toekomstvastheid

In de grove zee worden de opties voor toekomstvastheid beoordeeld op twee criteria:

- Heeft een optie vanuit een windenergiegebied invloed op de haalbaarheid van een optie vanuit een ander windenergiegebied;
- Heeft een windpark vanuit Hollandse Kust (west Bèta), in Ten noorden van de Waddeneilanden en in IJmuiden Ver invloed op de ontsluiting van de resterende 0,9 GW uit de Routekaart 2030 en vice versa.

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat (een groot deel van) de circa 0,9 GW geplaatst wordt in een van de volgende gebieden: Hollandse Kust (noordwest), Hollandse Kust (zuidwest) of IJmuiden Ver. Voor deze gebieden staat het volgende vermeld in de Routekaart 2030:

- Hollandse Kust (noordwest) wordt vooralsnog niet benut voor de Routekaart 2030 omdat dit een (te) groot deel van de totale beschikbare ecologische gebruiksruimte zou opsouperen.
- Voor invulling van het laatste deel van 7 GW bestaan volgens de laatste inzichten de volgende opties:
 - 0,7 GW Hollandse Kust (zuidwest). Dit gebied is relatief waardevol voor de visserij en de gasvelden in de omgeving van dit gebied komen naar verwachting het eerst in beeld voor opslag van CO₂.
 - Een tender voor nog een of meer windparken in het nog niet benutte deel van IJmuiden Ver, omdat dit gebied met in achtneming van de Bruine Bank minimaal circa 4,8 GW kan herbergen, en een eventuele uitbreiding van dit windenergiegebied ook tot de mogelijkheden behoort, in tegenstelling tot Hollandse Kust (zuidwest) dat door scheepvaartroutes omringd wordt.
- Bij deze zoektocht betreft het kabinet de wens van de provincie Groningen om op grote schaal windenergie op zee te ontwikkelen ten noorden van de Waddeneilanden.

Voor deze verkenning is uitgegaan van het volgende:

- Indien de realisatie plaatsvindt in Hollandse Kust (noordwest) dan is de standaard 700 MW via een AC-verbinding. Hiermee komen alleen de volgende stations in aanmerking: Beverwijk en Vijfhuizen.
- Indien de realisatie plaatsvindt in Hollandse Kust (zuidwest) dan is de standaard van 700 MW via een AC-verbinding. Hiermee komen de volgende stations alleen in aanmerking: Wateringen, Maasvlakte en Simonshaven.
- Indien de realisatie plaatsvindt in IJmuiden Ver dan gebeurt dit via een DC-verbinding. Dan is er een totaal van 4,9 GW. Het is aan te bevelen deze 0,9 GW mee te nemen in de totale kavelindeling en bij de inrichting van het eiland of van de platforms en niet als apart deel te beschouwen. Met deze aanpak is het meeste schaalvoordeel te halen door dezelfde convertercapaciteiten te realiseren.

5.7.4 Toelichting omgevingsmanagement

Gedurende deze verkenning zijn gesprekken gevoerd met betrokkenen en belanghebbende instanties. Deze bijeenkomsten zijn georganiseerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). Doel van deze bijeenkomsten is om in overleg de kansrijkheid van verschillende opties en aansluitpunten te verkennen en meekoppelkansen te identificeren. Daarbij gaat het om op hoofdlijnen de technische aspecten, financiële aspecten en ruimtelijke gevolgen van de verschillende opties, aansluitpunten en tracés in kaart te brengen.

De volgende bijeenkomsten hebben plaatsgevonden:

- Startbijeenkomst in Rotterdam op 12 april 2018;
- Regiobijeenkomst in Middelburg op 11 juni 2018;
- Regiobijeenkomst in Haarlem op 12 juni 2018;
- Regiobijeenkomst in Groningen op 13 juni 2018;
- Regiobijeenkomst in Den Haag op 18 juni 2018.

De verslagen van deze bijeenkomsten zijn te vinden via de volgende website: <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hogspanning/verkenning-aanlanding-netten-op-zee-2030>.

Daarnaast zijn diverse aanvullende gesprekken gevoerd, onder andere met provincies en gemeenten.

Er vinden in september vervolg-regiobijeenkomsten plaats.

Het aspect omgeving wordt verder niet gescoord, zoals bij de andere thema's wordt gedaan. Dit komt doordat de belangen uit de omgeving niet allemaal hetzelfde zijn en zijn te vergelijken, en soms zelfs tegengesteld kunnen zijn. Een andere reden is dat deze verkenning de start vormt van het gespreksproces met de omgeving, waardoor nog niet alle omgevingsvraagstukken in beeld zijn.

5.8 Vragen regiobijeenkomsten

In de regiobijeenkomsten in juni 2018 is onder andere gevraagd om aanvullend naar drie locaties te kijken als aansluitpunt voor de afvoer van windenergie. Dit zijn Den Helder, Terneuzen en Delfzijl. Deze opties komen vanuit de uitgangspunten van deze verkenning in eerste instantie niet in aanmerking als optie en zijn daarom hiervoor ook niet meegenomen in het bepalen van tracés vanwege het ontbreken van een 380 kV-station. Omdat vanuit de regiobijeenkomsten de vraag is gekomen om toch naar deze aansluitpunten te kijken is besloten om in deze paragraaf de genoemde locaties te beschouwen.

5.8.1 Den Helder

Vanuit de regiosessie is gevraagd om te kijken naar een aansluiting bij Den Helder (het zou dan gaan om de aansluiting van IJmuiden Ver). Dit is gevraagd omdat er verwacht wordt dat in de toekomst de vraag naar elektriciteit sterk gaat toenemen door onder meer elektrificatie van industrie, de komst van een datacentrum en waterstofproductie.

Het wel aansluiten van Den Helder heeft één van de twee volgende consequenties:

- 3) Den Helder moet aangesloten worden op het 380 kV-net. Dit betekent het realiseren van een nieuwe, bovengrondse verbinding tussen Den Helder en (waarschijnlijk) Beverwijk of Oostzaan.
 - a. Hiervoor is een lange planologische procedure en bouwfase noodzakelijk vanaf het moment van de start (ervaring leert dat dit momenteel tussen de 10-15 jaar duurt). Het is daarmee niet waarschijnlijk dat voor het jaar 2030 een 380 kV-verbinding naar Den Helder is gerealiseerd.
 - b. Daarnaast is er momenteel niet voldoende noodzaak voor deze investering, omdat uit de KCD 2017 van TenneT naar voren komt, dat in de kop van Noord-Holland geen dusdanige knelpunten in het netwerk zijn of worden verwacht dat er een verzwaring naar een 380 kV-netwerk noodzakelijk is. **PM<vergelijking kosten opnemen tussen 380 kV-verbinding naar Den Helder en de opties aansluiting IJver op huidige 380 kV net door TenneT>** Wel vindt er netuitbreiding plaats met de realisatie van 150 kV-station Middenmeer en de verbindingen Anna Paulowna – Middenmeer en Middenmeer – Westwoud. Verder wordt een verzwaring voorzien van de 150 kV-verbinding Velsen-Beverwijk-Oterleek.
- 4) Een tweede optie kan zijn om Den Helder te beschouwen als een (stand alone) 'klantaansluiting'. Het is de vraag of dit mogelijk en wenselijk is. Dit betekent dat vraag en aanbod van elektriciteit exact op elkaar wordt afgestemd. Zoals beschreven in paragraaf 9.1.2.6 is dat dit geen realistische optie omdat het ongewenst is dat een windpark en de afnemer(s) zo sterk van elkaar afhankelijk zijn.

Belangrijkste punt om Den Helder niet als aansluitpunt te hanteren is het ontbreken van een 380 kV-hoogspanningsnet in het noorden van Noord-Holland. Het 150 kV-net loopt tot 150 kV-station Anna Paulowna. Het dichtstbijzijnde 380 kV-station is station Beverwijk. Een 150 kV-verbinding heeft onvoldoende capaciteit om één verbinding van 1,3 GW voor IJmuiden Ver aan te sluiten. Een belangrijke randvoorwaarde voor TenneT als netbeheerder bij netverzwaring is doelmatigheid. De nut en noodzaak voor de realisatie van een nieuwe 380 kV-verbinding moet aangetoond worden doordat er een groeiende vraag is die niet opgevangen kan worden door het huidige net. Hier is onvoldoende sprake van in de regio Den Helder; er is een grotere vraagtoename nodig.

5.8.2 Terneuzen

Vanuit de regiosessie is gevraagd om te kijken naar een aansluiting bij Terneuzen vanuit IJmuiden Ver vanuit het oogpunt van de voorziene groei van de vraag naar elektriciteit en verdere verduurzaming van het industriecluster in Zeeuws-Vlaanderen.

Voor aansluiten op Terneuzen ontbreekt op dit moment een 380 kV-hoogspanningsnet. Terneuzen is aangesloten op het 150 kV-net. Zeeland is op dit moment een netto exporteur van elektriciteit. Dit betekent dat het aansluiten van extra windenergievermogen de export zal vergroten, waardoor knelpunten op het 150 kV-netwerk zijn te verwachten. Daarnaast moet ook de vraag extra gestimuleerd worden binnen het gebied, voornamelijk is dit niet voorzien op grote schaal tot 2030.

Een tweede punt is dat bij het aanleggen van een DC-verbinding van IJmuiden Ver naar Terneuzen, het bestaande 380 kV-station Borssele met voldoende aansluitcapaciteit gepasseerd wordt. Het is dan niet

logisch (zie bovenstaand uit oogpunt van doelmatigheid) om vanuit het net op zee programma een langer en duurder tracé aan te leggen naar Terneuzen. Dit kan dan beter als netverzwaring gebeuren tussen Borssele en Terneuzen als hiertoe vanuit de KCD aanleiding is.

Ten derde kan het een optie zijn om Terneuzen te beschouwen als een (stand alone) 'klantaansluiting', met als grote afnemers onder andere YARA en Dow Chemical. Het is de vraag of dit mogelijk en wenselijk is. Dit betekent dat vraag en aanbod van elektriciteit exact op elkaar wordt afgestemd. Zoals beschreven in paragraaf 9.1.2.6 is dat dit geen realistische optie is omdat het ongewenst is dat een windpark en de afnemer(s) zo sterk van elkaar afhankelijk zijn.

Het is logisch om voor de DC-verbinding van IJmuiden Ver naar Terneuzen te kijken naar een tracé door de Westerschelde. Het aanleggen van een tracé door de Westerschelde kent grote risico's en belemmeringen (zie ook kader in paragraaf 5.6.2). In de Westerschelde wordt een deel van het net op zee Borssele gerealiseerd, grofweg in het midden van de Westerschelde. Een nieuwe verbinding kan aan de noordzijde of aan de zuidzijde gerealiseerd worden. Aan de noordzijde van deze kabelsystemen tussen Vlissingen en Borssele ligt de vaargeul in een verder morfologisch zeer dynamisch gebied. Hier een kabelsysteem aanleggen is om verschillende redenen (toegang tot de haven Antwerpen, zeer diepe begraafdieptes met zeer grote baggervolumes) bezwaarlijk. Aan de zuidzijde liggen drie ankergebieden die niet te kruisen zijn en die van zeer groot belang zijn voor de scheepvaart naar Antwerpen. Ook hier zijn geen mogelijkheden voor een kabelsysteem.

Het rechtstreeks aansluiten van Terneuzen met een verbinding vanuit IJmuiden Ver lijkt om genoemde redenen dan ook onwaarschijnlijk.

De regio komt nog met een rapport over vraagontwikkeling. Dat wordt in september 2018 meegenomen in de studie.

5.8.3 Delfzijl

Vanuit de regioessie is gevraagd om te kijken naar een aansluiting van een gelijkstroomverbinding naar Delfzijl. Dit is gevraagd om de vergroening van waterstofproductie te faciliteren en daarmee te versnellen.

Het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden wordt gerealiseerd met een wisselstroomverbinding (zie paragraaf 5.1) en aangesloten op een bestaand 220- of 380 kV-station. Hiervoor is gekozen vanuit de laagst mogelijke kosten voor het realiseren van het net op zee. De schaal (700MW van windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden) leent zich niet voor een kostenefficiënte aansluiting op basis van gelijkstroom.

IJmuiden Ver wordt wel gerealiseerd op basis van gelijkstroom. Locatie Eemshaven (of Delfzijl) ligt echter (met Maasbracht) het verste weg van alle Nederlandse 380 kV-stations. Het is dan niet logisch om een gelijkstroomverbinding rechtstreeks vanaf een windenergiegebied naar Delfzijl aan te leggen. Het is de vraag of een rechtstreekse aansluiting kostenefficiënter is dan gebruik te maken van een aansluiting op het bestaande landelijke hoogspanningsnet om gelijkstroom te leveren. Dit is echter in het kader van deze studie nu niet nader onderzocht. TenneT is momenteel bezig om met Groningen Sea Ports (GSP) een studie te doen naar kansrijkheid van een gelijkstroomnetwerk. Conclusies uit deze studie worden in deze verkenning meegenomen.

6 BEOORDELING HOLLANDSE KUST (WEST)

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de traceringsopties voor windenergiegebied Hollandse Kust (west) beoordeeld op hoofdlijnen. Dit vindt plaats aan de hand van het beoordelingskader uit het voorgaande hoofdstuk. In de volgende paragrafen worden de resultaten gepresenteerd voor respectievelijk milieu op zee, milieu op land, (energie)techniek, kosten, toekomstvastheid en omgeving. Dit hoofdstuk sluit af met een conclusie.

6.1 Milieu op zee

In Tabel 6-1 zijn de beoordelingen van de verschillende mogelijke tracés voor de aansluiting van het platform Hollandse Kust (west) op zee weergegeven op basis van de stoplichtmethode. In de tabel is bij een aantal criteria tevens het aantal kilometer doorsnijding aangegeven, zoals bijvoorbeeld bij Natura 2000. Dit is puur ter informatie en is niet altijd doorslaggevend voor de score die wordt toegekend. Na de tabel worden de effecten van de verschillende tracés beschreven.

Tabel 6-1 Beoordelingen tracés milieu op zee

Aspect/criterium	HKW-BVW 1	HKW-BVW 2	HKW-BVW 3	HKW-VHZ 1	HKW-VHZ 2	HKW-WTR	HKW-MVL 1	HKW-MVL 2
Lengte (km)	70	75	65	80	85	85	80	100
Scheepvaartroutes (km)	45	40	60	45	45	25	25	50
Zand- en schelpenwin- gebied (km)	10	10	1	1	1	5	0	10
Baggerstortgebied (km)	0	0	1	0	0	1	5	0
Natura 2000 (km)	0	0	0	0	0	0	1	10

6.1.1 Lengte

De lengtes van de verschillende opties variëren tussen circa 65 en 100 km. Het tracé HKW-MVL 2 heeft de grootste lengte (100 km) en het tracé HKW-BVW 3 heeft de kleinste lengte (65 km). De lengte van het tracé heeft invloed op de totale kosten, die in een latere paragraaf behandeld worden. Omdat de lengte al doorwerkt in de kosten en andere milieueffecten, wordt de lengte op zichzelf niet beoordeeld door middel van een groene, oranje of rode kleur.

6.1.2 Scheepvaartroutes

Alle tracés gaan door het verkeersscheidingsstelsel (VSS) dat wordt gebruikt door de scheepvaart op de Noordzee. Dit geeft echter geen grote belemmering voor de scheepvaart, aangezien kabels ingegraven worden en schepen daar geen hinder van ondervinden, uitgezonderd in de aanleg- of verwijderingsfase en tijdens onderhoud of reparatie waarin hinder kan ontstaan. Tevens gaan bijna alle tracés door separatiezones, die worden gebruikt door schepen om in noodgevallen naar toe uit te wijken. Ook hier zijn de tracés geen belemmering voor de scheepvaart, hooguit tijdelijk tijdens de aanlegfase. De tracés naar Beverwijk en Vijfhuizen lopen door het aanloopgebied voor schepen richting de haven van IJmuiden. Dit vormt echter nauwelijks een belemmering. Het tracé HKW-BVW 3 echter, kruist ook in dat aanloopgebied de IJgeul. Dit is niet wenselijk aangezien hier dagelijks vele schepen passeren die de haven van IJmuiden in- en uit varen. Dit is ook het geval bij het tracé HKW-MVL1, alleen dan bij de Maasgeul/Eurogeul. Om

bovenstaande redenen krijgen alle tracés een groene beoordeling op de tracés HKW-BVW 3 en HKW-MVL1 na, die een oranje beoordeling krijgen.

6.1.3 Zand- en schelpenwinningsgebieden

Het gebied tussen de "doorgaande NAP -20 m dieptelijn" en de "12-mijlsgrens", buiten het kustfundament, is in de zandwinstrategie van de Beleidsnota Noordzee 2016-2021 gereserveerd als voorkeursgebied voor zandwinning voor suppletie. Dit gebied wordt in elk tracé doorsneden en is derhalve niet onderscheidend. In het recent verschenen MER 'Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027' zijn verschillende zoekgebieden in het reserveringsgebied opgenomen. In deze zoekgebieden zal in de toekomst, tot 2027 (waardoor de aanleg van een tracé vanaf Hollandse Kust (west) waarschijnlijk binnen deze periode valt), zand worden gewonnen voor kustzorg of commerciële doeleinden. Het heeft de voorkeur om deze zoekgebieden zoveel mogelijk te vermijden. De tracés van Beverwijk, Vijfhuizen en Wateringen kruisen enkele van deze zoekgebieden voor zandwinning. Alleen de tracés HKW-BVW 1 en 2 en HKW-WTR krijgen een oranje beoordeling, omdat deze circa vijf of tien kilometer door een zoekgebied lopen en er geen mogelijkheid is om deze, ook niet in verdere detaillering, te vermijden. Tracé HKW-MVL 2 loopt niet door zoekgebied voor zandwinning, maar wel circa tien kilometer door gebied waarvoor een winningsvergunning geldt voor schelpenwinning en krijgt daarom ook een oranje beoordeling.

6.1.4 Baggerstortgebieden

Enkele tracés lopen door stort- en loswalgebieden bij IJmuiden of bij de Maasvlakte. Dat zijn HKW-BVW3, HKW-WTR en HKW-MVL1. Deze tracés scoren oranje en niet rood, omdat deze tracés bij een nadere detaillering de gebieden naar verwachting relatief makkelijk kunnen vermijden. De andere tracés scoren groen; geen stort- en/of loswalgebied wordt gekruist.

6.1.5 Natura 2000

De meeste tracés lopen niet door Natura 2000-gebieden op zee heen. Dit geldt echter niet voor het tracé HKW-MVL 2. Dit tracé loopt namelijk door Natura 2000-gebied Voordelta heen voordat het de stationslocatie bereikt. Dit geldt ook voor een klein deel van HKW-MVL1. Naar verwachting kan wel worden voldaan aan de Wet natuurbescherming. Daarom krijgt deze tracés een oranje beoordeling en de andere tracés een groene beoordeling.

6.2 Milieu op land

Tabel 6-2 Beoordeling tracés milieu op land.

Aspect/criterium	HKW-BVW 1	HKW-BVW 2	HKW-BVW 3	HKW-VHZ 1	HKW-VHZ 2	HKW-WTR	HKW-MVL 1	HKW-MVL 2
Landschappelijke waarden (km)	0	0	0	5	5	0	0	0
Cultuurhistorische waarden (km)	0	0	0	5	5	0	0	0
Natura 2000 (km)	1	1	1	5	5	1	0	0
Waterkeringen (x kruisingen)	1	1	1	7	7	7	1	1
Grondwater (km)	0	0	0	0	0	0	0	0
Zettings-/verziltingsgevoelige gebieden (km)	0	0	0	1	1	5	1	1
Bebouwing (km)	1	1	1	1	1	5	0	0

6.2.1 Landschappelijke en cultuurhistorische waarden

De tracés lopen, met uitzondering van de tracés richting Vijfhuizen, niet door gebieden met een belangrijke landschappelijke waarde. De tracés richting Vijfhuizen lopen circa vijf kilometer door nationaal landschap. Dit tracé krijgt daarom een oranje beoordeling.

6.2.2 Cultuurhistorische waarden

De tracés lopen, met uitzondering van de tracés richting Vijfhuizen, niet door gebieden met een belangrijke cultuurhistorische waarden. De tracés richting Vijfhuizen lopen circa vijf kilometer door de Stelling van Amsterdam (SvA), die op de lijst voorkomt van UNESCO Werelderfgoed. Dit tracé krijgt daarom een oranje beoordeling.

6.2.3 Natura 2000

De tracés naar Beverwijk lopen circa 1 kilometer door het Natura 2000-gebied het Noord-Hollandse Duinreservaat na de aanlanding op de kust. De tracés naar Vijfhuizen gaan ook vlak na de aanlanding op de kust door Natura 2000-gebied. De tracés gaan dan namelijk circa 5 km door Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De tracés naar Maasvlakte gaan helemaal niet door Natura 2000-gebied heen en het tracé naar Wateringen loopt circa 1 kilometer door Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen. De tracés die door Natura 2000-gebied lopen krijgen allemaal een oranje beoordeling en de tracés op de Maasvlakte een groene beoordeling.

6.2.4 Waterkeringen

De tracés kruisen enkele primaire en regionale waterkeringen. De tracés richting Vijfhuizen en richting Wateringen kruisen de meeste waterkeringen, namelijk zeven. De tracés naar Vijfhuizen kruisen daarbij de primaire waterkering van de duinen van Velsen-Bloemendaal en de tracés richting de Maasvlakte en Wateringen kruisen de duinen van de Zeewering. De Zeewering is geen primaire waterkering maar wordt als zodanig behandeld. De tracés richting Beverwijk kruisen één waterkering in totaal, de primaire waterkering van de duinen. Geconcludeerd wordt dat de tracés naar Beverwijk en Maasvlakte allemaal een groene beoordeling krijgen, aangezien het onvermijdelijk en in de praktijk ook haalbaar blijkt om een primaire waterkering te kruisen. De tracés naar Vijfhuizen en Wateringen kruisen meer waterkeringen en krijgen daarom een oranje beoordeling.

6.2.5 Grondwater

Geen enkel tracé gaat door waterwingebieden of grondwaterbeschermingsgebieden. Elke tracéoptie scoort hierdoor groen.

6.2.6 Zettings-/verziltingsgevoelige gebieden

De tracés van Vijfhuizen lopen, ter hoogte van Haarlem, circa 1 kilometer door zettingsgevoelig weideveen- en koopveengronden heen. In een nadere detaillering van het tracé kan dit gebied worden vermeden. Het tracé naar Wateringen loopt circa 1 kilometer door kalkarme en kleigronden heen en loopt circa 5 kilometer door gebied waar tot 25 meter diepte brak water aanwezig is en de kans bestaat dat er bij ontgraving zout water omhoog komt, wat verzilting kan veroorzaken. Dit laatste geldt ook voor een klein deel van de tracés (circa 1 km) naar de Maasvlakte, wanneer deze aanlanden. De tracés naar Beverwijk lopen helemaal niet door zettings-/verziltingsgevoelige gebieden. Op basis van voorgaande krijgt het tracé naar Wateringen en de tracés richting de Maasvlakte een oranje beoordeling en de andere tracés een groene beoordeling.

6.2.7 Bebouwing

Zoals beschreven in de uitgangspunten is er bij de tracering al getracht zoveel mogelijk bebouwd gebied te vermijden. Het tracé naar station Wateringen gaat het langst door bebouwd gebied heen, namelijk circa 5 kilometer door bebouwd gebied in Den Haag. De tracés naar Vijfhuizen gaan circa 1 kilometer door bebouwd gebied in Haarlem. De tracés naar Beverwijk lopen gedeeltelijk (maximaal 1 km) door de bevolkingskern van de gemeente IJmond. De tracés naar de Maasvlakte gaan helemaal niet door bebouwd gebied heen. Daarom krijgen deze tracés naar de Maasvlakte een groene beoordeling en de andere tracés die wel door bebouwd gebied lopen een oranje beoordeling.

6.3 (Energie)techniek

Tabel 6-3 Beoordeling (Energie)techniek

Aspect/criterium	HKW-BVW 1	HKW-BVW 2	HKW-BVW 3	HKW-VHZ 1	HKW-VHZ 2	HKW-WTR	HKW-MVL 1	HKW-MVL 2
Capaciteit aansluitlocatie	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
Knelpunten netwerk	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen

6.3.1 Capaciteit aansluitlocatie

In de afbakening in paragraaf 5.4 is aangegeven welke stations op basis van capaciteit kansrijk zijn. Stations met onvoldoende capaciteit zijn als minder kansrijk beschouwd. Stations Beverwijk, Wateringen, Maasvlakte en Vijfhuizen hebben allen voldoende capaciteit om de 700 MW van Hollandse Kust (west) aan te kunnen sluiten. Het criterium ‘capaciteit aansluitlocatie’, dat door de afbakening in paragraaf 5.4 in feite een randvoorwaarde is om tracés te onderzoeken, wordt toch consequent in de tabellen gepresenteerd, omdat het criterium ook een rol kan spelen in de effectbepaling (de fase hierna).

6.3.2 Knelpunten netwerk

Uit een impactanalyse van TenneT blijkt dat een groei in het offshore opgestelde windvermogen (benodigd voor de windenergiegebieden routekaart 2030), inclusief de al bestaande windparken en de nog te realiseren windparken in windenergiegebieden Borssele, Hollandse Kust (zuid) en (noord), elektrisch gefaciliteerd kan worden (zie tevens paragraaf 5.2). Geconcludeerd wordt dat er waarschijnlijk geen ernstige knelpunten zijn bij het aansluiten van de windenergiegebieden uit de Routekaart 2030.

Door het aansluiten van 700 MW van Hollandse Kust (west) ontstaat er op geen van de kansrijke stations een knelpunt in het achterliggende netwerk. Om deze reden krijgen alle tracés voor dit thema een groene beoordeling.

6.4 Kosten

Tabel 6-4 Beoordeling kosten tracés.

Aspect/criterium	HKW-BVW 1	HKW-BVW 2	HKW-BVW 3	HKW-VHZ 1	HKW-VHZ 2	HKW-WTR	HKW-MVL 1	HKW-MVL 2
Relatieve kosten (de goedkoopste optie is 100%)	105	110	100	110	115	115	110	140

6.4.1 Relatieve kosten

De kosten van de tracés hangen sterk samen met de lengte van de tracés. Daarom scoren de kortste tracés, naar station Beverwijk, het beste en zijn als groen beoordeeld. Hiervan heeft HKW-BVW 3 de laagste kosten. Dit gaat om circa € 445 miljoen. De tracés HKW-VHZ 1 en HKW-MVL 1 blijven binnen 10 procent hogere kosten en worden ook als groen beoordeeld conform Tabel 5-14. De tracés HKW-VHZ 2, HKW-WTR en vooral HKW-MVL 2 hebben meer dan 10 procent hogere kosten en worden beoordeeld met een oranje kleur. Omdat de verbinding HKW-MVL 2 langer is dan 90 km, zijn er technische maatregelen zoals tussencompensatie nodig om netverliezen tegen te gaan. Dit betekent extra kosten.

6.5 Toekomstvastheid

Hieronder wordt Hollandse Kust (west) beoordeeld of een optie vanuit een windenergiegebied invloed heeft op een optie vanuit een ander windenergiegebied. Daarnaast wordt beoordeeld of een optie vanuit Hollandse Kust (west Bèta) invloed heeft op de resterende 0,9 GW uit de Routekaart 2030 en vice versa.

- Andere opties:
 - Overlap met IJmuiden Ver naar 380 kV-station Vijfhuizen. Er is op het 380 kV-station aansluitruimte voor Hollandse Kust (west Bèta) en IJmuiden Ver (een aansluiting van 1,3 GW of 2 GW) of voor twee aansluitingen (van 1,3 GW) IJmuiden Ver. Er is niet of nauwelijks fysieke ruimte voor een extra tracé op land. Dit bemoeilijkt inpassing van meerdere tracés. Oranje beoordeling.
 - Overlap met IJmuiden Ver naar 380 kV-station Wateringen. Er is op het 380 kV-station aansluitruimte voor Hollandse Kust (west Bèta) en IJmuiden Ver (een aansluiting van 1,3 GW). Er is niet of nauwelijks fysieke ruimte voor een extra tracé op land. Dit bemoeilijkt de inpassing van meerdere tracés. Oranje beoordeling.
 - Overlap met IJmuiden Ver 380 kV-station Maasvlakte. Er is op het 380 kV-station aansluitruimte voor Hollandse Kust (west Bèta) en IJmuiden Ver (een aansluiting van 2GW of 1,3 GW of 2x1,3 GW). Meerdere tracés realiseren op de Maasvlakte is een aandachtspunt. Oranje beoordeling.
- Resterende 0,9 GW
 - Indien 0,7 van de resterende 0,9 GW in Hollandse Kust (noordwest) wordt gerealiseerd is een aansluiting logisch op 380 kV-station Beverwijk of Vijfhuizen. Dan is er overlap met Hollandse Kust (west Bèta) voor deze 380 kV-stations. Er is op het 380 kV-station Beverwijk aansluitruimte voor of Hollandse Kust (west Bèta) en Hollandse Kust (noordwest). Aandachtspunt is de beschikbare ruimte. Oranje beoordeling.
 - Indien 0,7 van de resterende 0,9 GW in Hollandse Kust (zuidwest) wordt gerealiseerd is een aansluiting logisch op de meer zuidwestelijk gelegen 380 kV-stations, waarvan Wateringen of Maasvlakte overlappen met Hollandse Kust (west Bèta). Op beide 380 kV-stations is voldoende ruimte voor beide opties, daarnaast:
 - Wateringen: niet of nauwelijks fysieke ruimte voor twee transformatorstations en tracés;
 - Maasvlakte: Voldoende ruimte, vinden van een geschikt tracé is een aandachtspunt.
 - Indien de resterende 0,9 GW in IJmuiden Ver wordt gerealiseerd: zie eerdere opmerking in 5.7.3 / en dan gaat hetzelfde gelden als hierboven onder 'andere opties'.

Omdat voor toekomstvastheid op twee criteria is gescoord (invloed op andere optie en invloed op resterende 0,9 GW) en elke optie op minimaal één van deze twee criteria oranje scoort, worden alle opties oranje gescoord op toekomstvastheid, behalve de tracés naar Maasvlakte, omdat daar in tegenstelling tot andere opties voldoende fysieke ruimte aanwezig is voor twee transformatorstations.

6.6 Omgeving

In deze paragraaf staan kort de belangrijkste kansen en risico's genoemd die aan de orde zijn geweest in de Regiobijeenkomsten van juni 2018 en bilaterale gesprekken. Ook hier dient in acht te worden genomen dat het op het niveau van een verkenning is, die de start vormt van het gespreksproces met de omgeving. Op het moment dat de RCR voor het net op zee voor aansluiting van het windenergiegebied start, wordt zoals gebruikelijk, geïntensiveerd. De kansen en risico's zoals hier genoemd zijn, kunnen dan aangevuld worden. De vraagstukken worden hieronder genoemd per 380 kV-station; dit betekent dat voor verschillende tracés naar hetzelfde 380 kV-station dezelfde vraagstukken gelden. Tevens zijn kansen en risico's voor zee of op land opgenomen die in het algemeen gelden voor het windenergiegebied.

Tabel 6-5 Kansen en risico's omgeving.

Onderwerp	Vraagstukken Hollandse Kust (west)
<u>Algemeen zee</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Magneetvelden in relatie tot bruinvissen • Kruisingen met de vaargeulen, inclusief verkeersscheidingsstelsel • Garanderen doorvaart scheepvaart in aanlegfase • Reserveringen voor zandwinning • Passeren van bestaande kabels en leidingen • Visserij aanlegfase en steenbestortingen bij kruisingen kabels en leidingen
<u>Algemeen land</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Schaarse ruimte langs de kust (verstedelijking) • Elektromagnetische velden hoogspanningskabels • Overlast in aanlegperiode • Veel verschillende private grondeigenaren • Doorsnijding landbouwgrond
Beverwijk	<ul style="list-style-type: none"> • Verbinding aanlanding Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west) naar Beverwijk wordt tussen transformatorstation Tata Steel – 380 kV station al met overcapaciteit aangelegd • Beïnvloeding andere kabels en leidingen (voldoende ruimte aanwezig?) • Nauwelijks ruimte converterstation • UNESCO Stelling van Amsterdam
Vijfhuizen	<ul style="list-style-type: none"> • Tracé: beperkte en intensief gebruikte ruimte richting Vijfhuizen (verstedelijking, natuur, landgoederen) • Opbarstingsgevaar (zoute kwel) in lage polders (Haarlemmermeer, IJpolders) en aanleg in veenweidegebieden • Snelle ontwikkelingen bedrijventerreinen rond station Vijfhuizen (De Liede, Polanenpark/SADC, woonbebouwing en ecologische boerderij) • Kruising Natura 2000-gebied • Stelling van Amsterdam
Wateringen	<ul style="list-style-type: none"> • Kruising van de zandmotor bij aanlanding Wateringen • Tracé: beperkte en intensief gebruikte ruimte richting Wateringen (verstedelijking, golfbaan, nieuwbouw, Atlantikwall, waterwinning, beschermde bomen, Natura 2000) • Weinig ruimte voor transformatorstation / converterstation en vooral landbouwgrond
Maasvlakte	<ul style="list-style-type: none"> • Ruimtereservering voor uitbreiding Maasvlakte bij aanlanding naar Maasvlakte (speelt niet voor aanlanding vanaf noorden) • Aanlanding noordzijde: weinig ruimte door al aanwezige en geplande kabels en leidingen • Beïnvloeding andere kabels en leidingen (voldoende ruimte aanwezig?) • Kruising met de Maasgeul (scheepvaart en bereikbaarheid haven)

6.7 Conclusie

In de volgende tabel zijn alle opties weergegeven met een beoordeling in kleuren voor milieu op zee, milieu op land, (energie)techniek, kosten en toekomstvastheid. Het is een relatieve beoordeling en daarmee wijken de kleuren af van de kleuren die eerder in het hoofdstuk zijn gegeven. Relatief wil zeggen dat de beste optie voor een thema (bijvoorbeeld milieu op zee) groen scoort en de minst goede optie rood. De opties daartussen krijgen een oranje beoordeling. Het doel van deze tabel is om verschil in kansrijkheid van tracéopties visueel te maken. Het aspect omgeving staat niet in de tabel, omdat belangen uit de omgeving niet allemaal hetzelfde zijn, en soms tegengesteld kunnen zijn. Een andere reden is dat deze verkenning de start vormt van het gespreksproces met de omgeving, waardoor nog niet alle omgevingsvraagstukken in beeld zijn.

Indien er weinig verschil is tussen opties worden er twee in plaats van drie kleuren gebruikt. Er wordt groen en oranje weergegeven als er geen grote belemmeringen zijn. Als er wel grote belemmeringen zijn, wordt oranje en rood weergegeven.

Tabel 6-6 Relatieve beoordelingen tracés vanaf Hollandse Kust (west), met in groen de meest kansrijke opties per thema, rood de minst kansrijke opties per thema en oranje de opties die daartussenin scoren.

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie)techniek	Kosten	Toekomstvastheid
HKW-BVW 1	Kortste tracé, VSS, Zoekgebied zandwinning	N2000 Noord-Hollands Duinreservaat Primaire waterkering Zandige Kust Zuid	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	105	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station en voor converterstation IJver / trafostation 0,9 GW
HKW-BVW 2	Kortste tracé, VSS en separatiezone, Zoekgebied zandwinning	N2000 Noord-Hollands Duinreservaat Primaire waterkering Zandige Kust Zuid	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	110	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station en voor converterstation IJver / trafostation 0,9 GW
HKW-BVW 3	Kortste tracé, VSS en separatiezone, kruist IJgeul Kruist stort/ loswalgebied	N2000 Noord-Hollands Duinreservaat Primaire waterkering Zandige Kust Zuid	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	100	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station en voor converterstation IJver / trafostation 0,9 GW
HKW-VHZ 1	VSS en separatiezone	UNESCO SvA, N2000 Kennemerland-Zuid, primaire waterkering Velsen-Bloemendaal, veenweidegebied en bebouwd gebied	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	110	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station en voor converterstation IJver / trafostation 0,9 GW
HKW-VHZ 2	VSS en separatiezone	UNESCO SvA, N2000 Kennemerland-Zuid, primaire waterkering Velsen-Bloemendaal, veenweidegebied en bebouwd gebied	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	115	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station en voor converterstation IJver / trafostation 0,9 GW
HKW-WTR	VSS en separatiezone, zoekgebied zandwinning, kruist stort/loswalgebied	N2000 Solleveld & Kapittelduinen, primaire waterkering Zeewering, kalkarm kleigrond, brak water- en bebouwd gebied	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	115	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station en voor converterstation IJver / trafostation 0,9 GW
HKW-MVL 1	VSS en separatiezone, N2000 Voordelta, kruist stort/loswalgebied	Primaire waterkering zeewering, brakwatergebied	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	110	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station, wel ruimte voor converter- / trafostation, geschikt tracé aandachtspunt voor toekomstige windparken

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie)techniek	Kosten	Toekomstvastheid
	en Maasgeul/Eurogeul				
HKW- MVL 2	Langste tracé, VSS en separatiezone, schelpenwinning, N2000 Voordelta	Primaire waterkering zeewering, brakwatergebied	Station voldoende capaciteit Geen grote knelpunten netwerk	140	Geen ruimte extra aansluiting op 380 kV-station, wel ruimte voor converter- / trafostation, geschikt tracé aandachtspunt voor toekomstige windparken

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat voor milieu op zee HKW-VHZ 1 en HKW-VHZ 2 de meest geschikte opties zijn, omdat deze tracés ten opzichte van de andere opties alleen de separatietoneel en VSS kruisen. De minst geschikte optie is HKW-MVL2, omdat deze het langste tracé heeft, de VSS, het Natura 2000-gebied Voordelta, een schelpenwingebied én een separatietoneel kruist. HKW-MVL1 is oranje omdat het kort door het Natura 2000-gebied Voordelta gaat en het stort- en loswalgebied vermeden kan worden.

Voor milieu op land krijgen de drie tracéopties naar Beverwijk een oranje kleur, omdat Natura 2000-gebied Noord-Hollands Duinreservaat en de primaire waterkering Zandige Kust Zuid worden gekruist. De tracéopties naar Maasvlakte zijn ook oranje gescoord, omdat de primaire waterkering Zeewering en 1 km brakwatergebied wordt gekruist. De tracéopties naar Vijfhuizen en Wateringen zijn het minst geschikt voor milieu op land (rood), vooral omdat deze, naast een aantal andere beschermde gebieden, door dichtbebouwd gebied, gaan.

Vanuit (energie)techniek zijn alle tracéopties groen omdat alle stations voldoende capaciteit hebben om het vermogen van het windenergiegebied aan te sluiten en er door het aansluiten van het windenergiegebied geen knelpunten ontstaan in het achterliggende hoogspanningsnetwerk.

Vanuit kosten is de tracéoptie HKW-BVW 3 de goedkoopste en is HKW-MVL 2 de duurste optie, de andere tracéopties liggen dicht bij elkaar.

Voor toekomstvastheid zijn de tracés HKW-MVL 1 en 2 het meest gunstig, omdat er weliswaar invloed is op een tracéoptie vanuit een ander windenergiegebied (dat is bij elk tracé het geval), maar er is fysieke ruimte op de Maasvlakte voor twee transformatorstations en dat is bij geen enkel andere optie het geval. Indien alle thema's worden opgeteld en indien elk thema even zwaar meetelt, dan ontstaat het beeld dat de tracéopties HKW-BVW 3 en HKW-MVL 1 het meest kansrijk zijn (groen in de onderstaande figuur) en de tracéoptie HKW-MVL 2 het minst kansrijk is (rood in de onderstaande figuur). De overige zijn oranje in Figuur 6-1. Het even zwaar meetellen van elk thema is hier alleen gedaan om inzicht te geven hoe opties gescoord kunnen worden. Er kunnen redenen zijn om een ander gewicht te hangen aan de thema's. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolprocedure.



Figuur 6-1 Totaalbeoordeling van de verschillende tracéopties vanaf Hollandse Kust (west) op kaart.

Vanuit omgeving is er een aantal kansen en risico's voor land (zoals schaarse ruimte, elektromagnetische velden en overlast aanleg) en zee (zoals effecten op andere gebruiksfuncties) algemeen benoemd. Voor de specifieke aansluitstations zijn dat:

- Beverwijk risico's: Stelling van Amsterdam, beïnvloeding andere kabels en leidingen door weinig ruimte, weinig tot geen ruimte voor converterstation. Kans: de toekomstige verbinding van Hollandse Kust (noord) en (west Bèta) wordt aangelegd met ruimte voor extra 700 MW en op transformatorstation Tata Steel kan aansluitend de aansluiting voor een derde windpark worden gerealiseerd.
- Vijfhuizen risico's: beperkte en intensief gebruikte ruimte en gevoelige bodem voor tracé richting Vijfhuizen, kruising Natura 2000-gebied, Stelling van Amsterdam en snelle ontwikkelingen op bedrijventerreinen rondom station Vijfhuizen.
- Wateringen risico's: beperkte en intensief gebruikte ruimte en beschermde gebieden (natuur, waterwinning etc.) voor tracé richting Wateringen, kruising van de zandmotor bij aanlanding en weinig ruimte voor een transformatorstation.
- Maasvlakte risico's: beïnvloeding andere kabels en leidingen door weinig ruimte (aanlanding noordzijde), ruimtereservering voor Maasvlakte (aanlanding zuidzijde), kruising met Maasgeul (aanlanding noordzijde).

7 BEOORDELING TEN NOORDEN VAN DE WADDENEILANDEN

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de traceringsopties voor windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden beoordeeld op hoofdlijnen. Dit vindt plaats aan de hand van het beoordelingskader uit hoofdstuk 5. In de volgende paragrafen worden de resultaten gepresenteerd voor respectievelijk milieu op zee, milieu op land, (energie)techniek, kosten, toekomstvastheid en omgeving. Dit hoofdstuk sluit af met een conclusie.

7.1 Milieu op zee

In Tabel 7-1 zijn de beoordelingen van de verschillende mogelijke tracés voor de aansluiting van het platform Ten noorden van de Waddeneilanden voor milieu op zee weergegeven. In de tabel is bij een aantal criteria tevens het aantal kilometer doorsnijding aangegeven, zoals bijvoorbeeld bij Natura 2000. Dit is puur ter informatie en is niet altijd doorslaggevend voor de score die wordt toegekend. Na de tabel worden de effecten van de verschillende tracés beschreven.

Daaronder worden de effecten van de verschillende tracés beschreven.

Tabel 7-1 Beoordeling tracés milieu op zee.

Aspect/criterium	TNW-EEM 1	TNW-EEM 2	TNW-VVL 1	TNW-VVL 2	TNW-BGM	TNW-LSM
Lengte (km)	120	110	120	110	90	100
Scheepvaartroutes (km)	25	25	25	25	15	15
Zand- en schelpenwingsgebieden (km)	0	0	0	0	0	0
Baggerstortgebieden (km)	0	0	0	0	0	0
Natura 2000 (km)	20	25	20	20	15	15

7.1.1 Lengte

De lengtes van de verschillende opties verschillen tussen 90 en 120 km. De tracés TNW-EEM 1 en TNW-VVL 1 hebben beide de grootste lengte van 120 km. De lengte van het tracé heeft invloed op de totale kosten, die in een latere paragraaf behandeld worden. Omdat de lengte al doorwerkt in de kosten en andere milieueffecten, wordt de lengte op zichzelf niet beoordeeld door middel van een groene, oranje of rode kleur.

7.1.2 Scheepvaartroutes

Alle tracés naar Eemshaven en Viervelaten kruisen circa 25 km scheepvaartgebieden op de Noordzee. Het grootste deel hiervan betreft kruising van het verkeersscheidingsstelsel (VSS) en kleinere delen betreffen aanloopgebied en separatiezone. TNW-BGM en TNW-LSM kruisen beiden circa 15 km scheepvaartgebieden waarvan ook het grootste deel VSS betreft en een klein deel separatiezone. Omdat er geen vaargeul wordt doorsneden, scoren alle tracés groen.

7.1.3 Zand- en schelpenwinningsgebied

De tracés lopen niet door zand- en schelpenwinningsgebieden en daarom worden alle tracés groen beoordeeld.

7.1.4 Baggerstortgebieden

De tracés lopen niet door baggerstortgebieden en daarom worden alle tracés groen beoordeeld.

7.1.5 Natura 2000

Alle tracés doorkruisen Natura 2000-gebied de Waddenzee. Deze doorkruising is voor geen enkel tracé te vermijden. Voor tracé TNW-EEM 2 is de doorkruising circa 25 km, de overige tracés doorkruisen 15-20 km de Waddenzee. De tracés TNW-BGM en TNW-LSM kruisen de zandplaat Het Rif, dit is artikel 20-gebied (gesloten gebied). Nader onderzoek moet uitwijzen of het realiseren van een tracé daar mogelijk is, waarbij er ook een alternatief is om het tracé via de vaargeul Westgat te laten lopen. Het kruisen van de Waddenzee vormt een aandachtspunt voor de realisatie en daarom worden alle tracés oranje beoordeeld.

7.2 Milieu op land

In Tabel 7-2 zijn de beoordelingen van de verschillende mogelijke tracés voor de aansluiting van het platform Ten noorden van de Waddeneilanden voor milieu op land weergegeven. Daaronder worden de effecten van de verschillende tracés beschreven.

Tabel 7-2 beoordeling tracés milieu op land.

Aspect/criterium	TNW-EEM 1	TNW-EEM 2	TNW-VVL 1	TNW-VVL 2	TNW-BGM	TNW-LSM
Landschappelijke waarden (km)	0	0	5	5	10	0
Cultuurhistorische waarden (km)	0	0	0	0	0	0
Natura 2000 (km)	0	0	0	0	0	0
Waterkeringen (aantal kruisingen)	1	1	3	3	3	3
Grondwater (km)	0	0	0	0	0	0
Zettings-/verziltingsgevoelige gebieden (km)	0	0	1	1	0	10
Bebouwing (km)	0	0	0	0	0	0

7.2.1 Landschappelijke waarden

Beide tracés naar station Eemshaven en het tracé naar Louwsmeer kruisen geen Nationaal Landschap wat leidt tot een groene beoordeling. De tracés naar Vierverlaten doorkruisen beiden met circa 5 km Nationaal Landschap. Dit is het Nationaal Landschap Middag-Humsterland ten noordwesten van de stad Groningen. Het tracé naar Bergum doorkruist circa 10 km het Nationaal Landschap Noordelijke Friese Wouden. Hierdoor krijgen deze tracés een oranje beoordeling op het aspect Landschappelijke waarden.

7.2.2 Cultuurhistorische waarden

Geen enkel tracé loopt door UNESCO-gebieden en daarom krijgen alle tracés voor dit thema een groene beoordeling.

7.2.3 Natura 2000

Geen van de tracés naar Eemshaven, Vierverlaten, Bergum en Louwsmeer doorkruisen Natura 2000-gebieden op land en krijgen om deze reden een groene beoordeling.

7.2.4 Waterkeringen

De tracés van Eemshaven, Vierverlaten, Bergum en Louwsmeer kruisen één keer de primaire waterkering Zeedijk en scoren groen. Daarnaast worden door de tracés naar station Vierverlaten, Bergum en Louwsmeer ieder twee regionale dijken gekruist. Deze tracés worden oranje beoordeeld vanwege het kruisen van meerdere waterkeringen.

7.2.5 Grondwater

Er is geen doorkruising van waterwingebieden of grondwaterbeschermingsgebieden door de tracés en daarom geeft dit voor alle tracés een groene beoordeling op dit criterium.

7.2.6 Zettings- en verziltingsgevoeligheid

De tracés richting Eemshaven en Bergum gaan niet door zetting- en/of verziltingsgevoelig gebied heen. De tracés richting Vierverlaten lopen circa 1 kilometer door zettingsgevoelige veengronden en kalkarme gronden heen. In een nadere detaillering van de tracés kan dit gebied mogelijk worden vermeden. Het tracé naar Louwsmeer loopt circa 10 kilometer, ten noordwesten van Veenwouden, door veenweidegebied heen. Op basis van voorgaande krijgt het tracé naar Louwsmeer een oranje beoordeling en de andere tracés een groene beoordeling.

7.2.7 Bebouwing

Geen van de tracés vanuit het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden doorkruisen bevolkingskernen en daarom krijgt ieder tracé een groene beoordeling.

7.3 (Energie)techniek

Tabel 7-3 Beoordeling (Energie)techniek.

Aspect/criterium	TNW-EEM 1	TNW-EEM 2	TNW-VVL 1	TNW-VVL 2	TNW-BGM	TNW-LSM
Capaciteit aansluitlocatie	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
Knelpunten netwerk	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen

7.3.1 Capaciteit aansluitlocatie

In de afbakening in paragraaf 5.4 is aangegeven welke stations op basis van capaciteit kansrijk zijn. Stations met onvoldoende capaciteit zijn als minder kansrijk beschouwd. Stations Eemshaven 380 kV (Eemshaven + Oudeschip 380 kV), Vierverlaten 380 kV, Eemshaven 220 kV (Eemshaven + Robbenplaat 220 kV), Bergum 220 kV en Louwsmeer 220 kV hebben allen voldoende capaciteit om de 700 MW van Ten noorden van de Waddeneilanden aan te kunnen sluiten. Het criterium 'capaciteit aansluitlocatie', dat door de afbakening in paragraaf 5.4 in feite een randvoorwaarde is om tracés te onderzoeken, wordt toch consequent in de tabellen gepresenteerd, omdat het criterium ook een rol kan spelen in de effectbepaling (de fase hierna).

7.3.2 Knelpunten netwerk

Uit een impactanalyse van TenneT blijkt dat een groei in het offshore opgestelde windvermogen (benodigd voor de windenergiegebieden routekaart 2030), inclusief de al bestaande windparken en de nog te realiseren windparken in windenergiegebieden Borssele, Hollandse Kust (zuid) en (noord), elektrisch gefaciliteerd kan worden (zie tevens paragraaf 5.2). Geconcludeerd wordt dat er waarschijnlijk geen ernstige knelpunten zijn bij het aansluiten van de windenergiegebieden uit de Routekaart 2030.

Door het aansluiten van 700 MW van Ten noorden van de Waddeneilanden ontstaat er op geen van de kansrijke stations een knelpunt in het achterliggende netwerk. Om deze reden krijgen alle tracés voor dit thema een groene beoordeling.

7.4 Kosten

Tabel 7-4 Beoordeling kosten tracés.

Aspect/criterium	220 kV/ 380 kV	TNW- EEM 1	TNW- EEM 2	TNW-VVL 1	TNW-VVL 2	TNW- BGM	TNW-LSM
Relatieve kosten (de goedkoopste optie is 100%)	220 kV	120	110	120	110	100	105
	380 kV	125	120	125	120	-	-

7.4.1 Relatieve kosten

De kosten van de tracés hangen sterk samen met de lengte van de tracés. Ook is er een verschil wat betreft aansluiting op een 220 kV-station of een 380 kV-station. Bij stations Bergum en Louwsmeer is er geen 380 kV-station aanwezig of plannen tot realisatie hiervan. TNW-BGM is de goedkoopste optie, het betreft hier circa € 540 miljoen. Tracés TNW-EEM 1 en TNW-VVL 1 hebben de hoogste relatieve kosten, deze tracés hebben tevens de grootste lengte. Deze tracés bundelen zoveel mogelijk met windpark Gemini en vermijden het Defensiegebied. Alle tracés met kosten >110% ten opzichte van de goedkoopste optie krijgen een oranje beoordeling. Lagere kosten zijn als groen beoordeeld. Alles tracés hebben technische maatregelen zoals tussencompensatie nodig.

7.5 Toekomstvastheid

Voor het gebied Ten Noorden van de Waddeneilanden is er geen overlap met opties voor de andere windenergiegebieden Hollandse Kust (west Bèta) en IJmuiden Ver. Daarnaast is het niet logisch dat de resterende 0,9 GW naar Vierverlaten, Eemshaven, Louwsmeer of Bergum wordt afgevoerd, aangezien de routekaart 2030 aangeeft dat de 0,9 GW gezocht wordt in de gebieden Hollandse Kust (noordwest), Hollandse Kust (zuidwest) of IJmuiden Ver. Alle tracés krijgen een groene beoordeling.

7.6 Omgeving

In deze paragraaf staan kort de belangrijkste kansen en risico's genoemd die aan de orde zijn geweest in de Regiobijeenkomsten van juni 2018 en bilaterale gesprekken. Ook hier dient in acht te worden genomen dat het op het niveau van een verkenning is, die de start vormt van het gespreksproces met de omgeving. Op het moment dat de RCR voor het net op zee voor aansluiting van het windenergiegebied start wordt, zoals gebruikelijk, geïntensiveerd. De kansen en risico's zoals hier genoemd kunnen dan aangevuld worden. De vraagstukken worden hieronder opgenoemd per 380 kV-station; dit betekent dat voor verschillende tracés naar hetzelfde 380 kV-station dezelfde vraagstukken gelden. Tevens zijn kansen en risico's voor zee of op land opgenomen die in het algemeen gelden voor het windenergiegebied.

Tabel 7-5 Kansen en risico's omgeving.

Onderwerp	Vraagstukken Ten noorden van de Wadden
Algemeen zee	<ul style="list-style-type: none"> • Samenhang met andere (en toekomstige na 2030) tracés netten op zee • Passeren van de Waddenzee in relatie tot onder andere Natura 2000-gebieden • Geen tot weinig ruimte tracé door Eemsmond • Afstemming vraag en aanbod energie • Bundeling alle toekomstige kabels en leidingen met verdeelstation richting Lauwersmeer • Kruisen vaargeulen • Visserij aanlegfase
Algemeen land	<ul style="list-style-type: none"> • Kruisen veel landbouwgebied
Eemshaven	<ul style="list-style-type: none"> • Tracé parallel langs de dijk – combinatie met dijkverzwaring • Natuurgebieden binnendijks • Kruisen agrarisch landschap • Aansluiting in Eemshaven met gelijkstroom
Vierverlaten	<ul style="list-style-type: none"> • Nationaal landschap Middag-Hamsterland
Bergum	<ul style="list-style-type: none"> • Natuur- en landschappelijk waardevolle gebieden
Louwsmeer	<ul style="list-style-type: none"> • Natuur- en landschappelijk waardevolle gebieden

7.7 Conclusie

In de volgende tabel zijn alle opties weergegeven met een beoordeling in kleuren voor milieu op zee, milieu op land, (energie)techniek, kosten en toekomstvastheid. Het is een relatieve beoordeling en daarmee wijken de kleuren af van de kleuren die eerder in het hoofdstuk zijn gegeven. Relatief wil zeggen dat de beste optie voor een thema (bijvoorbeeld milieu op zee) groen scoort en de minst goede optie rood. De opties daartussen krijgen een oranje beoordeling. Het doel van deze tabel is om verschil in kansrijkheid van tracéopties visueel te maken. Het aspect omgeving staat niet in de tabel, omdat belangen uit de omgeving niet allemaal hetzelfde zijn, en soms tegengesteld kunnen zijn. Een andere reden is deze verkenning de start vormt van het gespreksproces met de omgeving, waardoor nog niet alle omgevingsvraagstukken in beeld zijn.

Indien er weinig verschil is tussen opties worden er twee in plaats van drie kleuren gebruikt. Er wordt groen en oranje weergegeven als er geen grote belemmeringen zijn. Als er wel grote belemmeringen zijn, wordt oranje en rood weergegeven.

Tabel 7-6 Relatieve beoordelingen tracés vanaf Ten noorden van de Waddeneilanden, met in groen de meest kansrijke opties per thema, rood de minst kansrijke opties per thema en oranje de opties die daartussenin scoren.

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie)techniek	Kosten	Toekomstvastheid
TNW-EEM 1	Langste tracé met TNW-VVL1, VSS N2000-gebied Waddenzee	Primaire waterkering Zeedijk	Station voldoende capaciteit, geen grote knelpunten netwerk	220 kV: 120 380 kV: 125	Geen overlap
TNW-EEM 2	VSS, N2000-gebied Waddenzee	Primaire waterkering Zeedijk	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	220 kV: 110 380 kV: 120	Geen overlap
TNW-VVL 1	Langste tracé met TNW-EEM 1, VSS, N2000-gebied Waddenzee	Nationaal Landschap, primaire waterkering Zeedijk, 2 secundaire keringen, veenweidegebied	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	220 kV: 120 380 kV: 125	Geen overlap
TNW-VVL 2	VSS N2000-gebied Waddenzee	Nationaal Landschap, primaire waterkering Zeedijk, 2 secundaire keringen, veenweidegebied	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	220 kV: 110 380 kV: 120	Geen overlap
TNW-BGM	Kortste tracé, VSS N2000-gebied, Waddenzee, Zandplaat Het Rif, Artikel 20-gebied	Nationaal Landschap, primaire waterkering Zeedijk, 2 secundaire keringen	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	220 kV: 100 380 kV: -	Geen overlap
TNW-LSM	VSS, N2000-gebied, Waddenzee, Zandplaat Het Rif, Artikel 20-gebied	Primaire waterkering Zeedijk, 2 secundaire keringen, veenweidegebied	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	220 kV: 105 380 kV: -	Geen overlap

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de meest geschikte tracéopties voor milieu op zee TNW-EEM 2 en TNW-VVL 2 zijn, omdat deze relatief kort zijn en de minste doorsnijding kennen met de verschillende criteria. Daarbij wordt Zandplaat het Rif niet gekruist en gaan de tracés niet door Artikel 20-gebied. De minst geschikte tracéopties voor het aspect milieu op zee zijn TNW-BGM en TNW-LSM.

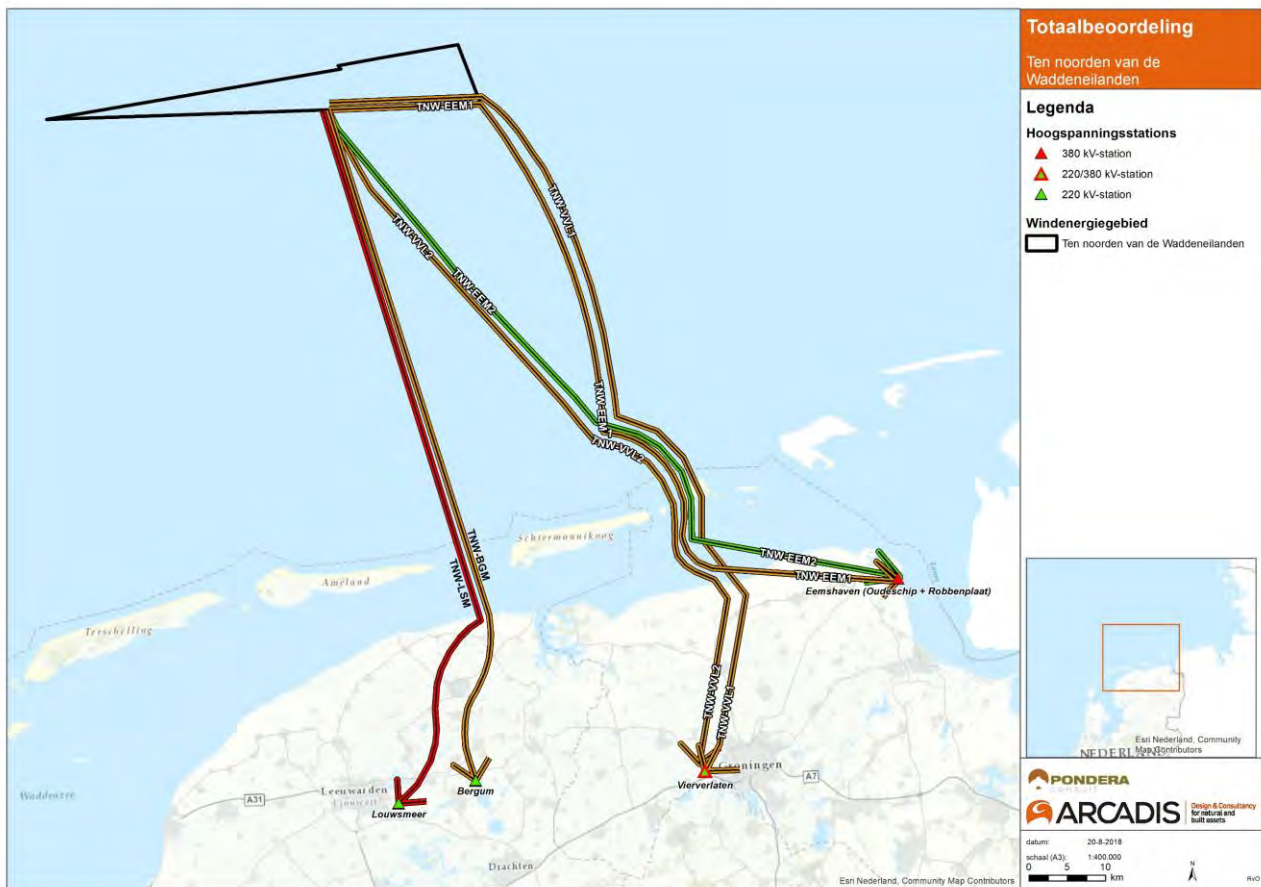
Voor milieu op land zijn de twee tracés naar Eemshaven het meest geschikt en het tracé naar Louwsmeer het minst. Voornamelijk omdat dit laatste tracé kilometers door veenweidegebied gaat, hetgeen zeer zettingsgevoelig is en zetting schade kan veroorzaken aan de kabels. Het tracé naar Bergum gaat in vergelijking met het tracé naar Louwsmeer door Nationaal landschap, maar dat is in de beoordeling minder zwaar meegenomen dan het kruisen van veenweidegebied, temeer omdat de kabels ondergronds komen te liggen en dan niet of nauwelijks meer een impact hebben op het landschap.

Vanuit (energie)techniek zijn alle tracéopties groen, omdat alle stations voldoende capaciteit hebben om het vermogen van het windenergiegebied aan te sluiten en er door het aansluiten van het windenergiegebied geen knelpunten ontstaan in het achterliggende hoogspanningsnetwerk.

Vanuit kosten is het tracé TNW-BGM het gunstigste en zijn de tracés TNW-EEM 1 EN TNW-VVL 1 naar verwachting de minst aantrekkelijke optie. Toekomstvastheid is geen onderwerp voor dit gebied omdat er geen overlap met andere opties is.

Indien alle thema's worden opgeteld en indien elk thema even zwaar meetelt, dan ontstaat het beeld dat de tracéoptie TNW-EEM 2 het meest kansrijk en het tracé TNW-LSM het minst kansrijk is. Het even zwaar meetellen van elk thema is hier alleen gedaan om inzicht te geven hoe opties gescoord kunnen worden. Er

kunnen redenen zijn om een ander gewicht te hangen aan de thema's. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolprocedure.



Figuur 7-1 Totaalbeoordeling van de verschillende tracéopties vanaf Ten noorden van de Waddeneilanden op kaart.

Vanuit de omgeving is er een aantal kansen en risico's voor land (zoals afstemmen vraag en aanbod van energie, landbouwgebied) en zee (zoals bundeling van toekomstige leidingen, hinder visserij, vaargeulen en de Waddenzee) algemeen benoemd. Voor de specifieke aansluitstations zijn dat:

- Eemshaven risico's: natuurgebieden binnendijsk en kruisen agrarisch gebied. (Mogelijke) kans: aansluiting in Eemshaven met gelijkstroom en tracé parallel langs de dijk combineren met dijkverzwaring
- Vierverlaten risico's: nationaal landschap Middag-Hamsterland
- Wieringen risico's: natuur- en landschappelijk waardevolle gebieden
- Louwsmeer risico's: natuur- en landschappelijk waardevolle gebieden

8 BEOORDELING IJMUIDEN VER

PM: in deze figuur is het tracé Rilland 2 nog niet verwerkt.

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de traceringsopties voor windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden beoordeeld op hoofdlijnen. Dit vindt plaats aan de hand van het beoordelingskader uit hoofdstuk 5. In de volgende paragrafen worden de resultaten gepresenteerd voor respectievelijk milieu op zee, milieu op land, (energie)techniek, kosten, toekomstvastheid en omgeving. Dit hoofdstuk sluit af met een conclusie.

8.1 Milieu op zee

In de tabellen hieronder zijn de beoordelingen van de tracéopties, het deel op zee, voor de aansluiting van windenergiegebied IJmuiden Ver weergegeven. In de tabel is bij een aantal criteria tevens het aantal kilometer doorsnijding aangegeven, zoals bijvoorbeeld bij Natura 2000. Dit is puur ter informatie en is niet altijd doorslaggevend voor de score die wordt toegekend.

Ten behoeve van de leesbaarheid is onderscheid gemaakt in noordelijke tracés, midden tracés en zuidelijke tracés. Na de tabellen worden de effecten van de verschillende tracés beschreven.

Tabel 8-1 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (noordelijke tracés), milieu op zee.

Aspect/criterium	IJV-VHZ 1	IJV-VHZ 2	IJV-ENS 1	IJV-ENS 2	IJV-ENS 3	IJV-ENS 4	IJV-ENS 5	IJV-LLS 1	IJV-LLS 2	IJV-LLS 3	IJV-LLS 4	IJV-LLS 5
Lengte (km)	110	115	165	165	165	165	160	150	145	150	145	145
Scheepvaartroutes (km)	60	40	30	30	40	40	30	30	30	40	40	30
Zand- en schelpenwingsgebieden (km)	1	5	5	1	0	5	1	5	1	0	5	1
Baggerstortgebieden (km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natura 2000 (km)	0	0	10	5	30	0	5	10	5	30	0	5

Tabel 8-2 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (midden tracés), milieu op zee.

Aspect/criterium	IJV-MVL 1 ³¹	IJV-MVL 2	IJV-SMH 1	IJV-SMH 2	IJV-BWK	IJV-WTR
Lengte (km)	125	115	150	130	145	115
Scheepvaartroutes (km)	60	30	60	30	25	25
Zand- en schelpenwingebieden (km)	10	0	10	0	0	5
Baggerstortgebieden (km)	0	5	0	5	5	1
Natura 2000 (km)	10	1	20	0	0	0

Tabel 8-3 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (zuidelijke tracés), milieu op zee.

Aspect/criterium	IJV-GT 1	IJV-GT 2	IJV-GT3	IJV-BSL 1	IJV-BSL 2	IJV-RLL 1	IJV-RLL 2
Lengte (km)	190	190	200	175	180	200	PM
Scheepvaartroutes (km)	65	65	65	95	70	95	PM
Zand- en schelpenwingebieden (km)	10	10	10	20	15	20	PM
Baggerstortgebieden ((km)	0	0	0	0	0	0	PM
Natura 2000 (km)	20	20	20	20	40	20	PM

8.1.1 Lengte

De lengtes van de verschillende opties verschillen tussen circa 110 en 200 km. De tracés richting Vijfhuizen zijn het kortst en de meest zuidelijke tracés richting Geertruidenberg, Borssele en Rilland zijn het langst. De lengte van het tracé heeft invloed op de totale kosten, die in een latere paragraaf behandeld worden. Omdat de lengte al doorwerkt in de kosten en andere milieueffecten, wordt de lengte op zichzelf niet beoordeeld door middel van een groene, oranje of rode kleur.

8.1.2 Scheepvaartroutes

Alle tracés gaan door het verkeersscheidingstelsel (VSS) dat wordt gebruikt door de scheepvaart op de Noordzee. Dit geeft echter geen grote belemmering voor de scheepvaart, aangezien kabels ingegraven worden en schepen daar geen hinder van ondervinden, uitgezonderd een aanlegperiode waarin hinder kan

³¹ Ter toelichting: IJV-MVL 1 is op land en deels op zee gelijk aan HKW-MVL 2. Dit geldt ook voor IJV-MVL 2 en HKW-MVL 1.

ontstaan. Ook gaan bijna alle tracés door separatiezones, die worden gebruikt door schepen om in noodgevallen naar toe uit te wijken. Ook hier zijn de tracés geen belemmering voor de scheepvaart, hooguit tijdelijk tijdens de aanlegfase. De tracés naar Vijfhuizen lopen door het aanloopgebied voor schepen richting de haven van IJmuiden. Daarnaast loopt tracé IJV-ENS 3 enkele kilometers door het aanloopgebied richting de haven van Den Helder en lopen de tracés richting Borssele en Rilland door het aanloopgebied Scheldemonden. Dit verklaart waarom deze tracés meer kilometers door scheepvaartgebied lopen, in vergelijking met andere tracés (zoals te zien in de tabellen hiervoor). Het kruisen van een aanloopgebied heeft echter geen ander effect voor de scheepvaart dan VSS. Tracés IJV-MVL 2 en IJV-SMH 2 echter, kruisen in het aanloopgebied van Rotterdam de Maasgeul/Eurogeul. Dit is niet wenselijk aangezien hier dagelijks vele schepen passeren die de haven van Rotterdam in- en uit varen. Tracé IJV-BSL 2 kruist in de Westerschelde tweemaal de vaargeul die toegang verschaft tot de havens van Vlissingen, Terneuzen en Antwerpen. Daarnaast gaat het tracé door een corridor tussen twee ankergebieden. De ruimte tussen deze ankergebieden is ongeveer 600 meter, dit is kleiner dan het kabelbed van 1 km voor DC-kabels en is een groot aandachtspunt. Het tweemaal kruisen van de vaargeul en de krapte bij de corridor tussen ankergebieden leiden tot een rode beoordeling voor IJV-BSL 2 omdat dit tot grote risico's leidt. De kruising van de vaargeulen door IJV-MVL-2, IJV-SMH 2 leiden tot een oranje beoordeling. Alle overige tracés krijgen een groene beoordeling.

8.1.3 Zand- en schelpenwinningsgebieden

Zoals te zien is in de tabellen lopen de meest noordelijke tracés bijna allemaal door aangewezen zoekgebieden voor zandwinning. De tracés die circa 1 kilometer door een zoekgebied lopen krijgen een groene beoordeling, omdat deze gebieden in een verdere optimalisatie van het tracé waarschijnlijk vermeden kunnen worden. Dit geldt niet voor tracés die vijf of tien kilometer door de zoekgebieden lopen en daarom krijgen die tracés een oranje beoordeling. Dit laatste geldt ook voor het (midden) tracé richting Wateringen, dat circa vijf kilometer door een zoekgebied loopt. De meest zuidelijke tracés (behalve het tracé IJV-BSL 2) en de tracés IJV-MVL 1 en IJV-SMH 1 lopen niet door zoekgebieden voor zandwinning, maar wel door gebied waar een winningsvergunning geldt voor schelpenwinning. Deze tracés krijgen daarom een oranje beoordeling. Het tracé IJV-BSL 2 loopt minder lang door gebied waar een winningsvergunning geldt voor schelpenwinning, maar loopt daarentegen wel enkele kilometers door zoekgebieden voor zandwinning, die in een verdere optimalisatie ook niet te vermijden zijn. Een kanttekening die hierbij gemaakt moet worden, is dat de zoekgebieden voor zandwinning tot en met 2027 zijn gereserveerd, terwijl de aanleg van de tracés voor IJmuiden Ver mogelijk pas later plaatsvindt en daarom mogelijk geen effect meer heeft op de zandwinning.

8.1.4 Baggerstortgebieden

Enkele tracés lopen door stort- en loswal gebieden bij IJmuiden of bij de Maasvlakte. Dit zijn de tracés IJV-MVL 2, IJV-SMH 2, IJV-BWK en IJV-WTR. Deze tracés scoren oranje en niet rood, omdat deze tracés bij een nadere detaillering de gebieden naar verwachting relatief makkelijk kunnen vermijden. De andere tracés scoren groen; geen stort- en/of loswalgebied wordt gekruist.

8.1.5 Natura 2000

Circa de helft van de tracés loopt niet door Natura 2000-gebieden op zee heen en scoort daarom groen. De andere helft van de tracés loopt door de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone, Voordelta, Waddenzee of Westerschelde en Saefinghe heen. De tracés die door deze gebieden lopen krijgen een oranje beoordeling, omdat verwacht wordt dat wel, eventueel met maatregelen, aan de Wet natuurbescherming voldaan kan worden. Dit is gebaseerd op het feit dat er reeds kabelverbindingen door Natura 2000-gebieden zijn aangelegd en daarbij aan de Wet natuurbescherming wordt voldaan.

8.2 Milieu op land

In tabellen hieronder zijn de beoordelingen van de tracéopties, het deel op land, voor de aansluiting van windenergiegebied IJmuiden Ver weergegeven. Daaronder worden de effecten van de verschillende tracés op milieu op land beschreven. Ook hierbij wordt onderscheid gemaakt in de noordelijke, middelste en zuidelijke tracés omwille van de leesbaarheid.

Tabel 8-4 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (noordelijke tracés), milieu op land.

Aspect/criterium	IJV-VHZ 1	IJV-VHZ 2	IJV-ENS 1	IJV-ENS 2	IJV-ENS 3	IJV-ENS 4	IJV-ENS 5	IJV-LLS 1	IJV-LLS 2	IJV-LLS 3	IJV-LLS 4	IJV-LLS 5
Landschappelijke waarden (km)	5	15	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0
Cultuurhistorische waarden (km)	5	15	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0
Natura 2000 (km)	5	5	55	55	65	55	40	40	40	50	40	25
Waterkeringen (aantal)	8	9	12	10	4	15	11	12	10	4	15	11
Grondwater (km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zettings-/verziltingsgevoelige gebieden (km)	1	20	10	0	10	10	5	10	0	10	10	5
Bebouwing (km)	1	1	1	5	1	1	5	1	5	1	1	5

Tabel 8-5 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (midden tracés), milieu op land.

Aspect/criterium	IJV-MVL 1	IJV-MVL 2	IJV-SMH 1	IJV-SMH 2	IJV-BWK	IJV-WTR
Landschappelijke waarden (km)	0	0	0	0	15	0
Cultuurhistorische waarden (km)	0	0	0	0	0	0
Natura 2000 (km)	0	0	10	0	5	0,5
Waterkeringen (aantal kruisingen)	1	1	8	8	25	8
Grondwater (km)	0	0	0	0	5	0
Zettings-/verziltings-gevoelige gebieden (km)	1	1	20	20	20	5
Bebouwing (km)	0	0	0	1	1	1

Tabel 8-6 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (zuidelijke tracés), milieu op land.

Aspect/criterium	IJV-GT 1	IJV-GT 2	IJV-GT3	IJV-BSL 1	IJV-BSL 2	IJV-RL 1	IJV-RL 2
Landschappelijke waarden (km)	0	0	0	5	0	0	PM
Cultuurhistorische waarden (km)	0	0	0	0	0	0	PM
Natura 2000 (km)	60	30	5	10	0	45	PM
Waterkeringen (aantal kruisingen)	2	8	14	6	1	4	PM
Grondwater (km)	0	0	0	0	0	0	PM

Aspect/ criterium	IJV-GT 1	IJV-GT 2	IJV-GT3	IJV-BSL 1	IJV-BSL 2	IJV-RLL 1	IJV-RLL 2
Zettings- verziltings- gevoelige gebieden (km)	30	30	30	10	0	1	PM
Bebouwing (km)	0	5	1	0	0	0	PM

8.2.1 Landschappelijke waarden

De meeste tracés lopen niet door belangrijke landschappelijke waarden en scoren groen. Enkele tracés richting Ens en Lelystad lopen in noordelijk Noord-Holland door het Nationaal Landschap Laag Holland, Dit kan de aanleg belemmeren, om deze reden scoren de tracés oranje. Het tracé richting Bleiswijk loopt voor een klein deel door nationaal landschap het Groene Hart en wordt daarom ook oranje beoordeeld. Ook de tracés naar Vijfhuizen en Borssele kruisen Nationaal Landschap.

8.2.2 Cultuurhistorische waarden

De meeste tracés lopen niet door gebieden met cultuurhistorische waarden en scoren groen. Enkele tracés richting Ens en Lelystad lopen in noord Noord-Holland door de Beemster (UNESCO Werelderfgoed). Ook enkele delen van de tracés richting Vijfhuizen lopen door gebied van de Stelling van Amsterdam. Dit kan de aanleg belemmeren, om deze reden scoren de tracés oranje.

8.2.3 Natura 2000

De tracés die direct op de kust aanlanden vanaf zee en niet door een meer of andere wateren lopen, kruisen relatief gezien weinig Natura 2000-gebied. Veel tracés lopen echter door grote Natura 2000-gebieden zoals het IJsselmeer, Markermeer, het Haringvliet, Hollands Diep of de Oosterschelde. De tracés die door deze wateren lopen, kruisen daarom vele kilometers met Natura 2000-gebied. Het is echter niet juist om deze tracés op eerste gezicht een negatievere beoordeling te geven dan tracés die niet door wateren lopen die aangewezen zijn als Natura 2000-gebied, aangezien de effecten er niet direct groot hoeven te zijn. Voor het Hollandse Diep geldt bijvoorbeeld alleen de Vogelrichtlijn en niet de Habitatrichtlijn en een tracé in het water kan slechts een beperkt effect hebben op vogels. Om voorgaande redenen kan in deze verkenning enkel worden gesteld dat de tracés die helemaal niet door Natura 2000-gebied lopen positiever beoordeeld kunnen worden. Dit geldt voor de tracés richting Maasvlakte en de tracés IJV-SMH 2 en IJV-BSL 2. Alle andere tracés krijgen een oranje beoordeling op dit thema.

8.2.4 Waterkeringen

Ieder tracé kruist één of meerdere primaire en regionale waterkeringen. Het tracé richting Bleiswijk kruist de meeste waterkeringen, namelijk 25. Dit zijn met name regionale waterkeringen. Ook tracés richting Geertruidenberg, Ens en Lelystad kruisen meerdere waterkeringen. De tracés richting de Maasvlakte kruisen de Zeewering, dit is geen primaire waterkering maar wordt als zodanig behandeld. Geconcludeerd wordt dat ieder tracé dat slechts één kering kruist een groene beoordeling krijgt en ieder tracé dat er meerdere kruist een oranje beoordeling. Aandachtspunt is dat het passeren van een (primaire) kering zoals het Haringvliet individueel in complexiteit kan verschillen van andere (primaire) keringen.

8.2.5 Grondwater

Er is één tracé dat door grondwaterbeschermingsgebied heen loopt, alle andere tracés scoren groen. Het betreft het tracé naar Bleiswijk (IJV-BWK). Dit kan een grote belemmering vormen voor de realisatie vanwege boringsvrije zones. Het grondwaterbeschermingsgebied bij IJV-BWK kan niet vermeden worden, hierdoor is er een rode beoordeling.

8.2.6 Zettings-/verziltings-gevoelige gebieden

Van de meest noordelijke tracés lopen de tracés richting Lelystad en Ens en het tracé IJV-VHZ 2 door gebieden waar tot 25 meter diepte brak water aanwezig is en de kans bestaat dat er bij ontgraving zout water omhoog komt, wat verzilting kan veroorzaken. Tracés IJV-VHZ 2, IJV-ENS 4 en IJV-LLS 4 lopen daarnaast ook enkele kilometers door zettingsgevoelig veenweidegebied heen. Voorgaande tracés worden daarom allemaal beoordeeld met een oranje kleur. IJV-VHZ 1 loopt ongeveer 1 km door zettingsgevoelig gebied, maar dit kan mogelijk in nadere detaillering vermeden worden. Dit betekent een groene beoordeling. De tracés IJV-ENS 2 en IJV-LLS2 kruisen geen zettings- of verziltingsgevoelig gebied en scoren ook groen.

De midden tracés lopen allemaal door gebied heen waar verzilting door brak water mogelijk is. Daarnaast gaan de tracés richting Bleiswijk en Wateringen ook nog gedeeltelijk door veenweidegebied heen. Om deze reden krijgen alle midden tracés een oranje beoordeling. Ten slotte gaan alle zuidelijke tracés ook door gebieden heen waar brak water aanwezig is en daarom krijgen deze ook allemaal oranje beoordeling, behalve het tracé IJV-BSL 2, welke een groene beoordeling krijgt. Hierbij valt op dat de tracés richting Geertruidenberg het langst van alle tracés door gebied lopen waar brak water tot verzilting zou kunnen leiden (circa 30 km).

8.2.7 Bebouwing

De routes van de tracés zijn indicatieve lijnen en daarom kan er niet exact, maar wel globaal worden gemeten door hoeveel kilometer bebouwd gebied (bevolkingskernen) de tracés gaan. Rekening gehouden dient te worden dat er bij de tracering al zoveel mogelijk is getracht bebouwd gebied te vermijden, zoals is beschreven in de uitgangspunten. Tracés 2 en 5 naar station Ens en tracés 2 en 5 naar station Lelystad lopen het langst door bebouwd gebied heen waar veel bebouwing staat. Daarnaast lopen de overige tracés naar Ens en Lelystad, de tracés richting Vijfhuizen en de tracés IJV-SMH 2, IJV-BWK en IJV-WTR ook door gebied heen waar veel bebouwing is en scoren derhalve oranje. Tracé IJV-SMH 1 richting Simonshaven, tracé IJV-GT 1 richting Geertruidenberg en de tracés richting Borssele, Rilland en Maasvlakte gaan helemaal niet door bebouwd gebied heen. Daarom krijgen deze laatstgenoemde tracés een groene beoordeling. De overige tracés die bevolkingskernen kruisen krijgen een oranje beoordeling.

8.3 (Energie)techniek

Tabel 8-7 Beoordeling (Energie)techniek noordelijke tracés

Aspect/criterium	IJV-VHZ 1	IJV-VHZ 2	IJV-ENS 1	IJV-ENS 2	IJV-ENS 3	IJV-ENS 4	IJV-ENS 5	IJV-LLS 1	IJV-LLS 2	IJV-LLS 3	IJV-LLS 4	IJV-LLS 5
Capaciteit stations	Green							Yellow				
Knelpunten netwerk	Yellow											

Tabel 8-8 Beoordeling (Energie)techniek midden tracés

Aspect/criterium	IJV-MVL 1	IJV-MVL 2	IJV-SMH 1	IJV-SMH 2	IJV-BWK	IJV-WTR
Capaciteit stations	Groen		Oranje			Oranje
Knelpunten netwerk	Oranje					

Tabel 8-9 Beoordeling (Energie)techniek zuidelijke tracés

Aspect/criterium	IJV-GT 1	IJV-GT 2	IJV-GT3	IJV-BSL 1	IJV-BSL 2	IJV-RLL 1	IJV-RLL 2
Capaciteit stations	Groen						PM
Knelpunten netwerk	Groen						PM

8.3.1 Capaciteit aansluitlocatie

In de afbakening in paragraaf 5.4 is aangegeven welke stations op basis van capaciteit kansrijk zijn. Stations Vijfhuizen, Bleiswijk, Wateringen, Maasvlakte, Simonshaven, Geertruidenberg, Borssele, Rilland, Lelystad en Ens hebben allen voldoende capaciteit om minimaal 1x1,3 GW aan te kunnen sluiten.

Op stations Lelystad en Maasvlakte (beiden 2500 MW beschikbare capaciteit) is enkel ruimte om 1 x 1,3 MW of 1 x 2 GW aan te sluiten. Op Wateringen (1500 MW beschikbare capaciteit) kan alleen 1 x 1,3 MW worden aangesloten. Om deze reden scoren deze tracés oranje.

Op de overige stations (Vijfhuizen, Ens, Simonshaven, Bleiswijk, Geertruidenberg, Borssele en Rilland) is voldoende capaciteit voor minimaal 2 x 1,3 GW of 1 x 2 GW. Om deze reden scoren deze tracés groen.

8.3.2 Knelpunten netwerk

Uit een impactanalyse van TenneT blijkt dat een groei in het offshore opgestelde windvermogen (benodigd voor de windenergiegebieden routekaart 2030), inclusief de al bestaande windparken en de nog te realiseren windparken in windenergiegebieden Borssele, Hollandse Kust (zuid) en (noord), elektrisch gefaciliteerd kan worden (zie tevens paragraaf 5.2).

Wanneer het offshore windvermogen van +7 GW, met als grootste component de circa 4 GW van IJmuiden Ver, wordt aangesloten op kustlocaties genoemd in het SEV-III (locaties Maasvlakte en Beverwijk) aangevuld met de locatie Eemshaven leidt dit tot significante knelpunten op de verbindingen Beverwijk-Oostzaan-Diemen en Geertruidenberg-Krimpen. Hierdoor krijgt het aansluiten op de stations Vijfhuizen, Bleiswijk, Wateringen, Maasvlakte, Simonshaven, Lelystad en Ens een oranje beoordeling. Deze kans is minder aanwezig bij aansluiting op stations Geertruidenberg, Borssele en Rilland. Deze stations scoren daardoor groen.

Of er knelpunten in het netwerk ontstaan hangt mede af van de combinatie van stations waar de verschillende vermogens van alle windenergiegebieden worden aangesloten. Om deze reden is gekeken of

de kans wordt vergroot op knelpunten door het aansluiten van vermogen op een station. In de conclusie wordt verder beschouwd welke combinatie van stations het meest kansrijk is.

8.4 Kosten

In tabellen hieronder zijn de beoordelingen van de tracéopties voor de aansluiting van windenergiegebied IJmuiden Ver weergegeven voor het thema kosten. Daaronder worden de kosten van de verschillende tracés beschreven.

Tabel 8-10 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (noordelijke tracés), kosten

Aspect/criterium	Type Kabel (GW)	IJV-VHZ 1	IJV-VHZ 2	IJV-ENS 1	IJV-ENS 2	IJV-ENS 3	IJV-ENS 4	IJV-ENS 5	IJV-LLS 1	IJV-LLS 2	IJV-LLS 3	IJV-LLS 4	IJV-LLS 5
Relatieve kosten (de goedkoopste optie is 100%)	1,3	100	100	110	110	110	110	110	105	105	105	105	105
	2	100	100	110	110	110	110	110	105	105	105	105	105

Tabel 8-11 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (midden tracés), kosten

Aspect/criterium	Type kabel (GW)	IJV-MVL 1	IJV-MVL 2	IJV-SMH 1	IJV-SMH 2	IJV-BWK	IJV-WTR
Relatieve kosten (de goedkoopste optie is 100%)	1,3	105	100	105	105	105	100
	2	100	100	105	105	105	-

Tabel 8-12 Beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver (zuidelijke tracés), kosten

Aspect/criterium	Type kabel (GW)	IJV-GT 1	IJV-GT 2	IJV-GT 3	IJV-BSL 1	IJV-BSL 2	IJV-RLL 1	IJV-RLL 2
Relatieve kosten (de goedkoopste optie is 100%)	1,3	115	115	115	110	115	115	PM
	2	110	110	115	110	110	115	PM

8.4.1 Relatieve kosten

De kosten van de tracés hangen sterk samen met de lengte en de keuze van de kabels. Er zijn twee opties voor DC-kabelsystemen: met een vermogen van 1,3 GW en 2,0 GW. Hieraan zijn verschillende kosten voor

een platform op zee en een station op land verbonden. Voor iedere soort kabel zijn de kosten per tracé berekend. Hier wordt uitgegaan van een platform op zee en één kabelsysteem naar een station met een nog te bouwen converterstation. Ter vervanging van een platform wordt ook de mogelijkheid voor een eiland onderzocht. Het eiland is niet meegenomen in de kosten. Indien er geen capaciteit is bij een station voor de aansluiting van een 2 GW-kabelsysteem, dan is dit niet ingevuld (aangeduid met “-“ in de tabel).

Hieruit blijkt dat voor de 1,3 GW-kabelsystemen, de tracés naar Vijfhuizen de laagste kosten hebben (100% in de tabel). Dit betreft circa € 1,3 miljard. Daaropvolgend zijn het tracé IJV-MVL 2 en het tracé richting Wateringen, die ook relatief lage kosten hebben (100 of 105% in de tabel). De tracés naar Geertruidenberg en IJV-RLL en IJV-BSL 2 hebben meer dan 10 procent hogere kosten ten opzichte van de goedkoopste optie Vijfhuizen en hebben daarom een oranje beoordeling. Alle andere tracés krijgen een groene beoordeling.

Voor de 2,0 GW-kabelsystemen zijn de tracés naar Vijfhuizen en Maasvlakte het meest voordelig (100% in de tabel). Dit betreft circa € 1,7 miljard. Een tracé naar Geertruidenberg (IJV-GT 3) en het tracé naar Rilland hebben meer dan 10 procent hogere kosten. Deze worden als oranje beoordeeld. De overige stations blijven allemaal binnen 10 procent hogere kosten in vergelijking met Vijfhuizen en Maasvlakte en krijgen een groene beoordeling. Station Wateringen heeft geen ruimte voor een 2 GW-aansluiting is daarom niet meegenomen.

8.5 Toekomstvastheid

Hieronder wordt IJmuiden Ver beoordeeld of een optie vanuit een windenergiegebied invloed heeft op een optie vanuit een ander windenergiegebied. Daarnaast wordt beoordeeld of een optie vanuit IJmuiden Ver invloed heeft op de resterende 0,9 GW uit de Routekaart 2030 en vice versa.

- Andere opties: IJmuiden Ver is het spiegelbeeld van Hollandse Kust (west Bèta³²), dus zie de beschrijving bij dat gebied in paragraaf 6.5. Oranje beoordeling.
- Resterende 0,9 GW
 - Indien 0,7 van de resterende 0,9 GW in Hollandse Kust (noordwest) wordt gerealiseerd is een aansluiting logisch op 380 kV-station Vijfhuizen. Dan is er overlap met IJmuiden Ver voor deze 380 kV-stations (oranje beoordeling).
 - 380 kV-station Vijfhuizen: aansluitruimte voor Hollandse Kust (noordwest) en IJmuiden Ver (een aansluiting van 1,3 GW) of voor twee aansluitingen (van 1,3 GW) IJmuiden Ver. Er is niet of nauwelijks fysieke ruimte voor een tracé op land. Dit bemoeilijkt de inpassing van meerdere tracés.
 - Indien 0,7 van de resterende 0,9 GW in Hollandse Kust (zuidwest) wordt gerealiseerd is een aansluiting logisch op de volgende meer zuidwestelijk gelegen 380 kV-stations die overlappen met IJmuiden Ver: Simonshaven of Maasvlakte (oranje beoordeling).
 - 380 kV-station Simonshaven: aansluitruimte voor IJmuiden Ver (een aansluiting van 2 GW, 1,3 GW of 2x1,3 GW) en Hollandse Kust (zuidwest).
 - 380 kV-station Maasvlakte: aansluitruimte voor Hollandse Kust (zuidwest) en IJmuiden Ver (een aansluiting van 2GW of 1,3 GW of 2x1,3 GW). Vinden van een geschikt tracé is een aandachtspunt.
 - Indien de resterende 0,9 GW in IJmuiden Ver wordt gerealiseerd dient dit meegenomen te worden bij de aansluitingen van de huidige 4 GW in ontwikkeling.

8.6 Omgeving

In deze paragraaf staan kort de belangrijkste kansen en risico's genoemd die aan de orde zijn geweest in de Regiobijeenkomsten van juni 2018 en bilaterale gesprekken. Ook hier dient in acht te worden genomen dat het op het niveau van een verkenning is, die de start vormt van het gespreksproces met de omgeving. Op het moment dat de RCR voor het net op zee voor aansluiting van het windenergiegebied start wordt, zoals gebruikelijk, geïntensiveerd. De kansen en risico's zoals hier genoemd kunnen dan aangevuld worden. De vraagstukken worden hieronder opgenoemd per 380 kV-station; dit betekent dat voor verschillende tracés

³² Station Beverwijk is ook het station waar de elektriciteit op wordt aangesloten van het windpark in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) conform de Routekaart 2023, maar ook van Hollandse Kust (west) platform Alpha.

naar hetzelfde 380 kV-station dezelfde vraagstukken gelden. Tevens zijn kansen en risico's voor zee of op land opgenomen die in het algemeen gelden voor het windenergiegebied.

Tabel 8-13 Kansen en risico's omgeving.

Onderwerp	Vraagstukken IJmuiden Ver
Algemeen zee	<ul style="list-style-type: none"> • Afstemming zandwinlocaties. • Afstemming ankergebieden • Afstemming vraag en aanbod • Afstemming op locaties voor productie waterstof • Scheepvaart • Visserij aanlegfase
Algemeen land	<ul style="list-style-type: none"> • Afstemming met aanlanding HKW en aanlanding toekomstige windparken.
Noord	
Ens	<ul style="list-style-type: none"> • Converterstation in open landelijk gebied • Natura 2000-gebied IJsselmeer • Archeologisch waardevol gebied IJsselmeer • Kruisen landbouwgebieden • Kwetsbare bodem en watergebieden
Lelystad	<ul style="list-style-type: none"> • Idem Ens
Vijfhuizen	<ul style="list-style-type: none"> • Tracé: beperkte en intensief gebruikte ruimte richting Vijfhuizen (verstedelijking, natuur, landgoederen) • Opbarstingsgevaar (zoute kwel) in lage polders (Haarlemmermeer, IJpolders) en aanleg in veenweidegebieden • Snelle ontwikkelingen bedrijventerreinen rond station Vijfhuizen (De Liede, Polanenpark/SADC, woonbebouwing en ecologische boerderij) • Kruising Natura 2000-gebied • Stelling van Amsterdam
Midden	
Bleiswijk	<ul style="list-style-type: none"> • Tracé: beperkte en intensief gebruikte ruimte richting Wateringen (verstedelijking, Groene Hart, Natura 2000) • Weinig ruimte voor transformatorstation / converterstation en vooral landbouwgrond • Grondwater
Wateringen	<ul style="list-style-type: none"> • Kruising van de zandmotor bij aanlanding Wateringen • Tracé: beperkte en intensief gebruikte ruimte richting Wateringen (verstedelijking, golfbaan, nieuwbouw, Atlantikwall, waterwinning, beschermde bomen, Natura 2000) • Weinig ruimte voor transformatorstation / converterstation en vooral landbouwgrond
Maasvlakte	<ul style="list-style-type: none"> • Ruimtereservering voor uitbreiding Maasvlakte bij aanlanding naar Maasvlakte (speelt niet voor aanlanding vanaf noorden) • Aanlanding noordzijde: weinig ruimte door al aanwezige en geplande kabels en leidingen • Beïnvloeding andere kabels en leidingen (voldoende ruimte aanwezig?) • Kruising met de Maasgeul (scheepvaart en bereikbaarheid haven)
Simonshaven	<ul style="list-style-type: none"> • Natura 2000-gebied • Bij aanlanding noordzijde Maasvlakte: weinig ruimte door al aanwezige en geplande kabels en leidingen en kruising met de Maasgeul (scheepvaart en bereikbaarheid haven) • Beïnvloeding andere kabels en leidingen (voldoende ruimte aanwezig?)
Zuid	

Geertruidenberg	<ul style="list-style-type: none"> Natura 2000 Biesbosch, Haringvliet, Grevelingen; Natuur, landschap, cultuurhistorie en omwonenden Voldoende technische en fysieke ruimte beschikbaar? Moerdijk als mogelijke aansluit locatie?
Borssele	<ul style="list-style-type: none"> Ruimte in de directe nabijheid van 380 kV-station Borssele voor converterstation (wel Sloegebied) Eerdere discussie m.b.t. landtracés Walcheren / Zuid-Beveland Natura 2000-gebieden Passeren dam Veerse Meer en kenmerken Veerse Meer (recreatie etc.) Ongestoorde toegang haven Antwerpen (bij tracé door Westerschelde) Verzanding vaargeul (bij tracé door Westerschelde) Morfologische omstandigheden Westerschelde Passeren intensief gebruikte recreatiegebieden Verzilting en zoute kwel
Rilland	<ul style="list-style-type: none"> Landschappelijke inpassing in open gebied Eerdere discussie m.b.t. landtracés Walcheren / Zuid-Beveland Natura 2000-gebieden Kruising Oosterscheldekering Verzilting en zoute kwel

8.7 Conclusie

In de volgende tabel zijn alle opties weergegeven met een beoordeling in kleuren voor milieu op zee, milieu op land, (energie)techniek, kosten en toekomstvastheid. Het is een relatieve beoordeling en daarmee wijken de kleuren af van de kleuren die eerder in het hoofdstuk zijn gegeven. Relatief wil zeggen dat de beste optie voor een thema (bijvoorbeeld milieu op zee) groen scoort en de minst goede optie rood. De opties daartussen krijgen een oranje beoordeling. Het doel van deze tabel is om verschil in kansrijkheid van tracéopties visueel te maken. Het aspect omgeving staat niet in de tabel, omdat belangen uit de omgeving niet allemaal hetzelfde zijn, en soms tegengesteld kunnen zijn. Een andere reden is deze verkenning de start vormt van het gespreksproces met de omgeving, waardoor nog niet alle omgevingsvraagstukken in beeld zijn.

Indien er weinig verschil is tussen opties worden er twee in plaats van drie kleuren gebruikt. Er wordt groen en oranje weergegeven als er geen grote belemmeringen zijn. Als er wel grote belemmeringen zijn, wordt oranje en rood weergegeven.

Tabel 8-14 Relatieve beoordelingen tracés vanaf IJmuiden Ver, met in groen de meest kansrijke opties per thema, rood de minst kansrijke opties per thema en oranje de opties die daartussenin scoren.

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie) techniek	Kosten	Toekomst-vastheid
Noord					
IJV-ENS 1	N2000-gebied, VSS, Zoekgebied zandwinning	N2000-gebied, Verziltingrisico	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 110 2 GW: 110	Geen overlap
IJV-ENS 2	N2000-gebied, VSS	N2000-gebied, Bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 110 2 GW:	Geen overlap
IJV-ENS 3	N2000-gebied, VSS	N2000-gebied, Verziltingrisico	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 110 2 GW: 110	Geen overlap
IJV-ENS 4	Geen N2000, VSS, Zoekgebied zandwinning	Nationaal Landschap, De Beemster, N2000-gebied,	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 110 2 GW: 110	Geen overlap

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie) techniek	Kosten	Toekomst-vastheid
		Verziltingrisico, Veenweidegebied			
IJV-ENS 5	N2000-gebied, VSS	N2000-gebied, Verziltingrisico, Bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 110 2 GW: 110	Geen overlap
IJV-LLS 1	N2000-gebied, VSS, Zoekgebied zandwinning	N2000-gebied, Verziltingrisico	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
IJV-LLS 2	N2000-gebied, VSS	N2000-gebied, Bevolkingskern	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
IJV-LLS 3	Aanloopgebied Den Helder, N2000-gebied, VSS	N2000-gebied, Verziltingrisico	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
IJV-LLS 4	Geen N2000, VSS, Zoekgebied zandwinning	Nationaal Landschap, De Beemster, N2000-gebied, Verziltingrisico, Veenweidegebied	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
IJV-LLS 5	N2000-gebied, VSS	N2000-gebied, Verziltingrisico, Bevolkingskern	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
IJV-VHZ 1	Kortste tracé, Aanloopgebied IJmuiden, Geen N2000, VSS	Nationaal landschap, UNESCO SvA, N2000 Kennemerland-Zuid, Bevolkingskern, Primaire waterkering Velsen-Bloemendaal	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 100 2 GW: 100	Ruimte op 380 kV-station Ruimte converterstation / trafo toekomstige windparken, Geen ruimte tracés op land toekomstige windparken
IJV-VHZ 2	Kortste tracé, Aanloopgebied IJmuiden, Geen N2000, VSS, Zoekgebied zandwinning	Nationaal landschap, UNESCO SvA, N2000 Noord-Hollands Duinreservaat, Verziltingrisico, Veenweidegebied, Bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 100 2 GW: 100	Ruimte op 380 kV-station Ruimte converterstation / trafo toekomstige windparken, Geen ruimte tracés op land toekomstige windparken
Midden					
IJV-BWK	N2000-gebied, VSS, Kruist stort/loswalgebied	Nationaal Landschap, N2000-gebied, Grondwater-bescherming, Veenweidegebied,	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie) techniek	Kosten	Toekomst-vastheid
		Veel regionale keringen			
IJV-WTR	N2000-gebied, VSS, 5 km zoekgebied zandwinning, Kruist stort/loswalgebied	N2000-gebied, Verziltingsrisico, Veenweidegebied, Bevolkingskern	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 100	Ruimte op 380 kV-station Ruimte converterstation / trafo toekomstige windparken, Geen ruimte tracés op land toekomstige windparken
IJV-MVL 1	N2000 Voordelta, VSS, Winningsvergunning schelpen	Geen N2000, Verziltingsrisico	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 100	Ruimte op 380 kV-station Ruimte converterstation / trafo toekomstige windparken, Ruimte tracés op land toekomstige windparken
IJV-MVL 2	N2000 Voordelta, VSS, Kruist stort/loswalgebied, Kruist Maasgeul/Eurogeul	Geen N2000, Verziltingsrisico	Station alleen voldoende capaciteit bij 1,3 GW of 1x2 GW, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 100 2 GW: 100	Ruimte op 380 kV-station Ruimte converterstation / trafo toekomstige windparken, Ruimte tracés op land toekomstige windparken
IJV-SMH 1	N2000-gebied, VSS, Winningsvergunning schelpen	N2000-gebied, Verziltingsrisico	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
IJV-SMH 2	Geen N2000, VSS, Kruist Maasgeul/Eurogeul, Kruist stort/loswalgebied	Geen N2000, Verziltingsrisico	Station voldoende capaciteit, Mogelijk knelpunten netwerk	1,3 GW: 105 2 GW: 105	Geen overlap
Zuid					
IJV-GT 1	Langste tracé, N2000-gebied, VSS, Winningsvergunning schelpen	N2000-gebied, Verziltingrisico, Veenweidegebied, Geen bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	1,3 GW: 115 2 GW: 110	Geen overlap
IJV-GT 2	Langste tracé, N2000-gebied, VSS, Winningsvergunning schelpen	N2000-gebied, Verziltingrisico, Bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	1,3 GW: 115 2 GW: 110	Geen overlap
IJV-GT3	Langste tracé, N2000-gebied, VSS, Winningsvergunning schelpen	N2000-gebied, Verziltingrisico, Bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	1,3 GW: 120 2 GW: 115	Geen overlap
IJV-BSL 1	Langste tracé, Aanloopgebied Scheldemonden, N2000-gebied, VSS, Winningsvergunning schelpen	Nationaal landschap, N2000-gebied, Verziltingrisico, Geen bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	1,3 GW: 110 2 GW: 110	Geen overlap
IJV-BSL 2	Langste tracé, Vaargeul Westerschelde, Aanloopgebied Scheldemonden, N2000-	Geen N2000, Geen bevolkingskern	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	1,3 GW: 115 2 GW: 110	Geen overlap

Tracé	Milieu op zee	Milieu op land	(Energie) techniek	Kosten	Toekomst-vastheid
	gebied, VSS, Krapte ankergebieden, Winningsvergunning schelpen				
IJV-RLL 1	Langste tracé, Aanloopgebied Scheldemonden, N2000-gebied, VSS, Winningsvergunning schelpen	N2000-gebied, Geen bevolkingskern, Verziltingsrisico	Station voldoende capaciteit, Geen grote knelpunten netwerk	1,3 GW: 115 2 GW: 115	Geen overlap
IJV-RLL 2	PM	PM	PM	PM	PM

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de meest geschikte tracéoptie op basis van milieu op zee IJV-VHZ 1 is. Dit komt met name omdat er geen Natura 2000-gebied wordt doorkruist en het een relatief kort tracé is. De tracés met grotere lengte zijn minder kansrijk, omdat zij automatisch ook over grotere lengte verschillende criteria doorkruisen. Dit zijn IJV-MVL 2 en de zuidelijke tracés naar Geertruidenberg, Borssele en Rilland. De tracés naar Geertruidenberg, Borssele en Rilland scoren rood omdat er veel criteria doorkruist worden (onder andere Natura 2000, winningsvergunning schelpenwinning, aanloopgebied Scheldemonden). Met name IJV-BSL 2 heeft grote aandachtspunten met tweemaal kruisen van de vaargeul en de krapte tussen ankergebieden.

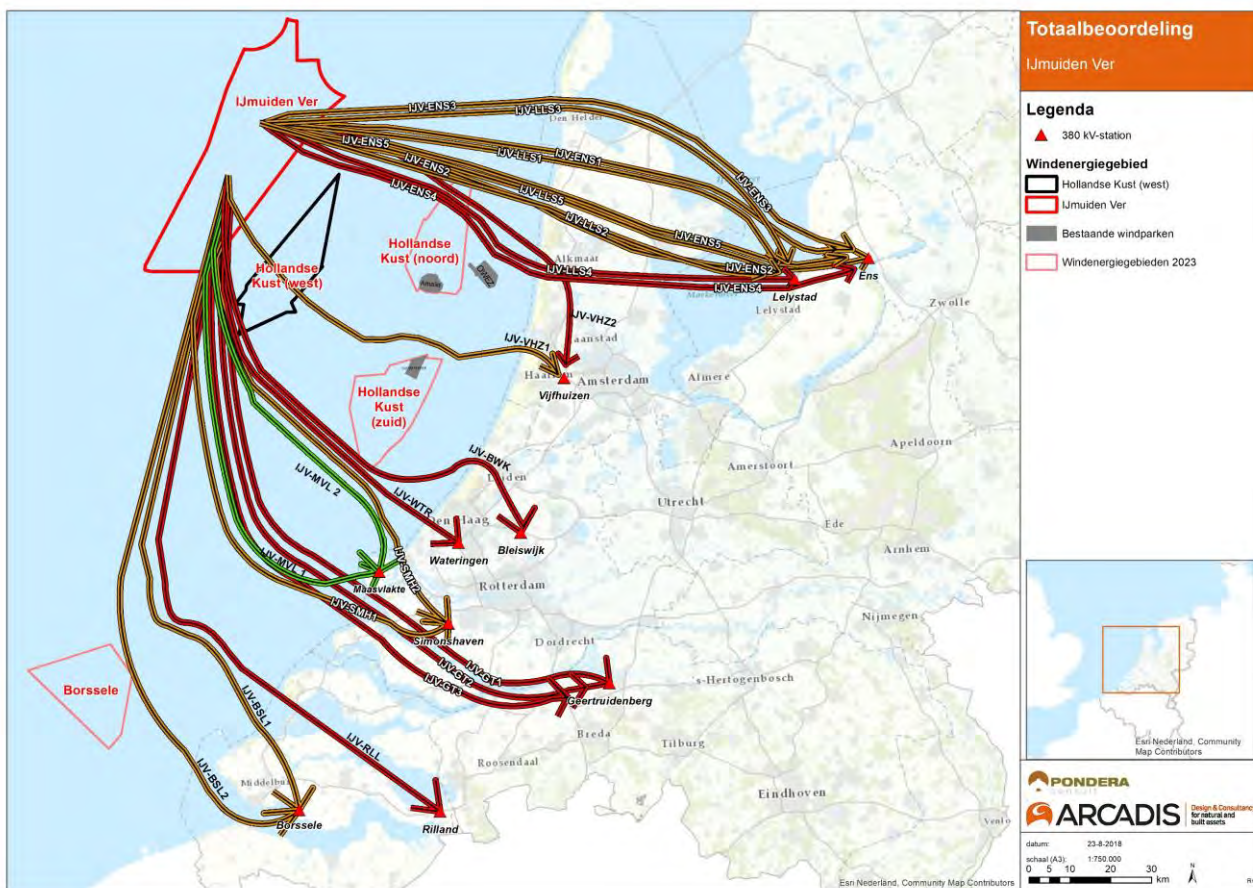
Voor milieu op land zijn de twee tracés naar Maasvlakte (MVL 1 en MVL 2) en Borssele 2 het meest geschikt. Voor de tracés naar de Maasvlakte en Borssele 2 hoeft geen Natura 2000-gebied op land gekruist te worden. De tracés naar Vijfhuizen, IJM-ENS 4, IJM-LLS4 en IJV-BWK worden als minst geschikt beoordeeld, omdat deze tracés diverse criteria op land doorsnijden.

Vanuit (energie)techniek zijn de tracéopties naar Borssele, Rilland en Geertruidenberg het meest geschikt doordat aansluiting op deze stations de kans op knelpunten op het netwerk verkleinen (groene score). Het tracé naar Wateringen is minder geschikt, omdat aansluiten op dit station de kans op congestie op het netwerk vergroot en er slechts ruimte op het station is voor 1x1,3 GW en niet voor 1x2 GW (rode score). De overige stations hebben ook te verwachten knelpunten op het netwerk, maar wel ruimte voor 1x2 of 2x1,3 GW op het station en scoren derhalve oranje.

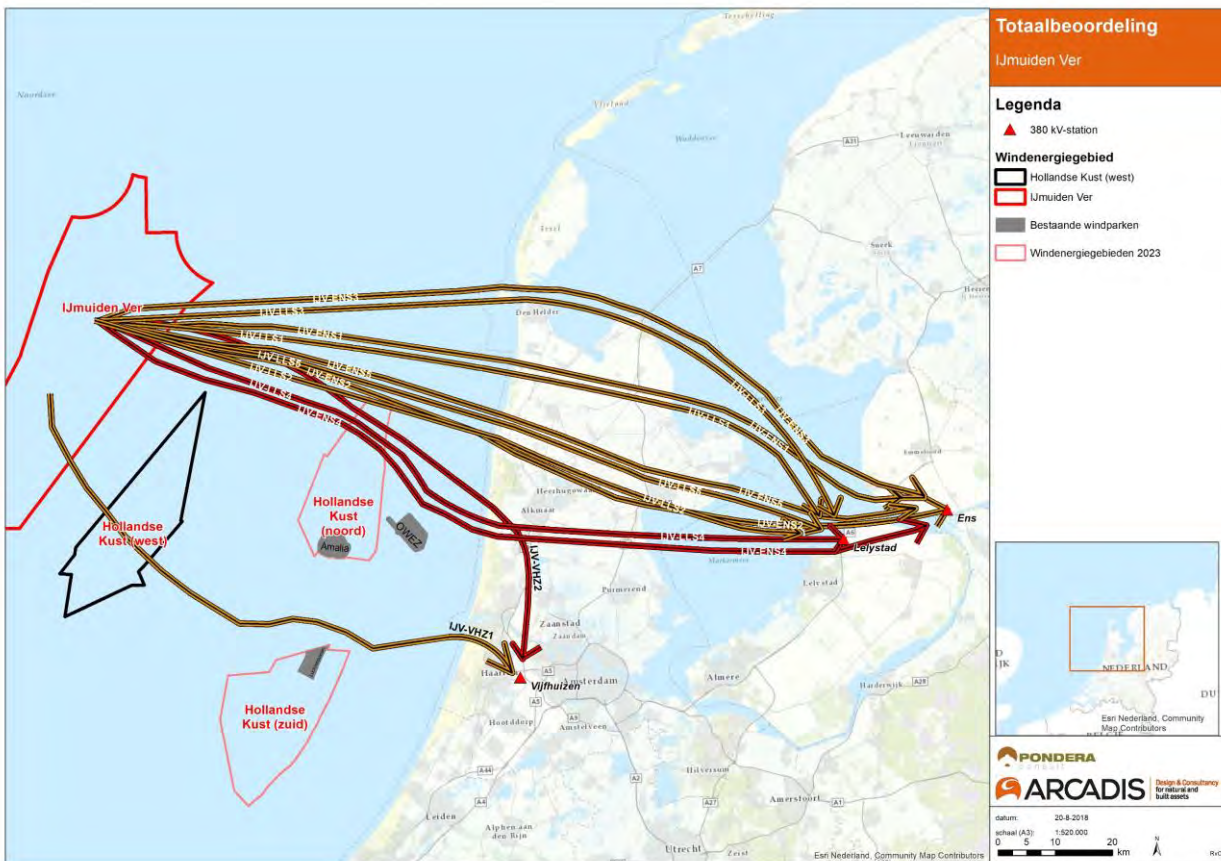
Vanuit het aspect kosten zijn de tracéopties naar Vijfhuizen, Maasvlakte of Wateringen het meest gunstig en zijn de tracés naar Borssele 2 Geertruidenberg en Rilland naar verwachting het minst aantrekkelijk. Dit heeft vooral met lengte van de tracés te maken.

Vanuit toekomstvastheid zijn de tracéopties naar Ens, Lelystad, Maasvlakte, Simonshaven, Bleiswijk, Geertruidenberg, Borssele en Rilland het meest geschikt en scoren de tracéopties naar Vijfhuizen en Wateringen minder goed, omdat er niet of nauwelijks fysieke ruimte voor een extra tracé op land is.

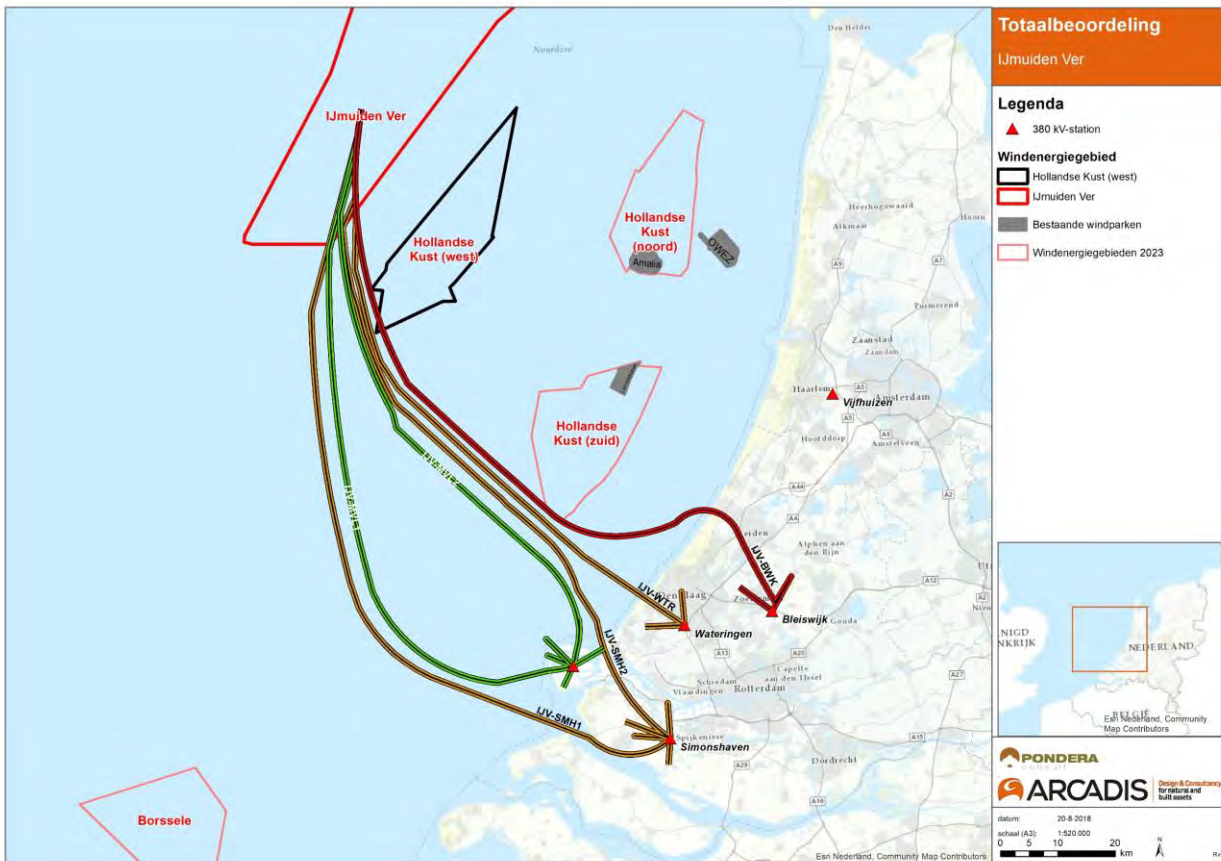
Indien alle thema's worden opgeteld en indien elk thema even zwaar meetelt, dan ontstaat het beeld dat de tracéopties tracé IJV-MVL 1 en IJV-MVL 2 het meest kansrijk zijn en de tracéopties ENS-4, LLS-4, VHZ-2, BWK, WTR, GT 1-3 en RLL1 het minst kansrijk zijn. De overige tracés scoren net iets minder dan IJV-MVL 1 en 2, maar beter dan de slechtst scorende tracés. Het even zwaar meetellen van elk thema is hier alleen gedaan om inzicht te geven hoe opties gescoord kunnen worden. Er kunnen redenen zijn om een ander gewicht te hangen aan de thema's. Op basis van deze verkenning neemt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat een besluit over welke opties als alternatief worden beschouwd in een vervolgpcedure.



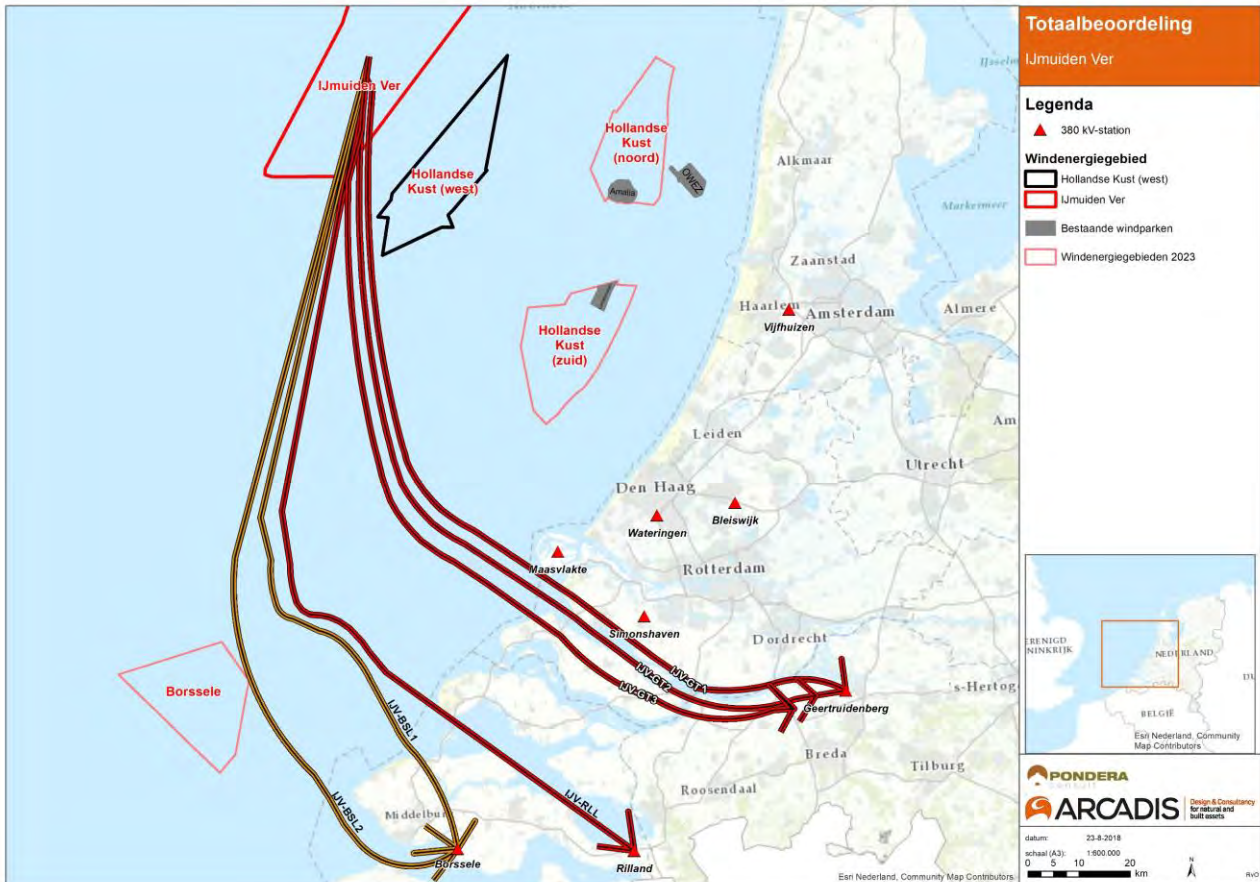
Figuur 8-1 Totaalbeoordeling van de verschillende tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tussenvliegende opties zijn oranje.



Figuur 8-2 Totaalbeoordeling van de verschillende noordelijke tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tussengeschikte opties zijn oranje.



Figuur 8-3 Totaalbeoordeling van de verschillende midden tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tusseliggende opties zijn oranje.



Figuur 8-4 Totaalbeoordeling van de verschillende zuidelijke tracéopties vanaf IJmuiden Ver op kaart. Meest kansrijke opties zijn groen. Minst kansrijke opties zijn rood. Tusseliggende opties zijn oranje.

Vanuit omgeving is er een aantal kansen en risico's voor land (afstemmen diverse aanlandingen) en zee (zoals effecten op andere gebruiksfuncties, afstemmen productie waterstof) algemeen benoemd. Voor de specifieke aansluitstations zijn dat:

Noord

- Ens en Lelystad risico's: converterstation in open landelijk gebied, Natura 2000- en archeologisch waardevol gebied IJsselmeer, landbouwgebied, kwetsbare bodem en watergebieden.
- Vijfhuizen risico's: beperkte en intensief gebruikte ruimte en gevoelige bodem voor tracé richting Vijfhuizen, kruising Natura 2000-gebied, Stelling van Amsterdam en snelle ontwikkelingen op bedrijventerreinen rondom station Vijfhuizen.

Midden

- Bleiswijk risico's: beperkte en intensief gebruikte ruimte voor tracérichting Wateringen (verstedelijking, Groene Hart, Natura 2000), weinig ruimte voor converterstation (vooral op landbouwgrond).
- Wateringen risico's: beperkte en intensief gebruikte ruimte en beschermde gebieden (natuur, waterwinning etc.) voor tracé richting Wateringen, kruising van de zandmotor bij aanlanding en weinig ruimte voor een transformatorstation.
- Maasvlakte risico's: beïnvloeding andere kabels en leidingen door weinig ruimte (aanlanding noordzijde), ruimtereservering voor Maasvlakte (aanlanding zuidzijde), kruising met Maasgeul (aanlanding noordzijde).
- Simonshaven risico's: beïnvloeding andere kabels en leidingen en daardoor weinig ruimte, kruising met Maasgeul (aanlanding noordzijde), Natura 200-gebied Voordelta.

Zuid

- Geertruidenberg risico's: Natura 2000 Biesbosch, Haringvliet en Grevelingen, landschap, cultuurhistorie en omwonenden, is er voldoende technische en fysieke ruimte beschikbaar. (Mogelijke) kans: Moerdijk als aansluitlocatie.
- Borssele risico's: geen ruimte converterstation in directe nabijheid 380 kV-station Borssele (wel in Sloegebied), eerdere discussie m.b.t. landtracés Walcheren / Zuid-Beveland, Natura 2000-gebieden, kruising Passeren dam Veerse Meer en kenmerken Veerse Meer (recreatie etc.), verzilting en zoute kwel, kenmerken Westerschelde (vaargeul, haven, morfologie) en passeren intensief gebruikte recreatiegebieden.
- Rilland risico's: landschappelijke inpassing in open gebied, eerdere discussie m.b.t. landtracés Walcheren / Zuid-Beveland, Natura 2000-gebieden, kruising Oosterscheldekering en verzilting en zoute kwel.

9 NIET-CONVENTIONEEL

Leeswijzer

Dit hoofdstuk beschrijft de niet-conventionele opties. In paragraaf 9.1 vindt allereerst de afbakening plaats en beschrijft de te onderzoeken opties en het beoordelingskader. Paragraaf 9.2 geeft de beoordeling weer van de niet-conventionele opties en dit hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie.

9.1 Afbakening en scope

9.1.1 Inleiding

In de paragraaf 5.2 komt naar voren dat de opgewekte elektriciteit uit de windenergiegebieden Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver op het bestaande hoogspanningsnet aangesloten kan worden mits de aansluiting verspreid plaatsvindt. De opgewekte energie kan op een conventionele manier afgevoerd worden met een AC-/DC-verbinding. Hiermee is er niet direct een noodzaak voor de inzet van niet-conventionele opties.

Om de klimaatdoelstellingen te halen moet de productie van duurzame energie uit zon en wind de komende jaren sterk toenemen. De opwekking van duurzame energie is afhankelijk van de aanwezigheid van zon en wind en varieert door de tijd. In de nacht waait het over het algemeen minder hard dan overdag en is er geen zonne-instraling. Hierdoor zijn er dalen aanwezig in de productie van duurzame energie in de nacht. Tevens kan sprake zijn van duidelijke pieken op momenten dat het waait en de zon schijnt. Door toepassing van meer wind- en zonne-energie ontstaan meer fluctuaties in het aanbod van energie, waardoor het aanbod niet meer aansluit op de vraag. Dit verschijnsel is op elk moment van de dag aanwezig, echter ook seizoen afhankelijk. Met de toename van duurzaam opgewekte elektriciteit neemt dus de uitdaging toe om vraag en aanbod van elektriciteit op elkaar af te stemmen.

Op basis van deze ervaringen en prognoses over het toekomstige aandeel duurzaam opgewekte energie en het elektriciteitsverbruik in Nederland is hoogleraar Fokko Mulder van de TU Delft - en met hem andere wetenschappers - van mening dat opslag van pieken in duurzaam opgewekte elektriciteit noodzakelijk is om in de toekomst problemen met congestie en netinstabiliteit te voorkomen en optimaal gebruik te kunnen maken van de beschikbare duurzame energie uit zon en wind. Dit blijkt ook uit het Whitepaper van NLIingenieurs 'Naar een hoog aandeel duurzame energie'.

TenneT geeft binnen haar Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017 Deel III – Investerings Net op Zee 2018-2027 hierover het volgende aan:

“Aandachtspunt blijft dat grote hoeveelheden wind van de Noordzee geïntegreerd dienen te worden in het hoogspanningsnet op land. Een eerste Quick scan geeft aan dat in de periode tussen 2024 en 2030 een additioneel wind op zee vermogen van circa 10 GW geïntegreerd zou kunnen worden in het landelijk hoogspanningsnet, wanneer dit verspreid over het hoogspanningsnet op land geschiedt. Bij hoge volumes dienen andere maatregelen te worden genomen, daarbij valt te denken aan DC-verbindingen die verder landinwaarts worden aangelegd zodat transport naar gebieden met een grote energievraag gerealiseerd kan worden. Parallel gaan de ontwikkelingen verder en zullen diverse vormen van opslag worden ontworpen en ontwikkeld; hierbij kan worden gedacht aan diverse technieken en omvang. Van elektrische auto's, brandstofcellen, batterijen en power-to-gas opslagsystemen. Nu al worden de eerste kleine en grote pilots geïnitieerd. Samenwerking met diverse partijen in de keten en over de verschillende energiedragers heen, kan leiden tot een snellere transitie, waarbij TenneT als TSO de taak heeft te zorgen voor een stabiel elektriciteitssysteem.”

Dit onderschrijft het eerder gestelde over knelpunten op het hoogspanningsnet.

In het 'Voorstel voor hoofdlijnen voor het klimaatakkoord van 10 juli 2018' is het volgende opgenomen:

“Met een groeiend aandeel hernieuwbaar opgewekte elektriciteit zal het aanbod in toenemende mate een weer- en seizoenpatroon gaan volgen. De verwachting is dat in 2030 rond 70 procent van de elektriciteitsproductie afhankelijk is van het weer. Er zullen momenten zijn

van hoeveelheden hernieuwbare energie die voor meer dan 100 procent in de vraag kan voorzien en er zullen momenten zijn dat de vraag vrijwel volledig gedekt moet worden door andere bronnen dan weersafhankelijk hernieuwbaar vermogen, vanwege ongunstige weersomstandigheden. De vraag naar flexibiliteit zal fors stijgen en het is van belang om voldoende flexibiliteitsopties tijdig van de grond te krijgen.

Aan de sectortafel Elektriciteit is gesproken over flexibiliteit binnen het elektriciteitssysteem, in de vorm van opslag, interconnectie met het buitenland, regulerend vermogen en vraagsturing. In aanvulling daarop biedt de omzetting van elektriciteit naar gas (en vice versa) extra mogelijkheden om een (over)aanbod van de ene energiedrager te koppelen aan schaarste van de ander. En ook koppeling van het elektriciteitssysteem aan warmtenetwerken biedt extra mogelijkheden voor het nuttig gebruiken van een tijdelijk overproductie aan hernieuwbare energie.”

Met het oog op de bovengenoemde verwachte toename in de toekomstige vraag naar elektriciteit uit hernieuwbare energieën en daarmee verbonden de toename van dag- en seizoen afhankelijke fluctuaties in het aanbod ervan, is ervoor gekozen om naast de conventionele opties, opties te onderzoeken waarmee op een andere wijze dan een AC-/DC-verbinding de op zee opgewekte windenergie afgevoerd, gedistribueerd of tijdelijk opgeslagen kan worden. Onder de noemer ‘niet-conventioneel’ wordt onderzocht in hoeverre deze opties realistisch, wenselijk en haalbaar zijn voor de afvoer en distributie van de elektriciteit van de drie windenergiegebieden tussen 2024 en 2030.

De brief aan de Tweede Kamer over de Routekaart 2030 stelt het volgende: *“In 2018 zal voor de netaansluitingen een apart afwegings- en selectieproces plaatsvinden om te komen tot (varianten voor) aansluitlocaties, ook rekening houdend met de tracés om daar vanaf zee te komen. Voor IJmuiden Ver worden daarnaast meerdere oplossingen beschouwd voor het transport van de opgewekte elektriciteit, waaronder gelijkstroomverbindingen (HVDC) met aansluiting op het hoogspanningsnet verder landinwaarts, maar ook niet-elektrische opties (zoals omzetting en transport in de vorm waterstofgas).”* Dit is de reden waarom hieronder met name ingegaan wordt op omzetting en transport van waterstofgas.

9.1.2 Te onderzoeken opties

9.1.2.1 Inleiding

Voor de niet-conventionele opties is het beoordelingskader in de grove zeef meer abstract en kwalitatief van aard dan voor de conventionele opties, aangezien de niet-conventionele opties veelal in ontwikkeling zijn. Daarnaast zal invulling van niet-conventioneel door de bestaande capaciteit op het hoogspanningsnet een aanvulling zijn voor het afvoeren van de windenergie binnen de Routekaart 2030. Hierdoor zal de omvang van deze opties kleiner zijn en wordt minder diepgang van niet-conventionele opties in deze verkenning gerechtvaardigd. Wel is het belangrijk om aan te geven wanneer en op welke wijze niet-conventionele opties een rol kunnen spelen.

De verkenning van de niet-conventionele opties is gebaseerd op een bureaustudie van een selectie van relevante bestaande onderzoeken en initiatieven (zie Bijlage B bronnenlijst), interviews (Bijlage D) en/of contacten met bedrijven, organisaties en instituten, input vanuit de regiosessies in Middelburg, Haarlem, Groningen en Den Haag en de inhoud van het Voorstel voor hoofdlijnen voor het klimaatakkoord van 10 juli 2018. De volgende niet-conventionele opties worden meegenomen in de grove zeef:

- 1) Productie van groen waterstof op zee;
- 2) Productie van groen waterstof aan land;
- 3) Tijdelijke opslag van elektriciteit;
- 4) Toename van de vraag naar elektriciteit aan de Nederlandse kust;
- 5) Het maken van afspraken met producenten om de productie aan te passen aan de capaciteit van het landelijk hoogspanningsnet.

In de paragraaf hieronder wordt kort ingegaan op de verschillende technieken.

9.1.2.2 Productie groen waterstofgas op zee of op land

Tijdelijke overschotten van duurzaam geproduceerde elektriciteit kunnen worden ingezet om waterstof te produceren, waardoor de energie opgeslagen, of op een andere manier ingezet kan worden. Deze zogenaamde groen waterstof kan dienen als alternatieve brandstof voor de mobiliteit en industrie, echter ook als grondstof voor processen waar nu grijs of blauw waterstofgas wordt ingezet. Laatstgenoemde typen waterstof kenmerken zich door gebruik te maken van aardgas en CO₂-uitstoot tijdens het productieproces, waar bij blauw waterstofgas de CO₂ wordt afgevangen.

Voor de productie van groen waterstof wordt gebruik gemaakt van hernieuwbare energie, waardoor waterstofgas geproduceerd kan worden zonder uitstoot van CO₂. Het gebruik van groene waterstof in plaats van blauwe of grijze draagt bij aan de Nederlandse ambities voor wat betreft de reductie van de CO₂ uitstoot. De tussen 2024-2030 geplande windparken op zee bieden een kans om groen waterstofgas te produceren met in Nederland geproduceerde elektriciteit.

Op operationele en commercieel toepasbare schaal bestaan er momenteel twee elektrolyse-technieken: Alkaline elektrolyse en Proton Exchange Membraan Elektrolyse (PEM).

Bij alkaline-elektrolyse wordt met behulp van een alkali-elektrolyt (meestal kaliloog) water gesplitst in zuurstofgas (O₂) en waterstofgas (H₂). Alkaline elektrolyse bestaat al lang en is tot op heden de goedkoopste techniek om waterstof te produceren. De techniek is volwassen en wordt op grote schaal toegepast. Er worden geen grote kostenreducties meer verwacht. Een nadeel van de techniek is dat de elektrolyse-installatie tijd nodig heeft om op te starten en dat er geen toekomstige positieve ontwikkelingen meer te verwachten zijn in de voor waterstof gewenste rendement en/of kostenreducties. Daarnaast is de inzet van de bijtende stof kaliloog noodzakelijk, waardoor risico's aanwezig zijn bij het bedrijven van de elektrolyse-techniek.

Bij de PEM technologie wordt een potentiaalverschil (spanning) aangelegd tussen twee elektroden. Watermoleculen in de reactor splitsen door dit potentiaalverschil, waarbij de H⁺-ionen met elektronen aan de kathode samen waterstofgas vormen. Met deze techniek wordt kwalitatief hoogwaardig waterstofgas geproduceerd. Op dit moment zijn de investeringskosten voor PEM hoger dan voor alkaline-elektrolysetechnieken, echter toekomstige hoge kostenreducties zijn te verwachten bij doorontwikkeling en opschaling van de productie in de komende jaren. De PEM-elektrolyse units kunnen compacter dan alkaline-installaties gebouwd worden, aangezien de reactor met hoge stroomdichtheden overweg kan. Een ander groot voordeel is dat de PEM-technologie onder hogere druk kan worden toegepast, waardoor de compressie van waterstof goedkoper uitgevoerd of zelfs vermeden kan worden. Vanwege deze voordelen en het veelbelovende toekomstperspectief is PEM-elektrolyse binnen deze verkenning nader onderzocht.

9.1.2.3 Tijdelijke opslag van elektriciteit

Tijdelijke opslag van elektriciteit is mogelijk middels diverse technieken. Welke techniek de meest geschikte is, wordt in grote mate bepaald door de benodigde opslagcapaciteit. Over de benodigde opslagcapaciteit in 2030 lopen de cijfers uiteen volgens het 'Visiedocument van FME / Energy Storage NL en NLI ingenieurs'. De benodigde opslagcapaciteit is afhankelijk van een aantal onzekere factoren zoals de ontwikkeling van het aandeel duurzaam geproduceerde elektriciteit in de elektriciteitsmix en de mate waarin elektrificatie in Nederland plaats gaat vinden. Uit het visiedocument blijkt dat er grote onzekerheden bestaan over de noodzakelijkheid en mate van opslag van energie voor 2030. Niet elke opslagtechnologie is geschikt voor de opslag van windenergie van zee. Het is voor een technologie belangrijk dat deze opgeschaald kan worden, goedkoop is en beperkte verliezen heeft. In paragraaf 9.2.2 wordt dieper ingegaan op Power2Gas, Batterijen, Compressed Air Energy Storage (CAES) en thermische energieopslag.

9.1.2.4 Toename van de vraag naar elektriciteit aan de Nederlandse kust

Er bestaat er een grote behoefte om industriële processen te elektrificeren vanwege de CO₂-besparing, wat een toenemende vraag betekent naar elektriciteit. De vraag hierbij is in hoeverre, op welk moment en ook waar de vraag het aanbod overstijgt. De toenemende vraag kan namelijk pleiten voor meer aanbod van

duurzaam geproduceerde elektriciteit. Het proces en de uitkomsten van het klimaatakkoord (verwacht in januari 2019) zijn een belangrijke stap bij het in beeld brengen hiervan.

9.1.2.5 Afstemmen productie en consumptie elektriciteit op capaciteit netwerk

De Nederlandse elektriciteitsmarkt is zo ingericht dat er een balans is tussen geproduceerde en afgenomen energie. Fluctuaties in aanbod en vraag worden opgevangen door het op- en afschakelen van snel reagerende energiecentrales. In veel gevallen gaat het hierbij om fossiele opwekkingsmethodes. Hiermee kan onderproductie opgevangen en overproductie voorkomen worden. Op deze manier wordt een vermogenstekort of overschot en daarmee instabiliteit van het elektriciteitsnet voorkomen. Duurzame bronnen van elektriciteit (met name zonne- en windenergie) zijn lastiger precies te voorspellen en zijn moeilijker te reguleren. Naarmate het aandeel duurzame energie in de elektriciteitsmix in Nederland groter wordt, wordt het aandeel makkelijk op en af te schakelen productie-eenheden lager. Hierdoor kan het zijn dat de stabiliteit van het netwerk in het gevaar komt of dat reservecapaciteit grotere kosten met zich meebrengt. Dit is geen wenselijke situatie en dient voorkomen te worden. Het afstemmen van de productie en consumptie van elektriciteit wordt nu al ondervangen door de elektriciteitsmarkten. Met een toenemend aandeel duurzame energie neemt de noodzaak voor verdere flexibilisering toe.

9.1.2.6 Directe klantaansluiting

Een directe klantaansluiting is dat de energie uit het windpark direct, zonder op het net gezet te worden, aangesloten wordt bij een (groep) afnemer(s). De optie directe klantaansluitingen wordt niet verder in beschouwing genomen in deze verkenning omdat zowel de producent (het windpark) als een (groep) afnemer(s) geen directe klantaansluiting willen realiseren. De redenen hiervoor zijn:

- Bij een hoge elektriciteitsproductie heeft de afnemer de verplichting om grote hoeveelheden elektriciteit af te nemen;
- Bij een hoge elektriciteitsproductie bestaat het risico dat de afnemer niet volledige afname kan realiseren, dit bedreigt de afnamezekerheid;
- Bij een lage elektriciteitsproductie is de afnemer beperkt in de mate van elektriciteitsconsumptie en dus in productiviteit;
- Om bij een lage elektriciteitsproductie in de behoefte van de afnemer te voorzien is een netaansluiting benodigd. Met deze ingreep is er geen directe klantaansluiting meer aanwezig.

9.1.3 Beoordelingskader grove zeef

Het beoordelingskader voor niet-conventionele opties is weergegeven in onderstaande tabel. Zoals gezegd is het meer abstract en kwalitatief van aard dan voor de conventionele opties. In de tabel is in de laatste kolom een korte uitleg gegeven wat met de aspecten wordt bedoeld.

Zodra blijkt dat een optie op een criterium niet kansrijk is om in te zetten voor de aansluiting van de windenergie uit de drie windenergiegebieden, zijn de andere criteria niet verder beschouwd. Er is gebleken dat waterstof hierop een uitzondering vormt. Dit wil niet zeggen dat opties in de toekomst ongeschikt of haalbaar zijn.

Thema	Aspect	Uitleg
Ruimte	Inpasbaarheid	De technologieën die een groot ruimtebeslag vereisen, dienen ingepast te kunnen worden in de omgeving
Energie (techniek)	Uitvoerbaarheid	De oplossing dient technisch uitvoerbaar en commercieel beschikbaar te zijn voor de afvoer van windenergie uit de gebieden Routekaart windenergie op zee 2030

Thema	Aspect	Uitleg
	Energieverliezen	Bij omzetting naar andere energiedragers en bij transport kunnen energieverliezen optreden
	Netwerk	Bijdrage aan de flexibiliteit of stabiliteit van het elektriciteitsnet en oplossing voorziene capaciteits- en kwaliteitsknelpunten
Kosten	Systeemkosten	Kosten op basis van abstracte aannames
Toekomstvastheid	Haalbaarheid	Randvoorwaarden haalbaar zijn optie voor grootschalige afvoer van windenergie
Omgeving	Omgeving	Kansen en bezwaren vanuit spoor omgevingsmanagement en klimaatakkoord

9.2 Resultaten grove zeef

9.2.1 Elektrolyse

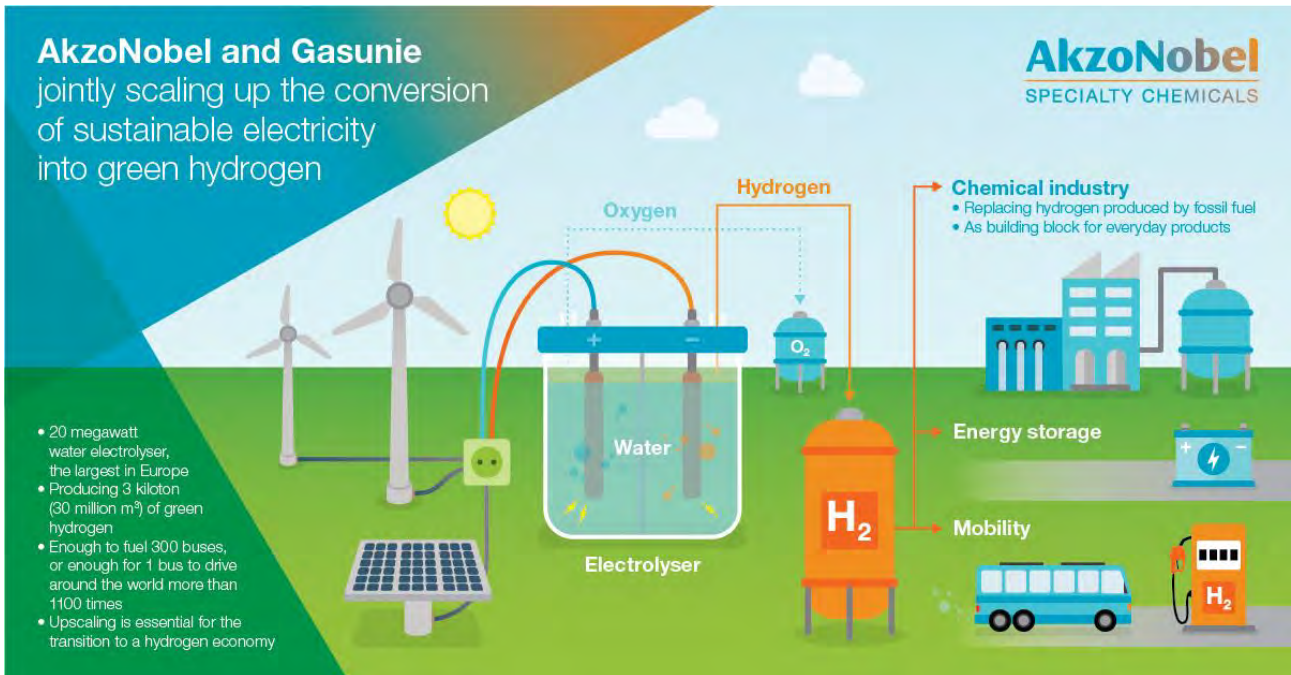
9.2.1.1 Energie (techniek) – Beschikbaarheid en ontwikkeling technieken

Volgens de ‘Contouren van een Routekaart Waterstof 2018’ zijn commerciële elektrolyse-units tegenwoordig verkrijgbaar op een schaal tussen de 1 tot 5 MW. Er zijn op dit moment nog geen elektrolyse-installaties op gigawattschaal beschikbaar, maar de Routekaart Waterstof geeft aan dat er op korte termijn een conceptstudie naar de ontwikkeling van een elektrolyse-installatie op gigawattschaal gestart kan worden. De prognoses van experts en producenten geven aan dat opschaling van de capaciteiten van elektrolyse-units voortdurend in ontwikkeling is. Hierdoor en door het feit dat elektrolyse-units modulair zijn, mag ervan uitgegaan worden dat de productie van waterstofgas op GW-schaal door elektrolyse naar verwachting technisch haalbaar is in 2030 of vlak daarna. Dit komt overeen met de conclusies van de diverse onderzoeksrapporten die voor deze verkenning zijn gebruikt (zie bijlage B bronnenlijst). Het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord geeft aan dat partijen een brede benutting van groen waterstof als energiedrager voorzien voor mobiliteit en transport, in de industrie en de energiesector en mogelijk ook in de gebouwde omgeving. De gedeelde verwachting is dat de toepassing van waterstof als grondstof in de industrie en als energiedrager vooral na 2030 tot opschaling zal komen.

Gezien de benodigde doorlooptijd voor realisatie, is voor de drie windparken Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver ten laatste in 2019 al duidelijkheid nodig of de productie van waterstof op GW-schaal een haalbare optie is om mee te nemen in de RCR-procedure. Vanuit de huidige stand van zaken kan niet verwacht worden dat binnen deze termijn, het inzicht ontstaat dat waterstof op GW-schaal een haalbare optie is voor de afvoer van grootschalige windenergie uit de bovengenoemde gebieden. Indien de doorlooptijd tussen start van de RCR-procedure en de aanleg ingekort kan worden, kan de optie om waterstof te produceren door middel van windenergie op zee tot 2030 in beeld blijven.

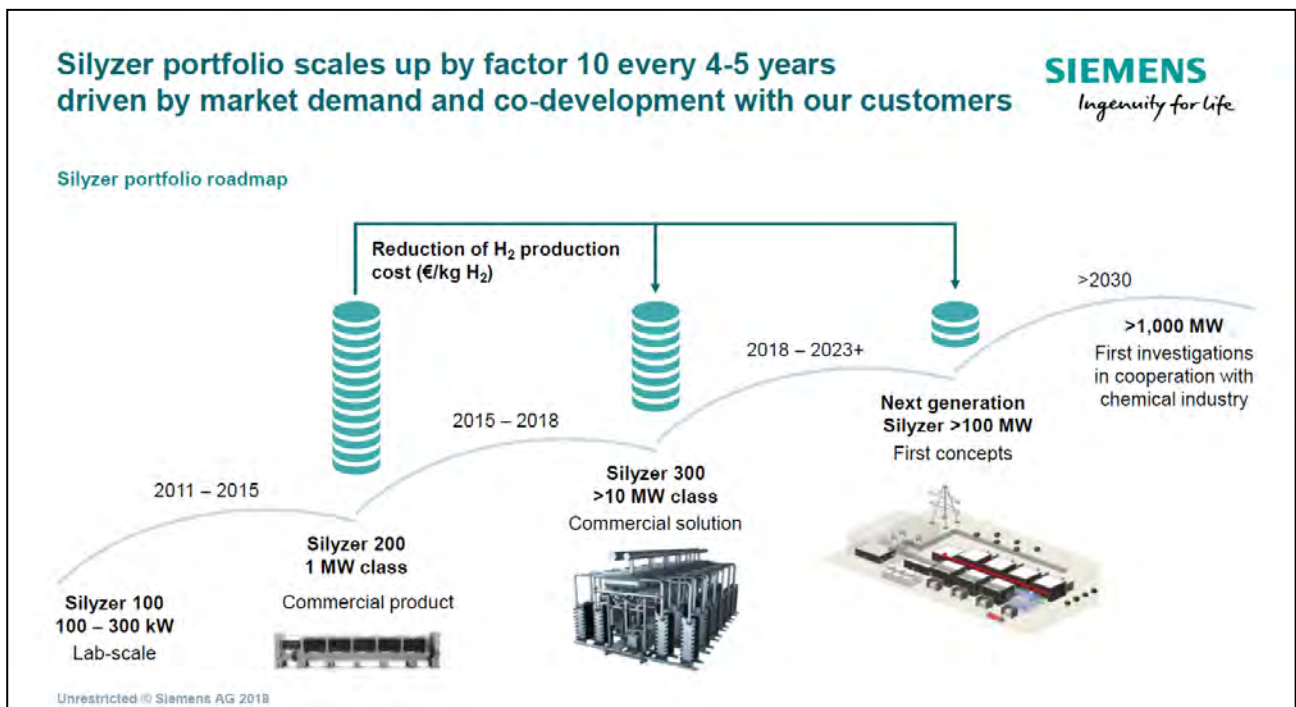
Ondanks de constatering dat waterstof uit oogpunt van tijdige beschikbaarheid geen haalbare optie is voor de windenergiegebieden binnen de Routekaart 2030 wordt in dit hoofdstuk een beeld geschetst over verwachte kansen en ontwikkelingen op de waterstof sector. Dit omdat waterstof naar verwachting een belangrijke rol kan spelen in de Nederlandse energietransitie.

Ontwikkelingen kunnen snel gaan waardoor het goed mogelijk dat er al eerder dan 2030 kansen bestaan voor de productie van waterstof op grote schaal. Als voorbeeld voor een snelle ontwikkeling dient een lopend onderzoek door Akzo Nobel en Gasunie over de mogelijkheden voor een 20 MW water-elektrolyse-unit bij Delfzijl, voor de duurzame productie van jaarlijks 30 miljoen Nm³ waterstofgas. Deze elektrolyse-installatie zou de grootste duurzame waterstofgenerator van Europa zijn tot nu toe. Een besluit over de mogelijke realisatie van het project en vervolgens de specifieke kenmerken van de installatie wordt in 2019 verwacht. Akzonobel en Gasunie vermelden op hun websites dat “*de geplande faciliteit van 20 megawatt een flinke stap is in het succesvol verder opschalen van de elektrolysetechnologie*”.



Figuur 9-1 Beeld 20 MW water-elektrolyse-unit bij Delfzijl (<https://netherlands.akzonobel.com>).

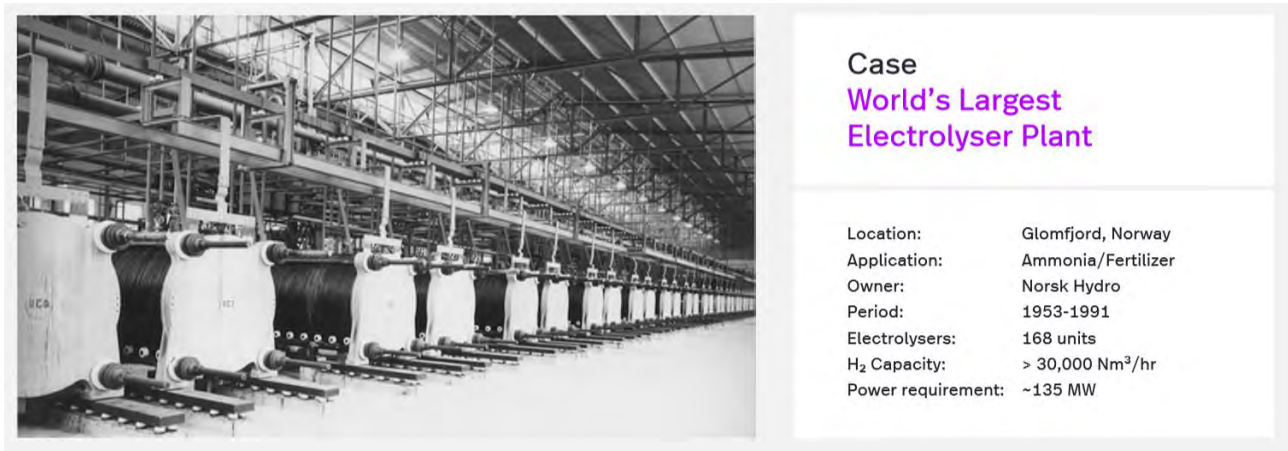
Daarnaast zijn de prognoses van producenten op het gebied van elektrolyse-technieken positief over de ontwikkeling van toekomstige capaciteiten voor elektrolyse-eenheden. Siemens, om maar één van vele aanbieders te noemen, prognosticeert bijvoorbeeld dat ze haar meest actuele elektrolyse-techniek met een capaciteit tot 10 MW elke 4 tot 5 jaar met factor 10 gaat opschalen. Dit zou betekenen dat er in 2023 elektrolyse technieken van 100 MW en in 2030 zelfs 1.000 MW, dus 1 GW, commercieel verkrijgbaar zouden zijn. Dit is te zien de onderstaande figuur.



Figuur 9-2 Prognose Siemens over ontwikkeling elektrolyse techniek tot 2030. (Hydrogen Solutions – Green Hydrogen in industry and energy applications, Siemens AG, April 2018).

Als historisch voorbeeld voor een grootschalige elektrolyse-installatie dient het Noorse plaatsje Glomfjord, waar tussen 1953 en 1991 in totaal 168 elektrolyse-eenheden met elkaar verbonden waren tot een elektrolyse-installatie met een totaal opgesteld vermogen van 135 MW om waterstofgas te produceren voor de productie

van kunstmest. De oprichter ervan, het Noorse bedrijf Nel Hydrogen, noemt het zelf de werelds grootste elektrolyse installatie, zoals in onderstaande afbeelding te zien is.



Figuur 9-3 Historische grootschalige elektrolyse installatie (<http://nelhydrogen.com>).

9.2.1.2 Energie (techniek) – Distributie geproduceerd waterstofgas

Een ander aspect van technische uitvoerbaarheid is het transport van het geproduceerde waterstofgas. Dit kan óf via buisleidingen óf met vervoermiddelen zoals vrachtwagens of schepen, afhankelijk van het latere gebruik van het waterstofgas en de ligging van de elektrolyse-plant. Eind 2017 heeft DNV-GL in opdracht van TKI-gas een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden voor een waterstofinfrastructuur op basis van de bestaande gasinfrastructuur in Nederland. Uit de studie komt naar voren dat het vanuit technisch oogpunt mogelijk is om gebruik te maken van het huidige aardgasnet op land voor het transport van waterstofgas, zowel voor het vervoer van honderd procent waterstofgas als ook van waterstofgas-aardgas-mengsels. Wel moet er rekening gehouden worden met de volgende aandachtspunten:

- Voor het transport van dezelfde hoeveelheid energie in waterstofgas ten opzichte van aardgas moet de transportsnelheid met een factor 3 verhoogd worden vanwege de lagere ruimtelijke energie-inhoud van waterstofgas ten opzichte van het aardgas-mengsel dat in Nederland wordt toegepast.
- Bij de overgang naar 100% waterstofgas moeten technische aanpassingen in het leidingsysteem doorgevoerd worden.
- Mogelijk brengt het transport van waterstofgas door het bestaande gasleidingen netwerk intensiever onderhoud met zich mee.

Op 5 juli 2018 is het rapport “toekomstbestendigheid gasdistributienetten” gepubliceerd. Het betreft een onderzoek naar de toekomstbestendigheid van de gasdistributienetten in een CO₂-neutrale en duurzame energievoorziening, dat door Kiwa Technology is uitgevoerd in opdracht van Netbeheer Nederland. Dit rapport concludeert het volgende over de geschiktheid van het Nederlandse aardgasnet:

“Alle onderzoeken die tot nu toe gepubliceerd zijn, hebben geen degradatie van kunststoffen en rubberen gasdistributiematerialen door waterstof laten zien. De vraag bij de onderzoeken is, of deze lang genoeg zijn uitgevoerd om ook over het lange termijn-gedrag voldoende zeggingskracht te hebben. Voor staal, RVS en gietijzer, dat wordt gebruikt bij de gasdistributie, kan geconcludeerd worden, dat het belangrijkste faalmechanisme (waterstofverbrossing) in de praktijk niet zal optreden. De achteruitgang van enkele mechanische eigenschappen is gering en kan als onbelangrijk bestempeld worden. Koper, messing en aluminium lijken niet beïnvloed te worden door waterstof. Voor de bestaande gasdistributienetten kan dan ook gesteld worden, dat deze geschikt zijn om waterstof te transporteren. Op basis van de bovenvermelde bevindingen wordt geconcludeerd, dat de thans toegepaste aanleg- en ontwerptechnieken ook ingezet kunnen worden voor het aanleggen van nieuwe gasleidingen.”

Het feit dat het technisch mogelijk blijkt om gebruik te kunnen maken van reeds bestaande infrastructuur betekent een ruimtelijk en mogelijk kostentechnisch voordeel in vergelijking met andere opties voor de afvoer en distributie van windenergie als de capaciteit van het elektriciteitsnet ontoereikend is.

9.2.1.3 Energie (techniek) – stabiliteit elektriciteitsnet

Naast bovenstaande aspecten biedt waterstof een grote kans bij de ontlasting en stabilisering van het elektriciteitsnet. Vanwege de toename van het aandeel duurzaam opgewekte energie in de elektriciteitsmix zijn tussen 2030 en 2050 alternatieve methoden voor de transport en eventuele opslag van elektriciteit noodzakelijk. Productie van waterstof op momenten dat er sprake is van een piek in duurzame energieproductie kan overbelasting van het elektriciteitsnet voorkomen. Door de geproduceerde waterstof op te slaan of om te zetten in ammoniak kan waterstof onderdeel uitmaken van de netstabilisatie van de toekomst.

9.2.1.4 Ruimte

Bij het beoordelen of elektrolyse haalbaar is qua ruimtelijke inpasbaarheid is het ruimtebeslag van de huidige elektrolyse units berekend (voor specifieke informatie over de berekeningen zie Bijlage C). De berekende benodigde ruimte hangt sterk af van het model elektrolyse-unit. Op basis van productspecificaties van twee producenten (Siemens met de Silyzer en Hydrogenics met de HyLYZER) blijkt dat het ruimtebeslag van een elektrolyse installatie tussen de 3 en 4 hectare per GW ligt. Naar verwachting kan het benodigde grondoppervlak geminimaliseerd worden als het mogelijk is de elektrolyse-units op te stellen in meerdere lagen. Verder ontwikkelen de leveranciers van elektrolyse-units steeds compactere systemen, waardoor het ruimtebeslag in de toekomst naar verwachting nog verder af zal nemen. Bij de toepassing van elektrolyse moet rekening gehouden worden met bovenstaande (significante) ruimtevraag. Hiervoor dient nader onderzoek naar geschikte locaties plaats te vinden dat moet uitwijzen of elektrolyse binnen havengebieden mogelijk is.

In het geval van elektrolyse op zee moet de beschikbaarheid van zoet water voor het elektrolyseproces in de installatie gegarandeerd zijn. Mogelijkheden daarvoor zijn het aanvoeren van water via leidingen of door gebruik te maken van ontziltinginstallaties die zoutwater ter plekke omzetten in zoetwater. Dit kost echter ook energie. Beide oplossingen nemen ruimte in beslag, waarmee rekening moet worden gehouden.

9.2.1.5 Systemekosten

Op verzoek van TenneT en Gasunie heeft DNV GL onderzocht of een eiland of platform in de Noordzee of een locatie aan de kust - waar elektriciteit wordt omgezet in waterstof (Power to Hydrogen) - bijdraagt aan het energietransportsysteem voor IJmuiden Ver (Power-to-Hydrogen IJmuiden Ver, final report for TenneT and Gasunie, 2018). Er is een aantal scenario's ontwikkeld welke onderling zijn vergeleken. Daarbij is het volgende meegenomen:

1. Technische en economische haalbaarheid van Power-to-waterstof (ofwel PtH₂) op land en op zee;
2. Vergelijking van PtH₂ installatie op een kunstmatig eiland en op een platform op zee of op land;
3. Vergelijking van verschillende transportwijzen;
4. Mogelijkheden van het gas- en elektriciteitsnet op land;
5. Gereedheid van de markt en ontwikkelingen van benodigde elektrolyzers;
6. Verschillende scenario's voor windcapaciteit, PtH₂ capaciteit, toekomstige elektriciteitsprijzen en waterstof ontwikkelingen (in markt en prijzen).

Voor deze verkenning is de strekking van de analyse van DNV-GL meegenomen om een indicatie te krijgen van de technisch-economische haalbaarheid van waterstof als energiedrager (PtH₂) als optie voor de afvoer van windenergie vanuit het gebied IJmuiden Ver.

Uit de analyse van DNV-GL blijkt dat toepassing van PtH₂ als onderdeel van het energietransportsysteem geen toegevoegde waarde heeft ten opzichte van de conventionele manier van afvoer van windenergie vanuit IJmuiden Ver (in dit geval is dat 4 GW middels DC-verbindingen). In het scenario waarbij een relatief kleine (500 MW) waterstoffaciliteit op land wordt gerealiseerd, die geen onderdeel uitmaakt van de transportroute van de geproduceerde windenergie, ontstaat wel een positieve businesscase, echter dit is geen alternatief voor een conventionele aansluiting. Op deze manier bestaat er geen afhankelijkheid tussen elektriciteitsproductie en waterstofproductie en kan er optimaal gebruik gemaakt worden van elektriciteit

wanneer de marktprijs laag is. Het resultaat van de NPV (netto contante waarde)-berekeningen van de verschillende scenario's zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 9-4 Netto contante waarde berekeningen van de verschillende scenario's (Power-to-Hydrogen IJmuiden Ver, DNV-GL, 2018).

Toevoeging van meer PtH₂ leidt niet tot een betere netto contante waarde van het energietransportsysteem, hoewel de kosten van het elektriciteitssysteem wel gereduceerd kunnen worden doordat er dichterbij de kust aangesloten kan worden (PtH₂ op land) of er minder elektrische verbindingen nodig zijn (PtH₂ op zee).

Opvallend is de conclusie uit de studie dat hergebruik van de bestaande gasleidingen niet het economisch voordeel biedt dat door partijen als ECN en NIB geschetst wordt als kans waarom elektrolyse op zee kostentechnisch interessant zou kunnen zijn. De oorzaak is dat de leidingen op sommige delen van het tracé te beperkt zijn in diameter voor het vervoer van grootschalig geproduceerde waterstofgas, dat het tracé niet de meest optimale ligging heeft en dus langer is dan een eventuele nieuwe gasleiding én het feit dat de bestaande leidingen binnen 5 tot 23 jaar na ingebruikname van de windparken in IJmuiden Ver aan het einde van hun levensduur zijn gekomen.

Uiteraard is de analyse van DNV-GL afhankelijk van een groot aantal factoren die kan wijzigen, zoals de elektriciteitsprijs en prijs van waterstof, kostprijs van elektrolyse-installaties en jaar van ingebruikname van de waterstoffaciliteit. Vooral de prijs van waterstof (hoe hoger de prijs, hoe interessanter het is om PtH₂ in te zetten), het moment van starten (hoe later, hoe interessanter het prijstechnisch is om PtH₂ in te zetten) en de elektriciteitsprijs lijken van invloed te zijn.

Om te begrijpen welke parameters een grote invloed hebben op de toekomstige haalbaarheid van PtH₂ is het van belang te begrijpen hoe de productiekosten van groen waterstof zijn opgebouwd. De werkgroep rondom het 'Noordelijke Innovation Board' voor groene waterstofeconomie schetst dat circa 60-70% van de productiekosten van groen waterstof bepaald wordt door de kosten van elektriciteit. Voor grijs en blauw waterstof, waar groen waterstof mee moet concurreren is de productieprijs sterk afhankelijk van de aardgasprijs. Bij grootschalige productie via stroomreforming (SMR) maakt aardgas, volgens de Routekaart Waterstof 2018, 70-80% uit van de productiekosten. Vanwege het feit dat de marktprijs van de elektriciteit een belangrijk kostenonderdeel vormt voor de kosten van waterstof, lijkt waterstof met name rendabel bij een lage elektriciteitsprijs. Maar bij een lage elektriciteitsprijs heeft wind op zee een minder goede

businesscase waardoor windparken minder opbrengsten genereren en mogelijk subsidie nodig hebben om gebouwd te kunnen worden.

Uit het CE Delft-rapport over waterstofroutes in Nederland 2018 komt naar voren dat blauw waterstof (met afvang van CO₂) op dit moment voor rond 1,5 Euro per kg geproduceerd kan worden. Deze integrale ketenkosten gaan naar verwachting echter toenemen door de verhoging van de gasprijs en daarmee rond 2030 uitkomen op 2,0 tot 2,5 Euro per kg. Op dit moment ligt de productieprijs van groen waterstof nog tussen de 5-6 Euro per kg, echter door schaalvergroting en doorontwikkeling van de techniek is in 2030 naar verwachting groene waterstofproductie mogelijk tegen productiekosten die kunnen concurreren met de productiekosten voor blauw waterstof. Uitgangspunt is dat er gebruik gemaakt kan worden van lage elektriciteitsprijzen (bronnen noemen elektriciteitsprijzen tussen 20 en 30 Euro/kWh) en een toename van aardgasprijzen plaatsvindt (conform verwachting), eventueel in combinatie met een toename in heffing op CO₂.

Economisch gezien lijkt de productie van groen waterstofgas als alternatief voor conventionele aansluitingen niet aantrekkelijk. Indien breder gekeken wordt naar het maatschappelijk belang is er indirect een aantal kansen te benoemen die tevens een waarde vertegenwoordigen. Zo kan de productie van groen waterstof in de toekomst een belangrijke rol gaan spelen in de ontlasting en stabilisatie van het Nederlandse elektriciteitsnet. Verder speelt groen waterstofgas een belangrijke rol in het behalen van de CO₂-reductiedoelstellingen van Nederland. Gezien de bovengenoemde punten biedt groen waterstof, naast aanvankelijk hoge kosten, ook een op duurzaamheid gerichte meerwaarde die niet onderschat moet worden. Echter, is deze op dit moment kwantitatief niet eenvoudig uit te drukken.

De verwachting van leveranciers en onder andere de experts die een bijdrage hebben geleverd aan het 'Manifest van de waterstofcoalitie' (mei 2018) is dat de productie van waterstof qua kosten pas concurrerend kan zijn met conventionele technieken als het op grote schaal wordt toegepast en de technologie verder ontwikkeld is. In het waterstofmanifest van mei 2018 is hierover het volgende opgenomen:

“Op dit moment is groene waterstof (elektrolyse) duurder dan het fossiele alternatief. Echter, een forse kostenreductie van elektrolyzers samen met een daling van de kosten van hernieuwbare elektriciteit is tot 2030 zeker realiseerbaar. Voor kostenreductie is marktzekerheid en schaalvergroting nodig. Dat is mogelijk in Nederlands verband. Sterker nog, Nederland heeft geografisch een goede positie voor de realisatie van een aanzienlijke elektrolyse-capaciteit. In 2030 is een markt van 40 GW in Europees verband denkbaar mits de ontwikkeling van duurzame energie de gewenste versnelling krijgt. Nederland zou daarvan rond de 3 á 4 GW in 2030 kunnen realiseren. Als groen waterstof de komende jaren wordt uitgerold en opgeschaald, wordt elektrolyse onder het K&E akkoord de nieuwe ‘wind op zee’: financiering koppelen aan de belofte van kostendaling en groene productie.”

Hieruit klinkt de oproep om snel te beginnen met de ontwikkeling en toepassing van elektrolyse met duurzame energie op GW-schaal. Daarnaast bestaat hier ook een grote afhankelijkheid van andere sectoren in de markt die eveneens voor waterstof zouden moeten kiezen om daadwerkelijk een prijsverlaging te realiseren waardoor de productie, opslag en het gebruik van waterstof ook prijstechnisch interessant wordt vergeleken met opties.

9.2.1.6 Toekomstvastheid

De waterstofmarkt is in ontwikkeling en zal naar verwachting een substantieel aandeel in Nederland krijgen. Volgens ECN wordt het theoretisch technische toekomstige potentieel voor waterstofgas op jaarlijks 66 miljard Nm³ geschat, wat gelijk staat aan 710 PJ en is dit zes keer zoveel vergeleken met de huidige vraag naar waterstofgas.

De Routekaart Waterstof 2018 schetst de toekomstige mogelijke vraag naar waterstofgas op 1.690 PJ per jaar. Hierbij is rekening gehouden met netto geen CO₂-emissie. Een opvallend getal is afkomstig van de duurzame brandstoffen (700 PJ per jaar). Normaal worden in dit soort berekeningen schepen en vliegtuigen niet meegenomen in verband met het internationale karakter. In deze berekening is dit wel meegenomen omdat dit uiteindelijk ook onderdeel moet zijn van de verduurzamingsopgave. Door de grote havens en luchthavens die Nederland heeft vallen deze getallen relatief hoog uit. In de uitkomst van de Routekaart over de mogelijke vraag is geen rekening gehouden met conversieverliezen, dus de getallen kunnen nog hoger uitvallen in werkelijkheid.

Voor een volledige voorziening van deze toekomstige vraag naar groen waterstof op basis van elektrolyse zou hier een windvermogen op zee van 161 GW nodig zijn. Het daadwerkelijke geschatte potentieel aan windenergie op zee in Nederland ligt tussen de 40 en 80 GW.

Het door de 'Routekaart Waterstof' voorspelde toekomstige gebruik van waterstofgas in Nederland ligt dus boven de hoeveelheden die met windenergie op zee geproduceerd kunnen worden. De ambitie om grijs en blauw waterstof op termijn volledig te vervangen door groen waterstof kan alleen gehaald worden indien er nu een goed begin gemaakt kan worden, bijvoorbeeld door een of meerdere pilot(s) te starten. De toekomstige windparken op zee kunnen hier een belangrijke rol in spelen.

Naast mogelijkheden voor de productie van waterstof speelt voor een volledige voorziening van de toekomstige vraag, ook het voldoen aan de wettelijke eisen een belangrijke rol. Bij het transport en opslag van waterstof in vorm van ontvlambaar gas zijn er volgens de Nederlandse wet- en regelgeving op dit moment vergelijkbare hoge veiligheidsstandaarden aan te houden. Voor een toekomstige eventuele implementatie van groen waterstofgas als belangrijk onderdeel van zowel transport- en industriesector als energieopslag moeten de daadwerkelijke risico's en mogelijke aanpassingen van de huidige wet- en regelgeving nader worden onderzocht. Een voorbeeld hiervan is dat het Duitse bedrijf Hydrogenious Technologies tijdens de Power-to-Gas conference in Antwerpen in mei 2018 een opslagmedium presenteerde voor waterstof op olie gebaseerd in plaats van ontvlambaar gas, waardoor minder veiligheidsmaatregelen nodig zijn.

Verder verdient het aanbeveling naar hybride-opties te kijken waar verschillende technologieën met elkaar worden ingezet om van elkaar te kunnen profiteren en zo meer efficiëntie te kunnen bereiken. Een voorbeeld hiervan is de in december 2016 door de TU Delft geïntroduceerde 'battolyser', een innovatief systeem dat de opslag van elektriciteit en de productie van waterstof kan combineren. De batterij bestaat uit nikkel en ijzer, twee makkelijk verkrijgbare en goedkope basismaterialen. Naast het feit dat het hierbij om een heel robuuste batterij gaat, maken de basismaterialen in geladen toestand de elektrolyse van water en daardoor de productie van waterstof mogelijk. De batterij slaat elektriciteit op tot ze vol geladen is en gaat vervolgens over naar de productie van waterstof. Op die manier kan er goed worden ingespeeld op vraag en aanbod van en naar elektriciteit en de variërende prijzen ervan. Bedenker professor Dr. Fokko Mulder zegt hierover: *"Is er veel stroom en is de prijs laag dan slaan we op; is er nog meer goedkope stroom dan maken we waterstof. En is er te weinig stroom en de prijs dus hoog dan leveren we stroom terug"*. Daarnaast is het batterij-elektrolyse-apparaat ook uiterst efficiënt met een bereik van een totale efficiëntie tot 90%. Omdat het prototype van de battolyser veelbelovende resultaten oplevert, initieert de TU Delft een onderzoek over de mogelijkheden voor een opschalen van het systeem voor een inzet voor grootschalig gebruik. Mulder benadrukt de stijgende vraag naar steeds meer elektriciteit en alternatieve brandstoffen in de toekomst en de rol die de nieuwe batterij-elektrolyse-apparaat hierbij zou kunnen spelen: *"Met behulp van de battolyser beschikken we over een efficiënte, goedkope, grootschalige en robuuste methode voor elektriciteit-opslag die onbeperkt schakelbaar is tussen elektriciteit en waterstof. De battolyser verbindt daarmee als eerste op een natuurlijke wijze de infrastructuur voor elektriciteitsopslag en die voor waterstofgasproductie."*

Een ander voorbeeld voor hybride opties is het in 2016 gepresenteerde prototype voor een waterstof-batterij trein van het Franse bedrijf Alstom. Waterstof wordt daarbij door middel van een brandstofcel aan boord omgezet in elektriciteit om zo de trein aan te drijven. Zowel overtollig gegenereerde energie als vrijkomende kinetische energie tijdens remprocessen wordt opgeslagen in een batterij en kan vervolgens gebruikt worden ter ondersteuning van versnellingsprocessen. Op 11 juli 2018 kondigde Alstom in een persbericht op hun website aan dat de trein als de wereldwijd eerste van zijn soort nu officieel is toegelaten voor het railvervoer van passagiers in Duitsland. Het Algemeen Dagblad vermeldde op 28 mei 2018 de geplande inzet van een zulke trein in Nederland voor begin volgend jaar op een proeftraject tussen Groningen en Leeuwarden.

Deze recente ontwikkelingen benadrukken eens meer de naar verwachting steeds belangrijker wordende rol die groen waterstof in de toekomst en met name in de energietransitie kan spelen.

9.2.1.7 Conclusie productie waterstof in havens en op zee

Uit deze verkenning komt naar voren dat de productie van waterstof voor de afvoer van de opgewekte windenergie op zee vanuit Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver op dit moment geen realistische optie is. Dit vanwege de huidige stand van zaken dat elektrolyse-technieken op

grootschalig niveau nog niet voldoende ontwikkeld zijn om over één tot drie jaar in de RCR-procedures in te brengen als economisch interessant alternatief.

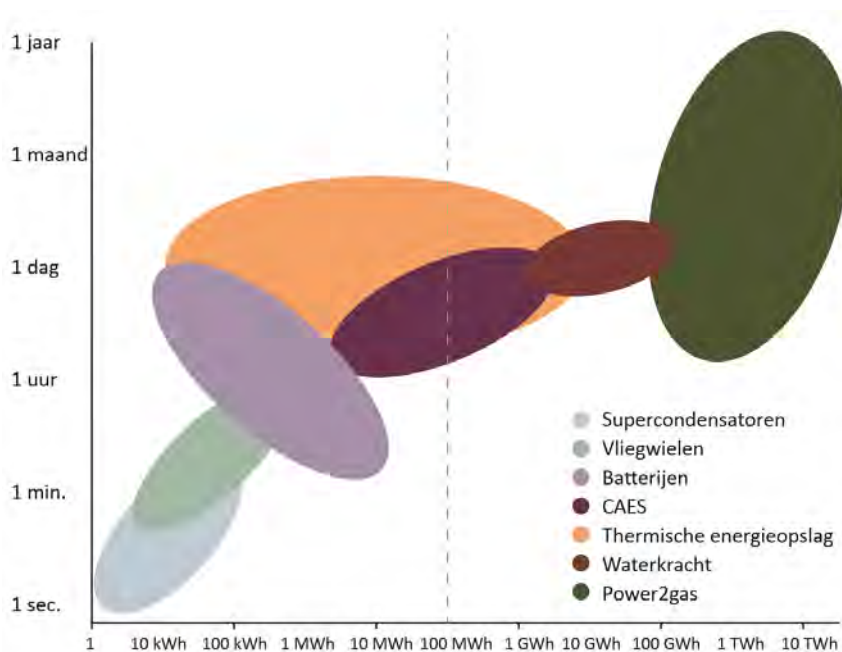
Daarbij dient te worden opgemerkt dat waterstof als belangrijke sleuteltechniek wordt gezien voor het behalen van de doelstellingen van de Nederlandse energietransitie. De waterstofsector doorloopt een snelle ontwikkeling en is in begrip om een vast bestanddeel te gaan worden van de Nederlandse transport- en energie sector.

De momenteel meest beperkende parameters bij de ontwikkeling van grootschalige elektrolyse-technieken zijn de kosten, die sterk gerelateerd zijn aan de elektriciteits- en waterstofprijzen, en de tijd die nog nodig is om systemen te ontwikkelen die op GW-schaal inzetbaar zijn. De kansen om met de productie van waterstof met conventionele technieken kostentechnisch te kunnen concurreren stijgen indien waterstof op grote schaal en in grote hoeveelheden wordt toegepast en daarnaast een waterstofmarkt gecreëerd en gestimuleerd gaat worden. Op dit moment zijn er nog geen pilotprojecten die kennis opleveren voor de ontwikkeling en toepassing van grootschalige elektrolyse-installaties. Experts zijn het erover eens dat er nu al een begin moet gemaakt worden met de ontwikkeling van grootschalige productie van groen waterstof door het financieren van pilotprojecten met behulp van subsidies, indien men in 2050 transport en industrie voornamelijk op groen waterstof wil gaan baseren.

9.2.2 Tijdelijke opslag van elektriciteit

9.2.2.1 Inleiding

In Figuur 9-5 staat een overzicht van opslagtechnologieën met capaciteit en levensduur. In deze verkenning wordt beknopt een aantal technologieën besproken die een rol kunnen spelen in grootschalige opslag van elektriciteit. Ook is de tijdspanne van belang, voor grootschalige opslag gaat dit over minimaal een dag. Van de in Figuur 9-5 genoemde technologieën wordt een aantal niet in beschouwing genomen. Supercondensatoren en vliegwheels worden niet meegenomen vanwege de korte opslagduur en lage capaciteit. Ook waterkracht als energieopslagmethode wordt niet meegenomen omdat de hoogteverschillen in Nederland erg beperkt zijn, al is het mogelijk om kunstmatige 'valmeren' of ondergrondse cavernes te gebruiken. Hierbij is echter een zeer groot volume nodig om de gewenste schaalgrootte te bereiken. Voor Power2Gas worden ammoniak en methaan uitgelicht, waterstof is behandeld in paragraaf 9.2.1. Daarnaast worden batterijen, Compressed Air Energy Storage (CAES) en thermische energieopslag verkend.



Figuur 9-5 Overzicht van opslagtechnologieën, capaciteit en opslagduur (FME, 2017).

9.2.2.2 Power2Gas

Zoals hierboven vermeldt, worden ammoniak en methaan beschouwd. Beide zijn afkomstig van waterstof. Met hoge druk en temperatuur wordt via het Haber-Bosch-proces waterstof en stikstof omgezet in ammoniak. Dit kan vloeibaar worden opgeslagen in tanks zoals dat op dit moment al grootschalig in de kunstmestindustrie gebeurt. TU Delft en Nuon kijken samen naar mogelijkheden om energie op te slaan met ammoniak. Voor de productie van methaan uit waterstof reageert ammoniak onder hoge druk en temperatuur met CO₂. Dit kan vervolgens in bestaande gascentrales worden gebruikt. Om de cirkel te sluiten kan de vrijgekomen CO₂ bij verbranding weer gebruikt worden voor nieuwe productie.

Het voordeel van ammoniak is dat dit makkelijker kan worden opgeslagen en vervoerd dan waterstof. Voor methaan geldt dat dit makkelijk in de bestaande infrastructuur kan worden toegevoegd. Echter beide brandstoffen hebben naast het energieverlies om elektriciteit in waterstof om te zetten extra energie nodig voor conversie. Dit betekent dat de energieverliezen groter zijn dan bij direct gebruik van waterstof. In paragraaf 9.2.1 wordt geconcludeerd dat waterstof financieel nog niet aantrekkelijk genoeg is in 2030 voor commerciële exploitatie. Gezien de extra benodigde energie is dit zeker ook het geval voor ammoniak en methaan uit waterstof. Ammoniak en methaan zijn vooral in het voordeel bij toepassingen waar waterstof niet of minder geschikt voor is. Commerciële toepasbaarheid moet nader onderzocht worden voor de periode na 2030.

9.2.2.3 Batterijen

Batterijen zijn al geruime tijd commercieel beschikbaar en wijdverspreid in de maatschappij. Hier gaat het echter met name om kleine vermogens. Uitbreiding van dit vermogen is met name te zien in de elektrische automarkt. Deze schaal is niet toereikend voor energieopslag van wind op zee. Een voorbeeld dat wel in de buurt komt van de gevraagde capaciteit is de EnspireMe/SEnNa batterij van Eneco en Mitsubishi in Noord-Duitsland. Deze recent in gebruik genomen batterij heeft een capaciteit van 50 MWh en kan gebruik maken van de variërende elektriciteitsprijs voor opslag en afgifte van elektriciteit.

De New Energy Outlook 2018 van Bloomberg New Energy Finance (BNEF) stelt dat de prijzen van batterijen hard gaan dalen de komende jaren. De kosten van batterijopslag waren in 2017 ongeveer 175 €/kWh. BNEF verwacht dat dit flink daalt naar 85 €/kWh in 2025 en 60 €/kWh in 2030. Ook het Duitse Fraunhofer instituut zit op deze lijn met prijzen tussen 60 en 100 €/kWh in de periode tussen 2020 en 2030 in de Energy Storage Roadmap.

De EnspireME/SEnNa batterij heeft een ruimtebeslag van 840 m². Op basis van dit getal kan worden gesteld dat er 17 m²/MWh ruimtebeslag nodig is. Indien grootschalige energieopslag door middel van batterijen wordt uitgevoerd kan dit een behoorlijke impact hebben op het landschap. In het Whitepaper van NLingenieurs wordt een korte termijn opslag van 280 GWh geschetst. Deze mogelijke behoefte heeft dan een ruimtebeslag van 476 ha. Mogelijkheden om dit te verkleinen, bijvoorbeeld door stapeling van eenheden, is op deze schaal wenselijk.

9.2.2.4 CAES

Bij Compressed Air Energy Storage (CAES) wordt lucht samengeperst tot hoge druk die wordt opgeslagen in tanks of ondergrondse cavernes. Door de druk weer te verlagen en de ontsnappende lucht via turbines te laten lopen wordt elektriciteit opgewekt. De capaciteit kan variëren van 100 tot wel 3.000 MWh. Ook is de responstijd hoog waardoor het een flexibel inzetbare opslagmethode is. Bij het verlagen van de druk is het echter noodzakelijk om de lucht op te warmen, dit maakt het systeem minder efficiënt. Dit wordt meestal gedaan door middel van aardgas.

Twee voorbeelden van grootschalige CAES-installaties die in het verleden zijn gebouwd staan in Duitsland en de Verenigde Staten. Deze installaties hebben 0,7-0,8 kWh elektriciteit en 1,2-1,6 kWh aardgas nodig om 1 kWh elektriciteit te genereren (Bine, 2007). Door opslag van de warmte die vrijkomt bij het samenpersen van de lucht, kan de efficiëntie verbeterd worden wat leidt tot minder verbruik van aardgas. Op dit moment is er nog geen grootschalige efficiënte CAES-installatie in bedrijf die geen gas verbruikt.

In Nederland zijn er zoutcavernes en lege gasvelden die mogelijk gebruikt kunnen worden voor CAES. Indien de noodzaak bestaat om grootschalig energie op te slaan kan het rendabel zijn om CAES in te zetten ondanks de energieverliezen.

9.2.2.5 Thermische energieopslag

Binnen Nederland is 38% van het totale energieverbruik voor de warmtevoorziening. Bij elektrificatie van de energievoorziening betekent dit ook een grote opgave voor warmte. Door middel van warmtepompen en elektrische boilers kan elektriciteit omgezet worden in warmte. Voor opslag van deze warmte zijn verschillende methodes toepasbaar op grotere schaal. Zo is er Phase Change Material (PCM). Deze materialen veranderen van fase met het absorberen van warmte. PCM is ook geschikt voor opslag in hoge temperatuur. Een voorbeeld is gesmolten zout, bij het stollen komt de opgeslagen energie weer vrij. Een andere mogelijkheid is via vaste stof, door een vaste stof (bijvoorbeeld steen) te verwarmen of te koelen kan er energie opgeslagen worden. Er zijn nog geen voorbeelden bekend waar grootschalig warmte wordt opgeslagen.

9.2.3 Toename elektriciteitsvraag

Door de energietransitie wordt een significante toename in de elektriciteitsvraag van de industrie verwacht. Dit biedt kansen in de directe afzet van op zee geproduceerde elektriciteit aan de kust, waardoor het elektriciteitsnet naar het verdere binnenland ontlast kan worden. Om te bepalen in hoeverre de op zee opgewekte elektriciteit afgezet kan worden in gebieden aan de Nederlandse kust is het belangrijk inzicht te krijgen in de groei in elektriciteitsvraag van de industrie in deze gebieden.

In het 'Voorstel voor hoofdlijnen voor het Klimaatakkoord' wordt expliciet ingegaan op elektrificatie. Elektrificatie biedt mogelijkheden voor een vergaande emissiereductie voor de industrie, de gebouwde omgeving en de mobiliteitssector. Dit vraagt om flinke investeringen in de elektriciteitssector, die alleen kunnen plaatsvinden bij voldoende zekerheid. Timing en volume worden daarbij als essentieel genoemd: vraag en aanbod zullen zich gelijktijdig moeten ontwikkelen, binnen de context van de marktontwikkelingen in de landen om ons heen.

Wat geven de industrieregio's aan?

Industrieregio's zijn bezig met de elektriciteitsvraag in de toekomst. Zo heeft de regio Rotterdam-Moerdijk een document opgesteld (In drie stappen naar een duurzaam industriecluster, 13 juli 2018), waarbij elektrificatie en het gebruik van waterstof de hoekstenen worden genoemd van een nieuw energiesysteem. Bij waterstof wordt expliciet genoemd dat er voldoende aanbod van waterstof gecreëerd moet worden, wat betekent dat de elektrolyse-capaciteit voor de productie van groen waterstof (op basis van met name wind op zee) opgeschaald moet worden. Tevens wordt genoemd dat ook het aanbod van blauwe waterstof uitgebreid moet worden (op basis van restgassen of aardgas waarbij de vrijkomende CO₂ meteen wordt opgeslagen). Opgemerkt wordt dat het belangrijk is om onnodige ketenafhankelijkheid in de investeringsbeslissingen te vermijden, door de keuze voor elektrificatie en waterstof onafhankelijk(er) te maken van het nog op te schalen aanbod van zon- of windenergie en groen waterstof en andere technologische vernieuwingen. Een eventuele versnelling van de uitrol van wind op zee is echter niet los te zien van de groei van de vraag in de industrie. Vraagontwikkeling in het cluster kan de investeringsrisico's voor wind op zee verlagen. Letterlijk wordt gesteld: (...) *"Er zal voldoende groene elektriciteit (wind op zee) naar de regio gebracht moeten worden om dit elektrificatiepotentieel te kunnen benutten: circa 12 TWh in 2030, overeenkomend met circa 3 GW offshore windvermogen"*.

Een andere industrieregio, de Delta-regio bestaande uit (een deel van) Zeeland, West-Brabant en Oost-Vlaanderen, heeft ook een plan gepresenteerd voor een klimaat neutrale industrie ('Routekaart richting een klimaat neutrale industrie in de Delta-regio', CE Delft, maart 2018). Het plan voorziet in acht projecten, waarbij de aanleg van een netwerk voor groene elektriciteit (windenergie van zee), een net voor waterstof en een netwerk voor CO₂ het meest urgent wordt genoemd.

Methods	Project
Climate neutral energy carriers and CO ₂ -free energy sources	Robust and cost-effective electricity network infrastructure
	Power2Hydrogen in the Delta region
	Regional H ₂ open network infrastructure
	Geothermic potential at Bergen op Zoom
Circular feedstock	Circular feedstock plastics production
CCS & CCU	Regional CO ₂ network
	Steel2Chemicals
Reduction of energy demand	Stimulation of heat-pump technology

Figuur 9-6 De acht projecten uit de Routekaart richting een klimaat neutrale industrie in de Delta-regio (CE Delft, maart 2018).

Ook de regio-klimaattafel Industrie Noordzeekanaalgebied heeft plannen bekend gemaakt in het kader van het te bereiken klimaatakkoord. Zij hebben de ambitie om onder meer de uitstoot van CO₂ in 2030 te halveren ten opzichte van het huidige emissieniveau van 15 megaton. Eén van de concrete voorbeelden hierbij is de elektrificatie van bijna alle industrieën, als alternatief voor gas. Berekend is dat de industriële vraag naar elektriciteit in de regio verviervoudigt in de komende 10 jaar, door onder meer datacenters en elektrificatie van de industrie.

Groeiende vraag naar elektriciteit door datacenters

Een groeiende vraag naar elektriciteit wordt momenteel voorzien door de komst van grote datacenters. De komst van deze datacenters kunnen op termijn het energieprofiel van een gebied substantieel beïnvloeden, zo blijkt uit cijfers gebaseerd op de Dutch Datacenter Association en een toets van eigen bronnen binnen het ministerie van EZK (door Stratix). Zo wordt voor heel Nederland in 2030 een toename verwacht van 1,5 tot 3,7 keer zoveel elektriciteitsvraag voor datacenters ten opzichte van 2018. Dit geldt met name voor de regio's Eemshaven (Groningen), Middenmeer (Noord-Holland) en regio Groot Amsterdam. In totaal wordt een elektriciteitsvraag in 2030 verwacht van 57 – 140 PJ (16 – 39 TWh), ten opzichte van 37,8 PJ (11 TWh) in 2018.

Op basis van het voorgaande kan geconcludeerd worden dat de industrie diverse mogelijkheden ziet voor een verdere elektrificatie om de klimaatambities waar te maken en dat windenergie van zee daarvoor een belangrijke bron is. De exacte vraag naar elektriciteit tot 2030 zal per regio verschillen en gekoppeld moeten worden met het aanbod en dat vergt afstemming tussen de industrieregio's (de vraagkant) en het ministerie van EZK en TenneT (de partijen die een rol spelen in het aanbod van wind op zee). Dit is tevens één van de acties die is opgenomen in het Voorstel op Hoofdpijnen voor het klimaatakkoord (onder andere in hoofdstuk 6: ruimtelijke opgave): *“Advies: maak een bronnenstrategie op nationale schaal, in samenhang met bronnenstrategieën op regionale en lokale schaal. Met daarin: afstemming van bronnen met de vraag, kijkend naar de hele keten (dus inclusief ruimtebeslag voor opwek, opslag, transport).”*

9.2.4 Afstemmen productie en consumptie elektriciteit op capaciteit netwerk

Zoals in paragraaf 9.1.2.5 al is genoemd, kan het optimale afstemmen van productie en consumptie van elektriciteit een belangrijke rol spelen in het ondersteunen van de stabiliteit van het hoogspanningsnet en een eventuele onbalans voorkomen.

In het geval van duurzame energie kan de productie van elektriciteit aangepast worden door middel van curtailment, het (deels) afschakelen van de capaciteit. Nieuwe generaties windturbines zijn technisch steeds beter geschikt om op afstand het vermogen (deels) af te regelen. Met curtailment wordt er in feite een gedeelte van de mogelijke opbrengst van hernieuwbare elektriciteit 'weggegooid'. In het geval er hiermee de opbrengsten voor de exploitant kunnen worden vergroot en de netbeheerder de balans op het net kosteneffectief kan handhaven, wordt curtailment financieel gerechtvaardigd.

Stabiliteit van het elektriciteitsnet kan daarnaast ook door het aanpassen van de consumptie aan de kant van de gebruiker bereikt worden. In tegenstelling tot curtailment wordt hierbij de maximale hoeveelheid aan potentiële hernieuwbare energie gebruikt. Met name voor grootverbruikers in de industrie kan dit een aantrekkelijke optie zijn. Zo zijn er meerdere voorbeelden in Rotterdam, Delfzijl en Hengelo van industriële bedrijven die productie aanpassen naar het aanbod van elektriciteit. Bij een hoge duurzame opwek (en verwachte lage prijs) gaat de productie omhoog, terwijl een lage duurzame opwek (en hoge verwachte prijs) een lage productie tot gevolg heeft. Bij een chloorfabriek in Rotterdam wordt de zogenaamde e-flex technologie toegepast waarbij elektriciteitsaanbod en inzet van productiecapaciteit automatisch op elkaar worden afgestemd.

Het afstemmen van de consumptie door gebruikers draagt bij aan de netstabiliteit en het voorkomen van congestie. De vraagsturing wordt hierbij voornamelijk beïnvloed door de mate van elektrificatie van de industrie, het aandeel duurzame energie in de Nederlandse elektriciteitsmix, de ex- en importcapaciteit tussen landen, de financiële aantrekkelijkheid voor private partijen en de mogelijkheid/bereidheid van de industrie om de elektriciteitsconsumptie te flexibiliseren. Een mogelijkheid voor de overheid om deze vraagsturing te beïnvloeden zou een daaraan aangepaste beleidsvoering kunnen zijn om een aan het energieaanbod gerelateerde consumptie voor elektriciteitsafnemers aantrekkelijk te maken. Echter ligt de keuze daarvoor uiteindelijk bij de gebruiker zelf. Om deze reden wordt dit onderwerp in deze verkenning niet nader beschouwd.

9.2.5 Omgeving

Rondom deze verkenning vinden bijeenkomsten plaats in de verschillende regio's en worden verschillende bilaterale gesprekken gevoerd. Deze paragraaf doet verslag over wat er tijdens de gesprekken met betrokkenen en belanghebbenden is besproken. Hierin zijn veel zaken op het gebied van niet-conventionele opties genoemd. Uit de "Resultaten van gebiedsgesprekken Verkenning Aanlanding Netten Op Zee 2030"³³ zijn de volgende in de regiobijeenkomsten hoofdpunten naar voren gekomen.

Middelburg

- De regio brengt met behulp van CE Delft de vraagkant naar elektriciteit van de industrie in beeld; vóór september 2018 wordt resultaat verwacht.
- Terneuzen als aanlandlocatie voor IJmuiden-Ver bekijken als optie en daarbij de aanleg van een interconnectie/ringstructuur naar Vlaanderen betrekken.
- Hoe kan worden omgegaan met de grote energievraag vanwege ambities tot elektrificatie (waterstof, power to heat) in Zeeuws Vlaanderen / North Sea Port / Haven van Antwerpen vs. een zwak hoogspanningsnetwerk. De vraag wordt gesteld of elektrificatie industrie wel mogelijk is.

Den Haag

- Pleidooi voor het meenemen van grootschalige drijvende zonneparken als onderdeel van verkaveling windparks.
- De vraag om de uitdaging om een vlak stroomaanbod te genereren, mee te nemen in het onderzoek en de vervolgstappen?
- Achterhalen van het schema van bekende vervangingsmomenten van industriële WKK's.
- Suggestie om de LNG-terminal als mogelijke locatie voor opslag mee te nemen.
- Suggestie om onderzoek naar energieopslag in een valmeer op zee mee te nemen.

Haarlem

- Het is belangrijk de optie om op zee windenergie om te zetten naar waterstof in combinatie met het benutten van de bestaande gasinfrastructuur op zee in beeld te brengen.
- Geen zaken uitsluiten, maar in tijd zetten (nu geen waterstof maar inzicht geven wanneer wel) en in context van een verkenning die input vormt voor RCR-procedures.
- Veel pleidooien voor waterstof, o.a. verwijzing naar wetenschappelijk onderzoek.

³³ <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hoogspanning/verkenning-aanlanding-netten-op-zee-2030>

- Het is belangrijk de vraagzijde van waterstof en elektriciteit in beeld te hebben. Vraag naar elektriciteit en waterstof neemt ook aanzienlijk toe buiten IJmond/Amsterdam, ook in Den Helder, voor Alkmaar HVC, datacentra agriport en ambities marine t.a.v. waterstof.

Groningen

- De provincie Groningen is samen met Groningen Seaports, Samenwerkende Bedrijven Eemsmond en aangesloten bedrijven actief bezig met inspelen op nieuwe ontwikkelingen en uitbreiding van bestaande energie infrastructuur (opwekking en transport van groen waterstof, lokaal DC netwerk).
- De provincie Groningen zet volop in op de grootschalige ontwikkeling van groen waterstof.
- De provincie Groningen is een voorstander van een energiesysteem studie waarin vraag en aanbod van gas, groen waterstof, elektriciteit en warmte in onderlinge samenhang bekeken worden.

9.3 Conclusie

Uit deze voorliggende verkenning is gebleken dat de noodzaak niet aanwezig is om de energie afkomstig uit de windenergiegebieden van de Routekaart 2030 (Hollandse Kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden, IJmuiden Ver) op een niet-conventionele manier af te voeren omdat het huidige netwerk geschikt is voor deze afvoer. Een conventionele aansluiting geniet de voorkeur vanuit kosten en leveringszekerheid. Het is raadzaam om na deze verkenning tijdens de procedures voor netaansluitingen de niet-conventionele opties nogmaals te beschouwen, omdat de ontwikkelingen sneller kunnen gaan dan nu verwacht.

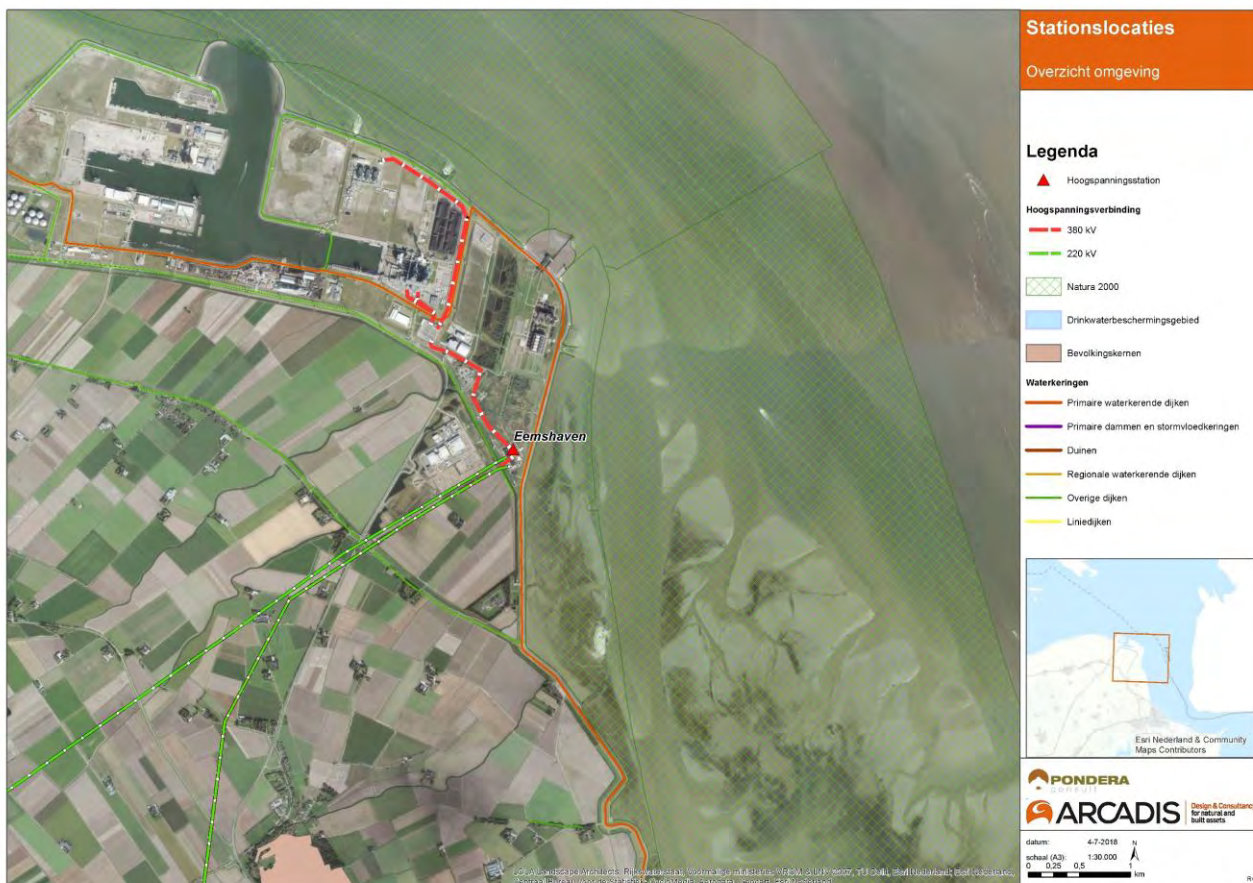
Voor zowel de optie waterstof (voornamelijk op land) als de optie opslag geldt dat er voor deze technieken grote ontwikkelingen te verwachten zijn. Vanuit de markt wordt op dit moment gevraagd om deze ontwikkelingen vanuit de overheid mede te faciliteren. Dit is onder meer verwoord in het Voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord. Op dit moment wordt verwacht dat de opties na 2030 een belangrijke rol gaan spelen; op dit moment is het nog niet mogelijk deze technieken grootschalig en kosteneffectief toe te passen. TenneT geeft in haar KCD 2017 ook aan dat als er hogere volumes (dan 10 GW) aan windenergie ontsloten dienen te worden, dat parallel aan aansluitingen op het net niet-conventionele technieken verder ontwikkeld moeten worden.

De industrietafel bij het Klimaatakkoord geeft aan dat voor de industrie elektrificatie mogelijkheden biedt voor vergaande emissiereductie, mits die elektriciteit duurzaam wordt opgewekt. Binnen de scope van deze verkenning is momenteel de conclusie dat het doelmatiger is om de duurzame opgewekte windenergie met een conventionele optie aan te sluiten op het net en op die manier de vraag naar duurzame energie in te vullen. Meer elektrificatie aan de kust, afstemming van elektriciteitsproductie en -consumptie en directe klantaansluitingen hebben daardoor momenteel geen voorkeur als optie.

BIJLAGE A BESCHIKBARE RUIMTE STATIONS

Eemshaven

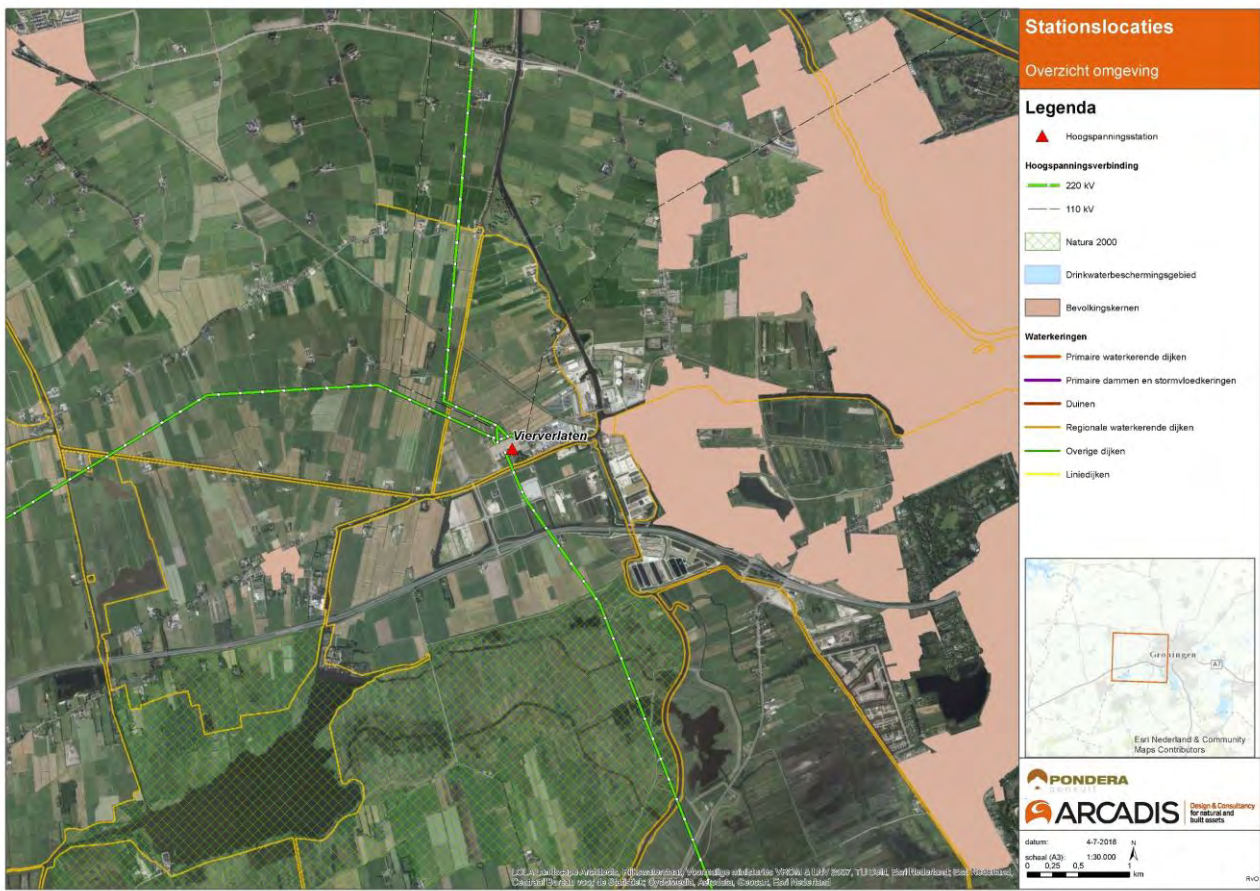
In de omgeving van station Eemshaven lijkt er op basis van GIS-analyse voldoende beschikbare ruimte aanwezig voor een transformatorstation. Er is bedrijventerrein beschikbaar waar een station zou kunnen staan en er is eventueel voldoende open agrarische ruimte in de omgeving.



Figuur 9-7 Omgeving stationslocatie Eemshaven.

Vierverlaten

In de omgeving van station Vierverlaten lijkt uit een eerste Gis-analyse dat hier voldoende open ruimte (agrarisch) beschikbaar is voor een transformatorstation.

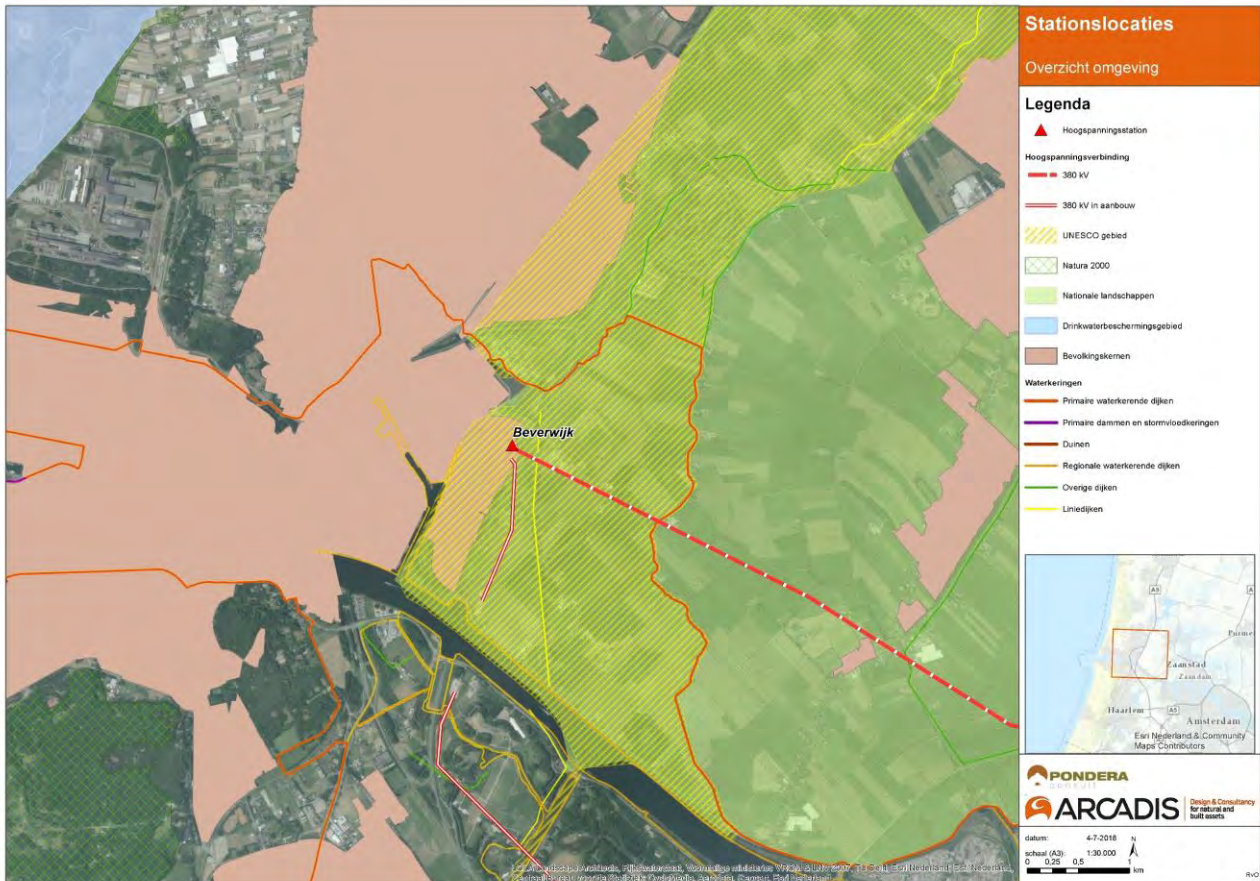


Figuur 9-8 Omgeving stationslocatie Vierverlaten.

Beverwijk

Bij 380 kV-hoogspanningsstation Beverwijk is er al een transformatorstation voorzien op het terrein van Tata Steel, in verband met de aansluitingen van Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha). Er is op die plek ruimte voor de bouw van een extra veld waarop circa 700 MW aangesloten kan worden.

Ruimte voor een converterstation is niet aanwezig op het Tata Steel terrein. Nabij Beverwijk is enkel ruimte ten oosten van de A9. Dit gebied maakt onderdeel uit van UNESCO-werelderfgoed Stelling van Amsterdam. Een converterstation heeft een groot effect op dit gebied en is daardoor hier niet realiseerbaar³⁴.

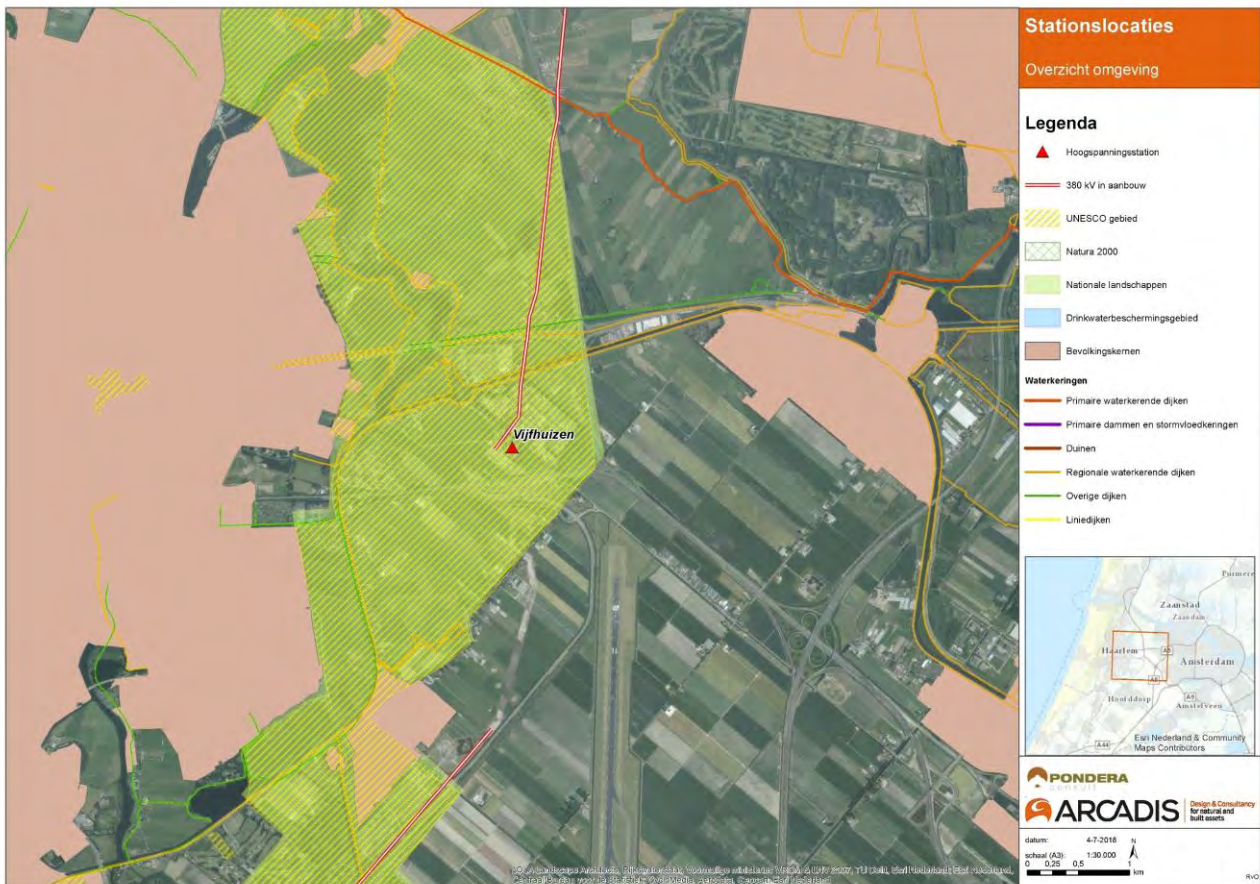


Figuur 9-9 Omgeving stationslocatie Beverwijk

³⁴ Er is voor het project net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) een Heritage Impact Assessment (HIA) gedaan voor deze locatie. Daar is geconcludeerd dat de effecten van een transformatorstation op de Stelling van Amsterdam (SvA) groot zijn.

Vijfhuizen

Zoals te zien in Figuur 9-10 ligt het bestaande 380 kV-station in gebied van de Stelling van Amsterdam (UNESCO-gebied), maar dit hoeft niet direct een harde belemmering te zijn voor de bouw van een transformatorstation/converterstation³⁵. De locatie heeft veel bedrijventerrein/industrieterrein in de directe omgeving waar een station gebouwd zou kunnen worden. Ten westen van het bestaande 380 kV-station is veel bebouwing aanwezig, dit maakt een transformatorstation/converterstation lastiger te realiseren. Geconcludeerd wordt dat er voldoende plek lijkt in de omgeving.

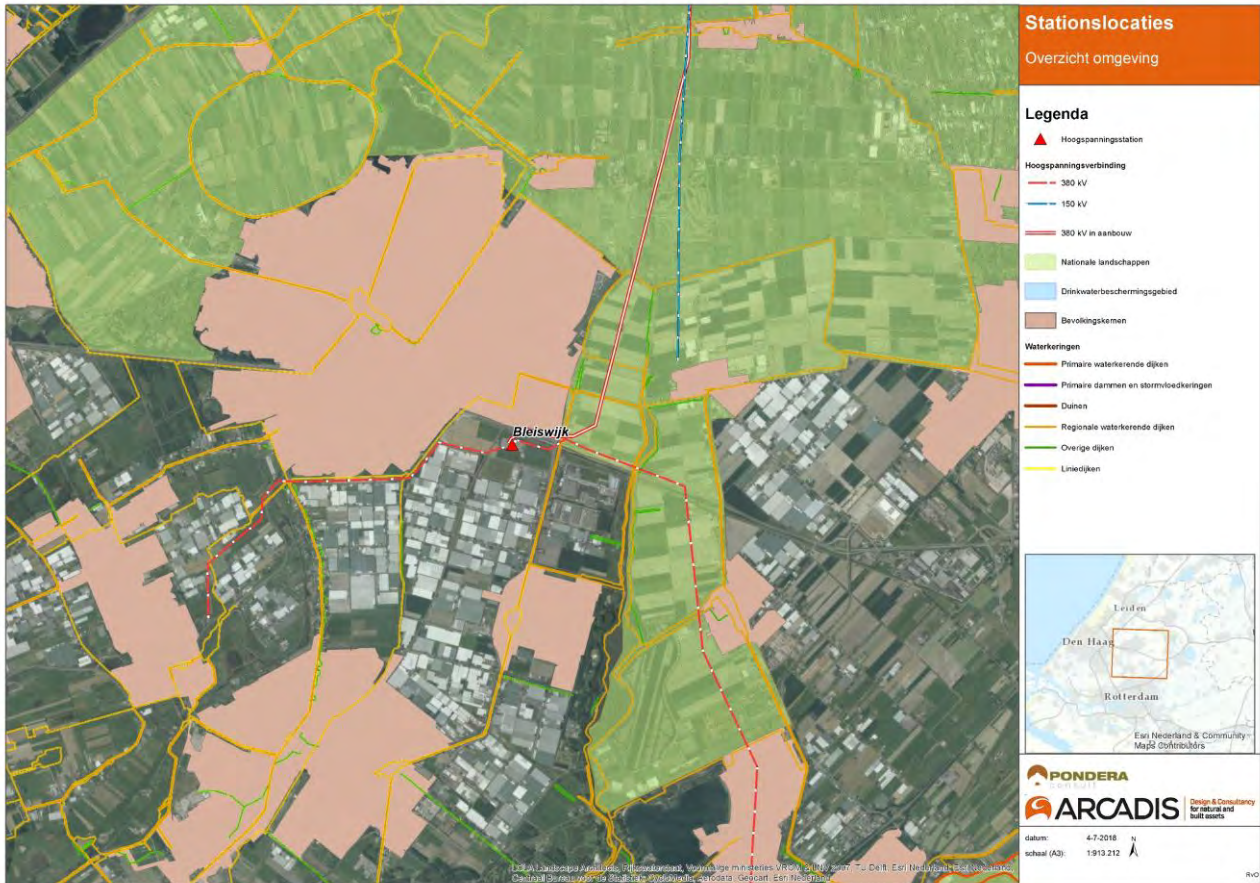


Figuur 9-10 Omgeving stationslocatie Vijfhuizen

³⁵ Er is voor het project net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) een Heritage Impact Assessment (HIA) gedaan voor deze locatie. Daar is geconcludeerd dat de effecten van een transformatorstation op de Stelling van Amsterdam (SVA) klein zijn.

Bleiswijk

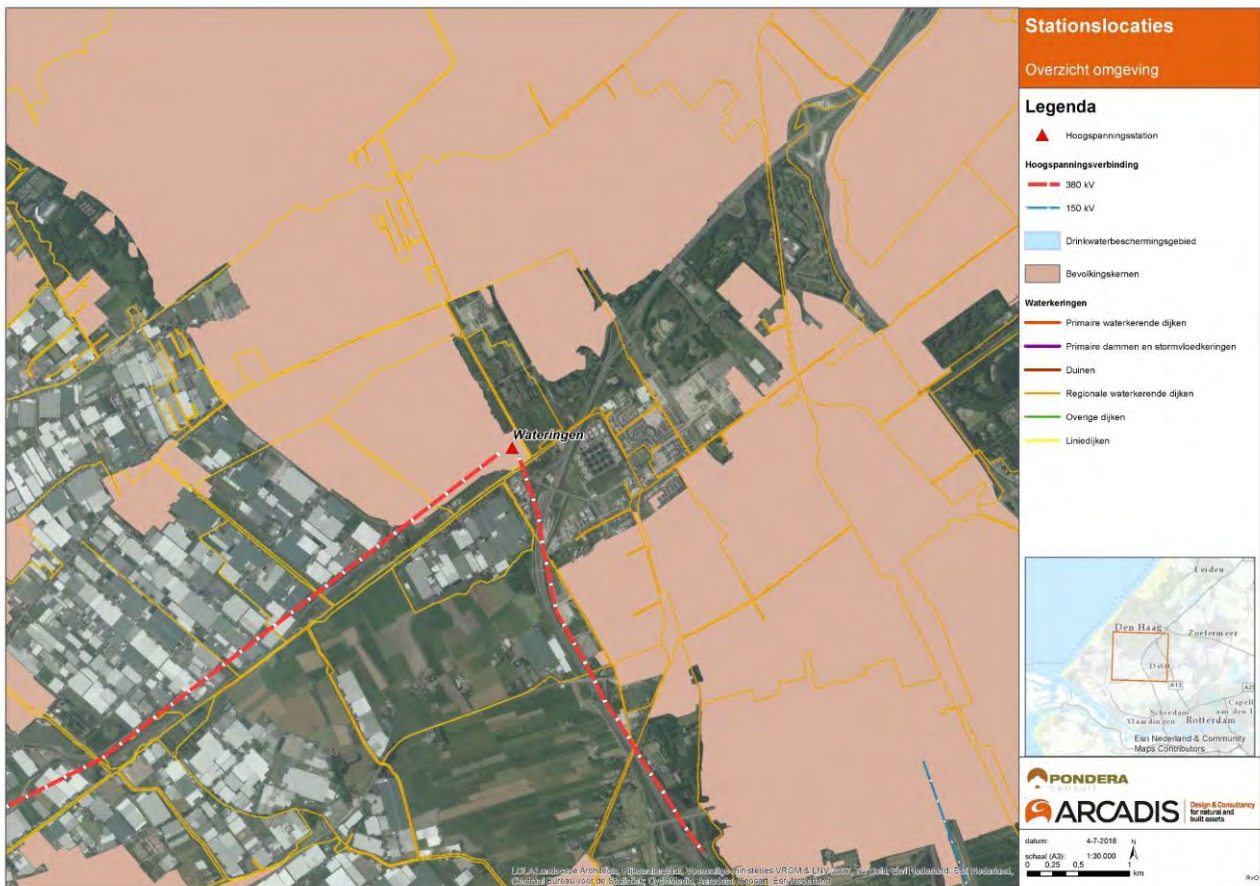
Het bestaande 380 kV-hoogspanningsstation in Bleiswijk ligt tegen de A12 aan op bedrijventerrein. Er is veel open gebied (agrarisch) ten noordoosten en zuidoosten van het station. Verder zuidelijk van het station is glastuinbouw, daar lijkt het vinden van een geschikte locatie moeilijk. Geconcludeerd wordt dat er uit de GIS-analyse op het bedrijventerrein voldoende ruimte beschikbaar lijkt voor een converterstation.



Figuur 9-11 Omgeving stationslocatie Bleiswijk.

Wateringen

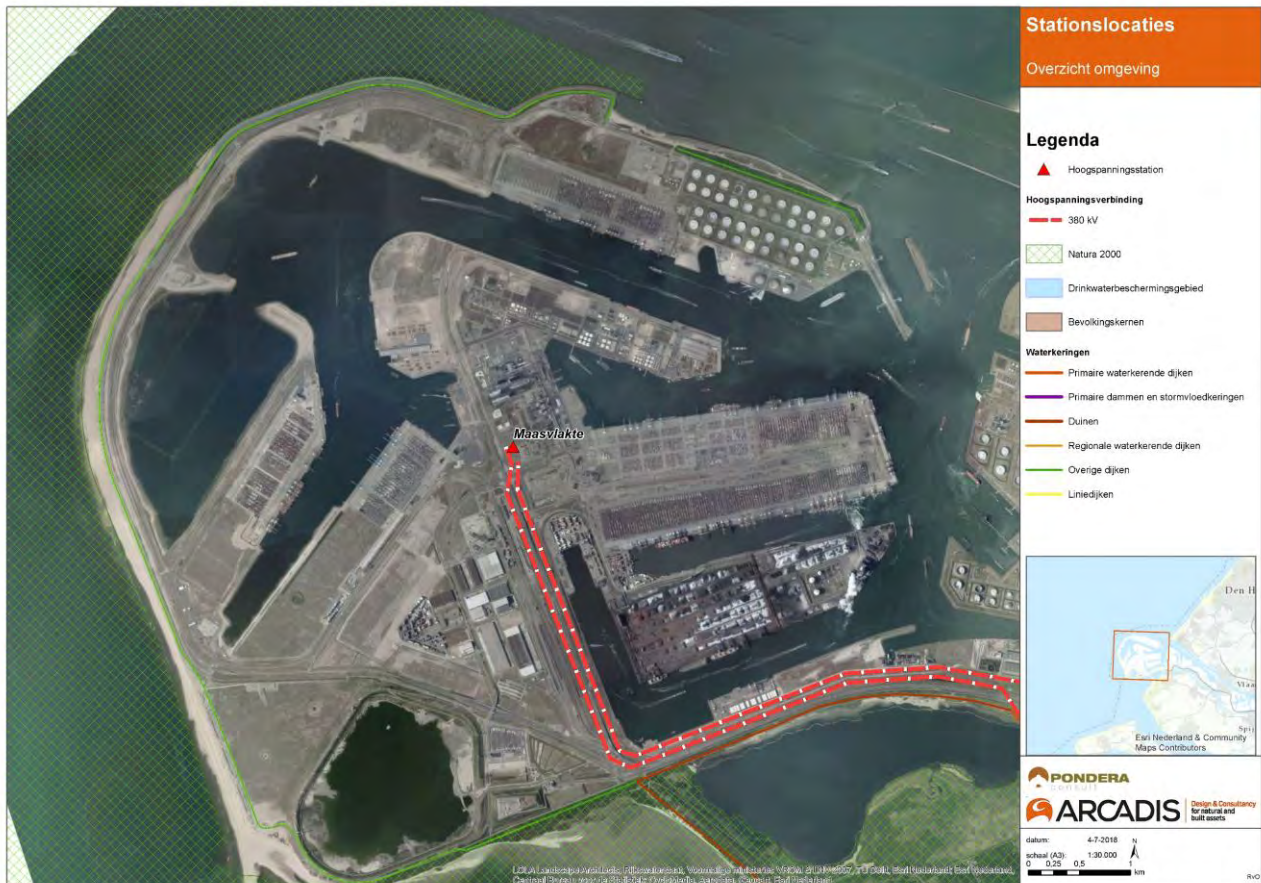
Enkele kilometers ten zuidwesten van het bestaande 380 kV-station is veel open veenweidegebied (agrarisch) met veel ruimte. Geconcludeerd wordt dat er in het agrarisch gebied binnen een straal van 5 kilometer van het bestaande hoogspanningsstation voldoende ruimte lijkt te zijn die geschikt is voor de bouw van een transformator/converterstation.



Figuur 9-12 Omgeving stationslocatie Wateringen.

Maasvlakte

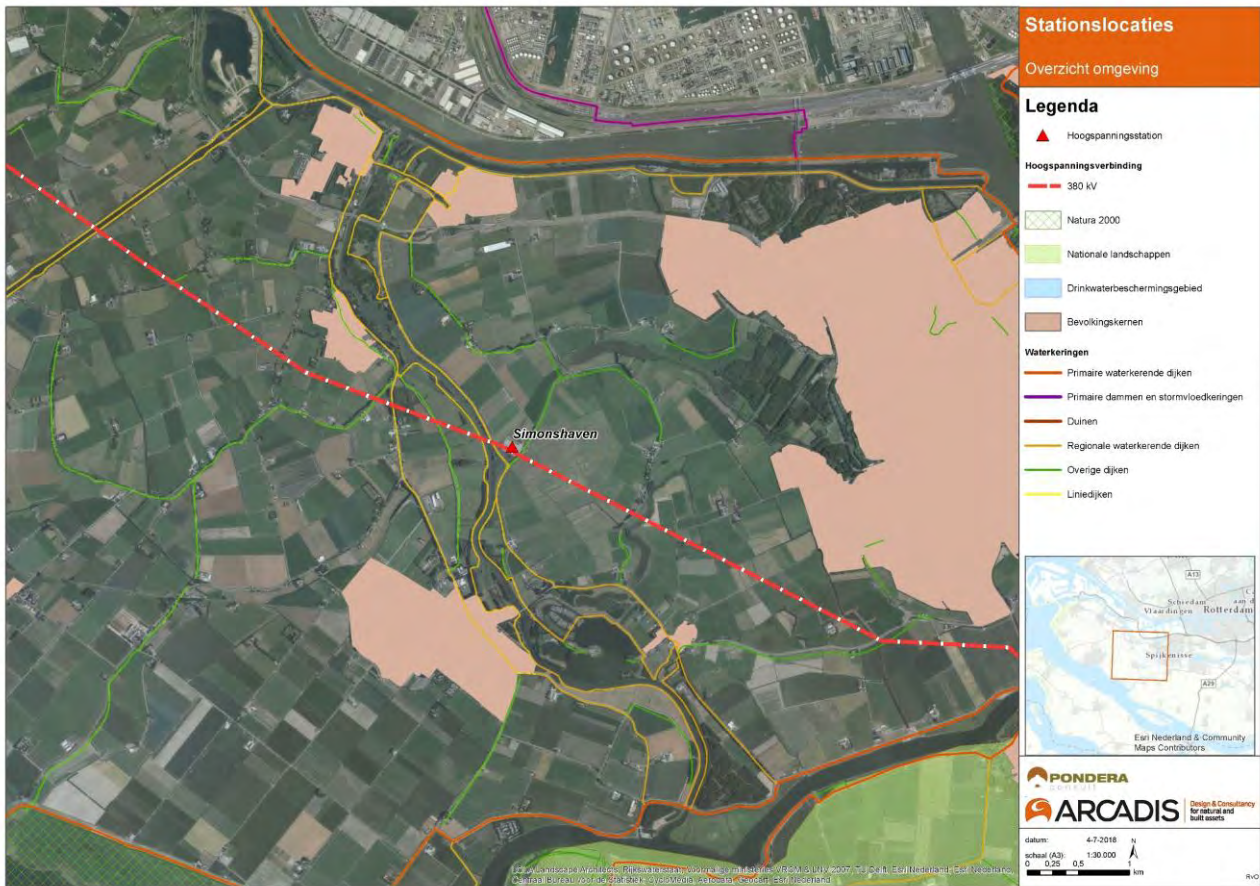
In de buurt van het 380 kV-station zijn op het industrieterrein meerdere onbebouwde kavels van voldoende oppervlak voor een converter en/of transformatorstation. Hierdoor lijkt het mogelijk om deze in de omgeving van het station te realiseren.



Figuur 9-13 Omgeving stationslocatie Maasvlakte.

Simonshaven

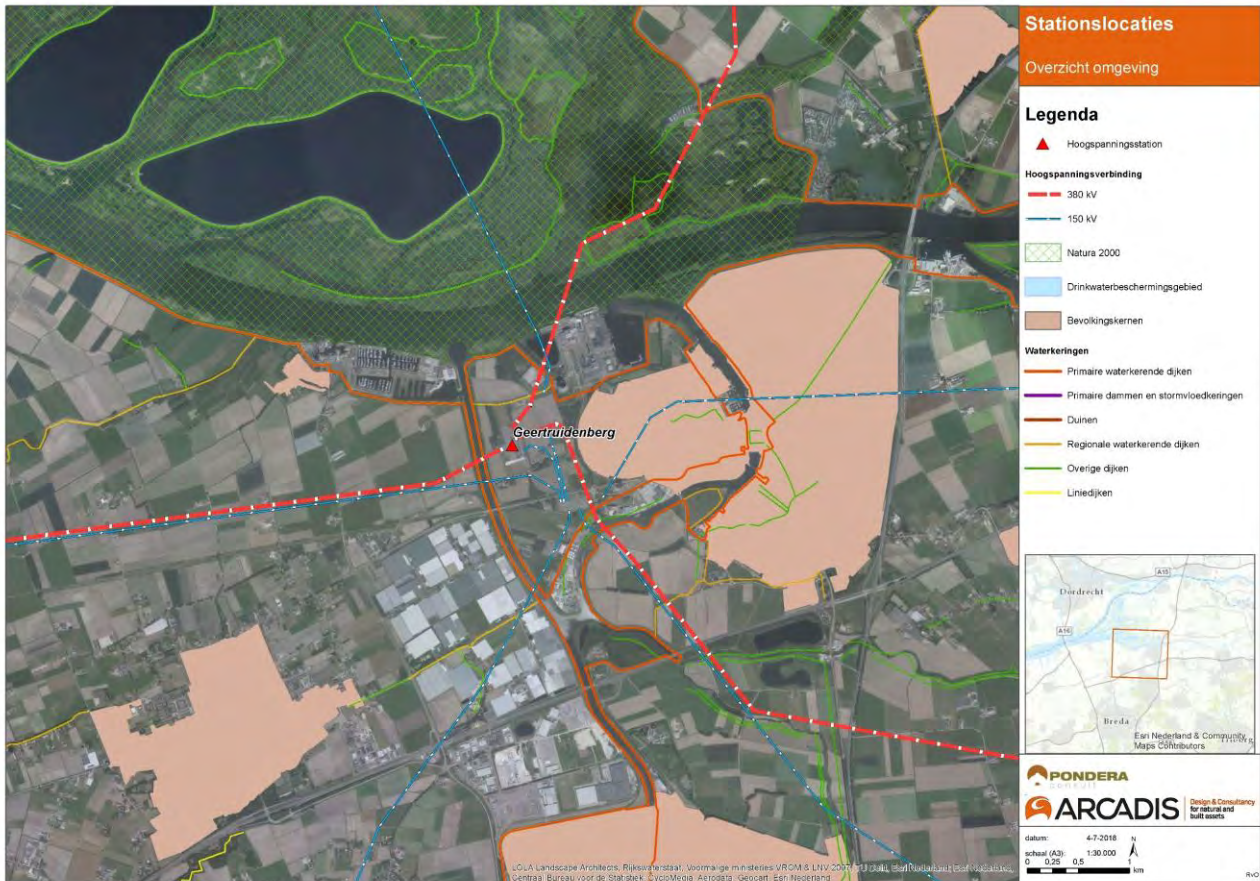
De omgeving is een open agrarisch gebied, met weinig direct zichtbare belemmeringen in de GIS-analyse. Er lijkt daarom voldoende ruimte voor een transformator/converterstation in de nabijheid van het bestaande 380 kV-station te zijn.



Figuur 9-14 Omgeving stationslocatie Simonshaven.

Geertruidenberg

Rondom het bestaande 380 kV-station is veel bebouwing. Direct ten noorden van het station is er circa 8 ha aan open ruimte beschikbaar. Ten westen aan de overkant van het kanaal is ook ruimte voor een converterstation vanwege een open agrarisch gebied. Direct ten oosten van het bestaande station is wellicht beschikbare ruimte. Daar moet wel rekening worden gehouden met bovengrondse kabels en masten en ondergrondse buisleidingen. Verder zuidelijk van het bestaande station zijn er ook enkele plekken te vinden met mogelijk beschikbare ruimte. Geconcludeerd wordt dat er in de omgeving voldoende ruimte beschikbaar lijkt.



Figuur 9-15 Omgeving stationslocatie Geertruidenberg

Borssele

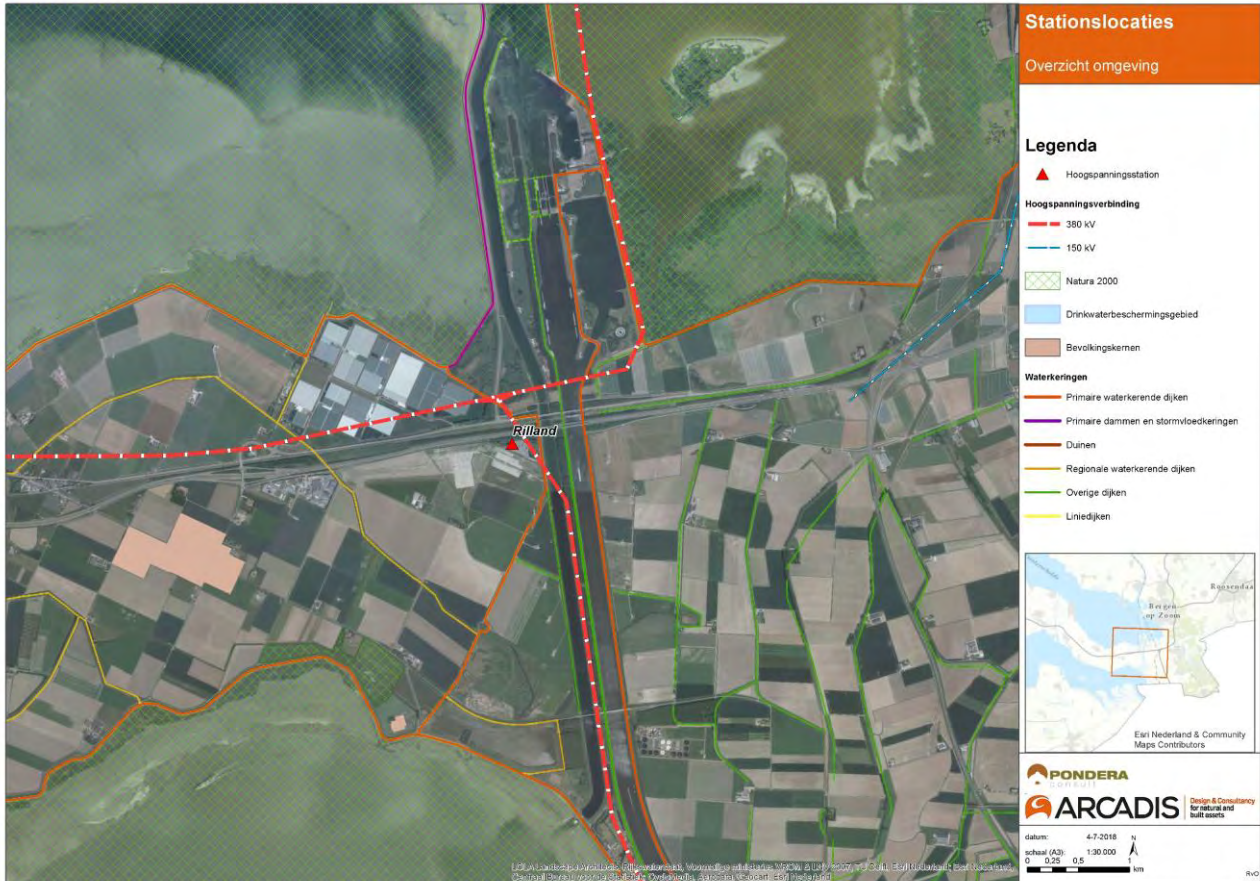
Direct ten noorden van het bestaande 380 kV-station, aan de andere kant van de weg, is vrij (industrie)terrein waar circa 13 ha beschikbaar lijkt. Verder zuidelijk is een minder geschikte locatie voor een nieuw converterstation, aangezien er dan dicht op het dorp Borssele wordt gebouwd. Geconcludeerd wordt dat er ten noorden op het industrieterrein voldoende ruimte beschikbaar lijkt.



Figuur 9-16 Omgeving stationslocatie Borssele

Rilland

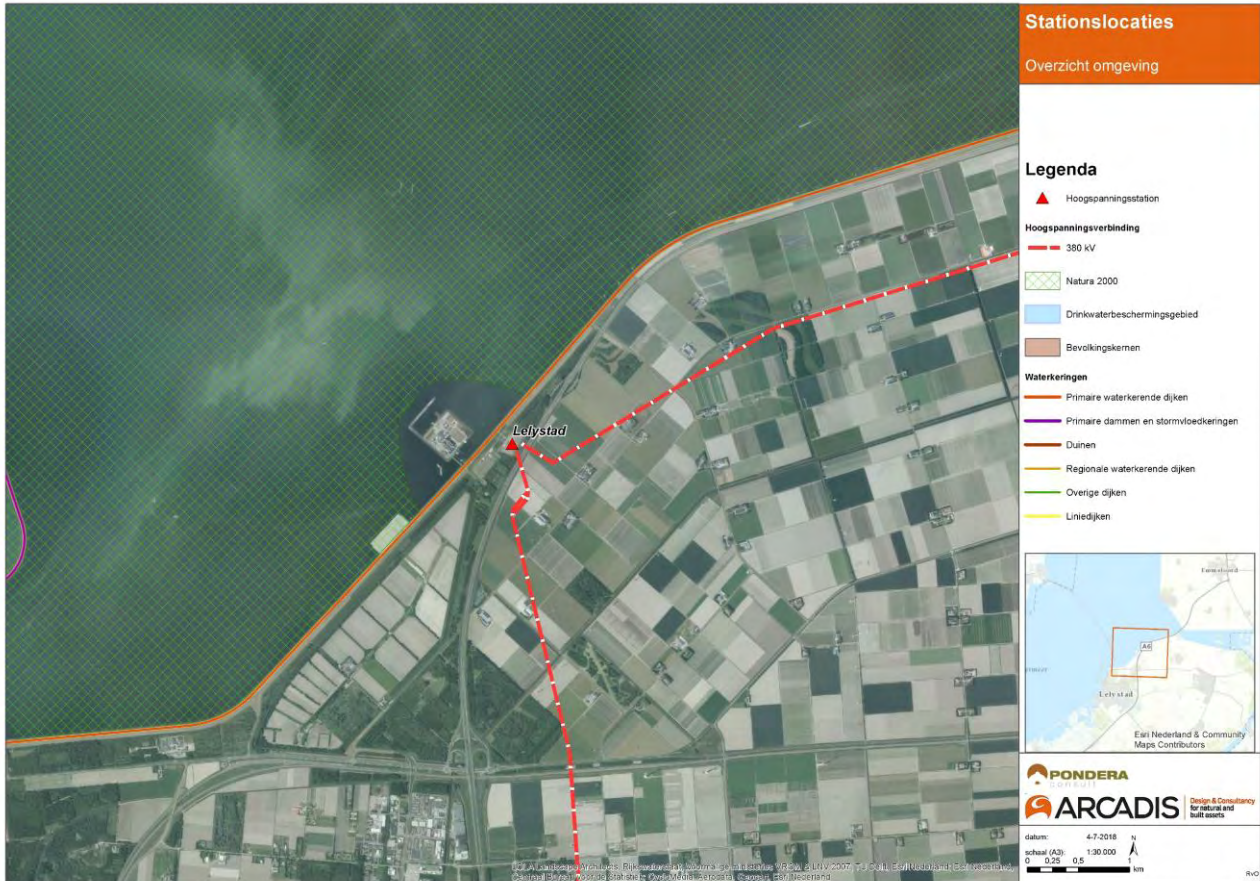
Rondom het bestaande 380 kV-station is veel open agrarisch gebied waar voldoende ruimte voor een converterstation lijkt te zijn.



Figuur 9-17 Omgeving stationslocatie Rilland

Lelystad

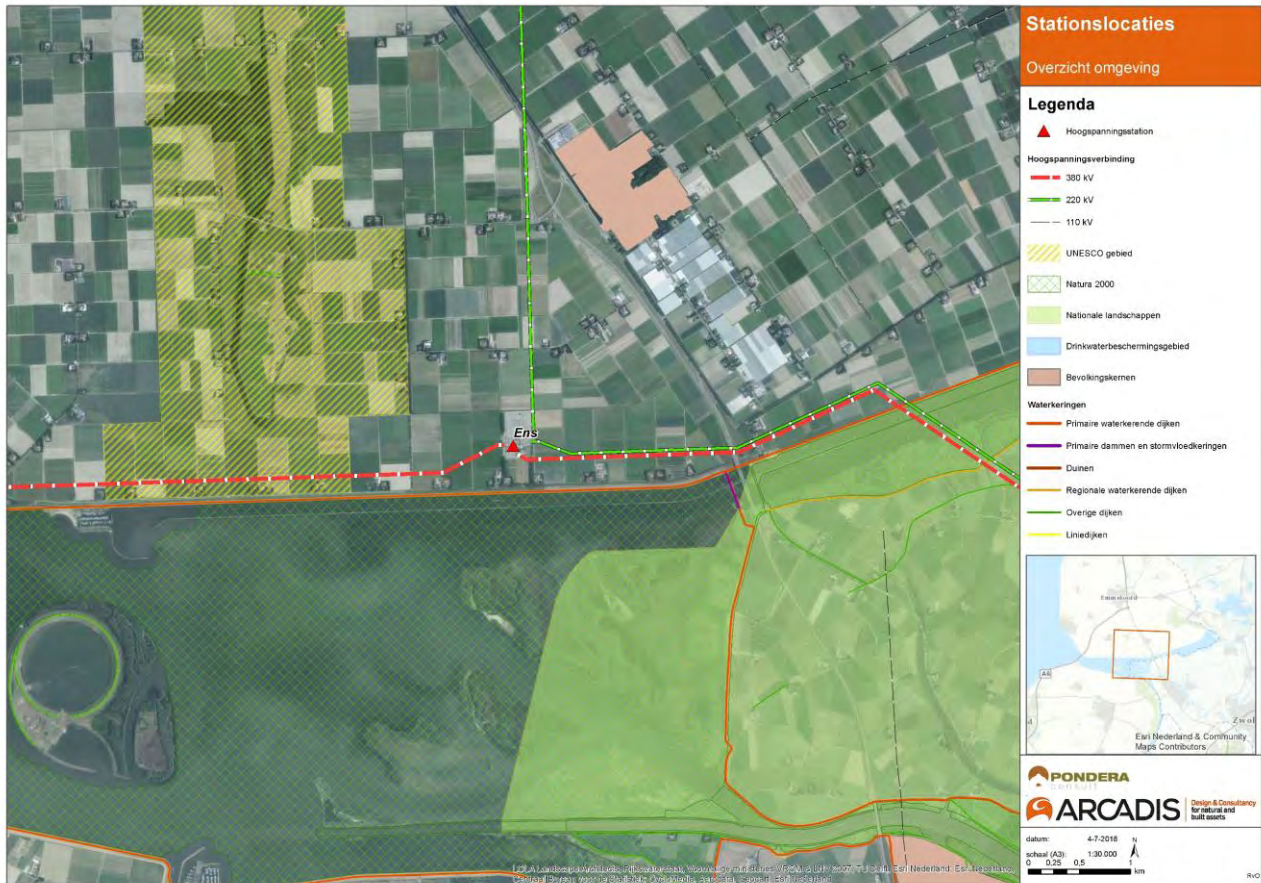
Er is veel agrarisch gebied rondom het bestaande 380 kV-station aanwezig waar mogelijk een converterstation gerealiseerd kan worden.



Figuur 9-18 Omgeving stationslocatie Lelystad

Ens

Deze locatie is vergelijkbaar met de locatie in Lelystad. Er is veel agrarisch gebied rondom het bestaande 380 kV-station aanwezig waar mogelijk een converterstation gerealiseerd kan worden.



Figuur 9-19 Omgeving stationslocatie Ens

BIJLAGE B GEBRUIKTE BRONNEN

Bijlage B houdt een kader met informatie over de tijdens de bureaustudie geraadpleegde bronnen in.

Kader met geraadpleegde bronnen:
<p><i>Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord – Regionale strategie, 10 juli 2018</i> https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2018/07/10/hoofdlijnen-res</p>
<p><i>Net voor de toekomst – Achtergrondrapport</i> Maarten Afman en Frans Rooijers, CE Delft, 22 november 2017</p>
<p><i>Een nationaal perspectief energie en ruimte</i> Generation Energy, Klimaatberaad, 10 april 2018</p>
<p><i>Offshore wind boven de Wadden</i> Eric Weekamp en Albert van der Hem, BLIX Consultancy BV, 21 juli 2017</p>
<p><i>Verkenning 2050 - Discussiestuk</i> N.V. Nederlandse Gasunie, maart 2018</p>
<p><i>Het net op zee</i> TenneT TSO B.V., november 2017</p>
<p><i>Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017 – Deel II: Investerings Net op Land 2018-2027</i> TenneT TSO B.V., 2017</p>
<p><i>De toekomst van de Noordzee – De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie</i> Jan Matthijsen et al., Planbureau voor de Leefomgeving, 2018, Den Haag</p>
<p><i>Resultaten van gebiedsgesprekken Verkenning aanlanding netten op zee 2030</i> https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hoogspanning/verkenning-aanlanding-netten-op-zee-2030</p>
Waterstof:
<p><i>Hydrogenious Technologies – Hydrogen storage and transport via LOHC as key vector to enable sector coupling</i> Dominik Herzog, Power-to-Gas Conference, 07-03-2018, Antwerpen</p>
<p><i>Green Hydrogen Economy in the Northern Netherlands</i> Ad van Wijk et al., Noordelijke Innovation Board, oktober 2017, Groningen</p>
<p><i>Green Hydrogen Economy in the Northern Netherlands (Presentatie)</i> Ad van Wijk, TU Delft, 7 mei 2018</p>
<p><i>Interview met Ad van Wijk over de toekomstige rol van waterstof</i> Artikel Algemeen Dagblad (www.ad.nl), Annemieke van Dongen, 12 februari 2018</p>

<p><i>Hydrogen Solutions – Green Hydrogen in industry and energy applications</i> Eric Klein, Siemens AG, april 2018</p>
<p><i>Hydrogen and Fuel Cells – A Handbook for Communities</i> www.roads2hy.com, European Commission, oktober 2007</p>
<p><i>European Hydrogen Infrastructure Atlas – Part III: Industrial Distribution Infrastructure</i> Jérôme Perrin en Dr. Robert Steinberger-Wilckens et al., www.roads2hy.com, 3 juli 2007</p>
<p><i>Shell Hydrogen Study – Energy of the future?</i> Shell Deutschland Oil GmbH en Wuppertal Institut, 2017, Hamburg</p>
<p><i>Routekaart Waterstof</i> Jörg Gigler, Marcel Weeda, TKI Nieuw Gas, maart 2018</p>
<p><i>Waterstofroutes Nederland – Blauw, groen en import</i> Sebastiaan Hers et al., CE Delft, Nuon en Gasunie, juni 2018</p>
<p><i>Verkenning Waterstof Infrastructuur</i> Ministerie van Economische Zaken, november 2017</p>
<p><i>Waterstof Essentiële Bouwsteen Energietransitie – Manifest Waterstofcoalitie</i> De Waterstof coalitie, mei 2018</p>
<p><i>The effects of hydrogen injection on natural gas networks for the Dutch underground storages</i> DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, RAG Rohöl-Aufsuchungs-Aktiengesellschaft, Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 15 mei 2017</p>
<p><i>Power-to-Hydrogen IJmuiden Ver – Final Report for TenneT and Gasunie</i> DNV-GL, 27 juni 2018</p>
<p><i>Toekomstbestendige gasdistributienetten</i> Kiwa Technology B.V. voor Netbeheer Nederland, 5 juli 2018</p>
<p><i>Nel Hydrogen Electrolyser Brochure</i> http://nelhydrogen.com/assets/uploads/2017/01/Nel_Electrolyser_brochure.pdf</p>
<p><i>AkzoNobel en Gasunie onderzoeken 20 megawatt waterelektrolyse-unit voor opwekking groene waterstof</i> Persbericht AKZO Nobel en Gasunie, 9 januari 2018 https://netherlands.akzonobel.com/nl/for-media/media-releases-and-features/akzonobel-en-gasunie-onderzoeken-20-megawatt-waterelektrolyse zie ook: www.gasunie.nl/nieuws/akzonobel-en-gasunie-onderzoeken-20-megawatt-waterelektrolyse-uni</p>
<p><i>Hydrogenics Handbook Hydrogen</i> www.hydrogenics.com</p>

<p><i>Efficient electricity storage with the battolyser, an integrated Ni-Fe battery and electrolyser</i> Prof. Dr. F. Mulder en B.M.H. Weninger, TU Delft - Energy & Environmental Science, 2016</p>
<p><i>Fact Sheet Coradia iLint – a full emission free train</i> www.alstom.com</p>
<p><i>Coradia iLint hydrogen train receives approval for commercial operation in German railway networks</i> Persbericht Alstom, 11 juli 2018, http://www.alstom.com/press-centre/2018/07/coradia-ilint-hydrogen-train-receives-approval-for-commercial-operation-in-german-railway-networks/</p>
<p><i>Dieselboemeltjes worden vervangen door schone treinen op waterstof</i> Artikel Algemeen Dagblad (www.ad.nl), Ton Voermans, 28 mei 2018</p>
<p>Opslag en toekomst van elektriciteit:</p>
<p><i>De rol van power-to-gas in het toekomstige Nederlandse energiesysteem</i> J. de Joode, ECN en DNV-GL, juli 2014</p>
<p><i>In drie stappen naar een duurzaam industriecluster – Rotterdam-Moerdijk in 2050</i> Bijdrage van de werkgroep industriecluster Rotterdam-Moerdijk aan het hoofdlijnenpakket voor het klimaatakkoord, 13 juli 2018</p>
<p><i>Roadmap towards a climate neutral industry in the Delta region</i> Marit van Lieshout et al., CE Delft en Smart Delta Resources SDR, maart 2018</p>
<p><i>Kansen voor Power-to-Gas</i> Sparkling Projects en Rijksdienst voor ondernemend Nederland RVO, 23 september 2015</p>
<p><i>Visiedocument Grootschalige energieopslag</i> FME, Energy Storage NL en NLingenieurs, 2017</p>
<p><i>Naar een hoog aandeel van duurzame energie - opslag is noodzaak voor afstemmen van vraag en aanbod</i> Whitepaper, Prof. Dr. Fokko Mulder et al., NLingenieurs, 1 oktober 2015</p>
<p><i>Evidence Gathering: Thermal Energy Storage (TES) Technologies</i> Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2016, United Kingdom</p>
<p><i>Warmte en koude in Nederland</i> Nationaal Expertisecentrum Warmte in opdracht van het Ministerie voor Economische Zaken, 2013 https://www.rvo.nl/sites/default/files/Warmte%20en%20Koude%20NL%20NECW1202%20jan13.pdf</p>
<p><i>Factsheets opslagtechnieken</i> https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Statusrapport%20Bijlagen%20Opslag%20van%20elektriciteit%20EOS.pdf</p>

Energieopslaglabel - een methode voor het vergelijken van het volledige spectrum van opslagsystemen
Hanze Hogeschool Groningen, Energie Kenniscentrum
https://www.energystoragenl.nl/wp-content/uploads/2015/04/Energy-Storage-Report_Dutch_Final.pdf

Compressed air energy storage power plants
Bine Informationsdienst, Karlsruhe
http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische_Infos/projekt_0507_engl_internetx.pdf

Interviews gevoerd met:

Marcel Weeda, ECN
Interview gevoerd op 5 juli 2018 via Skype door Egbert Jansen en Roel van Ooij. Hierna toegevoegd.

Prof. Dr. Fokko Mulder, TU Delft
Interview gevoerd op 16 juli 2018 in Delft door Egbert Jansen en Roel van Ooij. Hierna toegevoegd.

BIJLAGE C ACHTERGRONDINFORMATIE NIET-CONVENTIONEEL

In de Bijlage C houdt achtergrondinformatie in voor wat betreft inschattingen van de opbrengst en berekeningen over de te verwachten ruimtebeslag van elektrolyse installaties.

Om een inschatting te kunnen maken in hoeverre waterstofgasproductie een mogelijke bijdrage kan leveren aan de flexibiliteit en stabiliteit van het landelijke hoogspanningsnet, is gekeken naar de potentiële hoeveelheid waterstof die geproduceerd kan worden met de op zee te ontwikkelen windenergiegebieden en de hoeveelheid elektriciteit die daarvoor benut kan worden. In eerste instantie is gekeken naar een windenergiegebied met een opgesteld vermogen van 1,4 GW.

In een toekomstscenario uit het Noordelijke Innovation Board (NID) wordt aangenomen dat door een elektrolyse-plant met een vermogen van 1.000 MW 160.000 ton waterstof geproduceerd kan worden uit 1,5 miljoen m³ zoet water (uitgaande van 8.000 vollasturen per jaar). Bij een dichtheid van 0,090 kg/Nm³ en een temperatuur van 0°C en een druk van 1 atmosfeer, staat dit gelijk aan 1,77 miljard Nm³ geproduceerde waterstof per jaar. Bij deze berekening wordt opgemerkt dat de NWEA echter uitgaat van jaarlijks 4.000 vollasturen voor offshore windenergie, een waarde die meer realistisch lijkt dan de aanname van 8.000 uren. Om een indruk te krijgen van de mogelijke hoeveelheid geproduceerde waterstof van een elektrolyse-plant op gigawattschaal zijn berekeningen uitgevoerd op basis van de door de NWEA ingeschatte vollasturen per jaar in combinatie met de productspecificaties van verschillende aanbieders van elektrolyse-units.

Een elektrolyse-plant met een vermogen van 1.400 megawatt zou op basis van huidige technieken jaarlijks tussen de 1,008 miljard Nm³ en 1,120 miljard Nm³ waterstof gedurende 4.000 vollasturen kunnen produceren. Uitgaand van een temperatuur van 0°C en een druk van 1 atmosfeer staat dit gelijk aan ongeveer 100.000 ton waterstof.

Productspecificaties aanbieders:

Scenario's waterstofproductie:

Electrolyzer	Verbruik water per Nm ³ geproduceerd H ₂	Productie H ₂ per uur	Productie H ₂ per uur x 1.400 MW	Uren per jaar	Productie waterstof per jaar per MW	Productie waterstof per jaar voor 1.400 MW
Silyzer 200 1,25 MW	1,5 l / Nm ³	225 Nm ³	252.000 Nm ³	4.000	(900.000/1,25)= 720.000 Nm ³	1.008.000.000 Nm ³
		20,25 kg	22.680 kg		(81.000/1,25)= 64.800 kg	90.720.000 kg
HyLYZER® - 400-30 2 MW	1,4 l / Nm ³	400 Nm ³	280.000 Nm ³	4.000	(1.600.000/2)= 800.000 Nm ³	1.120.000.000 Nm ³
		36 kg	25.200 kg		(144.000/2)= 72.000 kg	100.800.000 kg
HyLYZER® - 3,000-30 15 MW	1,4 l / Nm ³	3.000 Nm ³	280.000 Nm ³	4.000	(12.000.000/15)= 800.000 Nm ³	1.120.000.000 Nm ³
		270 kg	25.200 kg		(1.080.000/15)= 72.000 kg	100.800.000 kg

De uitgangswaarden van de productspecificaties voor de berekeningen zijn vet gedrukt, voor het omrekenen van een hoeveelheid gas in m³ naar kg wordt uitgegaan van een dichtheid van 0,090 kg/Nm³ bij gasvormige waterstof bij 0°C en een druk van 1 atmosfeer.

In het geval dat de opgewekte windenergie op zee direct gebruikt kan worden voor de productie van groene waterstof en de energie daardoor in zekere zin opgeslagen wordt, heeft dit een positief effect op het hoogspanningsnet en diens flexibiliteit en stabiliteit. Dit vanwege het feit dat het net geen rekening hoeft te houden met de distributie van een additionele hoeveelheid elektriciteit. Bij de nieuwe geplande windenergiegebieden op zee, is het echter het geval dat het hoogspanningsnet niet persé te weinig capaciteit beschikbaar heeft voor het opvangen van de door de windparken bijkomende hoeveelheid aan energie, zoals in paragraaf 2.1.3 al is weergegeven. Er bestaat dus geen directe behoefte aan een ontlasting van het netwerk door de productie van waterstof.

Voor een inschatting van de benodigde ruimte van elektrolyse-installaties is er gekeken naar de huidige grondoppervlakte van elektrolyse-units. Deze zijn zowel verkrijgbaar als "open" binnen versie als in gestandaardiseerde containers voor buiten gebruik. Het ruimtebeslag verschilt per producent en type van de

elektrolyse-unit. Om een indruk te krijgen over het mogelijke ruimtebeslag van een elektrolyse-unit op gigawattschaal zijn berekeningen uitgevoerd op basis van de productspecificaties van verschillende aanbieders van elektrolyse-units.

De HyLYZER® 400-30 van Hydrogenics met een vermogen van 2 megawatt bestaat uit twee elektrolyse-units in standaard containers, één met 40 ft en één met 20 ft. Dit komt overeen met een grondoppervlakte van 29,77 m² en 14,79 m² buitenmaat. Ervan uitgaande dat een onderlinge afstand van 1,5 meter tussen de containers benodigd is (eigen inschatting), betekent dat per megawatt een benodigde grondoppervlakte van 41,88 m². Voor een elektrolyse-installatie van 1.400 megawatt zou dit dus een ruimte van rond 58.632 m² in beslag nemen. Zonder rekening te houden met een onderlinge afstand tussen de containers zou dit een grondoppervlakte van 31.192 m² betreffen.

Daarnaast biedt Hydrogenics ook een 15 MW indoor model aan, dat uit tien aan elkaar gesloten units bestaat en in totaal een grondoppervlakte van 600 m² in beslag neemt. Voor een elektrolyse-installatie van 1.400 megawatt zou dit dus een ruimte van rond 63.210 m² in beslag nemen, indien een onderlinge afstand van 1,5 meter aangehouden wordt. Zonder de onderlinge afstand zou het een grondoppervlakte van 56.000 m² betreffen.

Ter vergelijking tot de opstellingen van Hydrogenics is er ook een inschatting gedaan op basis van een 1,25 megawatt elektrolyse unit van Siemens, de Silyzer 200. De unit heeft een grondoppervlakte van 19,53 m². Deze variant is niet in containers geïntegreerd voor kant en klaar buiten gebruik, daarom zou nog een overkapping gebouwd moeten worden. Ervan uitgaand dat ook hier een afstand van 1,5 meter tussen de units benodigd is, zouden deze elektrolyse-units per megawatt een grondoppervlakte van 28,7 m² nodig hebben. Voor een elektrolyse-installatie van 1.400 megawatt zou dit dus een ruimte van rond 40.180 m² in beslag nemen. Zonder rekening te houden met een onderlinge afstand zou dit een grondoppervlakte van 21.874 m² betreffen.

BIJLAGE D INTERVIEWVERSLAGEN

OVERLEGNAAM

Interview Marcel Weeda (ECN)

DATUM NOTULEN VERZONDEN

5 juli 2018

DATUM VERGADERING

29 juni 2018

STARTTIJD VERGADERING

10:00

LOCATIE

Skype

EINDTIJD VERGADERING

11:00

DEELNEMERS

Marcel Weeda, Egbert Jansen, Roel van Ooij

NAAM

Roel van Ooij
T +31 884261645 M +31 (0) 6 11100980
E roel.vanooij@arcadis.com

ONZE REFERENTIE

Doel

Inzichten verkregen door literatuurstudie Arcadis en Pondera Consult verifiëren bij Marcel Weeda, medeauteur van de Routekaart Waterstof (maart 2018)

De technische ontwikkelingen binnen waterstof gaan snel. Wij verwachten dat technisch gezien grootschalige productie (op GW-niveau) van waterstof mogelijk is in 2030. Hoe kijkt u hier tegenaan?

- De technologie is aanwezig en de productie-units zijn modulair uit te bouwen. Dit is dus mogelijk. De uitdaging in het opschalen zit in het zogenaamde balance of plant. Dit slaat op de volledige engineering van de productie-unit. Momenteel zijn er capaciteiten van 20 MW beschikbaar, tegen 2030 zullen op de tekentafel productie-units van 100 MW liggen. Tegen die tijd is het bekend hoe je deze schaalgrootte moet bouwen.

Hoe zit het met het ruimtebeslag van elektrolyzers in 2030? Is stapeling van units de hoogte in mogelijk?

- Stapeling van units de hoogte in moet mogelijk zijn, hiermee wordt ruimte bespaard. Siemens is ook van mening dat dit kan. Echter, tot nu toe zijn alle ontwerpen gericht op één laag op de grond
- Het algemene ruimtebeslag hangt van het type technologie af. PEM-elektrolyse is een factor 3 kleiner qua ruimtebeslag dan Alkalische elektrolyse. Na 2030 is de verwachting dat er technologieën zijn ontwikkeld die veel kleiner zijn. Er is hiervoor veel aandacht vanuit de markt. Iedereen ziet dat waterstof iets van de toekomst is, hierdoor gaan de ontwikkelingen snel.

Zijn er commerciële opdrachten of onderzoeksbudgetten beschikbaar?

- Afgelopen jaar is er een contract gesloten met het Noorse Nel en een Franse partij voor 100 tot 400 MW systeem aan capaciteit. Hiervoor zijn wel feed-in tarieven noodzakelijk vergelijkbaar met biomethaan voor een Final Investment Decision. Anders is dit financieel niet haalbaar.
- Er is en er wordt op dit moment veel geïnvesteerd in de nieuwe generatie elektrolyzers. Wel zeggen fabrikanten zoals Siemens nu: er is flink door ons geïnvesteerd, we gaan nu een project doen in Oisterwijk. De volgende projecten moeten commercieel zijn.

Overgang naar duurzame waterstof, hoe gaat dit lopen?

- Iedereen ziet de potentie waterstof. De vraag is of dit in de doelen naar 2030 een rol gaat spelen. Er mist op dit moment een groot voorbeeldproject. Een voorbeeldproject kan ervoor zorgen dat anderen ook in het diepe durven te springen, er heerst nu koudwatervrees.

Wat zijn de kostenontwikkelingenrichting 2030?

- Richting 2030 liggen de prijzen van aardgas en prijzen van elektriciteit/elektrolyse niet ver van elkaar. Dit biedt perspectief voor een positieve businesscase voor waterstof. Het is echter nog niet volledig duidelijk welke zekerheid bedrijven willen hebben om waterstofproductie commercieel op te pakken.

Is elektrolyse op zee een optie in 2030?

- Elektrolyse op zee zal in 2030 nog geen rol spelen. Er zijn studies gedaan naar het gebruik van bestaande platforms op zee. De omstandigheden hier zijn lastig, een klimaathuls om de installatie heen zouden de omstandigheden kunnen conditioneren. Dit heeft echter invloed op de kosten die mee spelen. Wellicht is het wel mogelijk om tegen die tijd een pilot op te zetten.

Kan u een toelichting geven op tabel 5 bladzijde 43 van de Routekaart Waterstof? De getallen zijn namelijk erg groot.

- De functie van deze tabel is om aan te geven hoe groot de vraag naar waterstof zou kunnen zijn. Er is gekeken naar wat de huidige situatie is en hoe dit te verduurzamen is met waterstof. Hierbij is rekening gehouden met netto geen CO₂-emissie. Een opvallend getal is afkomstig van de duurzame brandstoffen (700PJ/j). Normaal wordt in dit soort berekeningen schepen en vliegtuigen niet meegenomen in verband met het internationale karakter. In deze berekening is dit wel meegenomen omdat dit uiteindelijk ook onderdeel moet zijn van de verduurzamingsopgave. Door de grote havens en luchthavens die Nederland heeft vallen deze getallen relatief groot uit. In deze tabel is geen rekening gehouden met conversieverliezen, dus de getallen kunnen nog hoger uitvallen in werkelijkheid.

Uit ons onderzoek blijkt dat de huidige vraag van waterstof in Nederland 11 miljard Nm³ is, klopt dit?

- Ja dit klopt, er is een (niet heel recente) studie die beschrijft dat 7,5 m³ waterstof uit aardgas wordt geproduceerd en de rest (3,5 miljard Nm³) als restproduct vanuit de industrie

Indien de 6 GW aan windenergie op zee die gepland is voor 2030 omgezet wordt in waterstof zou de productie van waterstof nog steeds minder zijn dan de vraag. Heb je dan nog wel opslag van waterstof nodig?

- Er is ongeveer 7,5 GW aan windenergie nodig voor 7,5 miljard Nm³ waterstof die momenteel via aardgas wordt opgewekt. Er zijn geen issues met opslag tot 2030. Echter, het is altijd voordeliger om als eerste opwekking van fossiele elektriciteit te vermijden omdat er dan geen conversieverliezen optreden. Er zijn scenario's waarbij dit gaat knellen: indien er overproductie dan wel onderproductie is vanuit duurzame energie. Dan kan waterstof fungeren als netstabilisator. Het is van belang dat we voorbereid moeten zijn op het moment dat er een overschot aan elektriciteit zich voordoet. Als dit niet het geval is dan stopt de uitrol van windenergie op zee.
- Op dit moment is het zelfs nadeliger om waterstof te produceren met de huidige elektriciteitsmix dan met aardgas. Bij waterstofproductie met aardgas komt er 9 kg CO₂ per kg waterstof, met de huidige elektriciteitsmix is dit 25 kg CO₂ per kg waterstof. Dit daalt zodra er meer duurzame energie in de elektriciteitsmix terecht komt. Voor die tijd is het wellicht praktisch om al aan de slag te gaan met waterstof om netknooppunten op te lossen.
- Het is mogelijk dat producenten met eigen zonne- of windpark groene waterstof gaan maken. Dit heeft dan (kleinschalige) opslag nodig. Maar gezien de kosten zal dit niet snel gebeuren.

Transport van waterstof via gasleidingen kan op twee manieren: 1) bijmenging van waterstof op bestaande gasnet met aardgas. 2) In één keer stoppen met gas en starten met waterstof. Knelpunt hierbij is de Gaswet die bijmenging in de weg zit. Wanneer krijg je problemen met bijmengen?

- Als je waterstof wil bijmengen is het mogelijk tot 20-30%. Dit heeft impact op eindgebruikers. Het aanpassen van de Gaswet neemt veel consequenties met zich mee. Een meer waarschijnlijk scenario is dat er een deel van het gasnetwerk wordt vrijgespeeld voor puur waterstof. Hierbij is het efficiënt om eerst grote industriële afnemers aan te sluiten, overige aansluitingen is veel moeite voor weinig winst.

- Daarnaast is er een partij die buis-in-buis concepten kan realiseren zodat er een deel van de buisleidingen door waterstof wordt gebruikt. Deze flexibele buizen kunnen makkelijk 50-70 bar aan druk hebben. De certificering hiervoor ontbreekt echter nog. Partijen die betrokken zijn hierbij: Kiwa en Groningen Seaports.

Kan externe veiligheid een grote hobbel zijn in de uitrol van waterstof?

- Als er gedwongen wordt om goed na te denken over de veiligheid en gevaren van waterstof zal de hobbel wel meevallen. Waterstof wordt op dit moment gezien als chemisch product en niet als brandstof. Hierdoor valt het onder andere veiligheidsregimes. Maar we moeten de risico's niet onder het kleed vegen: het is een licht ontvlambaar product. Het moet binnen de bestaande veiligheidsnormen vallen. Dit is een technisch verhaal en het is mogelijk om hieraan te voldoen. Nadeel is dat er minder statistieken beschikbaar zijn omdat waterstof minder wordt gebruikt. Het risico is kans x impact, door het gebrek aan statistieken is er een grotere veiligheidsmarge nodig.
- Publieke opinie moet nog worden beïnvloed, het moet duidelijk zijn dat er niet getornd wordt aan de bestaande veiligheidseisen. In Nederland hebben we 150 jaar lang gehad met 60% waterstof. Dit werd zonder problemen naar woningen getransporteerd. Misschien is het een kwestie van de naam veranderen om het publiek mee te krijgen.

OVERLEGNAAM

Interview Fokko Mulder (TU Delft)

DATUM NOTULEN VERZONDEN

31 juli 2018

DATUM VERGADERING

16 juli 2018

STARTTIJD VERGADERING

15:00

LOCATIE

Delft

EINDTIJD VERGADERING

16:30

DEELNEMERS

Fokko Mulder, Egbert Jansen, Roel van Ooij

NAAM

Roel van Ooij
T +31 884261645 M +31 (0) 6 11100980
E roel.vanooij@arcadis.com

ONZE REFERENTIE

Aanleiding

De inzichten verkregen door de literatuurstudie naar energieopslag door Arcadis en Pondera Consult verifiëren bij Fokko Mulder, professor bij TU Delft en hoofdauteur van de whitepaper NLingenieurs 'Naar een hoog aandeel duurzame energie' (2015).

Hoe ziet het elektriciteitsnetwerk van de toekomst eruit en wat zijn de verwachtingen in 2030, ook kijkend naar de volgens TenneT voldoende aanwezige netcapaciteit?

- Voorlopig is er niet zozeer een probleem van congestie, maar veel meer het niet overeen komen van vraag en aanbod van elektriciteit. Gaat het wel zo makkelijk als TenneT aangeeft? De KCD wordt alleen op dagniveau doorgerekend en niet op minuutniveau. Dit is nog wel een risico. Op het net van TenneT in Duitsland wordt er per jaar € 1 miljard aan regelvermogen ingezet. Dit is 30-40 procent van de duurzame energie die opgewekt kan worden. Duitsland exporteert elektriciteit op alle piekmomenten. Dat is nu nog mogelijk, maar de verwachting is dat dit in de toekomst niet meer kan. In Nederland is het nog niet zo ver als het voorbeeld in Duitsland. Maar met 12 GW aan windenergie en een aantal GW aan zonne-energie kom je hier snel aan. Dit is al gelijk aan het elektriciteitsverbruik in Nederland. Eerder dan 2030 ontstaat er al een situatie waarbij elektriciteit niet afgezet kan worden op het net. Dit zijn geluiden vanuit lokale netbeheerders.

Als je naar het hele systeem kijkt (inclusief warmte/ feedstock etc.) in 2050 met als doel een zo goed als volledig duurzaam ingevulde energievraag, ligt hier de energievraag nog altijd een stuk hoger dan de opbrengst van duurzame energie. Als je ervan uitgaat dat de volledige energievraag elektrisch opgewekt wordt met duurzame energieproductie (met meer zon t.o.v. wind: per m2 meer energie met zon dan met wind), dan zou dit betekenen dat in de zomer veel energie opgewekt wordt, en in de winter relatief weinig. Dit vraagt om langdurige energieopslag. Voor de situatie in 2030 zit dit er een beetje tussenin.

Hoe kan opslag het beste ingezet worden?

- Ontwikkelingen in opslag gaan snel, maar daling van de CAPEX heeft veel te maken met schaalgrootte. Het probleem is dat iedereen naar elkaar kijkt. Daarnaast is strategisch inzet van opslag van belang voor de kosten (in volgorde):
 - o Direct gebruik van elektriciteit

- o Korte termijn opslag in batterijen
- o Lange termijn opslag in gas en vloeistoffen
- o Warmte (Niet meer om te zetten in elektriciteit, dus minder flexibel)

Op de Noordzee levert windenergie gemiddeld 40-50 procent van het maximum aan elektriciteit. Waar ga je dan de capaciteit van de kabels op uitlijnen? Als je 100 GW installeert, dan ga je misschien naar 50-60 GW aan kabelcapaciteit. De rest kan je opslaan als het hard waait en verkopen op het moment dat er een grote vraag is. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van de Battolyser waarbij de elektriciteitsvoorziening altijd optimaal wordt benut en waterstof gemaakt wordt van overschot en verkocht wordt als er vraag is.

Hoe zit het met de kosten van opslag?

- Er kan op verschillende manieren naar energieopslag gekeken worden. Vaak wordt Opslag als duur en daardoor niet rendabel bestempeld. Aan de andere kant: wat verdient je ermee? Als er veel productie is, drukt dit de elektriciteitsprijs. Ondertussen mag de prijs ook weer niet te hoog blijven, anders wordt de groene waterstofprijs te hoog. Voor mobiliteit kan dit al snel uit, voor chemie zijn de waterstofprijzen een stuk lager. Op dit moment gaat er vanuit Europa € 1 miljard euro per dag naar de rest van de wereld voor de aanschaf van fossiele brandstoffen. Als je ditzelfde bedrag in duurzame energie en opslag stopt kan er een groot deel van Europa voorzien worden van duurzame energie.

In de Whitepaper 'Naar een hoog aandeel duurzame energie' van NLIngenieurs staat dat er in 2030 400 GWh opslag voor korte termijn (dag/nacht) nodig is en 50.000 GWh aan seizoensopslag nodig is. Hoe bent u als mede-auteur tot deze cijfers gekomen? De verwachtingen over opslag lopen namelijk sterk uiteen tussen geen opslag en de eerdergenoemde cijfers.

- De data is afgeleid vanuit een model die gebruik maakt van de Global Energy Assessment 2012. Dit is geschaald naar Nederlands gebruik. Een mismatch op korte termijn is korte termijn opslag en mismatch op lange termijn is lange termijn opslag.

Men denkt ook snel aan curtailment als er hoge pieken gehanteerd moeten worden: dan maar niet opwekken als het niet meteen gebruikt kan worden. Zo wordt dit ook geredeneerd vanuit TenneT. Echter: dat betekent ook dat men in de winter / in matig weer eigenlijk meer opwerkcapaciteit nodig heeft omdat men eerder in goed weer niet op heeft kunnen slaan. De hoogste pieken bevatten ook de meeste energie. Men zal moeten afwegen wat het kost om meer opwek (wind en zon) neer te zetten om ook in matige tijden nog iets op te wekken enerzijds tegen opslag installeren anderzijds. Men zal snel bedenken dat opslag toch goedkoper is en minder ruimte kost dan 3x zo veel wind- en zonneparken te installeren. Ook maakt men de business van de wind/zon kapot door te veel overproductie neer te zetten die dan allemaal heel vaak stilgezet wordt. Beter de vraag opschalen met opslag en conversie en minder overproductie; kost ook minder ruimte en netwerken.

In de transitie is aardgas in bestaande gascentrales stoppen goedkoper dan opslag en conversie. Echter daar moeten we uiteindelijk toch van af. En: die fossiel gestookte centrales krijgen steeds meer concurrentie van duurzame stroom, draaien minder uren en moeten dus ook in prijs omhoog. Toekomst bestendig is: die centrales ombouwen naar duurzaam geproduceerde en opgeslagen brandstof (zie Nuon Magnum centrale). Dan mag de prijs van de geleverde stroom hoger zijn: dat maakt het mogelijk de rest van het jaar duurzaam te draaien op zon en wind, en deze centrales alleen als duurzame back-up te houden.

COLOFON

VERKENNING AANLANDING NETTEN OP ZEE 2030
SAMENVATTING EN TUSSENTIJDSE NOTITIE

KLANT

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

AUTEUR

Mariëlle de Sain
Garnt Swinkels

DATUM

30 augustus 2018

STATUS

Definitief