

Programma VAWOZ 2031-2040

Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau



Datum: 09-02-2024
Versienummer: 1.0
Status: Definitief

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

Leeswijzer.....	4
1 Inleiding.....	5
1.1 Toelichting Programma VAWOZ 2031-2040.....	5
1.2 Waarom deze concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau.....	7
1.3 Relatie met andere programma's en projecten.....	7
1.3.1 Relatie andere programma's en energieprojecten algemeen.....	8
1.3.2 Relaties met andere energieprojecten per regio.....	11
2 Programma, procedure mer en participatie.....	13
2.1 Wat is het Programma VAWOZ 2031-2040?.....	13
2.2 Wat is een IEA en wat is een plan-MER?.....	14
2.2.1 Onderzoek in IEA/plan-MER.....	14
2.2.2 Wanneer is er sprake van een mer-plicht.....	14
2.3 Stappen van IEA/plan-MER Programma VAWOZ 2031-2040.....	15
2.4 Participatie, inspraak en advies.....	16
2.4.1 Participatie.....	16
2.4.2 Participatie rondom de concept-NRD.....	16
2.4.3 Ontwerpproces kansrijke oplossingsrichtingen.....	17
2.4.4 Inspraakprocedure concept-NRD.....	18
2.4.5 Wettelijke adviseurs.....	19
3 Toelichting onderdelen elektrische en waterstofverbindingen.....	20
3.1 Inleiding.....	20
3.2 Elektrischeverbinding.....	20
3.3 Waterstofverbinding.....	21
3.4 Grootschalige elektrolyzers op land.....	22
4 Ontwikkeling kansrijke oplossingsrichtingen.....	24
4.1 Inleiding.....	24
4.2 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noordzee.....	24
4.2.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen.....	24
4.2.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders regio Noordzee.....	26
4.2.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes Noordzee.....	27
4.2.4 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstofroutes Noordzee.....	29
4.3 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noord-Holland Noord.....	29

4.3.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	29
4.3.2	Aandachtspunten vanuit stakeholders Noord-Holland Noord	31
4.3.3	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse in Noord-Holland Noord	32
4.3.4	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof Noord-Holland Noord ..	33
4.4	Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noord-Holland Zuid	34
4.4.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	34
4.4.2	Aandachtspunten vanuit stakeholders Noord-Holland Zuid	35
4.4.3	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes en zoekgebieden voor converterstations in Noord-Holland Zuid	36
4.4.4	Voorstel zoekgebieden voor grootschalige elektrolyse aansluitlocaties NNHN-Zuid, Velsen, A9-Zuid en Vijfhuizen	39
4.4.5	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof Noord-Holland Zuid.....	39
4.5	Kansrijke oplossingsrichtingen regio Zuid-Holland	40
4.5.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	40
4.5.2	Aandachtspunten vanuit stakeholders Zuid-Holland.....	42
4.5.3	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes en zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Zuid-Holland.....	43
4.5.4	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof Zuid-Holland.....	46
4.6	Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noord-Brabant en Limburg	46
4.6.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	46
4.6.2	Aandachtspunten vanuit stakeholders Tilburg, Maasbracht, Graetheide.....	50
4.6.3	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Noord-Brabant en Limburg.....	50
4.7	Kansrijke oplossingsrichtingen regio Zeeland Zeeuws-Vlaanderen.....	52
4.7.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	52
4.7.2	Aandachtspunten vanuit stakeholders Zeeland Zeeuws-Vlaanderen	53
4.7.3	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Zeeuws-Vlaanderen	54
4.7.4	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof	55
4.8	Kansrijke oplossingsrichtingen regio Midden-Zeeland	56
4.8.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	56
4.8.2	Aandachtspunten vanuit stakeholders Midden-Zeeland.....	57
4.8.3	Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Midden-Zeeland.....	58
5	Beoordelingsmethodiek IEA/plan-MER	60
5.1	Beoordelingskader van de IEA	60

5.2	Toelichting beoordelingskader Systeemintegratie	61
5.3	Toelichting beoordelingskader Milieu & Ruimte	62
5.3.1	Inleiding.....	62
5.3.2	Referentiesituatie en cumulatie	62
5.3.3	Mitigerende maatregelen	63
5.3.4	Leemten in kennis	63
5.3.5	Passende Beoordeling voor Programma VAWOZ	63
5.4	Beoordelingskader omgeving	64
5.5	Beoordelingskader Techniek, veiligheid en kosten.....	64
5.6	Beoordelingskader Economie	64
5.7	Beoordelingskader Tijd & Toekomstvastheid	65
	Colofon.....	66
	Bijlage A Begrippen en afkortingen	67
	Bijlage B Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen	70
	Bijlage C Systeemintegratie wind op zee fase NRD	71
	Bijlage D Beoordelingskader	72
	Bijlage E Detailkaarten	73

Leeswijzer

Dit is de concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (concept-NRD) van het Programma VAWOZ (Verbindingen Aanlanding Wind op Zee) 2031-2040. Het Programma VAWOZ onderzoekt hoe en waar de energie, uit nog te bouwen windparken op zee, aan land kan worden gebracht in de periode van 2031 tot 2040.

Hoofdstuk 1 geeft een algemene toelichting op het programma, de plek van deze concept-NRD in de milieueffectrapportage (mer)-procedure en de beleidscontext waarin dit programma wordt gemaakt. In hoofdstuk 2 worden de procedure van een Integrale Effectanalyse/plan-milieueffectrapport (IEA/plan-MER), het participatieproces en de te doorlopen stappen van de IEA/plan-MER toegelicht. Hoofdstuk 3 geeft een toelichting van de onderdelen die binnen Programma VAWOZ onderzocht gaan worden. In hoofdstuk 4 worden de alternatieven beschreven die in de IEA/plan-MER onderzocht gaan worden. Hoofdstuk 5 gaat in op de werkwijze van de effectbeoordeling in de IEA/plan-MER.

De concept-NRD bevat de volgende bijlagen:

- Bijlage A Begrippen en afkortingen
- Bijlage B Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen
- Bijlage C Systeemintegratie wind op zee (fase NRD)
- Bijlage D Beoordelingskader
- Bijlage E Detailkaarten kansrijke oplossingsrichtingen

Hieronder zijn de belangrijkste begrippen opgenomen.

Tabel 0-1 Begrippen

Begrip	Toelichting
Aanlandingszone	De zone waarin elektriciteitskabels en waterstofleidingen vanaf zee aan land kunnen gaan. In PAWOZ-Eemshaven wordt dit een 'aanlandingspunt' genoemd.
Aanlandingsstation waterstof	Een aanlandingsstation is nodig om de offshore waterstofleiding te laten aansluiten op het Waterstofnetwerk Nederland.
Aansluitlocatie	De locatie waar windparken aangesloten worden op het landelijk hoogspanningsnet of waterstofnetwerk. In PAWOZ-Eemshaven wordt dit een 'aansluitpunt' genoemd.
Afsluiterlocatie	De locatie van waterstofleiding net na het aanlanden. Afsluiterlocaties zijn nodig voor beperken van af te blazen waterstof bij calamiteiten of reparaties aan de leiding.
Alternatieven	In de NRD-fase waarin de mogelijke routes en locaties/zoekgebieden bepaald worden, wordt gesproken over kansrijke oplossingsrichtingen. Daarna komt de IEA/plan-MER-fase waar deze oplossingsrichtingen de naam 'alternatief' krijgen en de effecten van verschillende alternatieven beoordeeld gaan worden.
Converterstation	Converterstation op land voor het omzetten van gelijkstroom naar wisselstroom en het verlagen van de spanning naar het niveau van het landelijke hoogspanningsnet.
Kansrijke oplossingsrichtingen	De te onderzoeken routes voor elektriciteitskabels en waterstofleidingen en zoekgebieden voor converter-/transformatorstations en aanlandstations op hoog abstractieniveau (grofweg; linksom of rechtsom gevoelige gebieden/woonkernen).
Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)	Een NRD geeft aan met wat (reikwijdte) en met welke diepgang (detailniveau) de alternatieven worden onderzocht en beschreven in het milieueffectrapport (MER).
Systeemintegratie	De impact van aanlanding van wind op zee op het energiesysteem en dan specifiek op de energie-infrastructuur.
Transformatorstation	Een transformatorstation op land voor het transformeren van het spanningsniveau naar het niveau van het landelijke hoogspanningsnet.
Verbinding	Een verbinding is een hoogspanningsverbinding of een waterstofleiding die de windparken op zee verbindt met een aansluitlocatie op land.

1 Inleiding

1.1 Toelichting Programma VAWOZ 2031-2040

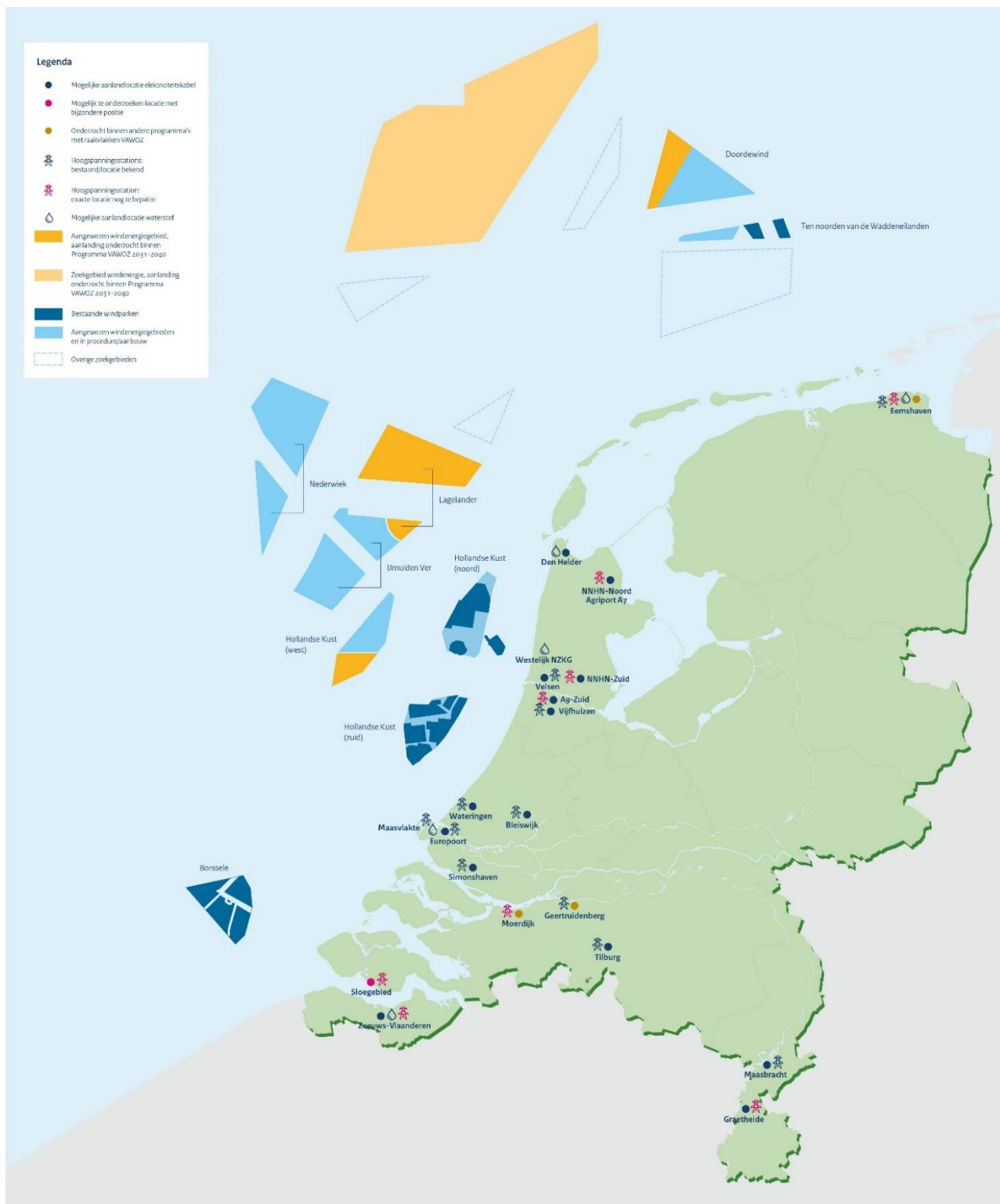
In 2050 wil Nederland klimaatneutraal zijn. Dit betekent dat er grote hoeveelheden hernieuwbare elektriciteit en CO₂-arme waterstof nodig zijn. Om dit te bereiken is de tijdige ontwikkeling van grootschalige windenergie op zee cruciaal. In een kamerbrief¹ over windenergie op zee in de periode 2030-2050 heeft het kabinet de voorbereiding van het realiseren van ongeveer 50 GW aan windenergie op zee in 2040 bekendgemaakt. Dit is de bovenkant van de gehanteerde bandbreedte van de verschillende energie-scenario's om zeker te zijn van tijdige verduurzaming van de samenleving.

Programma VAWOZ (Verbindingen Aanlanding Wind op Zee) 2031-2040 onderzoekt daarom - in nauwe samenspraak met de omgeving - hoe de energie van, nog te bouwen, windparken op zee aan land kan worden gebracht in de vorm van elektriciteit of waterstof voor de periode 2031-2040. Het Programma geeft daarnaast een doorkijk naar de verwachte wind op zee opgave van 70 GW voor 2050. Ook kijkt het Programma VAWOZ naar de ruimtelijke inpassing van grootschalige elektrolyse op land gekoppeld aan de aanlanding wind op zee. De onderdelen die nodig zijn (op zee en op land) voor elektrische verbindingen, waterstofverbindingen en elektrolyse op land, worden toegelicht in hoofdstuk 3 van deze concept-NRD.

Programma VAWOZ 2031-2040 onderzoekt het aanlanden van ongeveer 29 GW aan windenergie op zee in de vorm van circa tien elektrische en twee waterstofverbindingen in de periode 2031-2040. Dit telt op tot 50 GW met de deels gerealiseerde en deels in procedure zijnde 21 GW tot en met 2031. Verder bereidt het kabinet zich voor om in de periode 2041-2050 windenergie op zee door te laten groeien naar ongeveer 70 GW, wat betekent dat er mogelijk nog 20 GW windenergie op zee moet worden gerealiseerd na 2040.

De op de Noordzee opgewekte energie moet via elektriciteitskabels en waterstofleidingen aan land worden gebracht. De ruimtelijke inpassing hiervan raakt aan veel andere (maatschappelijke) belangen zoals van natuur, visserij, landbouw en scheepvaart. Om de raakvlakken met deze belangen en effecten in beeld te brengen wordt een integrale effectenanalyse (IEA) en plan-milieueffectrapportage (plan-MER) uitgevoerd als onderdeel van het Programma VAWOZ.

¹ Kamerbrief 16 september 2022, kenmerk DGKE-E/22174505. Te vinden op: <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-b34f5ea2f405a4b9dbdfe676288ace0736599264/pdf>



Figuur 1-1 Kaart windenergiegebieden, windenergie zoekgebieden en aansluitlocaties die deel uitmaken van het Programma VAWOZ 2031-2040 (bron: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2024)

1.2 Waarom deze concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau

Het doel van deze concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (concept-NRD) is om iedereen te informeren over de scope van Programma VAWOZ en om aan te geven welke aspecten in het IEA/plan-MER worden onderzocht. Een NRD beschrijft de afbakening en de aanpak van het onderzoek dat gaat worden uitgevoerd in de IEA/plan-MER. In de NRD staat daarom onder andere welke kansrijke oplossingsrichtingen worden onderzocht in de IEA/plan-MER ('reikwijdte') en op welke aspecten deze beoordeeld worden ('detailniveau'). De kansrijke oplossingsrichtingen (alternatieven) die onderzocht gaan worden, zijn toegelicht in hoofdstuk 4. Het onderzoek in de IEA/plan-MER wordt gedaan aan de hand van zes thema's: 1) Systeemintegratie, 2) Milieu & Ruimte (plan-MER), 3) Omgeving, 4) Techniek, veiligheid en kosten, 5) Economie en 6) Tijd & Toekomstvastheid. Deze thema's worden toegelicht in het beoordelingskader in hoofdstuk 5.

Terminologie kansrijke oplossingsrichting en alternatief

In de NRD-fase waarin de mogelijke routes en locaties/zoekgebieden bepaald worden, wordt gesproken over kansrijke oplossingsrichtingen. Daarna komt de IEA/plan-MER-onderzoeksfase waar een kansrijke oplossingsrichting de naam 'alternatief' krijgt en de effecten van verschillende alternatieven beoordeeld gaan worden. Door de effecten van de alternatieven in beeld te brengen kan de minister voor Klimaat en Energie een landelijke afweging maken, die zo veel als mogelijk leidt tot één kansrijk alternatief per verbinding. Dit gebeurt mede op basis van de adviezen van de regio's.

Programma VAWOZ vraagt om beslissingen die gevolgen kunnen hebben voor de omgeving waar de kansrijke oplossingsrichtingen worden aangelegd en gebruikt. Daarom wordt er in het Programma ingezet op de participatie van (regionale) overheden, maatschappelijke organisaties, bedrijven en bewoners. De in deze concept-NRD beschreven kansrijke oplossingsrichtingen zijn tot stand gekomen in samenwerking met diverse stakeholders. Hoe dit ontwerpproces in zijn werk is gegaan, staat in paragraaf 2.4.3.

De concept-NRD gaat eerst ter inzage zodat iedereen hierop kan reageren. In paragraaf 2.4 van deze concept-NRD staat hoe participatie heeft plaatsgevonden en kan plaatsvinden. Hier wordt ook ingegaan op de terinzagelegging en mogelijkheden voor reactie. In de definitieve NRD wordt de onderzoeksagenda voor het IEA/plan-MER uiteindelijk vastgelegd.

1.3 Relatie met andere programma's en projecten

Het Programma VAWOZ staat niet op zichzelf. Er is veel samenhang en samenloop met andere programma's en projecten, zoals het Programma Aansluiting Wind op Zee (PAWOZ)-Eemshaven, Programma Energie Hoofdstructuur (PEH), Energie Infrastructuurplan Noordzee (EIPN), en het Programma Nationale Omgevingsvisie Extra (NOVEX) inclusief ruimtelijke voorstellen van provincies (zie paragraaf 1.3.1). Er is ook samenhang met concrete projecten, zoals de Delta Rhine Corridor (DRC), 380kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN), het landelijke waterstofnetwerk en Net op zee Nederwiek 3 (NW3) (zie paragraaf 1.3.2). Er zijn ook raakvlakken met diverse netten op zee. Programma's waarbij de samenhang vanuit het energiesysteem relevant is, zoals het Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI), Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK) en Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) zijn meegenomen in analyse systeemintegratie² en niet in deze paragraaf beschreven.

² Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

1.3.1 Relatie andere programma's en energieprojecten algemeen

Voorverkenning Programma VAWOZ 2031-2040

In 2021-2022 is de Voorverkenning voor het Programma VAWOZ 2031-2040 uitgevoerd.³ Het doel van deze Voorverkenning was om op hoofdlijnen kansrijke aansluitlocaties in beeld te brengen. De resultaten uit de Voorverkenning zijn gebaseerd op informatie uit parallelle programma's en onderzoeken (waaronder het Programma Energiehoofdstructuur en het onderzoek Systeemintegratie Wind op Zee 2030-2040), regiosessies met stakeholders, maatschappelijke organisaties en bestuursorganen en systeemanalyses van Gasunie en TenneT.

Onderzoek Hergebruik offshore Aardgasleidingen voor waterstoftransport (OHA) en Energie Infrastructuurplan Noordzee (EIPN)

Het ministerie van EZK heeft de afgelopen periode als onderdeel van het onderzoek naar het Energie infrastructuurplan Noordzee (EIPN) onderzoek laten uitvoeren naar het hergebruiken van bestaande aardgasleidingen op zee voor de aanlanding van windenergie op zee met waterstof. Het onderzoek betreft een bureaustudie naar de technische haalbaarheid. Er zijn scenario's ontwikkeld waarin bestaande leidingen worden ingezet voor het transport van waterstof. In deze scenario's is ook gekeken hoe bestaand aardgastransport omgeleid zou moeten worden om leidingen vrij te maken voor waterstof. Dit heet re-routing. Voor dergelijke re-routing is meestal ook de aanleg van stukken nieuwe aardgasleiding nodig. Een selectie van de scenario's wordt nu verder onderzocht op technische haalbaarheid. Er wordt ook een milieueffectenonderzoek van de scenario's gedaan. Hierbij wordt gekeken naar de effecten op de fysieke leefomgeving van alle activiteiten die nodig zijn om de leidingen geschikt te maken voor waterstof. Er wordt ook gekeken naar de effecten van het aanleggen van nieuwe pijpleidingen voor re-routing. Het milieueffectonderzoek wordt afgestemd met het onderzoek voor Programma VAWOZ, waaronder de criteria in het beoordelingskader. Als onderdeel van het OHA wordt ook een commercieel proces voorbereid waarin hergebruik van bestaande aardgasleidingen wordt uitgewerkt. Als uit deze stappen blijkt dat hergebruik een haalbare optie is, dan wordt een uitgewerkt hergebruikscenario en effectonderzoek betrokken bij de integrale besluitvorming van Programma VAWOZ 2031-2040. In deze concept-NRD zijn daarom nu alleen nieuwe waterstofleidingen beschreven, hergebruik wordt niet meegenomen in het IEA/plan-MER-onderzoek voor Programma VAWOZ.

Waterstofnetwerk Nederland

Hynetwork Services B.V. (HNS), een dochteronderneming van Gasunie, legt een landelijk netwerk aan dat de vraag naar en aanbod van CO₂-vrije waterstof verbindt. Dit transportnetwerk verbindt industriële clusters met elkaar, met het buitenland en met waterstofopslagen. Dit gebeurt hoofdzakelijk via bestaande en deels via nieuw aan te leggen infrastructuur. In de komende zeven jaar ontwikkelt Hynetwork Services een stapsgewijs aaneengesloten landelijk waterstofnetwerk, beginnend in de industriële regio's. Vanaf 2025 komt het landelijke netwerk in gedeeltes beschikbaar, voornamelijk door het hergebruik van bestaande aardgasleidingen.

Programma Energie Hoofdstructuur (PEH)

Het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) is gericht op de ruimtelijke planning van nationale energie-infrastructuur (op het gebied van transport, conversie en opslag) op land met als

³ Voor het eindrapport van de Voorverkenning VAWOZ 2031-2040 (inclusief bevindingen uit de regiosessies), zie: [Eindrapportage-voorverkenning-14-juli-2022-VAWOZ-2031-2040.pdf \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/onderzoek-en-advies/publicaties/2022/07/14/eindrapportage-voorverkenning-14-juli-2022-VAWOZ-2031-2040)

tijdshorizon 2050. Uit het ontwerp-PEH⁴, gepubliceerd in juli 2023, blijkt dat het voor een efficiënt energiesysteem gunstig kan zijn om elektrolyzers te plaatsen nabij aansluitlocaties van windenergie op zee. Op deze manier worden overschotten van elektriciteit gelijk omgezet in waterstof en hoeven ze niet getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet. De elektrolyzers hebben daarmee een functie in de balancering van het elektriciteitsnet en kunnen de noodzaak voor nieuwe hoogspanningsverbindingen voorkomen. Tegelijkertijd leidt het plaatsen van de elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee tot weinig extra knelpunten in het waterstofnet omdat het nationale waterstofnetwerk hier al voorzien is. Het onderzoek in het PEH is daarmee aanleiding geweest om binnen het Programma VAWOZ de kansrijkheid van locaties voor elektrolyzers nabij aanlandingen van windenergie op zee te onderzoeken.

Programma PAWOZ-Eemshaven

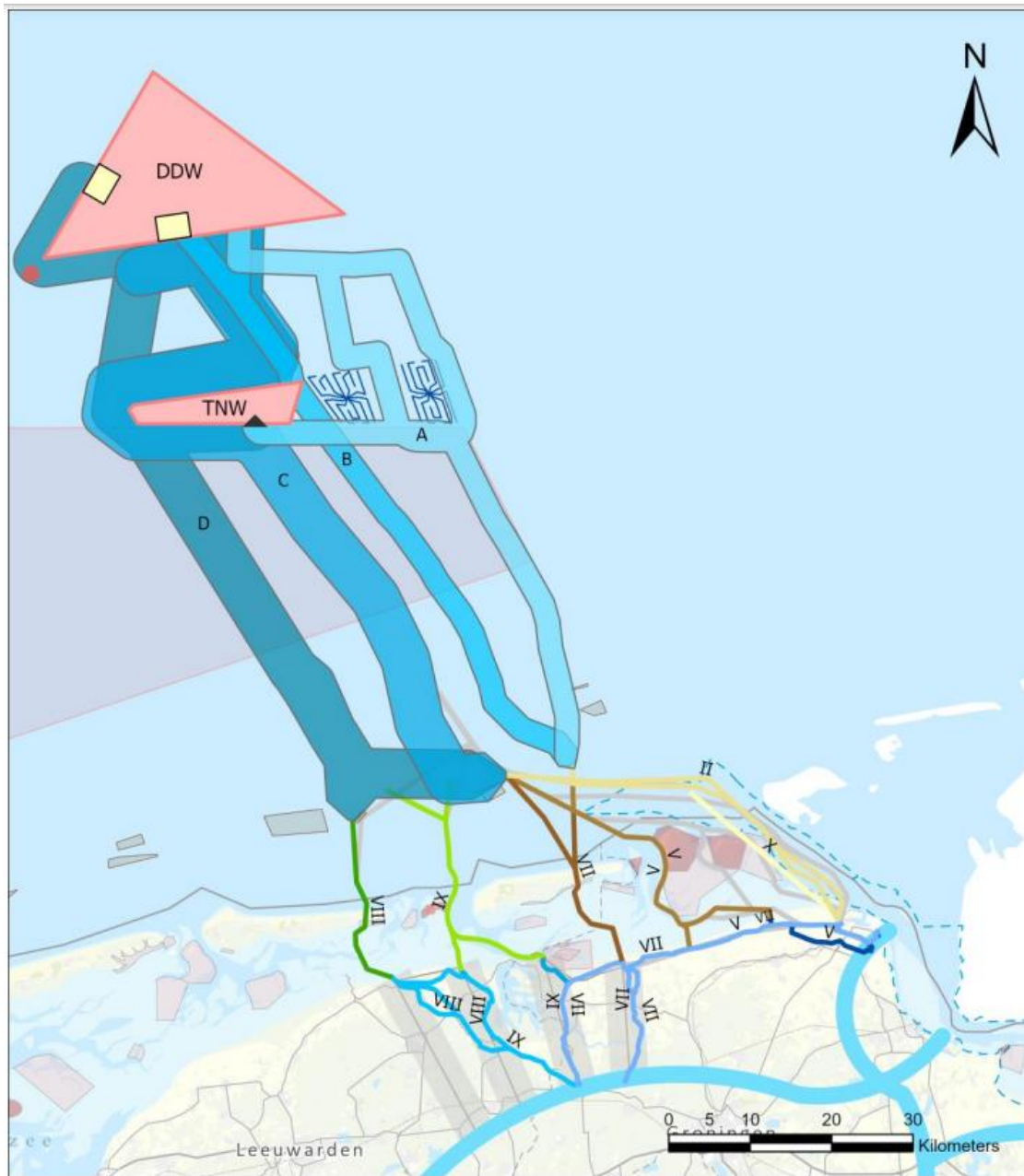
Het Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven (PAWOZ-Eemshaven) onderzoekt naast routes t/m 2031 ook de mogelijkheden voor toekomstige kabel- en leidingroutes vanaf de Noordzee naar Noord-Nederland, namelijk naar Eemshaven via het Waddengebied. De resultaten (in de vorm van de mogelijke routes na 2031) uit PAWOZ-Eemshaven worden onderdeel van het Programma VAWOZ 2031-2040. Het Programma VAWOZ onderzoekt aansluitingen voor windparken tot het demarcatiepunt op de Noordzee⁵. Binnen het Programma VAWOZ 2031-2040 zal een afweging worden gemaakt welke windenergiegebieden via welke routes worden aangesloten waarbij gebruik gemaakt wordt van de informatie uit PAWOZ-Eemshaven (zie Figuur 1-2).

Grootschalige elektrolyse in Noord-Nederland

In het Programma VAWOZ wordt geen onderzoek gedaan naar mogelijke locaties voor elektrolyse in Noord-Nederland. Hier wordt namelijk al in voorzien in een lopend traject. De provincie Groningen en de gemeente het Hogeland zijn de Oostpolder aan het ontwikkelen tot bedrijventerrein voor grootschalige bedrijven. Er zal 400 hectare aan bedrijfskavels gerealiseerd worden. De locatie en globale inrichting van dit bedrijventerrein is vastgelegd in de structuurvisie Oostpolder. De aansluiting op zowel de bestaande en beoogde elektriciteitsinfrastructuur van TenneT als het beoogde landelijke waterstofnetwerk zijn meegewogen in de locatiekeuze. In december 2023 is het ontwerp Provinciaal Inpassingsplan Oostpolder ter inzage gelegd. De structuurvisie en het inpassingsplan anticiperen beide op elektrolyse. De effecten van elektrolyzers zijn dan ook onderzocht in de milieueffectrapportages voor deze plannen, zodat hier rekening mee kon worden gehouden bij de inrichting van het terrein en het vaststellen van de kaders voor de bedrijvigheid.

⁴ Voor het Ontwerp-Programma Energiehoofdstructuur, zie: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-07/Ontwerp-Programma-Energiehoofdstructuur-juli-2023-Programma-Energiehoofdstructuur.pdf>

⁵ Voor de definitie van ‘demarcatiepunt’, zie Bijlage A Begrippenlijst.



Figuur 1-2 Routes en corridors die worden onderzocht in PAWOZ-Eemshaven

Partiële Herziening van het Programma Noordzee 2022-2027

Het voornaamste doel van de Partiële Herziening (PH) van het Programma Noordzee 2022-2027 is het aanwijzen van windenergiegebieden voor de periode na 2031. Het Programma VAWOZ 2031-2040 sluit aan bij de in de PH vastgestelde capaciteit (GW) per windenergiegebied als uitgangspunt voor de aan te landen energie. Zoekgebied 6/7 is dusdanig groot dat, tussen de mogelijke aanwijzing

hiervan als windenergiegebied en de kavelbesluiten, een nadere gebiedsuitwerking nodig is waarin nog ruimtelijke afwegingen aan de orde zullen zijn. De gebiedsuitwerking wordt deels parallel aan en deels na de PH opgesteld. De exacte locatie van toekomstige windparken wordt vastgelegd in kavelbesluiten.

Programma NOVEX

Het Programma NOVEX geeft sturing in de complexe ruimtelijke uitdagingen voor gebieden in samenwerking met provincies, gemeenten en waterschappen. De provincies werken elk aan een ruimtelijk voorstel. Ook wordt er in 16 'NOVEX-gebieden' gewerkt aan een gebiedsgerichte aanpak waar ruimtelijke opgaven de provinciegrenzen overschrijden. De plannen van de zestien gebieden worden opgenomen in de ruimtelijke voorstellen van de provincies. In de uitwerking van de aanpak per gebied en provincie wordt onder andere gekeken naar ruimte voor energie-infrastructuur, waaronder de aanlanding van wind op zee. Vooral de NOVEX-gebieden Noordzeekanaalgebied, Rotterdamse Haven, North Sea Port District en Zuid-Limburg zijn relevant in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040.

1.3.2 Relaties met andere energieprojecten per regio

In de tabel hierna staan de energieprojecten per regio waar Programma VAWOZ een raakvlak mee heeft. In hoofdstuk 4 wordt, bij de toelichting op de kansrijke ontwikkelrichtingen, per regio de samenhang met deze projecten beschreven.

Tabel 1-1 Raakvlakprojecten per regio die een relatie hebben met de kansrijke oplossingsrichtingen

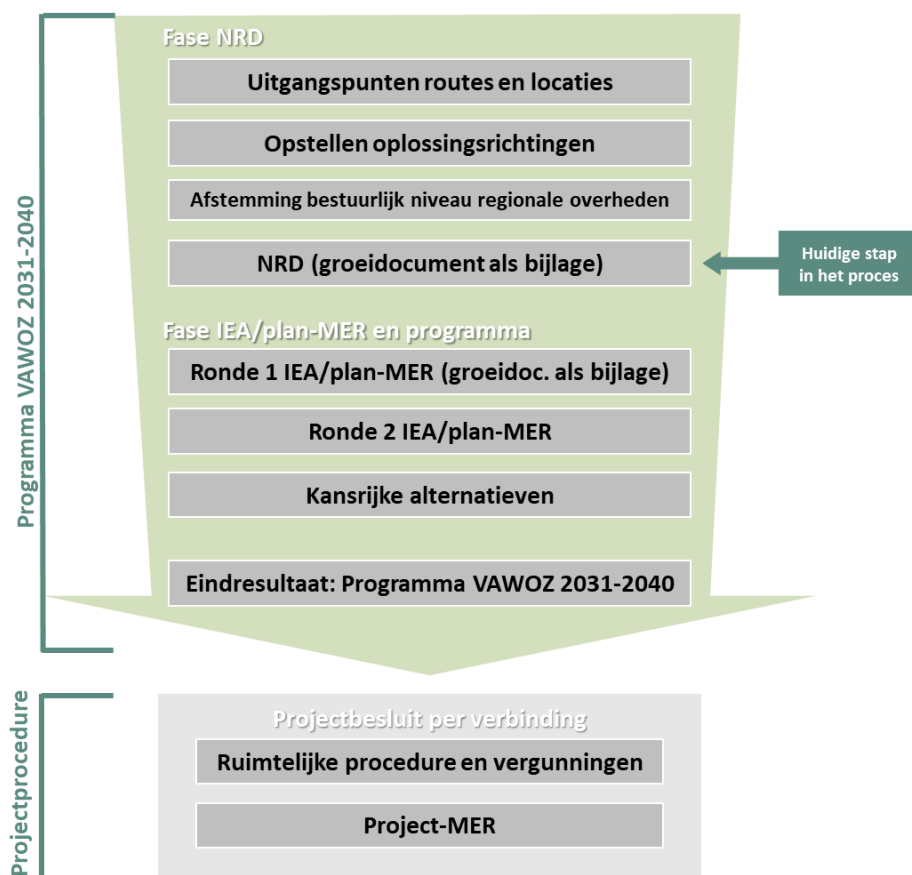
Regio	Projecten	Raakvlak met Programma VAWOZ
Noord-Holland	380kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN) en 380kV-stations NNHN-noord en NNHN-zuid	Nieuwe bovengrondse 380kV-hoogspanningsverbinding met de benodigde toekomstige 380kV-hoogspanningsstations (in procedure) waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV-station A9 Zuid	Mogelijk toekomstig 380kV-hoogspanningsstation (nog niet in procedure) waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied	Toekomstig waterstofnetwerk waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg	Delta Rhine Corridor	Voor de diepe aanlandingen van de windenergie op zee naar Noord-Brabant en Limburg, wordt gekeken naar aansluiting bij de Delta Rhine Corridor. Waterstofleidingen in de Delta Rhine Corridor zullen onderdeel gaan uitmaken van het landelijke waterstofnetwerk en daarom wordt in programma VAWOZ ook gekeken naar aansluiting hierop.
	Net op zee Nederwiek 3 (NW3)	Project NW3 realiseert de aansluiting van 2 GW uiterlijk in 2030 vanuit windenergiegebied Nederwiek. NW3 onderzoekt een aansluiting naar Moerdijk of Geertruidenberg, waarbij ook onderzoek gedaan wordt naar mogelijke toekomstige parallelligging van routes voor het Programma VAWOZ (zie verder het tekstkader in paragraaf 4.6.1).
	Waterstofnetwerk Rotterdam	Toekomstig waterstofnetwerk waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV-station Europoort	Toekomstig 380kV-hoogspanningsstation (in procedure) waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV-station Tilburg	Toekomstig 380kV-hoogspanningsstation (in aanbouw) waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV Port of Moerdijk	Toekomstig 380kV-hoogspanningsstation (nog niet in procedure) in Moerdijk waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV-station Maasbracht	Bestaand 380kV-hoogspanningsstation, waar op termijn uitbreiding is voorzien, waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV-station Graetheide	Toekomstig 380kV-hoogspanningsstation (in procedure) waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV Maasbracht – Graetheide	Nieuwe bovengrondse 380kV-hoogspanningsverbinding tussen Maasbracht en Graetheide waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
Zeeland	Waterstofnetwerk Zuidwest-Nederland	Toekomstig waterstofnetwerk waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	380kV Zeeuws-Vlaanderen	Toekomstige 380kV-hoogspanningsverbinding (in procedure) tussen Terneuzen en de hoogspanningsverbinding tussen Borssele en Rilland, inclusief een toekomstig 380kV-station nabij Terneuzen waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
	Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied	Toekomstig 380kV-hoogspanningsstation (in procedure) waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.

2 Programma, procedure mer en participatie

2.1 Wat is het Programma VAWOZ 2031-2040?

Een programma is een kerninstrument onder de nieuwe Omgevingswet en vervangt de huidige structuurvisie. Met een kerninstrument zoals een programma kan de overheid beleid schrijven en uitvoeren. Het programma zal kaderstellend zijn voor besluiten van het Rijk, zoals projectbesluiten. Dit betekent dat het projectbesluit moet voldoen aan wat is vastgelegd in het programma. In het Programma VAWOZ wordt gekozen welke verbindingen verder zullen worden onderzocht en ontwikkeld. In het programmadocument van Programma VAWOZ worden de voorkeursroutes en aanlandlocaties van deze verbindingen vastgelegd. Het programma kan ook kaders meegeven voor de verdere uitwerking van die routes en locaties. De nadere uitwerking van een verbinding gebeurt in een projectprocedure. In deze procedure wordt de ruimtelijke inpassing verder gedetailleerd, vindt nader onderzoek plaats en worden de vergunningen die nodig zijn om het project te realiseren, voorbereid. Als het projectbesluit is vastgesteld kan de realisatie van de verbinding beginnen.

Om te komen tot het definitieve Programma VAWOZ wordt een aantal stappen doorlopen, zie onderstaand figuur voor een schematische weergave. Eerst de NRD-fase, daarna de fase van IEA/plan-MER waarin de alternatieven worden onderzocht. De IEA/plan-MER fase bestaat uit ronde 1 en ronde 2. In ronde 1 worden de effecten op hoofdlijnen onderzocht en in ronde 2 wordt verdiepend onderzoek uitgevoerd.



Figuur 2-1 Proces Programma VAWOZ en plaats concept-NRD

2.2 Wat is een IEA en wat is een plan-MER?

2.2.1 Onderzoek in IEA/plan-MER

De mogelijke effecten van de verbindingen in Programma VAWOZ worden in beeld gebracht om mee te kunnen nemen in de besluitvorming. Omdat het Programma VAWOZ een kader vormt voor komende projectbesluiten, geldt er een mer-plicht (zie verder de toelichting in paragraaf 2.2.2). Milieueffectrapportage (mer) is de procedure waarbij milieueffecten van een plan in beeld worden gebracht. De verwachte gevolgen worden beschreven in een milieueffectrapport (MER).

Voor dit programma is gekozen om naast de milieueffecten van mogelijke keuzes, breder te kijken naar onder andere effecten op de omgeving, economie, systeemintegratie, toekomstvastheid, techniek en kosten van de verschillende alternatieve routes. Dit betekent dat er een Integrale Effectanalyse (IEA) wordt opgesteld waarin deze thema's aan bod komen. De Integrale Effectanalyse (IEA)/plan-MER bestaat uit zes onderzoeksthema's: 1) Systeemintegratie, 2) Milieu & Ruimte, 3) Omgeving, 4) Techniek, veiligheid en kosten, 5) Economie en 6) Tijd & Toekomstvastheid. In hoofdstuk 5 Beoordelingsmethodiek IEA/plan-MER worden deze thema's verder toegelicht. Het thema Milieu & Ruimte heeft de vorm van een plan-milieueffectrapport (plan-MER). Daarom is het onderzoek voor het Programma VAWOZ een combinatie van een IEA en een plan-MER.

2.2.2 Wanneer is er sprake van een mer-plicht

Het maken van een plan-MER is verplicht voor een programma dat een kader vormt voor mer-(beoordelings)plichtige besluiten, zoals de aanleg van een buisleiding of hoogspanningsverbinding (paragraaf 16.4.1 Omgevingswet). Voor Programma VAWOZ geldt daarmee een plan-mer-plicht. De wettelijke basis voor milieueffectrapportage (mer) ligt in Europa. De Europese richtlijn voor strategische milieu-beoordeling (SMB-richtlijn) regelt mer voor plannen en programma's.

De Nederlandse wetgeving rond de milieueffectrapportage is opgenomen in afdeling 16.4 van de Omgevingswet en in Hoofdstuk 11 en Bijlage V bij het Omgevingsbesluit. In art. 11.3 van het Omgevingsbesluit zijn de vereisten voor de inhoud van het plan-milieueffectrapport (plan-MER) opgenomen. De inhoudelijke eisen van een milieueffectrapport zijn met de inwerkingtreding van de Omgevingswet niet gewijzigd ten opzichte van de eisen uit de Wet milieubeheer.

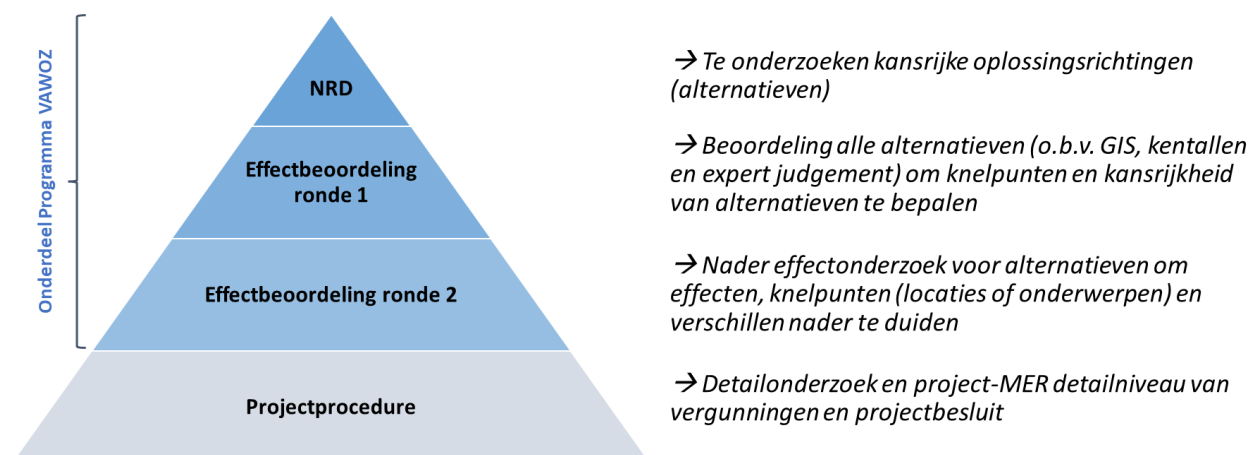
Onderdelen van een plan-MER

De volgende onderdelen maken in ieder geval deel uit van het plan-MER:

- Een beschrijving van de inhoud en de redelijke alternatieven, inclusief de motivering van de keuze voor deze alternatieven.
- De belangrijkste doelstellingen van het programma.
- Een beschrijving van de huidige situatie van het milieu en de autonome ontwikkeling ervan als het programma niet wordt uitgevoerd.
- Alle bestaande milieuproblemen die relevant zijn voor het programma, vooral de problemen in gebieden waar het beschermen van het milieu een belangrijke rol speelt.
- Een beschrijving van de wijze waarop relevante vastgestelde milieudoelstellingen zijn betrokken bij het programma.
- Een beschrijving van de mogelijk aanzienlijke milieueffecten van de uitvoering van het programma.
- Maatregelen om effecten te voorkomen, beperken of compenseren en monitoring.
- De leemten in kennis.

2.3 Stappen van IEA/plan-MER Programma VAWOZ 2031-2040

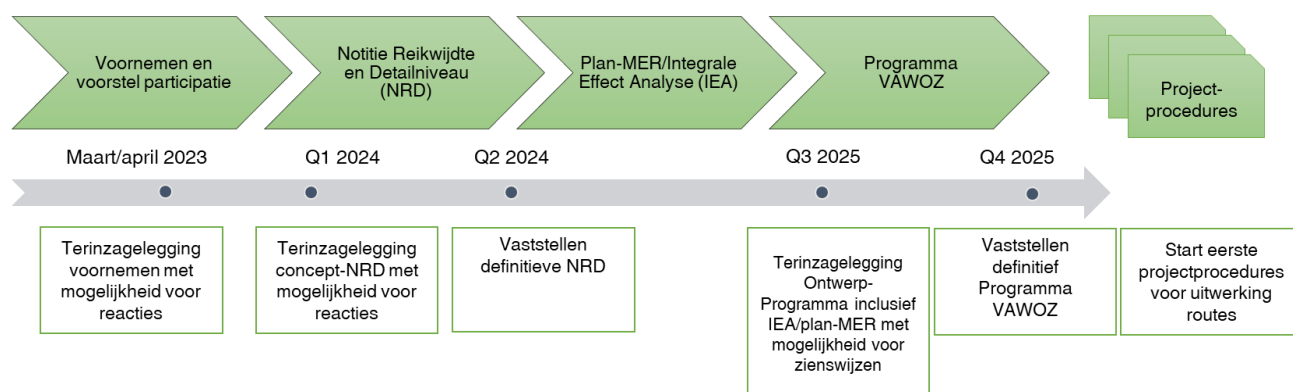
Om in de concept-NRD-fase tot kansrijke oplossingsrichtingen te komen, is gekeken naar beschikbare fysieke ruimte, inpasbaarheid in het energiesysteem en de aandachtspunten die door betrokken stakeholders zijn aangedragen. In de onderzoeksfases die volgen op de concept-NRD wordt het ontwerp van de kansrijke oplossingsrichtingen en ook het onderzoek in twee rondes meer gedetailleerd (zie schematische weergave in Figuur 2-2).



Figuur 2-2 Proces van effectonderzoeken voor Programma VAWOZ

In de twee rondes worden de routes en locaties/ zoekgebieden verder uitgewerkt (o.a. ruimtebeslag) en wordt een beoordeling op effecten gedaan (zie hoofdstuk 5 voor het beoordelingskader). Volgend op Programma VAWOZ wordt per verbinding in een projectprocedure voor het ruimtelijk plan en vergunningen, het (technisch) ontwerp van de kansrijke oplossingsrichtingen verder uitgewerkt en wordt meer detailonderzoek (zoals veldonderzoek en berekeningen) gedaan.

Figuur 2-3 geeft een overzicht van de stappen in de mer-procedure en de bijbehorende planning.



Figuur 2-3 Planning en mer-procedure voor Programma VAWOZ

2.4 Participatie, inspraak en advies

2.4.1 Participatie

Waarom participatie?

Participatie is een belangrijke pijler in de Omgevingswet. Het doel van het participatieproces bij Programma VAWOZ is om samen met maatschappelijke organisaties, bewoners, het bedrijfsleven, en bestuursorganen tot breed gedragen oplossingsrichtingen te komen voor de aanlanding van wind op zee in de periode 2031-2040. Om zorgvuldige afwegingen te maken over de aanlanding van wind op zee is het belangrijk om omgevingsbelangen vroegtijdig mee te nemen. De gedachte hierachter en ervaring hiermee is dat samenwerking met de omgeving leidt tot betere projecten met meer draagvlak. Er is doorgaans betere aansluiting op de omgeving als belanghebbenden meedenken en gebiedskennis en ideeën worden aangedragen.

Het participatieplan

De manier waarop maatschappelijke organisaties, bewoners, bedrijven en bestuursorganen vroegtijdig betrokken worden bij het Programma VAWOZ wordt beschreven in [het voornemen en voorstel voor participatie](#) (maart 2023). De reacties op het voorstel voor participatie zijn betrokken bij het opstellen van de concept-NRD en zijn verwerkt in het participatieplan. Het [participatieplan](#) is opgesteld door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). Dit plan vormt de basis voor alle participatieactiviteiten gedurende de looptijd van het Programma VAWOZ.

Er wordt zowel op programmaniveau als op regionaal niveau participatie gevraagd. Op **programmaniveau** wordt informatie beschikbaar gesteld die voor alle stakeholders relevant is, ongeacht bij welke regio ze horen. Op **regionaal niveau** ligt de nadruk van participatie op interactie tussen en met verschillende partijen. Voor iedere regio zijn afspraken gemaakt over hoe het participatieproces eruit moet komen te zien en wie wanneer betrokken moet worden.

2.4.2 Participatie rondom de concept-NRD

In deze concept-NRD wordt een voorstel gedaan voor de te onderzoeken kansrijke oplossingsrichtingen en het beoordelingskader waarmee deze oplossingsrichtingen onderzocht gaan worden in de IEA/plan-MER. Bij het komen tot dit voorstel zijn diverse werkvormen en participatieactiviteiten ingezet. Het doel van deze activiteiten was om samen te bespreken welke routes en zoekgebieden (kansrijke oplossingsrichtingen) onderzocht moeten worden en om aandachtspunten, gebiedskennis, kansen en risico's op te halen. De volgende participatieactiviteiten hebben plaatsgevonden in de periode van maart 2023 tot en met januari 2024:

- Reactiemogelijkheid op het ter inzage gelegde document 'Voornemen en voorstel voor participatie'. In de [Nota van Antwoord Voornemen en voorstel voor participatie Programma VAWOZ 2031-2040](#) is aangegeven hoe wordt omgegaan met de ingediende reacties.
- Werksessies met omgevingspartijen over de routes en zoekgebieden. Het ontwerpproces wordt uitgebreid toegelicht in paragraaf 2.4.3. De verslagen van deze werksessie zijn te vinden op: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](#).
- Diverse een-op-een gesprekken met verschillende belanghebbenden.
- Focussessies over specifieke gebieden (waaronder de Maasvlakte in Zuid-Holland en het terrein van Tata Steel en Vattenfall in Noord-Holland) en over specifieke routes met knelpunten (waaronder de route naar 380kV-station Vijfhuizen).

- Ambtelijke en bestuurlijke overleggen in de regio's. In deze overleggen wordt regionale advisering t.b.v. de uiteindelijke besluitvorming voorbereid en worden voortgang, keuzes, aandachtspunten en dilemma's in de regio besproken.
- Informeren van de omgeving door middel van kennisgevingen, digitale nieuwsbrieven, webinars en website.

De opgehaalde informatie tijdens bovengenoemde participatieactiviteiten bestaat met name uit lokale aandachtspunten over beschermde waarden (bijvoorbeeld natuur of landschappelijke waarden), ruimtelijke ontwikkelingen (bijvoorbeeld voorgenomen kustversterking) en zorgen die er leven in de omgeving (bijvoorbeeld over geluidhinder). Op basis van de opgehaalde informatie tijdens deze participatiemomenten, zijn routes en zoekgebieden (kansrijke oplossingsrichtingen) aangepast en aangevuld. Ook is besloten dat sommige routes niet verder worden onderzocht. In het Groeidocument Kansrijke Oplossingsrichtingen is dit proces verder beschreven en zijn deze routes opgenomen (zie Bijlage B). Daarnaast is de informatie gebruikt bij het opstellen van het beoordelingskader (zie hoofdstuk 5) en wordt deze meegenomen bij het onderzoek in de IEA/plan-MER.

Nadat deze concept-NRD ter inzage is gelegd, kan iedereen gedurende een periode van 6 weken een reactie indienen via de formele inspraakprocedure (zie paragraaf 2.4.4 voor een nadere toelichting hierover). Er worden in deze periode regionale informatiebijeenkomsten georganiseerd waarin de regionale projectteams van Programma VAWOZ in gesprek gaan met de brede omgeving, waaronder bewoners en grondeigenaren. De informatiebijeenkomsten zijn onder andere bedoeld om toe te lichten de rol van een NRD in het IEA/plan-MER is, wat er onderzocht gaat worden en welke stappen er zijn gezet en nog gezet gaan worden. Tijdens de informatiebijeenkomsten kunnen mensen vragen stellen.

2.4.3 Ontwerpproces kansrijke oplossingsrichtingen

De ontwikkeling van kansrijke oplossingsrichtingen in het Programma VAWOZ gebeurt in een dynamisch ontwerpproces. Dit ontwerpproces wordt doorlopen met Rijkswaterstaat (RWS), TenneT, Gasunie, de provincies en andere (regionale) stakeholders, zoals gemeenten, milieuorganisaties en havenbedrijven. Op basis van de informatie die wordt verzameld, worden nieuwe ideeën uitgewerkt tot een alternatief, bestaande alternatieven aangepast, en minder kansrijke alternatieven niet verder onderzocht.

Op een aantal momenten in het proces van programma VAWOZ wordt een pas op de plaats gemaakt in het ontwerpproces. De alternatieven worden 'bevrozen' ten behoeve van het onderzoek. Dat gebeurt in ieder geval in de concept-NRD, en tussen ronde 1 en ronde 2 van het plan-MER/IEA-onderzoek.

In deze concept-NRD is vastgelegd welke oplossingsrichtingen verder worden onderzocht in ronde 1 van de plan-MER/IEA. Tot aan dat moment zijn de routes en zoekgebieden voor converterstations, aanlandingsstations en grootschalige elektrolyzers uitgewerkt op basis van interne werksessies en regiosessies met stakeholders.

Hierbij is gekeken of de oplossingsrichtingen interessant zijn om verder te onderzoeken, of er andere opties mogelijk zijn en wat de aandachtspunten, risico's en kansen bij de oplossingsrichtingen zijn. In deze periode zijn er ook oplossingsrichtingen afgevallen wanneer bij nadere detaillering bleek dat ze

niet haalbaar waren. Niet haalbaar betekent in dit geval technisch of ruimtelijk niet mogelijk. Het kan ook zijn dat is ingeschat dat een oplossingsrichting onvergunbaar is, bijvoorbeeld vanwege potentieel effect op Natura 2000-gebied. De ontwikkeling van de kansrijke oplossingsrichtingen is verder toegelicht in het Groeidocument Kansrijke Oplossingsrichtingen (zie Bijlage B). Van de regionale werksessie zijn verslagen gemaakt, deze zijn te vinden op de [website](#).

Het doel van de selectie van kansrijke oplossingsrichtingen in de NRD is om tot een brede set te onderzoeken alternatieven te komen. Belangrijk is dat er geen alternatieven terzijde worden gelegd die zowel haalbaar als onderscheidend zijn wat betreft de effecten op de fysieke leefomgeving. Het is namelijk een wettelijke vereiste om 'redelijke alternatieven' te onderzoeken in de milieueffect-rapportage. Ten alle tijde geldt dat de set alternatieven aan de doelstelling van het programma moet voldoen. Dit betekent dat er voldoende mogelijke verbindingen in beeld zijn, en dat deze goed zijn verdeeld over Nederland. Die verdeling is systeemtechnisch noodzakelijk want het energienetwerk moet de elektriciteit en waterstof kunnen transporteren naar de gebruikers zonder dat het net overbelast raakt.

In de eerste ronde van het IEA/plan-MER-onderzoek worden de alternatieven onderzocht op de thema's uit het beoordelingskader dat bestaat uit verschillende aspecten en beoordelingscriteria. Er wordt hierbij expliciet gekeken naar de effecten die het gevolg zijn van de aanleg (en gebruik/onderhoud) van een nieuwe verbinding, in combinatie met bestaande en toekomstige druk op de omgevingskwaliteit (cumulatie).

Bij afronding van de eerste ronde IEA/plan-MER is het mogelijk dat alternatieven niet verder worden meegenomen omdat ze op basis van het gedane onderzoek niet haalbaar blijken. Er zal ook gekeken worden of het mogelijk is om alternatieven die minder gunstig uit de beoordeling in de eerste ronde komen, verder buiten beschouwing te laten. Er moeten wel voldoende onderscheidende alternatieven overblijven om aan de doelstellingen van het programma te kunnen voldoen.

In ronde 2 van het IEA/plan-MER-onderzoek worden voor zover nodig alternatieven in meer detail onderzocht. Na ronde 2 wordt het programmadocument opgesteld. Hierin wordt de selectie van de meest kansrijke alternatieven vastgelegd, het gaat om de keuze van de minister voor de verbindingen die verder ontwikkeld gaan worden in de projectprocedure. Er wordt hierbij gestreefd om te komen tot één verder te ontwikkelen alternatief per beoogde verbinding. Hierbij neemt de minister naast de IEA/plan-MER ook de adviezen uit de regio in overweging.

2.4.4 Inspraakprocedure concept-NRD

Deze concept-NRD wordt ter inzage gelegd en iedereen kan hierop een reactie indienen. Zie voor de inspraaktermijn en de andere relevante informatie de kennisgeving bij deze notitie. Reacties kunnen worden ingediend bij Bureau Energieprojecten van het ministerie van EZK. Bureau Energieprojecten ontvangt uw zienswijzen bij voorkeur digitaal. De link daarvoor wordt gedurende de ter inzagelegging geplaatst op de webpagina <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/vawoz-2031-2040>.

2.4.5 Wettelijke adviseurs

De Commissie m.e.r. wordt om advies gevraagd over het detailniveau en de reikwijdte van het op te stellen IEA/plan-MER. Dit advies wordt gepubliceerd en kan leiden tot aanvullingen en aanpassingen in de aanpak van het IEA/plan-MER. Nadat de IEA/plan-MER is opgesteld, wordt hierover weer een advies aan de Commissie m.e.r.

Tijdens de mer-procedure wordt advies ingewonnen bij een aantal wettelijke adviseurs, namelijk de minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) of een aangewezen bestuursorgaan. De wettelijke adviseurs worden betrokken worden bij de NRD en de IEA/plan-MER.

De concept-NRD wordt definitief vastgesteld door de minister voor Klimaat en Energie. De ontvangen reacties, het advies van de Commissie m.e.r. en adviezen uit onder andere het bestuurlijk overleg worden bij vaststelling van de concept-NRD meegenomen.

3 Toelichting onderdelen elektrische en waterstofverbindingen

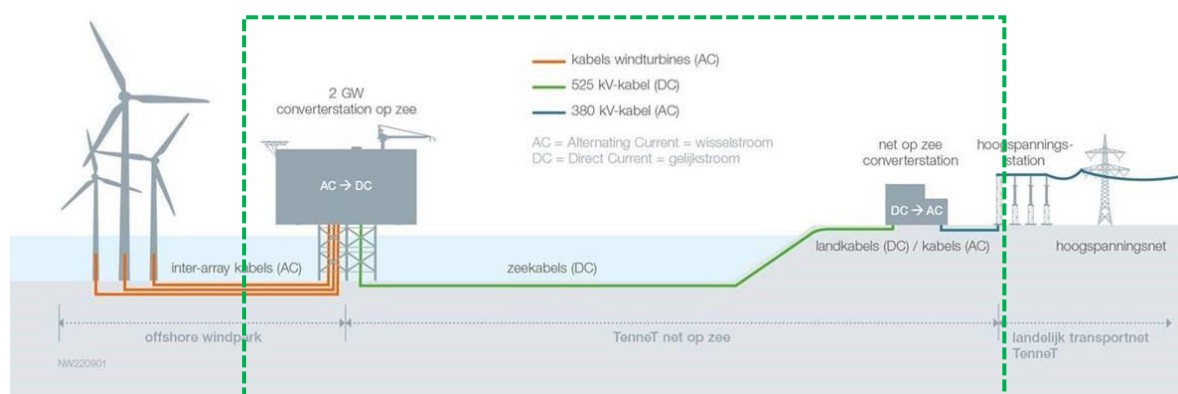
3.1 Inleiding

Het Programma VAWOZ kijkt naar het aan land brengen van windenergie op zee in de vorm van elektriciteit en waterstof. Voor transport van windenergie in de vorm van waterstof is elektrolyse op zee nodig. Elektrolyse op zee wordt niet binnen het Programma VAWOZ onderzocht.⁶ Het Programma VAWOZ onderzoekt wel kansrijke locaties voor grootschalige elektrolyse op land. In de volgende paragrafen wordt toegelicht welke onderdelen nodig zijn (op zee en op land) voor elektrische verbindingen, waterstofverbindingen en elektrolyse op land. Een gedetailleerde uitwerking van deze onderdelen staat in de het Groeidocument Kansrijke Oplossingsrichtingen (zie Bijlage B).

3.2 Elektriciteitsverbinding

Figuur 3-1 en Figuur 3-2 geven schematisch weer hoe de verbinding van een offshore windpark tot en met het landelijke hoogspanningsnet eruitziet. Dit wordt ook wel een 'net op zee' genoemd. De groene omkadering geeft de scope van het Programma VAWOZ aan. Het net op zee bestaat uit de volgende onderdelen:

- AC of DC-converterplatform op zee⁷.
- Ondergrondse AC/DC kabels op zee en op land.
- Converter-/transformatorstation op land⁸.
- Aansluiting op een 380kV-hoogspanningsstation (of 150kV voor een 700MW-verbinding vanuit HKW-8).

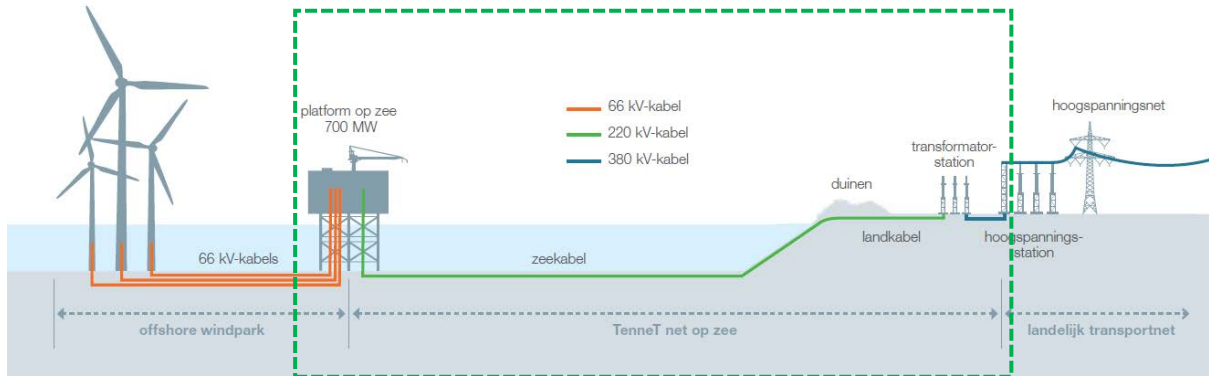


Figuur 3-1 Onderdelen elektrische verbinding van een 2GW-gelijkstroomverbinding

⁶ De effecten van waterstof productie op zee worden niet binnen het Programma VAWOZ onderzocht omdat er nog veel onzekerheden zijn over hoe waterstof op zee wordt geproduceerd en over de locaties van waterstofproductie op zee.

⁷ Er zijn twee varianten mogelijk voor het kabelsysteem: een wisselstroomverbinding (oftewel alternating current, AC) en een gelijkstroomverbinding (oftewel direct current, DC). Als het kabelsysteem een lengte heeft van circa 100 km of meer, is het om meer redenen voordeliger om met een DC-kabel aan te landen. In Programma VAWOZ is het uitgangspunt dat een wisselstroomverbinding een capaciteit van 700 MW heeft, en een gelijkstroomverbinding een capaciteit van 2 GW.

⁸ Binnen Programma VAWOZ wordt het uitgangspunt gehanteerd dat een converter-/transformatorstation op land op maximaal 6 km afstand ligt van het 380kV-hoogspanningsstation waarop wordt aangesloten.

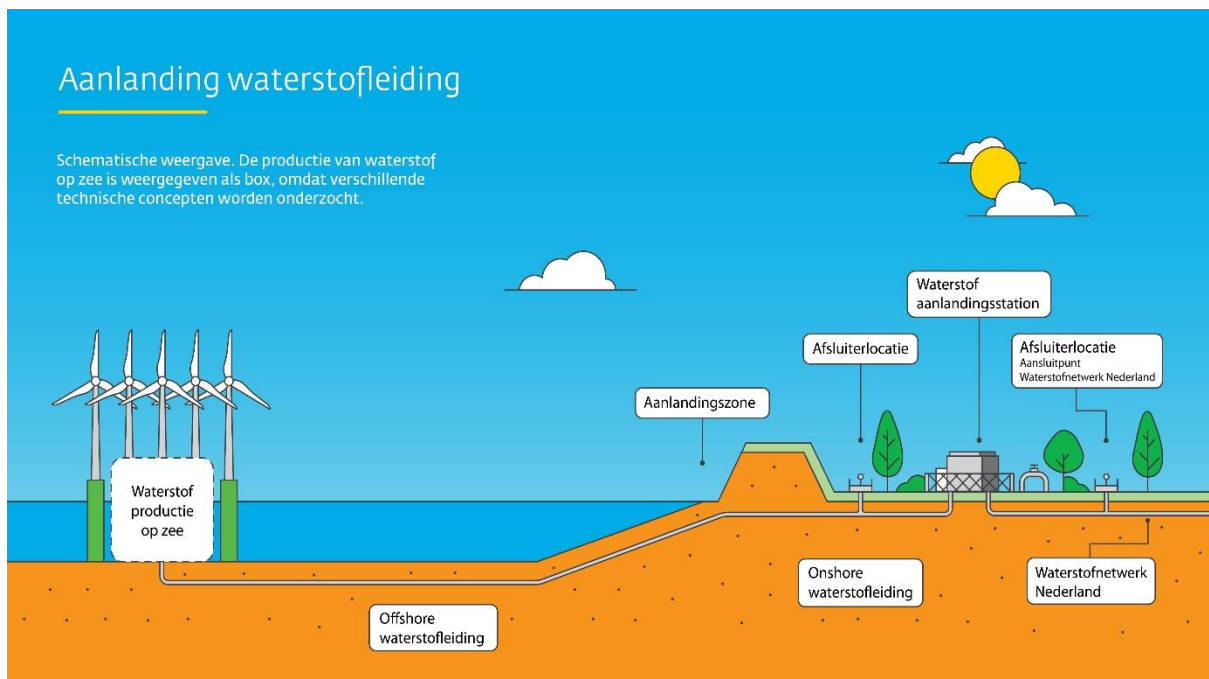


Figuur 3-2 Onderdelen elektrische verbinding van een 700MW-wisselstroomverbinding

3.3 Waterstofverbinding

Figuur 3-3 geeft schematisch weer hoe de verbinding van een offshore windpark tot en met het landelijke waterstofnetwerk eruit zou kunnen zien. Het waterstofconcept bestaat uit de volgende onderdelen:

- Waterstofproductie op zee (buiten scope Programma VAWOZ).
- Ondergrondse waterstofleidingen op zee en op land.
- Afsluiterlocatie op land direct na de zeewering.
- Aanlandingsstation waterstof op land.

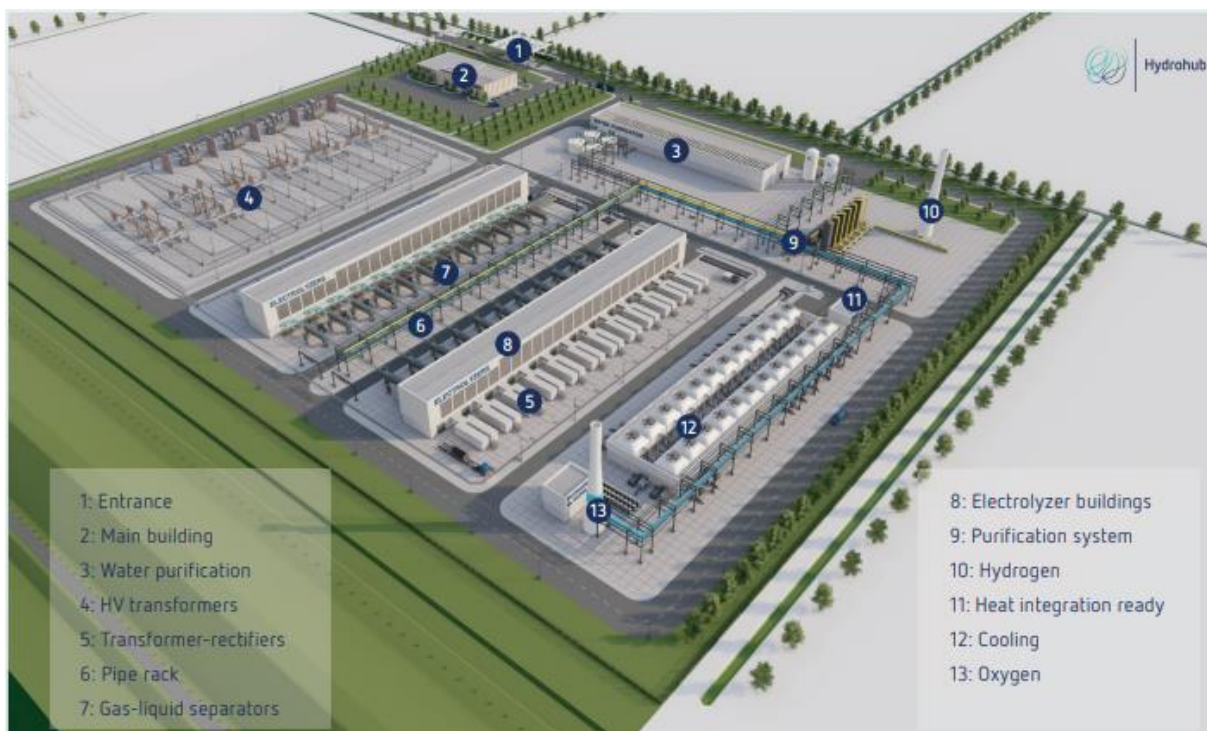


Figuur 3-3 Onderdelen waterstofverbinding

3.4 Grootschalige elektrolyzers op land

Naar aanleiding van conclusies uit het PEH (zie paragraaf 1.3.1) wordt binnen Programma VAWOZ onderzoek gedaan naar kansrijke locaties voor elektrolyzers nabij aansluitlocaties op land.

Het uitgangspunt voor het Programma VAWOZ 2031-2040 is dat de grootschalige elektrolyzers op dezelfde 380kV-hoogspanningsstations worden aangesloten als waar een converterstation op wordt aangesloten. Er is dan geen directe relatie tussen een converterstation (dus de verbinding wind op zee) en een elektrolyser. Figuur 3-4 Figuur 3-4 geeft een impressie hoe een grootschalige elektrolyse installatie (in dit geval 1 GW) eruit zou kunnen zien.⁹



Figuur 3-4 Impressie 1 GW grootschalige elektrolyse-installatie op land (bron: Institute for Sustainable Process Technology)

De totale oppervlakte van een 1 GW elektrolyser kan oplopen tot 20 hectare (ha). Indien randvoorwaarden zoals elektriciteit en zoetwater aanwezig zijn, kan dit minder zijn. Dat zit als volgt:

- Volgens het PEH neemt een elektrolyser van 1 GW ongeveer 10 ha in beslag. Daarnaast heeft een elektrolyser elektriciteit en zoetwater nodig. Dit zijn randvoorwaarden. Indien deze niet aanwezig zijn, zullen hier faciliteiten voor gebouwd moeten worden. Dit kost extra grond. Zo kost een transformatorstation om tot de juiste spanning te komen circa 5 – 6 ha.
- Indien daar een ontziltingsinstallatie om van zoutwater zoetwater te maken bij moet komen, kan het totale grondgebruik van een 1 GW elektrolyser oplopen tot circa 20 ha.

Programma VAWOZ brengt voor de periode na 2031 in beeld wat kansrijke locaties voor grootschalige elektrolyse zijn. Kansrijke locaties uit Programma VAWOZ zijn te zien als een aanvulling

⁹ <https://ispt.eu/media/Public-report-gigawatt-advanced-green-electrolyser-design.pdf>

en/of verdieping op de voorkeursgebieden uit het PEH. Detailstudies voor kansrijke locaties vinden niet in Programma VAWOZ plaats, maar in ruimtelijke procedures volgend op het programma.

Voor de elektrische aansluitlocaties in Programma VAWOZ wordt in de IEA/plan-MER verkend in hoeverre inpassing van grootschalige elektrolyse kansrijk is. Daarbij wordt o.a. rekening gehouden met:

- Hoe een elektrolyser past in het energiesysteem (vraag, aanbod, transport).
- Hoe de omgeving tegenover een mogelijke komst van een elektrolyser staat.
- Wat mogelijke milieueffecten van een elektrolyser zijn.
- Wat een elektrolyser betekent voor economische ontwikkelingen in een gebied.
- Hoe een elektrolyser past in mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

Daarnaast dient ten behoeve van de vraag van elektrolysers naar zoetwater (voor productie en koeling) in de nabijheid groot oppervlaktewater¹⁰, beschikbaar te zijn om gebruik van grondwater of drinkwater te voorkomen. De locatiebepaling van een elektrolyser zal (net als de onderdelen van de net op zee-verbinding) met inachtneming gaan van de richtlijnen [water en bodem sturend](#). Parallel aan Programma VAWOZ doet het ministerie van Economische Zaken en Klimaat - in samenwerking met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat - onderzoek naar de relatie tussen zoetwaterbeschikbaarheid en elektrolyse. De resultaten van het onderzoek worden eind eerste kwartaal 2024 verwacht en gedeeld met Programma VAWOZ. Deze informatie kan van invloed zijn op welke locaties voor grootschalige elektrolysers als kansrijk worden beschouwd. In theorie zou de behoefte aan zoetwater kunnen betekenen dat er een ontziltingsinstallatie bij de elektrolyser moet komen. Dit onderzoek wordt eind eerste kwartaal 2024 opgeleverd.

¹⁰ Waaronder de zee, dit vraagt om een ontziltingsinstallatie.

4 Ontwikkeling kansrijke oplossingsrichtingen

4.1 Inleiding

In de paragrafen hierna zijn per regio de kansrijke oplossingsrichtingen beschreven. Paragraaf 2.4.3 bevat de toelichting op het ontwerpproces met Rijkswaterstaat (RWS), TenneT, Gasunie, de provincies en andere (regionale) stakeholders, zoals gemeenten, milieuorganisaties en havenbedrijven waarmee gekomen is tot het voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen.

Elke paragraaf volgt dezelfde structuur:

- Eerst wordt de bandbreedte van het aantal verbindingen dat (nettechnisch) kan aanlanden in de regio benoemd.
- Daarna volgt een selectie van aandachtspunten vanuit de stakeholders die zijn betrokken bij de ontwikkeling van de kansrijke oplossingsrichtingen.
- Vervolgens worden de kansrijke oplossingsrichtingen beschreven.

4.2 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noordzee

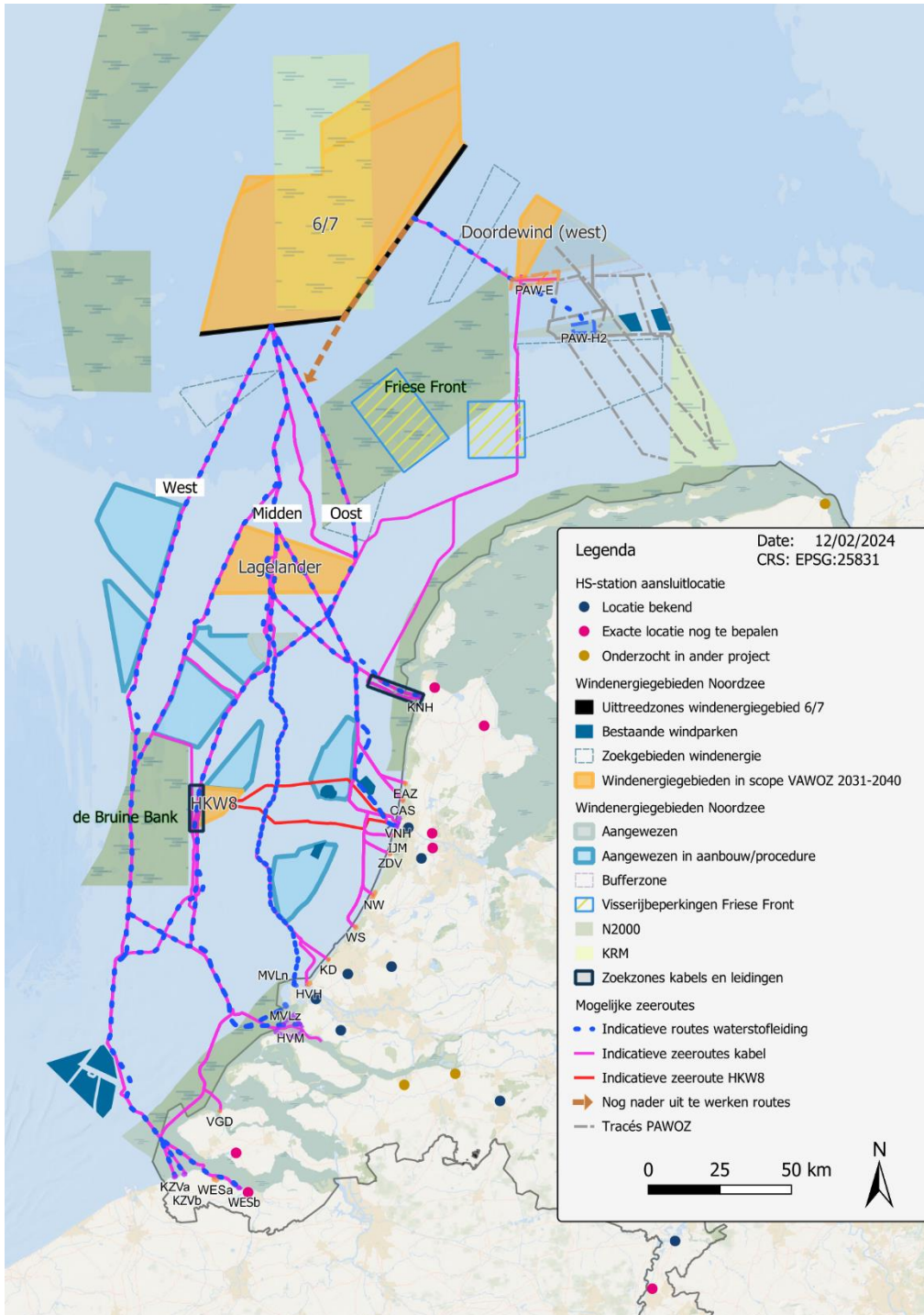
4.2.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

Binnen het Programma VAWOZ wordt gezocht naar ruimte voor grofweg tien elektrische en twee waterstofverbindingen. Verdeling van de verbindingen vanuit de windenergiegebieden is als volgt:

- Zoekgebied 6/7: zes tot zeven elektrische verbindingen, twee waterstofverbindingen.
- Lagelander: een tot twee elektrische verbindingen.
- HKW8 (Hollandse Kust West 8): een elektrische verbinding.
- Doordewind (west): een elektrische verbinding.

Gezien de transportcapaciteit van de waterstofleidingen (10-15 GW_{H2} per leiding), wordt voor het traceren van leidingen alleen gekeken naar zoekgebied 6/7. Eventueel is het mogelijk om vanuit andere windenergiegebieden op de leidingen aan te takken. In het EIPN is ook gekeken welke opties er zijn voor het hergebruik van leidingen. Een nadere uitwerkingsslag op deze opties voor hergebruik is nodig en de resultaten uit dat onderzoek worden meegenomen in de integrale afweging voor Programma VAWOZ. Zie ook paragraaf 1.3.1.

Voor de regio Noordzee zijn de te onderzoeken routes ontworpen vanuit de windenergiegebieden naar de verschillende aanlandingszones en naar het demarcatiepunt met het programma PAWOZ-Eemshaven⁵. De kaart in Figuur 4-1 geeft het overzicht van de kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische (parse en rode lijnen) en de waterstofroutes (blauwe stippellijnen) op de Noordzee.



Figuur 4-1 Routes voor waterstof en elektriciteit regio Noordzee

4.2.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders regio Noordzee

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden.

Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten¹¹:

- Ecologische effecten, waaronder het doorkruisen van de Natura 2000-gebieden Voordelta, de Bruine Bank en het toekomstige Natura 2000-gebied Hollandse Kust.
- De minister van Landbouw, Natuur en Voedselvoorziening bereid zich voor om de bodembeschermingsgebieden binnen Natura 2000-gebied Voordelta anders in te richten, in verband met de natuurcompensatie voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte in 2008. Ook bereid zij zich voor om een extra natuurgebied boven de Maasmond aan te wijzen.¹² Op dit moment lijkt het erop dat kabels en leidingen in deze gebieden worden toegestaan.
- Er is een Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee¹³. In relatie tot het afwegingskader zijn werkafspraken gemaakt om 1 nautische mijl (NM) vrij te houden vanaf scheepvaartroutes. Op specifieke knelpunten is maatwerk mogelijk.
- Veiligheidszones rondom windparken mogen in principe niet worden benut voor kabels en leidingen. Maatwerk is mogelijk. In geval van maatwerk moet minimaal 150 meter vanaf de buitengrens van het windpark worden vrijgehouden.
- Specifiek aandachtspunt is het doorkruisen met kabels van drukke gebieden op zee zoals de centrale geul richting IJmuiden en het gebied rond de Maasvlakte.
- Voor de kustzone Maasvlakte raakt de fysieke ruimte om aan te landen vol, zowel ten noorden als ten zuiden van de kustzone. Dit speelt vooral in de aanlandingszones en de beperkte ruimte verder weg te komen voor de routes op land. Echter is ook de ruimte op zee beperkt.
- Er is een knelpunt aan de westkant van HKW8. Er is hier geen ruimte meer tussen de scheepvaartroute en de 150 meter buffer van windenergiegebied HKW8. Binnen Programma VAWOZ zullen opties onderzocht worden buiten de huidige uitgangspunten voor de routing. Daarbij wordt gekeken naar een route binnen de 1NM t.o.v. de scheepvaartroute, een route op de rand van het windenergiegebied waardoor dit gebied kleiner zal worden of een route door het windenergiegebied. Dit wordt gedaan in afstemming met de verantwoordelijke personen voor de inrichting van het windenergiegebied binnen het ministerie van EZK.

¹¹ Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Het kan gaan om opvattingen, stellingnames en niet (altijd) geverifieerde informatie van stakeholders. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://open.overheid.nl/documenten/e701e4ed-3bd4-4bf0-a11b-a83c860fa0be/file)

¹² <https://open.overheid.nl/documenten/e701e4ed-3bd4-4bf0-a11b-a83c860fa0be/file>

¹³ Het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/scheepvaart/@167518/afwegingskader-veilige-afstanden-tussen/>

- Ten noordwesten van windenergiegebied Doordewind (west) is een clearway voor scheepvaart (SN10) beoogd. Deze wordt opgenomen in de Partiële Herziening van het Programma Noordzee.
- Een aantal routes loopt door morfologisch zeer dynamisch gebied, waaronder de Westerschelde en de kustzone bij Noord-Holland Noord.
- Vergunde en potentiële zandwingebieden dienen zoveel mogelijk gevrijwaard te blijven van nieuwe kabels en leidingen.
- Mogelijk ontstaat in de toekomst ruimte door weghalen van kabels van oudere windparken op zee. Deze liggen echter in strategische gebieden voor zandwinning, waardoor de vrijkomende ruimte voor nieuwe verbindingen beperkt beschikbaar zal zijn.
- De gebieden waar nu en in de toekomst een schaarse zandvoorraad is, moeten gevrijwaard blijven van nieuwe kabels en leidingen. Dit zijn: de kust tussen Katwijk en Egmond, de kust voor Texel, Vlieland en Terschelling, de kust voor Walcheren en de Kop van Schouwen.
- Aanlanding bij Wateringen is een aandachtspunt vanwege de zandmotor. Omdat daar de werking van de zandmotor wordt gemonitord en dit niet doorbroken mag worden, moet hier onderdoor geboord worden.
- Een route voor een kabel vanuit Doordewind (west) door prioritaire zandwinzone voor de kust is alleen een optie wanneer de bestaande gasleiding die hier ligt hergebruikt kan worden voor waterstof. De DC-kabel kan dan parallel aan de bestaande leiding gelegd worden, waardoor de impact voor zandwinning gering is. Als de gasleiding niet hergebruikt kan worden zal deze verwijderd worden en dit gebied voor zandwinning nodig zijn.

4.2.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes Noordzee

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen, oftewel de routes en zoekgebieden op hoofdlijnen die onderzocht gaan worden in de IEA/plan-MER. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

Zoekgebied 6/7

De indeling van zoekgebied 6/7 is nog niet bekend. In het kader van de Partiële Herziening van het Programma Noordzee 2022-2027 (zie ook paragraaf 1.3.1) wordt een aanzet voor deze indeling gedaan. Deze landen uiteindelijk in de kavelbesluiten voor het gebied. Voor het ontwerpen van de routes hanteert Programma VAWOZ als aanname een zuidelijk en een oostelijk uittredepunt binnen een bredere uittredezone. Deze bevinden zich grofweg in het midden van de zuidkant en oostkant van de uittredezone van het zoekgebied 6/7. De aanname voor het onderzoek is voorlopig dat er aan de oostelijke en zuidelijke randen in het zoekgebied een zone komt voor een kabel – en leidingencorridor. Op deze manier is het mogelijk om vanuit de uittredepunten een kabel of waterstofverbinding door te trekken naar een toekomstig energiehub en of platform elders in gebied 6/7.

Er lopen vanuit de zuidkant van zoekgebied 6/7 een westelijke, oostelijke en middenroute naar alle aanlandingszones en vanuit de oostkant van zoekgebied 6/7 loopt een route naar het demarcatiepunt met PAWOZ-Eemshaven. De route naar PAWOZ-Eemshaven loopt vanaf zoekgebied 6/7 oostelijk richting het demarcatiepunt ten zuiden van windenergiegebied Doordewind (west). Vanaf dit demarcatiepunt wordt de route verder uitgewerkt en onderzocht door PAWOZ-Eemshaven. Mogelijk wordt er ook nog een route onderzocht vanuit de oostelijke uittredezone naar het zuiden, een toelichting is te vinden in onderstaand tekstkader.

Route vanuit oostelijke uitbreidingszone van zoekgebied 6/7 naar zuidelijke routes

Vanaf de oostelijke uitbreidingszone van zoekgebied 6/7 wordt nog gezocht naar een route die aansluit op de routes vanuit de zuidkant van het zoekgebied. Daarbij is voor nu de aanname dat er een kabel- en leidingencorridor in het zoekgebied 6/7 komt. Wanneer meer informatie over de gebiedsindeling bekend wordt binnen de PH van Programma Noordzee, zullen (delen van) de routes hierop aangepast worden en binnen het gebied verder worden uitgewerkt. De indicatieve ligging van deze route is op de kaart aangeduid met de pijl vanuit het oostelijke uitbreidingspunt naar het zuiden. Deze route wordt de komende tijd verder uitgewerkt met betrokken partijen in de regio Noordzee.

De westelijke route loopt tussen windenergiegebied Nederwiek en de scheepvaartroute en kruist het Natura 2000-gebied de Bruine Bank. Deze route loopt zuidwaarts door tot de aanlandingszones in Zeeland en buigt oostelijk af naar aanlandingszones Maasvlakte (zuid) en Haringvlietmonding. Daarnaast is er een alternatief dat vanuit de middenroute langs de westkant van Lagelander en IJmuiden Ver aansluit op de westelijke route. **De middenroute** gaat door windenergiegebied Lagelander en loopt vervolgens langs de zuid/oostkant van IJmuiden Ver en daarna ten westen van windenergiegebied Hollandse Kust West naar zuidelijke aanlandingszones. Bij HKW8 is er daarnaast een alternatief door het toekomstige windpark opgenomen. **De oostelijke route** heeft twee alternatieven waarvan er een door het Friese Front gaat. De route door Friese Front is opgenomen als alternatief om het drukke gebied boven Lagelander te vermijden. Daarna gaat de route oostelijk langs Lagelander met aftakkingen richting de aanlandingszone Noord-Holland Noord en de route heeft aftakkingen ten oosten van de windenergiegebieden Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) (HKN-HKwA) richting de aansluitzones in Noord-Holland en Zuid-Holland. Daarna loopt deze route verder door naar de aanlandingszones Noordwijk, Wassenaar, Kijkduin en Hoek van Holland in Zuid-Holland. Tussen de drie 'hoofdroutes' zijn onderlinge verbindingen mogelijk waardoor andere alternatieven ontstaan.¹⁴

Lagelander

Vanuit Lagelander lopen routes naar de aanlandingszones Kop van Noord-Holland, Egmond aan Zee en Castricum. Of dit AC (alternating current/wisselstroom)- of DC (direct current/gelijkstroom)-verbindingen worden, is afhankelijk van de uiteindelijke indeling van het windenergiegebied en daarmee het totale opgestelde vermogen wat hier mogelijk is naast de andere activiteiten zoals gaswinning. Dit wordt onderzocht in het kader van de Partiële Herziening van het Programma Noordzee. De aanlandingszones en het laatste deel van de routes naar Egmond aan Zee en Castricum zijn deels gebaseerd op tracéalternatieven uit het MER gemaakt voor Net op zee HKN-HKwA.

HKW-8

Vanuit windenergiegebied HKW-8 zijn er twee routes voor AC-verbindingen (maximale lengte van 100 km) naar aanlandingszone Velsen-Noord – Heemskerk. De zuidelijke route vanuit HKW-8 ligt gedeeltelijk parallel aan de IJgeul. De routes zijn deels gebaseerd op tracéalternatieven uit de MER- en gemaakt voor de Netten op zee HKN-HKwA en Hollandse Kust west Beta (HKwB).

¹⁴ Dit gebeurt van de westelijke route naar de middenroute in de corridor tussen IJmuiden Ver en ten zuiden van windenergiegebied IJmuiden Ver en ten zuiden van de verkeersbaan richting de Maasvlakte. Ten zuiden van windenergiegebied Lagelander is een verbinding tussen de middenroute en de oostelijke route. Onder de Bruine Bank is een verbinding tussen de middenroute en de westelijke route door de 'Maas approach'.

Doordewind (west)

Vanuit windenergiegebied Doordewind (west) zijn er twee routes naar de aanlandingszone Kop van Noord-Holland. Een route loopt ten oosten van Friese Front voor de kust langs Noord-Holland Noord. De andere route loopt ten oosten van Friese Front en buigt af naar het westen via de separatiezone tussen de scheepvaartroutes richting de routes vanaf 6/7 langs Lagelander en vervolgens via dezelfde route als de oostelijke route uit 6/7 richting de Kop van Noord-Holland. Deze routes zijn alleen in beeld voor DC-kabels en niet voor waterstofleidingen.

4.2.4 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstofroutes Noordzee

Waterstofroutes lopen vanaf de oostkant van zoekgebied 6/7 naar het demarcatiepunt PAWOZ-Eemshaven (met mogelijke aansluiting met het demonstratieproject Ten Noorden van de Wadden). Het demarcatiepunt voor een waterstofroute ligt zuidelijker dan het demarcatiepunt voor de elektrische route. Binnen PAWOZ wordt een route voor een waterstofbuisleiding naar een toekomstig demonstratieproject voor waterstof in windenergiegebied 'Ten noorden van de Waddeneilanden' onderzocht. Het is daarom logisch om een route voor een waterstofleiding te onderzoeken tot in dit windenergiegebied. Op dit moment is er nog geen precieze locatie bekend voor het platform. De komende tijd zal dit nog verder onderzocht worden. Deze informatie zal vervolgens meegenomen worden in een preciezer demarcatiepunt en de impact daarvan op de routes.

Daarnaast lopen waterstofroutes vanaf de zuidkant van zoekgebied 6/7 naar de aanlandingszones Kop van Noord-Holland, Noordzeekanaalgebied, Maasvlakte/Haringvlietmonding en Terneuzen. Parallel aan de elektrische routes, worden voor waterstof grofweg een westelijke, midden en oostelijke route onderzocht met weer verschillende varianten nabij de aanlandingen. Voor waterstof loopt er ook nog een route van de oostelijke route naar de noordkant van de Tweede Maasvlakte.

4.3 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noord-Holland Noord

4.3.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem¹⁵ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om naar maximaal vier elektrische verbindingen van 2 GW te kijken in Programma VAWOZ met aansluiting in Noord-Holland (regio Noord-Holland Noord plus regio Noord-Holland Zuid). Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

Er is een verband tussen elektrische aansluiting in Noord-Holland Noord en in Noord-Holland Zuid, aangezien een groot deel van de elektriciteit die in Noord-Holland Noord aanlandt via het hoogspanningsnet in Noord-Holland Zuid doorgevoerd wordt richting de rest van Nederland. Hoe meer elektrische aansluiting plaatsvindt in Noord-Holland Noord, hoe minder mogelijk is in Noord-Holland Zuid en vice versa.

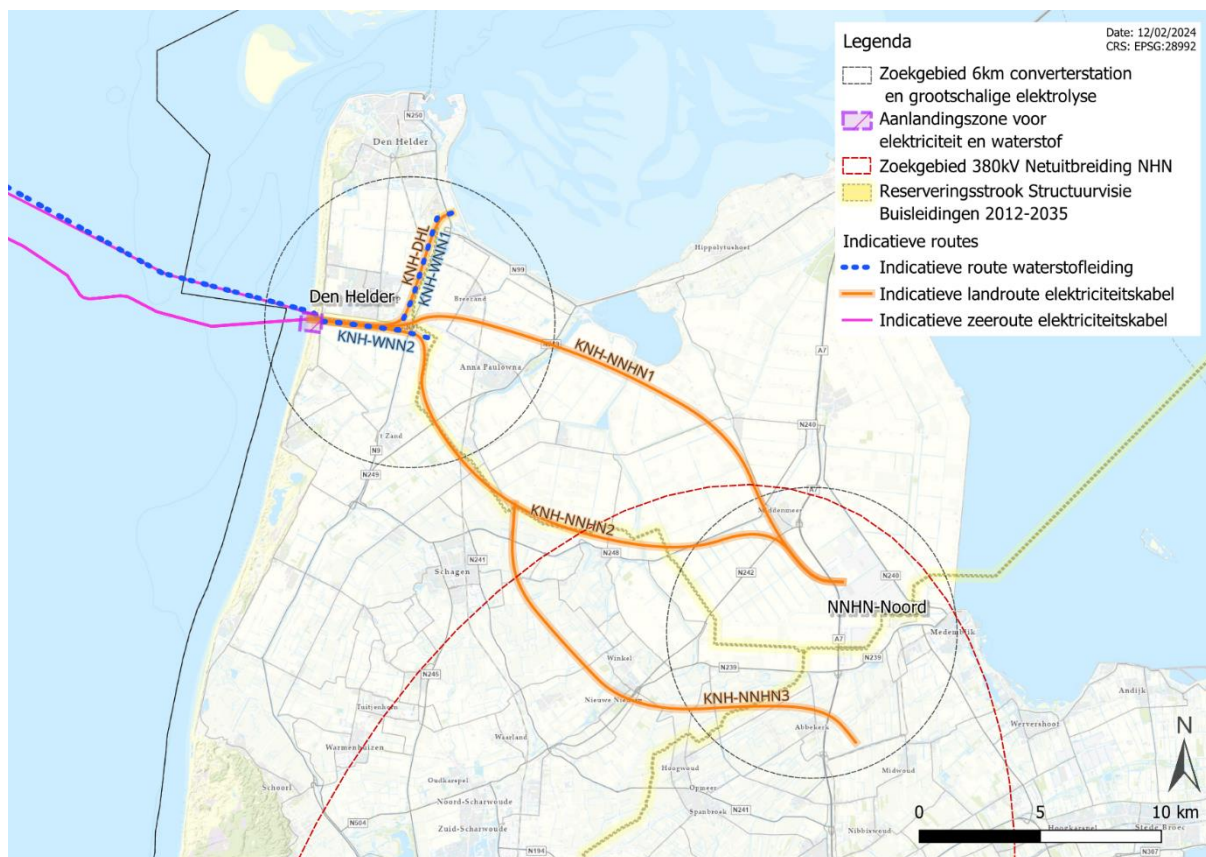
¹⁵ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

In Noord-Holland wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal twee waterstofverbindingen.

Samenhang 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord

Een elektrische verbinding naar Noord-Holland Noord moet aansluiten op een nieuw te bouwen 380kV-station. De uitbreiding van het 380kV-hoogspanningsnet naar de kop van Noord-Holland wordt onderzocht in het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN). De procedure is onlangs opgestart. Wanneer er windenergie wordt aangeland in Noord-Holland Noord moet deze bovengrondse hoogspanningsverbinding worden verdubbeld (van 2 circuits naar 4 circuits). In het project 380kV Netuitbreiding Noord Holland Noord worden daarom de mogelijkheden voor en effecten van twee circuits en vier circuits onderzocht. Als binnen het Programma VAWOZ blijkt dat een elektrische aanlanding in Noord-Holland Noord kansrijk is, kan in het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord definitief besloten worden dat er een vier-circuits verbinding nodig is.

In Figuur 4-2 staan de kansrijke elektrische en waterstofroutes in Noord-Holland Noord. De aanlandingszone ten zuiden van Julianadorp is gekozen omdat de duinenrij en daarmee het Natura 2000-gebied hier relatief smal is en de morfologische dynamiek van de Noordzeekustzone relatief beperkt. De routes lopen vanaf de aanlandingszone naar twee mogelijke aansluitlocaties, Den Helder en een zoekgebied rondom en ten zuiden van 150kV-station Middenmeer. Voor dit laatste zoekgebied wordt de exacte ligging van het nieuwe 380kV-station vastgesteld in het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord.



Figuur 4-2 Elektrische en waterstofroutes in Noord-Holland Noord

4.3.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders Noord-Holland Noord

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden. Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten¹⁶:

- Aanlanding van waterstof in Den Helder biedt kansen voor hergebruik van leidingen en past bij de ambitie van de regio als Hydrogen Valley/energiehub. Ook wil men graag de aanlanding van elektriciteit nabij Den Helder onderzocht hebben.
- Het is nog onzeker of de omvang van de elektriciteits- en waterstofvraag nabij Den Helder voldoende aanleiding is voor een elektrische aanlanding inclusief nieuw 380kV-station en bovengrondse netuitbreidingen. Het station is (voorlopig) niet opgenomen in de investeringsplannen van TenneT.
- Er is samenhang met de 380kV Netuitbreiding NHN, want er wordt aansluiting gezocht op het toekomstige 380kV-station Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Noord nabij Agriport. Er zijn bij de locatiekeuze voor dit 380kV-station diverse kanttekeningen die zijn voorgelegd in de procedure van het vaststellen van het voornemen en voorstel voor participatie netuitbreiding 380 kV Netuitbreiding NHN via een brief van de Gedeputeerde Staten in juli 2023. De noodzaak om de netcongestie op te lossen wordt door zowel de provincie als de gemeente onderschreven. Echter stelt het huidige college van Hollands Kroon dat recentelijke grootschalige ontwikkelingen in de Wieringermeer niet of nauwelijks hebben bijgedragen aan de brede welvaart van haar inwoners. Bij afweging over nieuwe grootschalige ontwikkelingen zal dit veel beter in samenhang moeten worden gezien.
- Als het toekomstig energiesysteem ordenend wordt in plaats van faciliterend (conform het NPE), dan is het logisch om de energievoorzieningen te realiseren waar ook toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen moeten plaatsvinden. Verschillende partijen, waaronder het waterschap, natuur- en milieuorganisaties, lokale bewonersorganisaties, de gemeente Hollands Kroon en de provincie Noord-Holland vinden de aantrekkende werking van industrie die een aanlanding bij Agriport kan hebben niet wenselijk.
- De landschappelijke effecten van de realisatie van een converterstation, grootschalige elektrolyse en netuitbreiding.
- Houd rekening met de Kamerbrief Water en bodem sturend (IenW/BSK-2022/283041, d.d. 25-11-2022). Rondom Agriport betekent dit dat rekening gehouden moet worden met het relatief hoge overstromingsrisico van de diepe polder, de droogteproblematiek die nu al speelt en (compensatie van) toename van verharding. Bovendien blijft de omgeving van Agriport op langere termijn juist geschikt voor landbouw. De Wieringermeer is voor Nederlandse (en internationale) begrippen zeer goede landbouwgrond. Volgens de gemeente moet de agrarische functie behouden blijven.
- De gemeente Hollands Kroon wil de ruimte op de bedrijventerreinen (nabij Agriport en nabij Den Helder) niet gebruiken voor energie-infrastructuur.

¹⁶ Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Het kan gaan om opvattingen, stellingname en niet (altijd) geverifieerde informatie van stakeholders. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://www.vawoz.nl/Programma-Verbindingen-Aanlanding-Wind-Op-Zee-(VAWOZ)-2031-2040-(rvo.nl))

- Houd rekening met de windturbines in het agrarisch gebied rond Agriport en de zonnepanelen die mogelijk langs de A7 komen te liggen in het kader van het Programma Opwerk Energie op Rijksvastgoed (OER).
- Een 380kV-hoogspanningsstation nabij Den Helder moet worden verbonden met het 380kV-hoogspanningsnet. Dit tracé wordt niet binnen Programma VAWOZ onderzocht, maar t.z.t. door middel van een eigen studietraject.

4.3.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse in Noord-Holland Noord

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen, oftewel de routes en zoekgebieden op hoofdlijnen die worden onderzocht in de IEA/plan-MER. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

Den Helder

In Den Helder is momenteel geen 380kV-station waarop kan worden aangesloten en plannen hiervoor zijn ook niet opgenomen in het huidige investeringsplan van TenneT. Toch is op verzoek van de regio gekeken naar mogelijke kansrijke oplossingen voor een elektrische verbinding naar Den Helder. Voor aansluiting op een mogelijk toekomstig 380kV-station in Den Helder is één route in beeld: **Kop van Noord-Holland (KNH)-Den Helder (DHL)**. Vanaf de aanlandingszone volgt deze de reserveringsstrook voor buisleidingen richting Den Helder, eindigend bij bedrijventerrein Oostoever. Omdat een zoekgebied/ de locatie van een mogelijk toekomstige 380kV-station nog niet bekend is, is het vooralsnog niet zinvol meerdere routes te onderzoeken.

Mogelijk nieuw 380kV-station Den Helder en aansluiting op hoogspanningsnet

De omgeving van Den Helder is niet opgenomen in het zoekgebied van 380kV Netuitbreiding NHN. Er zijn geen concrete plannen voor een 380kV-station bij Den Helder, maar deze locatie is ingebracht door de regio. Voor een mogelijke elektrische aansluiting nabij Den Helder lopen gesprekken tussen EZK en de regio om in beeld te brengen of er voldoende energievraag of andere redenen en daarmee aanleiding is om een (aansluiting op een) nieuw 380kV-station in de omgeving van Den Helder te onderzoeken. Een nieuw 380kV-station Den Helder betekent ook dat er een bovengrondse 380kV-verbinding moet komen tussen Den Helder en de nieuwe 380kV-verbinding Noord-Holland Noord. Dit tracé voor een bovengronds hoogspanningsnet wordt niet binnen VAWOZ maar te zijner tijd door middel van een eigen traject nader onderzocht.

De locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het gebied ten zuiden van Den Helder, waar een toekomstig 380kV-station mogelijk zou kunnen liggen. In de regionale werksessies zijn enkele kansrijke zoeklocaties binnen deze straal geïdentificeerd. Ook zijn mogelijke oppervlaktewaterbronnen genoemd door stakeholders voor grootschalige elektrolyse, waaronder de Noordzee.

Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)-Noord

Om aan te sluiten op een toekomstig 380kV-station NNHN-Noord nabij Agriport A7 zijn drie kansrijke routes in beeld. De noordelijke route (**KNH-NNHN1**) loopt vanaf de aanlandingszone ten noorden van Anna Paulowna en de Wieringerwaard en vervolgt daarna zijn weg richting Agriport. De route **KNH-NNHN2** bundelt voor een groot deel met de bestaande buisleiding tussen Julianadorp en

Agriport. De route **KNH-NNHN3** volgt ook de buisleidingenstrook, maar de route buigt bij Schagen verder af naar het zuiden richting het zuidelijke deel van het zoekgebied voor het 380kV-station.

Zoekgebied 380kV-station & routes & ontwerpproces

Een elektrische verbinding naar Noord-Holland Noord moet aansluiten op een nieuw te bouwen 380kV-station. De uitbreiding van het 380kV-hoogspanningsnet wordt onderzocht in het project 380kV Netuitbreiding Noord Holland Noord (NNHN). De procedure is onlangs opgestart. In deze NRD voor Programma VAWOZ is het huidige zoekgebied voor het project 380kV Netuitbreiding Noord Holland Noord (NNHN) gebruikt als basis voor de routes en zoekgebieden voor een converterstation. In de procedure voor het project 380kV Netuitbreiding Noord Holland Noord (NNHN) wordt dit zoekgebied nader ingevuld en dit kan betekenen dat de routes en zoekgebieden voor programma VAWOZ aangepast dienen te worden. Dit zal gebeuren in overleg met onder meer de betrokken gemeenten, provincie en RWS.

De locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het mogelijke toekomstige 380kV-station. Indien het 380kV-station nabij het bestaande 150kV-station Middenmeer wordt geplaatst, is het logisch om voor het converterstation(s) ruimte te zoeken op het bedrijventerrein Agriport, maar er zijn nog geen concrete locaties in beeld. Ruimte kan ook gezocht worden in het agrarische gebied met daarbij bovengenoemde aandachtspunten vanuit 'Programma Water en Bodem sturend' en de aanwezigheid van veel windturbines. In de werksessies werd door stakeholders aangegeven dat waterbeschikbaarheid voor grootschalige elektrolyse een aandachtspunt is, want er zijn al problemen met de watervoorziening in droge perioden.

4.3.4 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof Noord-Holland Noord

Een aanlanding in de vorm van waterstof past goed bij de ambities en initiatieven van de Provincie en de regio. Den Helder wordt ontwikkeld als energiehub en de Provincie Noord-Holland heeft onlangs de status van Hydrogen Valley gekregen van de Europese Unie. Hiermee maakt de regio deel uit van het Europese verduurzamingsprogramma.

Route KNH-WNN1 (Waterstofnetwerk Nederland) loopt parallel aan de elektrische route en parallel aan bestaande buisleidingen in oostelijke richting naar de reserveringsstrook voor buisleidingen. De route buigt af in noordelijke richting en loopt richting het bedrijventerrein Kooypunt en Oostoever. Omdat nog niet zeker is waar het Waterstofnetwerk Nederland komt te lopen en waar het aanlandingsstation waterstof komt te liggen, is zekerheidshalve een tweede route opgenomen die na het kruisen van het Noordhollandsch kanaal aansluit op het waterstofnetwerk (**route KNH-WNN2**).

Voor een **aanlandingsstation** voor waterstof zijn twee zoekgebieden in beeld: een zoekgebied nabij het gascompressorstation Anna Paulowna en een zoekgebied nabij het NAM-terrein ten zuidoosten van Den Helder.

4.4 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noord-Holland Zuid

4.4.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem¹⁷ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om maximaal vier elektrische verbindingen van 2 GW na 2031 aan te landen in Noord-Holland (regio Noord-Holland Noord plus regio Noord-Holland Zuid). Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

Er is een verband tussen elektrische aansluiting in Noord-Holland Noord en in Noord-Holland Zuid, aangezien een groot deel van de elektriciteit die in Noord-Holland Noord aanlandt via het hoogspanningsnet in Noord-Holland Zuid doorgevoerd wordt richting de rest van Nederland. Hoe meer elektrische aansluiting plaatsvindt in Noord-Holland Noord, hoe minder mogelijk is in Noord-Holland Zuid en vice versa.

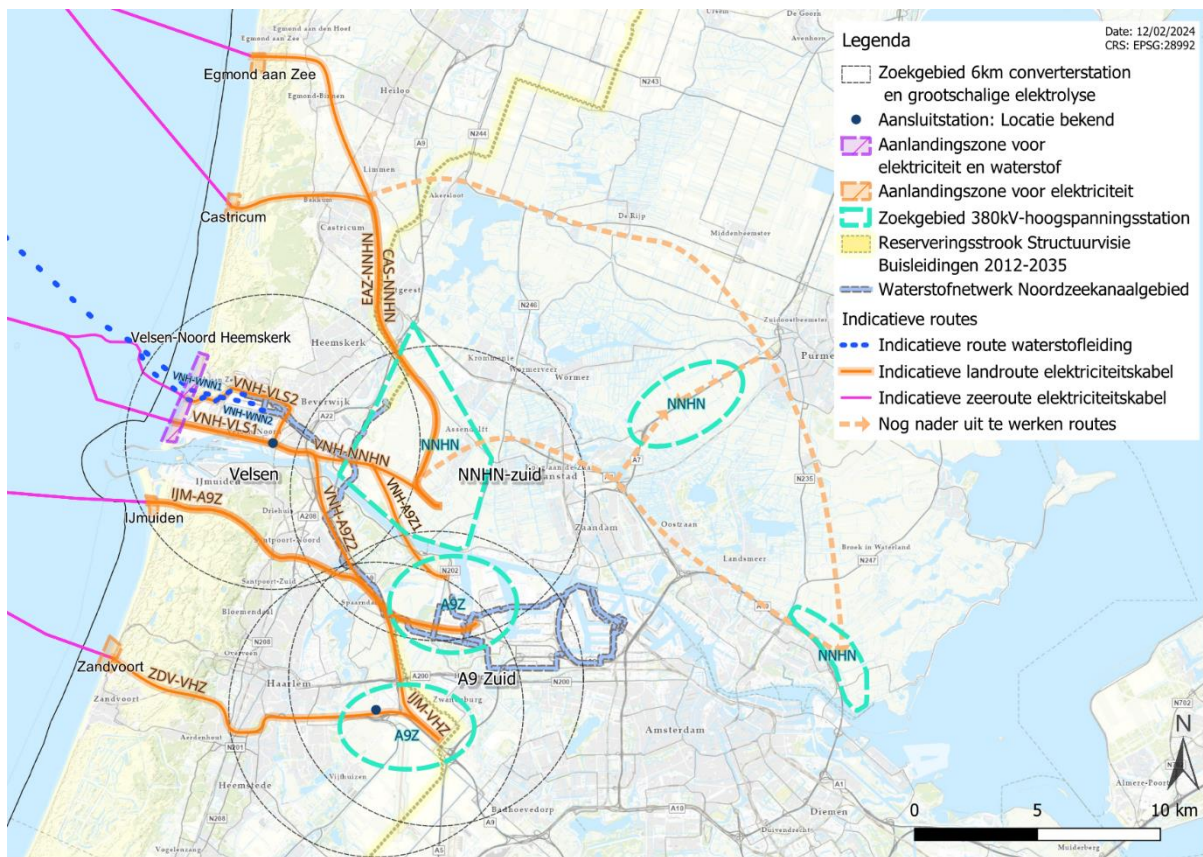
In Noord-Holland wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal twee waterstofverbindingen.

In Figuur 4-3 staan de kansrijke elektrische routes (oranje lijnen) en waterstofroutes (blauwe stippellijnen) voor de regio Noord-Holland Zuid. De routes lopen vanaf vijf aanlandingszones (Egmond aan Zee, Castricum, Velsen-Noord - Heemskerk, IJmuiden en Zandvoort), die gesitueerd zijn op plekken waar de duinenrij (en dus Natura 2000-gebied) relatief smal is of waar ruimte lijkt te zijn om de duinenrij met boringen te kruisen via bestaande verharding (wegen/parkeerplekken). De routes lopen vanaf deze aanlandingszones naar vier aansluitlocaties. Dit zijn het bestaande 380kV-station met aansluitcapaciteit (Vijfhuizen), of zicht op uitbreiding/capaciteit (150kV-station Velsen), of twee toekomstige 380kV-stations (A9 Zuid en Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)-Zuid).

380kV-station Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Zuid

Dit is het nieuw te realiseren 380kV-station in het kader van het project 380kV Netuitbreiding NHN. In een landelijk Bestuurlijk Overleg (datum 21-11-2022) is besloten dat deze aansluitlocatie alleen in beeld zou zijn voor het Programma VAWOZ wanneer dit 380kV-station gerealiseerd wordt in het gebied tussen Beverwijk en Zaandam (de westelijke zoekgebieden voor het 380kV-station NNHN-Zuid). Om een goede afweging te kunnen maken binnen het Programma VAWOZ met de samenhang van de ruimtelijke consequenties van het project 380kV Netuitbreiding NHN, is ook informatie nodig over de ruimtelijke consequenties van een aanlanding richting het bredere zoekgebied voor het 380kV-station NNHN-Zuid (zowel de westelijke als de oostelijke zoekgebieden). Daarom is in het bestuurlijk overleg met de regio Noord-Holland Zuid op 11 januari 2023 besloten om ook de tracés richting de oostelijke zoekgebieden voor een nieuw 380kV station NNHN-zuid van het project 380kV NNHN, te gaan onderzoeken. Zie verder het tekstkader bij de beschrijving van de (mogelijke) routes in paragraaf 4.4.3.

¹⁷ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.



Figuur 4-3 Elektrische en waterstofroutes in Noord-Holland Zuid

4.4.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders Noord-Holland Zuid

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Informatie en opties (met name voor groot-schalige elektrolyzers) opgehaald in het kader van het ontwikkelperspectief Noordzeekanaalgebied (NZKG), zijn bij de regionale werksessies ingebracht en meegenomen in de kaarten en aandachtspunten. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden. Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten¹⁸:

- De locaties van de toekomstige 380kV-stations Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Zuid en A9 Zuid zijn nog niet bekend.
- Aanlanding op het Tata-terrein zien veel partijen als kansrijk vanwege de beperkte effecten op de leefomgeving. Aandachtspunten hierbij zijn:
 - Beschikbare ruimte, zowel fysieke ruimte als milieuruimte.
 - Op het 150kV-station Velsen kan aangesloten worden met een 700MW-wisselstroomverbinding. Vanuit het op te wekken vermogen in HKW8 (700 MW) kan

¹⁸ Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Het kan gaan om opvattingen, stellingname en niet (altijd) geverifieerde informatie van stakeholders. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://www.vawoz.nl/Programma-Verbindingen-Aanlanding-Wind-Op-Zee-(VAWOZ)-2031-2040-(rvo.nl))

dat een interessante optie zijn. Aandachtspunt hierbij is dat deze verbinding pas na 2035 in bedrijf genomen kan worden, omdat de Vattenfall-centrales eerst uit dienst gesteld moeten worden.

- Er is in de buurt van het Tata-terrein geen 380kV-station met capaciteit voor een 2GW-verbinding. De komende tijd wordt verkend of een directe aansluiting mogelijk is.
- Bij Wijk aan Zee worden al drie windparken op zee van elk 700 MW aangesloten met twee verbindingen: HKN-HKwA en HKwB. De regio wil inzetten op één aanvullende toekomstbestendige route, waarbij de impact op natuur en landschappelijke waarden geborgd wordt.
- Ook bij het met boringen doorkruisen van de duinen kan er impact op Natura 2000-gebied zijn. Daarnaast is Kennemerland Zuid een stikstofgevoelig en overbelast gebied.
- Natuurorganisaties hebben de voorkeur voor aanlanding in het Noordzeekanaalgebied als dat extra bovengrondse verbindingen naar Noord-Holland Noord kan voorkomen. Volgens hen zorgt een aanlanding in Noord-Holland Noord op termijn waarschijnlijk voor verdere industrialisatie van dit gebied.
- Recreatieve functie van de duinen zoals vastgelegd in het beleidsdocument Ontwikkelperspectief Binnenduinrand.
- Water en bodem sturend: de aanleg van energie-infrastructuur is minder wenselijk in bijvoorbeeld diepe polders en veenweidegebieden.
- Bij aansluiting op 380kV-station Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Zuid rekening houden met werelderfgoed Hollandse Waterlinies.
- De twee opties voor kruising van het Noordzeekanaal door middel van een boring kennen beiden belangrijke aandachtspunten, waaronder beschikbare ruimte (o.a. langs de A9) en bodemgesteldheid.
- Water uit het Noordzeekanaal kan waarschijnlijk niet als koelwater ingezet worden voor elektrolyse vanwege het snel overschrijden van de maximumtemperatuur.
- De vooroever nabij Castricum kent een hoge morfologische dynamiek.
- De noodzakelijke ruimte voor waterberging in het gebied is groot.
- Route ZDV-VHZ (Zandvoort-Vijfhuizen) doorkruist in Haarlem dichtbebouwd gebied. In een werksessie met de gemeente is gebleken dat deze route diverse grote aandachtspunten heeft, onder andere door de zeer beperkte ruimte die met geplande ontwikkelingen nog verder beperkt wordt. Of de route kansrijk is wordt nog verder uitgezocht. Naast de route door Haarlem is daarom een tweede route op kaart gezet die via IJmuiden naar 380kV-station Vijfhuizen loopt.
- De NOVEX NZKG verkent de Houtrakpolder als mogelijke locatie voor energievoorzieningen in combinatie met een waterbergingsfunctie.

4.4.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes en zoekgebieden voor converterstations in Noord-Holland Zuid

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen, oftewel de routes en zoekgebieden op hoofdlijnen die worden onderzocht in de IEA/plan-MER. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)-Zuid

Route Egmond aan Zee (EAZ)–NNHN landt zuidelijk van Egmond aan Zee aan en loopt door bollengebied, via de N203 en dan via de buisleidingenstrook richting het westelijke zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station NNHN-Zuid. **Route Castricum (CAS)-NNHN** landt noordelijk van Castricum aan en loopt langs de Zeeweg richting de route die gevolgd wordt voor EAZ-NNHN. Een deel van deze routes is onderzocht in het MER voor Net op zee HKN-HKwA met aansluitlocatie Beverwijk. Destijds is een route via Wijk aan Zee met minder (milieu)effecten gekozen als voorkeursalternatief. Omdat er uit het eerdere onderzoek geen showstoppers naar voren kwamen, is deze route in beeld voor de aansluitlocatie NNHN-Zuid. Naar aanleiding van een aantal verdiepingssessies en stakeholdergesprekken is een nieuwe route op kaart gezet. De route is niet besproken met een bredere groep stakeholders in de regioessies. **Route Velsen-Noord – Heemskerk (VNH)-NNHN** loopt na de aanlanding parallel aan de route naar het 150kV-station Velsen (zie volgende paragraaf). Daarna volgt de route zijn weg over de bedrijventerreinen Velsen-Noord (gemeente Velsen) en Kagerweg (gemeente Beverwijk). De route loopt verder in de polder (gemeente Zaanstad) en sluit hier aan bij de route EAZ-NNHN in het zoekgebied voor het 380kV-station NNHN-Zuid.

De locatie voor een **converterstation** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het toekomstige 380kV-station NNHN-Zuid. De locatie van dit toekomstige 380kV-station is nog niet bekend.

Nieuwe zoekgebieden en routes richting 380kV-station NNHN-Zuid

Het project Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)-Zuid kent westelijke en oostelijke zoekgebieden voor een 380kV-station. In bovenstaande paragraaf zijn de routes naar de westelijke zoekgebieden beschreven. Aan het einde van de concept NRD-fase van Programma VAWOZ is naar voren gekomen dat het ook wenselijk is voor het totaaloverzicht om routes naar de oostelijke zoekgebieden te onderzoeken. Deze routes zouden vanuit de aanlandingszones Egmond, Castricum en Velsen-Noord - Heemskerk naar de twee oostelijke zoekgebieden lopen. Deze mogelijke richtingen van routes zijn op de bovenstaande kaart aangeduid met een stippellijn. De routes worden na publicatie van de concept NRD uitgewerkt in overleg met onder meer de betrokken gemeenten, provincie en RWS.

Velsen/Tata Steel

Wanneer de Vattenfall-energiecentrales uit bedrijf genomen worden, is Velsen mogelijk een aansluitlocatie voor een wisselstroomverbinding vanuit windenergiegebied HKW-8. Dit is naar verwachting rond 2035. **Route Velsen-Noord – Heemskerk (VNH)-Velsen (VLS)1** komt aan land op het strand naast het Tata-terrein in het zuiden van de aanlandingszone in de gemeente Velsen. De route kruist eerst de Averijhaven die in de toekomst, samen met de kolenopslag van Tata, mogelijk ontwikkeld wordt tot Energiehaven+ voor de bouw en het onderhoud van windparken op zee. Een aanlanding in de Energiehaven+ is verkend in het kader van de NOVEX NZKG. De route loopt naar het 150kV-station Velsen achtereenvolgens door een gebied dat nu gebruikt wordt voor kolenoverslag, Tata-terrein en de binnenhaven.

Route **VNH-VLS2** komt aan land in het noorden van de aanlandingszone en volgt daarna het tracé van het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ). Er moet nog verkend worden of er ruimte is voor deze route. Bij het uit bedrijf nemen van de Vattenfall-energiecentrales (in 2035) komt er ruimte vrij op Tata- en/of Vattenfall-terrein. Deze ruimte kan mogelijk ingezet worden voor een 220/150kV-**transformatorstation** (bij een 700 MW AC-verbinding).

Directe aansluiting Tata Steel

Er is besproken of het mogelijk is om een 2 GW-verbinding aan te sluiten op de Energiehaven+. Het aanlanden van windenergie in deze omgeving is logisch, want het is dicht bij een grote energievraag en de benodigde infrastructuur kan dan grotendeels in industrieel gebied gerealiseerd worden. Er ligt echter geen 380kV-station in de buurt van het Tata Steel-terrein waarop aangesloten kan worden. Daarom wordt de komende periode onderzocht of een directe aansluiting van een 2 GW-verbinding op Tata Steel mogelijk is. Dit betekent dat de stroom direct wordt aangesloten op een voorziening en/of op elektrolyzers op Tata Steel-terrein en dus niet op het landelijke hoogspanningsnet. Het is echter momenteel onzeker of zo'n directe aansluiting haalbaar is; deze optie valt in ieder geval buiten de gestelde uitgangspunten voor de Netten op zee. Komende tijd wordt bekeken of en onder welke voorwaarden een directe aansluiting mogelijk is. Binnen het Programma VAWOZ wordt wel alvast de route onderzocht.

A9 Zuid

Route Velsen-Noord – Heemskerk (VNH) – A9 Zuid 1 (A9Z1) komt aan land in het zuiden van de aanlandingszone Velsen-Noord – Heemskerk in de gemeente Velsen. De route loopt na de aanlanding parallel aan de route richting het 150kV-station Velsen in oostelijke richting. De route kruist de A9 en de A22 (ten noorden van het Noordzeekanaal) en loopt daarna door de Westerpolder in de gemeente Zaanstad. De route kruist het Noordzeekanaal en komt uit in het zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station A9 Zuid (in de gemeente Haarlemmermeer).

Route VNH-A9Z2 loopt na de aanlanding parallel aan de route in de richting van het 150kV-station Velsen. Na het passeren van het station loopt de route verder in oostelijke richting (in de gemeente Velsen) en kruist het Noordzeekanaal. Daarna loopt de route verder in zuidoostelijke richting (in de gemeente Haarlemmermeer) langs de A22 en A9 naar het zoekgebied voor het station A9 Zuid.

Route IJmuiden (IJM)–A9Z is gebaseerd op een tracé uit het MER voor Net op zee HKN-HKwA. De route komt aan land ten zuiden van de woonkern IJmuiden en doorkruist het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. Het Natura 2000-gebied is hier relatief breed. Hierna loopt de route richting de zuidkant van de woonkern Santpoort-Noord en kruist het spoor. De route kruist verderop de N208 en vervolgt haar weg in oostelijke richting tussen Velsbroek en Haarlem. Hierna bundelt de route met de reserveringsstrook voor buisleidingen en loopt verder richting het zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station A9 Zuid.

Verder ontwerpen route IJM-A9Z

De route vanaf de aanlandzone IJmuiden kent een lange doorkruising met het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. Of dit mogelijk is dient verder besproken te worden met de beheerder van het gebied, de provincie, de betrokken gemeenten en TenneT. Indien het niet mogelijk blijkt, wordt in overleg gezocht naar een alternatieve route.

De locatie voor een **converterstation** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het toekomstige 380kV-station A9 Zuid. Daarbij is het logisch te zoeken naar een locatie zo dicht bij dit toekomstige 380kV-station als mogelijk. In de haalbaarheidsstudie die momenteel wordt uitgevoerd voor dit toekomstige 380kV-station, wordt ook gekeken of er ruimte voor een converterstation is nabij de mogelijke locaties van het toekomstige 380/150kV-station. De uitkomsten van deze studie worden meegenomen in het Programma VAWOZ.

Vijfhuizen

Route Zandvoort (ZDV)- Vijfhuizen (VHZ) is gebaseerd op een tracé uit het MER voor Net op zee HKN-HKwA. Deze route komt aan land ten noorden van de woonkern Zandvoort en het Circuit Zandvoort. De route doorkruist Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De route kruist daarna de N208 en het spoor en loopt door het zuiden van Haarlem parallel aan de N205. De route loopt in oostelijke richting parallel aan de N205 richting 380kV-station Vijfhuizen. De route loopt verder door richting het zuidelijke zoekgebied van het toekomstige 380kV-station A9 Zuid, waar een route ook op aansloten zou kunnen worden (afhankelijk van de uiteindelijke locatie van het station).

Verder ontwerpen route ZDV-VHZ

De route ZDV-VHZ kent grote ruimtelijke uitdagingen. Na publicatie van de concept NRD zal, gezien de complexiteit van deze route, in overleg met onder meer de betrokken gemeenten en provincie gekeken worden of er andere routes mogelijk zijn richting Vijfhuizen. Hierbij wordt ook gekeken naar de samenhang met de routes vanuit aanlandingszone IJmuiden.

Route IJM-VHZ loopt grotendeels parallel aan de route IJM-A9Z. De route doorkruist het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid en loopt daarna langs Santpoort-Noord en Velsbroek om vervolgens parallel te lopen aan de A9. Daarna loopt de route in zuidelijke richting naar Vijfhuizen.

Het zoekgebied voor een **converterstation** heeft overlap met het zoekgebied voor een converterstation voor aansluiting op het toekomstige 380kV-station A9 Zuid. De locaties die onderzocht worden in de haalbaarheidsstudie voor 380kV-station A9 Zuid zijn daarom ook in beeld voor aansluitlocatie Vijfhuizen (als ze binnen 6 km van het 380kV-station liggen).

4.4.4 Voorstel zoekgebieden voor grootschalige elektrolyse aansluitlocaties NNHN-Zuid, Velsen, A9-Zuid en Vijfhuizen

Op en nabij het Noordzeekanaalgebied liggen op korte afstand van elkaar vier (deels toekomstige) aansluitlocaties, waarbij er in het gebied al een intensief proces heeft plaatsgevonden in het kader van de Cluster Energie Strategieën (CES) en het Programma NOVEX. Daarom zijn de zoekgebieden voor grootschalige elektrolyse hierna in samenhang met elkaar beschreven.

In het kader van de CES en de ruimtelijke puzzel voor de NOVEX zijn het Tata-terrein en industriegebied Westpoort benoemd als kansrijke locaties voor grootschalige elektrolyzers. In de regionale werksessie van het Programma VAWOZ is door partijen verzocht aan te sluiten bij deze locaties en eventueel andere locaties te zoeken in het industriegebied en niet daarbuiten. Daarnaast is Westpoort benoemd als kansrijke locatie. In het westelijke deel van Westpoort loopt, net als bij de Hemwegcentrale, momenteel ook een concreet initiatief voor grootschalige elektrolyse. In de werksessies werden de Noordzee en het Noordzeekanaal benoemd als mogelijke oppervlaktewaterbronnen voor een grootschalige elektrolyser.

4.4.5 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof Noord-Holland Zuid

Route Velsen-Noord – Heemskerk (VNH)-Waterstofnetwerk Nederland (WNN1) komt aan land in de aanlandingszone Velsen-Noord - Heemskerk en loopt daarna in een rechte lijn richting het toekomstige Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied (NZKG). Er zal nader onderzocht worden of het mogelijk is om onder het Tata-terrein door te boren. **Route VNH-WNN2** volgt na de aanlanding de reserveringsstrook buisleidingen richting het WNN NZKG. Het laatste deel van de route komt

overeen met de route zoals gepresenteerd in de concept NRD van het project Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied, zie hiervoor onderstaand tekstkader voor een nadere toelichting op de procedure en samenhang met het Programma VAWOZ. Voor een **aanlandingsstation** voor waterstof is een zoekgebied in beeld nabij het transformatorstation Wijk aan Zee van TenneT.

Samenhang Programma VAWOZ en Waterstofnetwerk NZKG

Hynetwork Services wil een ondergronds leidingnetwerk met bijbehorende (bovengrondse) voorzieningen voor het transport van waterstof ontwikkelen in het Noordzeekanaalgebied: het project Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied (NZKG). De ontwikkeling van het waterstofnetwerk in het Noordzeekanaalgebied heeft tot doel de productie en het gebruik van waterstof in deze regio in een stroomversnelling te brengen. Het project bestaat voor een deel uit een bestaande aardgastransportleiding. Voor bepaalde delen (IJmond-gebied en in het Amsterdamse havengebied Westpoort) van het tracé is het niet mogelijk om gebruik te maken van bestaande infrastructuur, daar is het nodig om nieuwe leidingen aan te leggen. De planning is erop gericht om conform de Kamerbrief 'Ontwikkeling transportnet voor waterstof' van 29 juni 2022 vanaf 2025 te beginnen met de aanleg van het project.

Voor het project wordt de RCR doorlopen. Op 30 november 2023 is de NRD van dit project vastgesteld. In de IEA/plan-MER fase 1 worden verschillende tracéalternatieven en varianten onderzocht in het IJmond gebied en in het Amsterdamse havengebied Westpoort. In het IJmond-gebied worden tracévarianten naar een nog nader te bepalen locatie voor de aansluiting (Hydrogen Delivery Station) op het terrein van Tata Steel onderzocht. In 2024 wordt het voorstel voor een voorkeursalternatief op basis van IEA/plan-MER fase 1 gepubliceerd en na een reactieperiode formeel vastgelegd. Na vaststelling van het VKA worden in de loop van 2024 en in 2025 het (ontwerp-)Projectbesluit en de overige (ontwerp-) besluiten (voor vergunningen en ontheffingen) uitwerkt en gepubliceerd. Ook hier kan de omgeving op reageren.

4.5 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Zuid-Holland

4.5.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem¹⁹ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructureur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om maximaal twee elektrische verbindingen van 2 GW aan te landen na 2031 in Zuid-Holland. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

In Zuid-Holland wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal één waterstofverbinding.

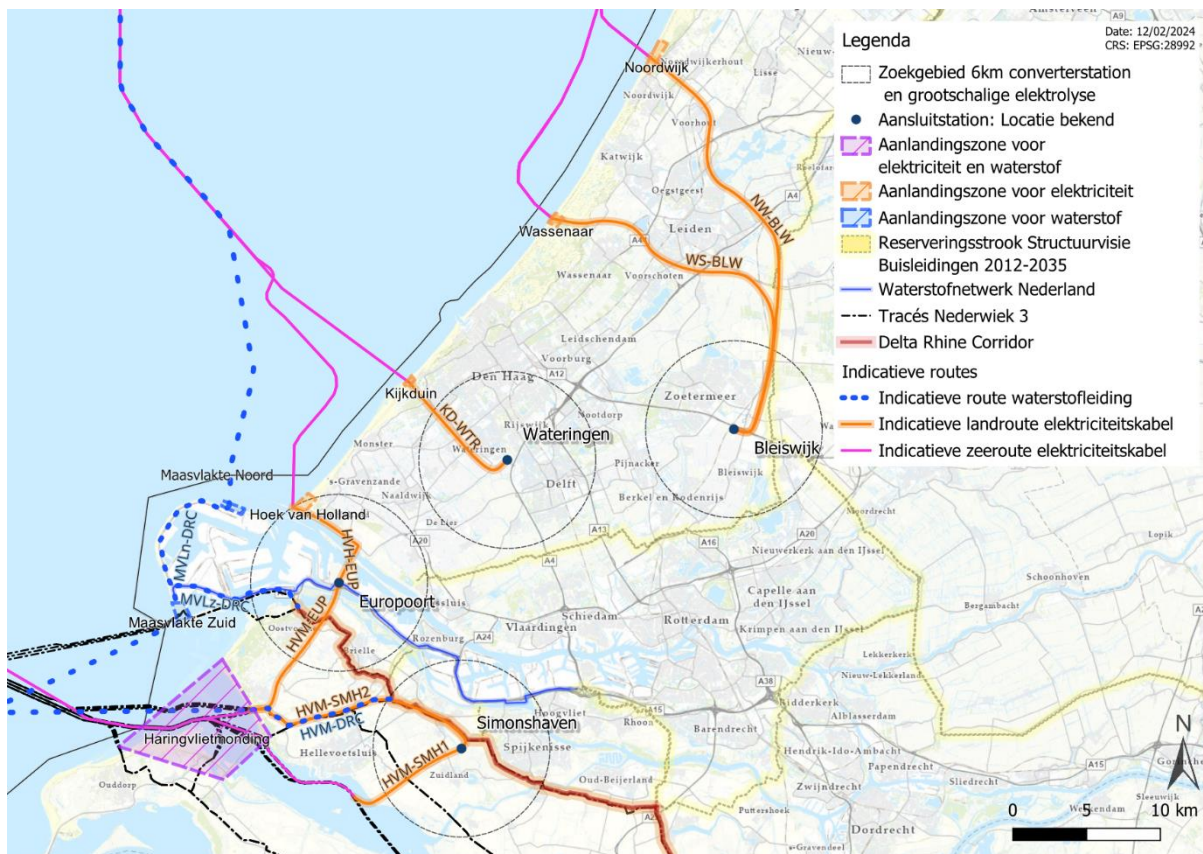
In Figuur 4-4 staan de kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische (oranje lijnen) en waterstofroutes (blauwe stippellijnen) voor de regio Zuid-Holland. De elektrische routes lopen vanaf vijf aanlandingszones (Noordwijk, Wassenaar, Kijkduin, Hoek van Holland en Haringvlietmonding) naar de bestaande 380kV-stations Bleiswijk en Wateringen, een nieuw te bouwen 380kV-station

¹⁹ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

Europoort, het bestaande 380kV-station Simonshaven en (via de routes naar Europoort en Simonshaven) ook naar de Delta Rhine Corridor. De waterstofroutes lopen vanaf drie aanlandingszones (Maasvlakte Noord, Maasvlakte Zuid en Haringvlietmonding) naar het Waterstofnetwerk Rotterdam en de Delta Rhine Corridor.

Voor de regio Zuid-Holland is de samenhang met **Net op zee Nederwiek 3 (NW3)** van belang. De routes die voor VAWOZ 2031-2040 op Simonshaven aansluiten, lopen deels parallel aan route-opties voor Net op zee NW3. De route-opties voor Net op zee NW3 sluiten aan op 380kV-stations Moerdijk en Geertruidenberg. Voor de aansluitingen op Moerdijk wordt binnen het NW3-project ook onderzocht of één of twee kabels parallel naast NW3 gerealiseerd kunnen worden als kansrijke oplossingsrichtingen voor VAWOZ 2031-2040. Voor aansluiten op Geertruidenberg wordt maximaal één kabel onderzocht. Indien NW3 niet op Geertruidenberg aansluit kan deze ook als kansrijke oplossingsrichting voor VAWOZ 2031-2040 dienen. Routes en converterstations naar aansluitlocaties Moerdijk en Geertruidenberg die onderzocht worden in NW3 maar daar niet worden gekozen, worden betrokken in de besluitvorming voor Programma VAWOZ. Onderzoek naar grootschalige elektrolyse voor de aansluitlocaties Moerdijk en Geertruidenberg vindt plaats binnen Programma VAWOZ.

Tot slot is de samenhang met de diepe aanlandingen, die via de **Delta Rhine Corridor** naar de aansluitlocaties Tilburg, Maasbracht en Graetheide lopen, relevant. In de regio Zuid-Holland kan, via de routes die op kaart staan naar Europoort en Simonshaven en de routes die binnen het NW3 project onderzocht worden, de verbinding van de routes op zee naar de Delta Rhine Corridor gemaakt worden. Waterstofleidingen in de Delta Rhine Corridor zullen onderdeel gaan uitmaken van het landelijke waterstofnetwerk. Daarom wordt ook gekeken naar aansluiting van de waterstofleidingen vanuit zee op de Delta Rhine Corridor (op of nabij de Maasvlakte).



Figuur 4-4 Elektrische en waterstofroutes in Zuid-Holland

4.5.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders Zuid-Holland

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden. Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten²⁰:

- Een route naar Wieringen is eerder onderzocht voor het project Net op zee Hollandse Kust (zuid) (HKZ) en VAWOZ 2030. Op basis van deze trajecten en de werksessies voor Programma VAWOZ is bekend dat er sprake is van beperkte fysieke ruimte en dat er zorgen zijn over de impact op een al intensief gebruikt woon-, recreatie- en werkgebied met daarnaast belangrijke landschappelijke en natuurwaarden. Het is nog niet zeker of er voldoende ruimte is voor de (aanleg van) de routes.
- Daarnaast is het risico op wateroverlast een aandachtspunt in Wieringen. Dat maakt de ruimtelijke inpassing van een converterstation en zeker van een elektrolyser erg uitdagend.

²⁰ Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Het kan gaan om opvattingen, stellingname en niet (altijd) geverifieerde informatie van stakeholders. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://www.vawoz.nl)

- Ook de routes richting Bleiswijk lopen door en langs dichtbebouwd gebied, waarbij nog niet zeker is of er voldoende ruimte is voor (aanleg van) de routes. De routes naar Bleiswijk doorkruisen natuur en waardevolle landschappelijke en cultuurhistorische gebieden (N2000, weidevogel- en veenweidegebied, landgoederen zone achter de duinen in de strook tussen Den Haag en Sassenheim, de Limes werelderfgoed).
- In de lage gebieden is al veel wateroverlast, ingebracht is dat het niet wenselijk is dat verharding daar toeneemt door converterstations.
- Er is beperkt ruimte op de Maasvlakte en Europoort om aan te landen, routes voor kabels en leidingen te vinden en een converterstation in te passen (zie ook tekstkader in §4.5.3).
- Routes doorkruisen Natura 2000-gebieden (Voordelta, Voornes Duin, Haringvliet), bodembeschermingsgebied en compensatiegebied van de Tweede Maasvlakte.
- Tijdelijke effecten aanlandingen op recreatie Hoek van Holland, Maasvlakte en langs de kust van Voorne Putten.
- Doorkruisen van de Haringvlietdam is technisch complex en vraagt om goed onderzoek naar de wijze waarop de kabels het kustfundament en stormvloedkeringen kruisen.
- Vanuit de omgeving en lokale bestuursorganen wordt expliciet aandacht gevraagd voor de identiteit en het lokale huidige / beoogde gebruik van het gebied rondom Simonshaven, waarbij o.a. het open agrarisch landschap, de havens, kust- en oeverrecreatie belangrijke factoren zijn om rekening mee te houden.
- Risico op verzilting bij routes over Voorne Putten en in binnenwateren.
- Voorkom zo veel mogelijk scheepvaarthinder bij de Maasgeul en de Nieuwe Waterweg.
- De inpasbaarheid van grootschalige elektrolyse is zeer complex wegens het grote ruimtebeslag
- De Maasvlakte I is in beeld als alternatieve locatie voor een kernenergiecentrale.

4.5.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes en zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Zuid-Holland

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen, oftewel de routes en zoekgebieden op hoofdlijnen die worden onderzocht in de IEA/plan-MER. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

Bleiswijk

Route Noordwijk (NW)- Bleiswijk (BLW) landt aan ten noorden van Noordwijk aan Zee en doorkruist daar het relatief smalle duingebied en Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De route loopt vervolgens in zuidoostelijke richting door de gemeente Teylingen, tussen Voorhout en Sassenheim door. Na het kruisen van de A44 volgt de route de N444 richting Leiden en passeert daarbij Oegstgeest. De route volgt vervolgens grotendeels bestaande hoogspanningslijnen. Hier loopt de route om Leiderdorp heen richting de aansluitlocatie Bleiswijk, ten oosten van Zoetermeer.

Route Wassenaar (WS)- Bleiswijk (BLW) is ingebracht als korter alternatief voor de relatief lange route vanuit Noordwijk aan Zee richting Bleiswijk. De route landt aan ter hoogte van Wassenaar en doorkruist daarna duingebied en Natura 2000-gebied (Meijndel & Berkheide). Gezien de breedte van het duingebied kan niet worden volstaan met één boring om het duingebied te doorkruisen. Daarom is gezocht naar een route waarbij in de uitvoering boorlocaties toegankelijk zijn voor materieel langs de Wassenaarseslag. De route loopt vervolgens noordelijk van Wassenaar en

Voorschoten en volgt voor een kort stuk de RijnlandRoute, een nieuwe wegverbinding van Katwijk naar de A4 bij Zoeterwoude. Daarna sluit de route aan op bestaande hoogspanningslijnen richting de aansluitlocatie Bleiswijk.

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het bestaande 380kV- station waarop wordt aangesloten.

Tijdens de werksessies bleek dat het -op basis van de huidige informatie- lastig is een beschikbare locatie te vinden voor een converterstation of een grootschalige elektrolyser binnen het zoekgebied rondom Bleiswijk. Voor het nog onbebouwde poldergebied 'Bleizo-West' direct ten westen van het 380kV-station zijn al diverse andere plannen, waardoor dit gebied niet kansrijk lijkt voor een converterstation. Mogelijk dat er in de toekomst ruimte vrij kan komen in het glastuingebied ten oosten van het 380kV-station afhankelijk van de toekomstige ontwikkelingen in de tuinbouw. Er zijn nog geen concrete plannen bekend. Vooralsnog wordt de conclusie getrokken dat een locatie voor een converterstation of grootschalige elektrolyse mogelijk kansrijk is, maar dat er grote uitdagingen zijn, namelijk zeer beperkte beschikbaarheid van ruimte. Voor grootschalige elektrolyse speelt nog mee dat er geen groot oppervlaktewater in de nabijheid is. In het gebied vinden nog verkenningen plaats of ruimte vrij kan komen in het glastuinbouwgebied, wellicht door strategisch sturen op grondposities.

Wateringen

Route Kijkduin (KD)- Wateringen (WTR) landt aan in Kijkduin in de gemeente Den Haag en kruist daarna het duingebied (Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen). De route loopt in oostelijke richting, parallel aan de S200 langs Ockenburgh, Madestein en de Uithof. Daarna loopt de route parallel aan de N211 in de gemeente Westland richting 380kV-station Wateringen. In het MER voor Net op zee HKZ en VAWOZ 2030 is deze route eerder onderzocht. De route is technisch complex omdat de route, die door dichtbebouwd gebied loopt, waarschijnlijk grotendeels geboord moet worden en de ruimte voor de booropstellingen beperkt is. Of er voldoende ruimte is voor een route moet verder worden verkend, onder andere in samenwerking met de gemeenten en andere stakeholders in deze omgeving.

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het bestaande 380kV- station waarop wordt aangesloten.

Tijdens de werksessies bleek dat het -op basis van de huidige informatie- lastig is een beschikbare locatie te vinden voor een converterstation binnen het zoekgebied rondom Wateringen. Locaties die eerder in beeld waren in het kader van Net op zee HKZ zijn niet meer beschikbaar. Een beschikbare locatie vinden voor een elektrolyser aanvullend op een converterstation met een fors groter ruimtebeslag lijkt nog minder kansrijk. Ook is er in de omgeving geen groot oppervlaktewater beschikbaar waar een grootschalige elektrolyser gebruik van kan maken. Vooralsnog wordt de conclusie getrokken dat een locatie voor een converterstation mogelijk kansrijk is, maar dat er grote uitdagingen zijn. Of er voldoende ruimte is voor een converterstation moet verder worden verkend, onder andere in samenwerking met de gemeenten en andere stakeholders in deze omgeving. Voor wat betreft het vinden van ruimte voor grootschalige elektrolyse in het zoekgebied wordt de conclusie getrokken dat dit niet kansrijk is.

Europoort

Route Hoek van Holland (HVH) - Europoort (EUP) landt aan in Hoek van Holland en loopt verder over land parallel aan de Nieuwe Waterweg en de N223. De route passeert de woonkern Hoek van Holland. Ter hoogte van de 380kV-verbinding maakt deze route de oversteek richting Europoort parallel aan andere kabels en hoogspanningslijnen. **Route Haringvlietmond (HVM)-EUP** landt aan in Natura 2000-gebied Voornes Duin ten zuiden van Rockanje. De Natura 2000-strook is hier relatief smal ten opzichte van de rest van de kust. De route loopt verder ten oosten van Rockanje en loopt in noordoostelijke richting parallel aan de N496 door de gemeente Voorne aan Zee. Dit gebied heeft een open karakter en heeft veelal een agrarische functie. Tussen Oostvoorne en glastuinbouwgebied Tinte kruist de route de N496 en de N218. De route loopt verder door agrarisch gebied richting het noorden en kruist de Delta Rhine Corridor. Bij het Brielse Meer wordt het water overgestoken richting de aansluitlocatie Europoort. Hierbij wordt ook de A15 gekruist en komt de route aan in de gemeente Rotterdam.

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het toekomstige 380kV-station Europoort. Het industrieterrein/havengebied is vanuit het principe van bundeling van functies een logische locatie hiervoor. Er lopen diverse initiatieven in het havengebied voor grootschalige elektrolyse. In de regionale werksessie en in andere gesprekken heeft het Havenbedrijf ingebracht dat er, volgens hun inzichten, geen ruimte beschikbaar is voor een converterstation op het industrieterrein gezien de huidige en toekomstige ruimtevraag als gevolg van de energietransitie en de transitie naar circulaire industrie in het havengebied. Hierover worden vervolggesprekken gevoerd met het Havenbedrijf. Daarnaast kan er voor een converterstation ook gekeken worden in het zoekgebied direct aan de noordzijde van de Nieuwe Waterweg tussen Hoek van Holland en Maasdijk.

Simonshaven

Route HVM-Simonshaven (SMH)1 kruist de Haringvlietdam en loopt zo ver mogelijk door het Haringvliet voordat het aan land komt in agrarisch gebied ten oosten van Hellevoetsluis. Hier vervolgt de route haar weg richting het noordoosten richting de aansluitlocatie Simonshaven. Deze route is eerder aan de orde gekomen in het MER voor Net op zee IJmuiden Ver Beta en is daar na MER fase 1 niet verder onderzocht omdat er ook een route naar de Maasvlakte was met minder effecten. De aansluiting is ook onderzocht in VAWOZ 2030, maar is niet verder meegenomen in de tweede fase van het onderzoek. Voor inzichten over het kruisen van de Haringvlietdam stemt Programma VAWOZ af met onderzoek dat gedaan wordt in het kader van Nederwiek 3 (zie tekstkader in §4.6.1). **Route HVM-SMH2** komt aan land ten zuiden van Rockanje in Natura 2000-gebied Voornes Duin en NNN-gebied. De route loopt parallel aan de N57 in noordoostelijke richting door agrarisch gebied. In de gemeente Nissewaard buigt de route af naar het oosten om parallel te lopen aan de Delta Rhine Corridor. Ten noorden van Abbebroek kruist de route het water Bernisse en komt de route aan bij het 380kV-station Simonshaven.

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het 380kV-station Simonshaven. Dit zoekgebied bestaat met name uit agrarisch open gebied. Er zijn geen bedrijventerreinen met ruimte voor een converterstation of een grootschalige elektrolyser. Een converterstation in dit gebied bleek in het MER voor Net op zee IJmuiden Ver Beta onder andere op landschap zeer negatief vanuit het perspectief van zichtbaarheid, gebiedskarakteristiek en de samenhang van cultuurhistorische elementen en hun omgeving. Er is geen verder onderzoek gedaan naar een aansluiting op 380kV-station Simonshaven omdat er destijds een alternatief van aansluiten op de Maasvlakte met minder effecten was.

Aanlandingen op de Maasvlakte

Op basis van werksessies en vervolgesprekken lijkt er zeer beperkt ruimte te zijn voor extra aanlandingen wind op zee op de Maasvlakte na 2031. Programma VAWOZ onderzoekt voor de periode na 2031 daarom alleen de mogelijkheid van een waterstofaanlanding op de Maasvlakte met een aansluiting op de Delta Rhine Corridor of het Waterstofnetwerk Rotterdam. Op basis van het onderzoek in Programma VAWOZ ontstaat een beeld van de kansrijkheid van aansluitlocaties na 2031 en welke verdeling van aanlandingen energiesysteem-technisch wenselijk is. Daaruit blijkt ook in hoeverre de elektrische aansluitlocaties in scope toereikend zijn voor de opgave (ca. 29GW tussen 2031 en 2040 en mogelijk nog eens 20GW extra tot aan 2050). Indien blijkt dat er onvoldoende kansrijke elektrische aansluitlocaties zijn, kan overwogen worden om aanvullend een ruimtelijk programma/onderzoek te starten voor de verkenning van landuitbreiding van de Maasvlakte, ten behoeve van het faciliteren van bijv. elektrische aanlandingen en grootschalige elektrolyse. Eventuele uitbreiding van de Maasvlakte kent echter vele uitdagingen die van invloed zijn op de haalbaarheid - zo worden kustuitbreidingen voorsnog niet toegestaan in het kader van Water en bodem sturend. –In Programma VAWOZ wordt een route vanaf het windpark op zee naar Maasvlakte Zuid onderzocht om op deze eventuele ontwikkeling voorbereid te zijn, wetende dat in de huidige situatie geen elektrische aansluiting mogelijk

4.5.4 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof Zuid-Holland

Waterstofnetwerk Rotterdam en Delta Rhine Corridor

Route Maasvlakte Zuid (MVLz)- Delta Rhine Corridor (DRC) landt aan de zuidkant van de Tweede Maasvlakte aan, op een drukke plek waar meerdere net op zee-verbindingen zijn voorzien. De route loopt in noordelijke richting langs Distripark Maasvlakte. Daarna volgt de route de Maasvlakteweg in oostelijke richting en worden de windturbines naast de Slufter gepasseerd. De route loopt verder over de Eerste Maasvlakte parallel aan de Europaweg. Het is nog niet duidelijk waar de inkoppeling op het waterstofnetwerk Rotterdam of de Delta Rhine Corridor plaats kan vinden. Dit wordt momenteel nader uitgewerkt. **Route Maasvlakte Noord (MVLn)-DRC** landt aan de noordkant van de Tweede Maasvlakte aan ter hoogte van de aanlanding Net op zee HKZ en de geplande CO₂-leidingen Porthos en Aramis. Deze route volgt de Maasvlakteweg in zuidwestelijke richting en loopt vervolgens parallel aan de Route MVLz-WNN. De route kan dus zowel op het Waterstofnetwerk Rotterdam als de Delta Rhine Corridor aansluiten. **Route HVM-DRC** is ook een mogelijke waterstofroute naar de DRC. De route landt aan in Natura 2000-gebied Voornes Duin ten zuiden van Rockanje. De Natura 2000-strook is hier relatief smal ten opzichte van de rest van de kust. De route loopt hier parallel aan de elektrische route HVM-SMH2. Het is nog onduidelijk waar de precieze inkoppeling op de DRC kan plaatsvinden.

Voor een **aanlandingsstation** voor waterstof zijn drie zoekgebieden in beeld: een zoekgebied nabij de aanlandingszone Maasvlakte Noord, een zoekgebied rondom de Delta Rhine Corridor (DRC) tussen Goudhoek en Brielle en een zoekgebied rondom de kruising van de N57 en de DRC.

4.6 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Noord-Brabant en Limburg

4.6.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

In Programma VAWOZ wordt gekeken naar maximaal drie elektrische verbindingen die diep landinwaarts aanlanden. Dit zijn de verbindingen die aansluiten in Tilburg en/of Maasbracht en Graetheide. De eerste analyse²¹ van het energiesysteem geeft het inzicht dat het voor Tilburg zinvol

²¹ Het rapport *Systeemintegratie wind op zee (fase NRD)* is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

is om naar maximaal één elektrische verbinding te kijken, vanwege het al bestaande knelpunt op het net tussen Eindhoven en Maasbracht. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. Randvoorwaarde voor deze ‘diepe aanlanding’ is dat ze via de Delta Rhine Corridor (DRC) landinwaarts gebracht worden (zie onderstaand tekstkader). Voor de ontwikkeling van de DRC loopt een projectprocedure. Hierin wordt gekeken naar de mogelijkheid meerdere leidingen en kabels in één corridor te realiseren. Voor de uitwerking van de DRC wordt ook een IEA/milieueffect-rapport opgesteld. Momenteel vindt afstemming plaats tussen Programma VAWOZ en het DRC-project om tot de meest optimale verdeling van effectenonderzoeken te komen. Die afstemming is nog niet definitief, het besluit om de elektrische aanlandingen op te nemen in de ontwikkeling van de DRC is immers redelijk recent. Hier wordt beschreven welke keuze nu voorligt. Bij de publicatie van de definitieve NRD, voorzien in juni 2024, is de afstemming waarschijnlijk gereed.

In eerste instantie was het uitgangspunt voor het Programma VAWOZ dat het grootste deel van de kabelroutes, namelijk het gedeelte dat door de structuurvisie buisleidingenstrook (SVB) loopt, zou worden onderzocht in de DRC-projectprocedure. De overige onderdelen die nodig zijn om een verbinding compleet te maken zouden dan tot de scope van het onderzoek voor het Programma VAWOZ behoren. Op land zijn die onderdelen: de inpassing van converterstations, de gelijkstroomroutes van de SVB-strook naar de converterstations en vervolgens de wisselstroomroutes van de converterstations naar de 380kV-stations. Vooralsnog zijn de effecten van die onderdelen dan ook opgenomen in deze concept-NRD voor het Programma VAWOZ.

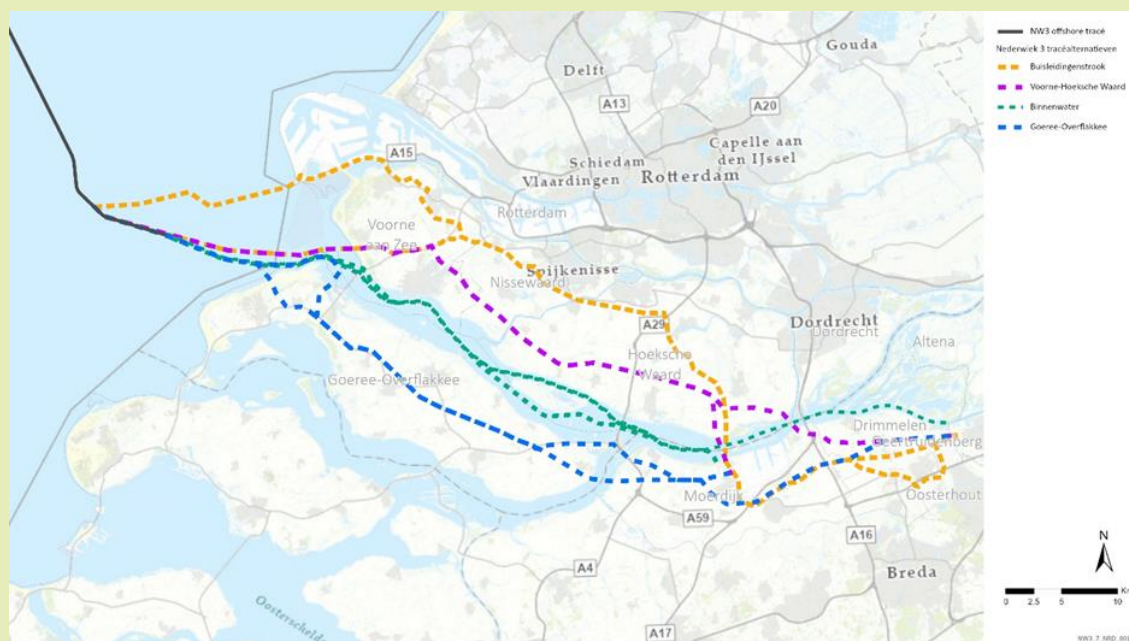
Momenteel wordt bekeken of het mogelijk is om het gehele onderzoek naar de verbinding op land onder te brengen in de DRC-projectprocedure. Dan zou er binnen het DRC-proces gekeken worden naar de effecten van de kabels in de SVB-strook, maar ook de inpassing van de aftakkingen, de converterstations en de aansluiting op het net. Dit heeft een aantal voordelen. Ten eerste is dit voor de omgeving beter navolgbaar. De mogelijke effecten worden dan in samenhang besproken, en niet in verschillende trajecten met verschillende overlegstructuren, tijdlijnen en participatiemomenten. Ten tweede wordt de landverbinding zo in één procedure op het hetzelfde detailniveau onderzocht. In de project-MER voor de DRC wordt namelijk in meer detail gekeken naar de effecten dan in het plan-MER voor het Programma VAWOZ. Zo zijn na afloop van het programma geen opvolgende projectprocedures meer nodig voor enkele onderdelen van de landverbinding, maar wordt de gehele landverbinding in één keer op het juiste detailniveau onderzocht.

De ontwikkeling van de **Delta Rhine Corridor (DRC)** voor leidingen en kabels is in lijn met de uitgangspunten in zowel de NOVI als het PEH. In beide beleidstukken wordt gestuurd op zorgvuldig en zuinig ruimtegebruik door het bundelen en concentreren van energie-infrastructuur. Het PEH benoemt de voorkeur voor een diepe aanlanding vanuit wind op zee, en geeft aan wat de voordelen zijn van een combinatie van deze aanlanding en het DRC-project in beperken van overlast voor de omgeving en van aanlegkosten. De DRC wordt daarmee een verzameling van initiatieven om gelijktijdig meerdere ondergrondse buisleidingen en gelijkstroomverbindingen aan te leggen tussen Rotterdam en de Duitse grens via bestaande SVB-stroken (SVB = Structuurvisie Buisleidingen). Eén van de vraagstukken in het DRC-traject is hoeveel gelijkstroomkabels en hoeveel buisleidingen voor het transport van waterstof en CO₂ en eventueel ammoniak mogelijk zijn. De initiatiefnemers van de Delta Rhine Corridor onderzoeken in hoeverre de buisleidingen en gelijkstroomverbindingen gelijktijdig aangelegd kunnen worden.

Voor meer informatie: [Delta Rhine Corridor](https://www.rvo.nl) (rvo.nl)

Ook als het gehele onderzoek naar de verbinding op land ondergebracht wordt in de DRC-projectprocedure, blijft goede afstemming en coördinatie tussen beide trajecten van belang in verband met de onderlinge afhankelijkheden. Zo onderzoekt Programma VAWOZ de tracés op de Noordzee vanaf de windparken op zee tot aan de kust. De mogelijkheden op zee voor de totaalopgave 2031-2040 (ca. 29 GW) zijn van invloed op de maximale omvang (tot 6 GW) van de diepe aanlanding. Momenteel wordt uitgewerkt hoe deze afstemming en coördinatie ten behoeve van integrale besluitvorming het beste vorm kan krijgen. De mogelijke consequenties van het onderbrengen van het gehele onderzoek naar de verbinding op land in de DRC-projectprocedure worden de komende periode nader uitgewerkt.

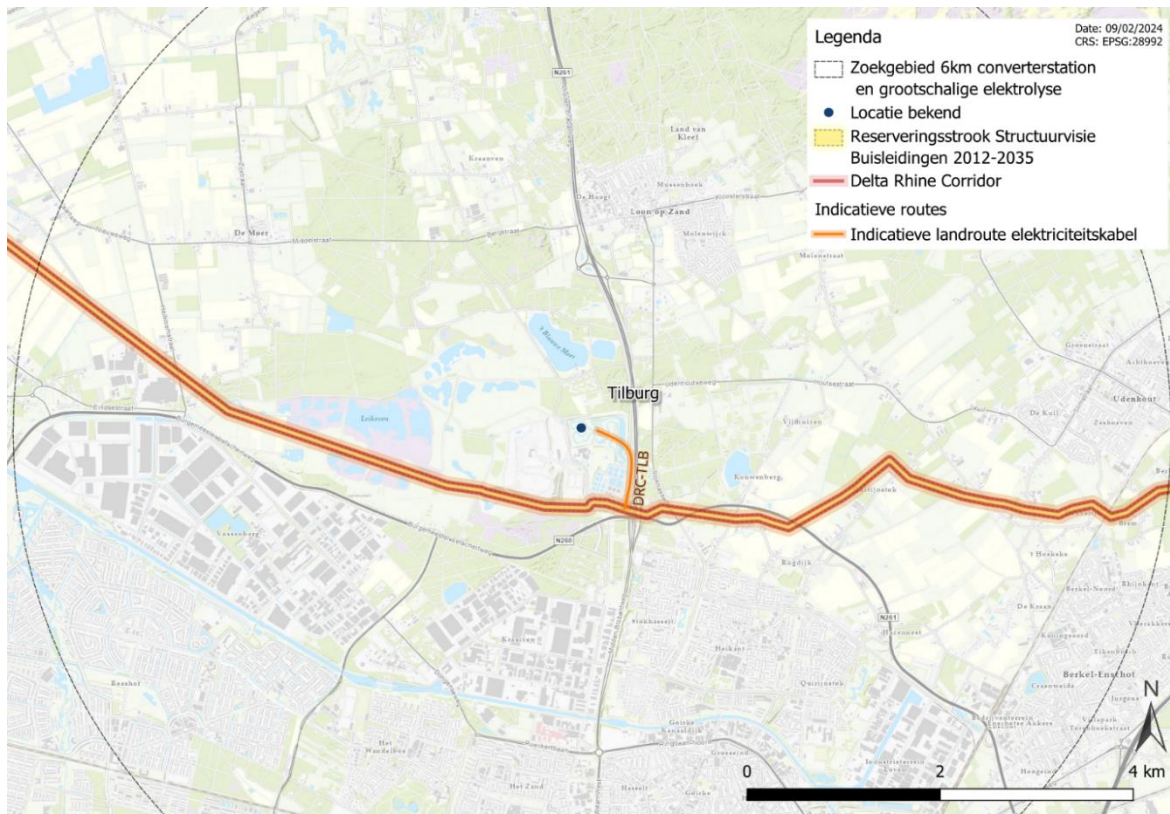
Samenhang Net op Zee Nederwiek 3 (NW3) Kansrijke oplossingsrichtingen voor een aansluiting op de 380kV-stations in Moerdijk of Geertruidenberg worden onderzocht in het kader van het mer dat is gestart voor het project Net op Zee project Nederwiek 3. Het onderzoek richt zich op de vraag of er parallel aan de routes voor NW3 nog 1 of 2 extra verbindingen mogelijk zijn naar Moerdijk die kansrijk zijn in het kader van VAWOZ 2031-2040. Daarnaast kan blijken dat één van de routes naar Geertruidenberg kansrijk is voor VAWOZ 2031-2040 als NW3 daar niet op aansluit. Het onderzoek naar routing en inpassing van converterstations vindt plaats in het kader van NW3. Deze staan daarom niet op kaart in deze concept-NRD. In het Programma VAWOZ wordt in hetzelfde gebied wel gekeken naar eventuele mogelijkheden voor inpassing van grootschalige elektrolyse op land. Daarover – alsmede over het onderzoek naar verbindingen na 2031 – vindt nauwe afstemming plaats tussen Programma VAWOZ 2031-2040 en Net op zee Nederwiek 3.



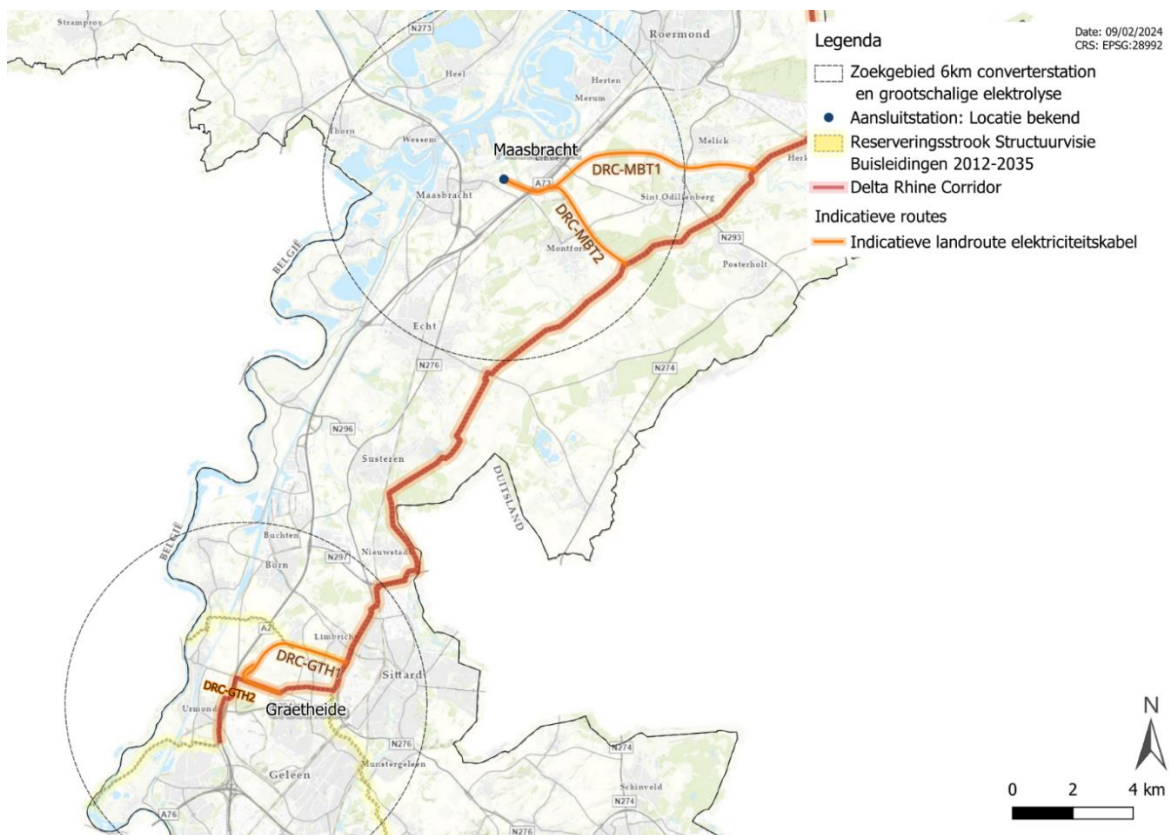
Tracé-alternatieven naar Moerdijk en Geertruidenberg uit NRD Net op zee Nederwiek 3

Voor waterstofverbindingen in het Programma VAWOZ wordt niet gekeken naar een diepe aanlanding in Noord-Brabant of Limburg. Aansluiting van waterstofverbindingen vanaf zee op de Delta Rhine Corridor vindt plaats in Zuid-Holland.

In Figuur 4-5 en Figuur 4-6 staan de kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes (oranje lijnen) vanaf de Delta Rhine Corridor naar de aansluitlocaties Tilburg, Maasbracht en Graetheide.



Figuur 4-5 Aftakking elektrische route vanaf DRC naar 380kV-station in Tilburg



Figuur 4-6 Aftakking elektrische routes vanaf DRC naar 380kV-stations in Maasbracht en Graetheide

4.6.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders Tilburg, Maasbracht, Graetheide

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden. Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten²²:

- **Algemeen:** Ruimtelijke en landschappelijke effecten van converterstation en de wens het converterstation zo dicht mogelijk bij een (nieuw) 380kV-station te plaatsen in verband met bundeling van functies en het beperken van ondergrondse kabels.
- **Tilburg/Maasbracht/Graetheide:** Routes naar Tilburg en Graetheide sluiten aan op nieuw te bouwen 380kV-stations. Voor Maasbracht is het nog onzeker of er een nieuw 380kV-station moet komen waarop aangesloten kan worden. Samenhang van deze ontwikkelingen met VAWOZ borgen.
- **Tilburg:** Natuur en landschap zijn benoemd als aandachtspunten, houdt onder andere rekening met het landschapspark Pauwels en de gebiedsvisie Oostflank.
- **Maasbracht:** TenneT doet nog berekeningen of een nieuw 380kV-station nodig is. Aandachtspunt is de benodigde fysieke ruimte voor een mogelijk nieuw 380kV-station.
- **Maasbracht:** Natuur, routes doorkruisen NNN met dassenburchten.
- **Maasbracht:** Inzichten uit het lopende gebiedsproces voor het gebied rondom de Clauscentrale worden in het IEA/plan-MER meegenomen.
- **Maasbracht / Graetheide:** Waterveiligheid van een converterstation en / of grootschalige elektrolyser. Zoek een locatie op voldoende hoogte buiten het winterbed van de Maas.
- **Graetheide:** Er zijn veel archeologische waarden in het zoekgebied voor het converterstation of grootschalige elektrolyser.
- **Tilburg / Maasbracht / Graetheide:** Beschikbaarheid van voldoende water voor elektrolyse (in relatie tot de verdringingsreeks) en effect van (warme) lozingen op waterkwaliteit en ecologie. Aangegeven is dat de waterbeschikbaarheid van de Maas in de zomer een aandachtspunt is.

4.6.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Noord-Brabant en Limburg

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

Tilburg

Route DRC-TLB loopt vanaf de Delta Rhine Corridor oostelijk om een vuilstort heen, parallel aan de N261, naar het in aanbouw zijnde 380kV-station Tilburg.

²² Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Het kan gaan om opvattingen, stellingname en niet (altijd) geverifieerde informatie van stakeholders. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/Programma-Verbindingen-Aanlanding-Wind-Op-Zee-VAWOZ-2031-2040)

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom 380kV-station Tilburg. Binnen dit zoekgebied liggen enkele bedrijventerreinen, waar mogelijk een converterstation gerealiseerd kan worden. Beschikbare ruimte is en blijft een aandachtspunt volgens de gemeente Tilburg, omdat de bedrijventerreinen in de toekomst veel ruimte nodig hebben voor de transitie naar circulaire bedrijvigheid. Beschikbaarheid van water voor grootschalige elektrolyse is zeer beperkt, er is geen groot oppervlaktewater in de buurt.

Maasbracht

Route DRC-MBT1 loopt vanaf de Delta Rhine Corridor in westelijke richting tussen de woonkernen Melick en Sint Odiliënberg in de gemeente Roerdalen. Hierna kruist de route de A73 en de spoorweg, en loopt vervolgens door gemeente Maasgouw richting het 380kV-station Maasbracht. Deze route ontwijkt zoveel als mogelijk NNN-gebied, maar loopt wel door Natura 2000-gebied Roerdal (met een afstand die mogelijk met een boring te overbruggen is). **Route DRC-MBT2** takt zuidelijk af van de DRC en loopt oostelijk van Montfort richting het 380kV-station Maasbracht. De route bundelt met de bestaande (bovengrondse) 380kV-verbinding.

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom 380kV-station Maasbracht. Er zijn enkele kansrijke locaties voor zowel een converterstation en/of een grootschalige elektrolyser binnen dit zoekgebied, onder andere in het gebied tussen de A2 en de A73. Wat betreft watergebruik van grootschalige elektrolyse is beschikbaarheid van het water in de Maas een aandachtspunt.

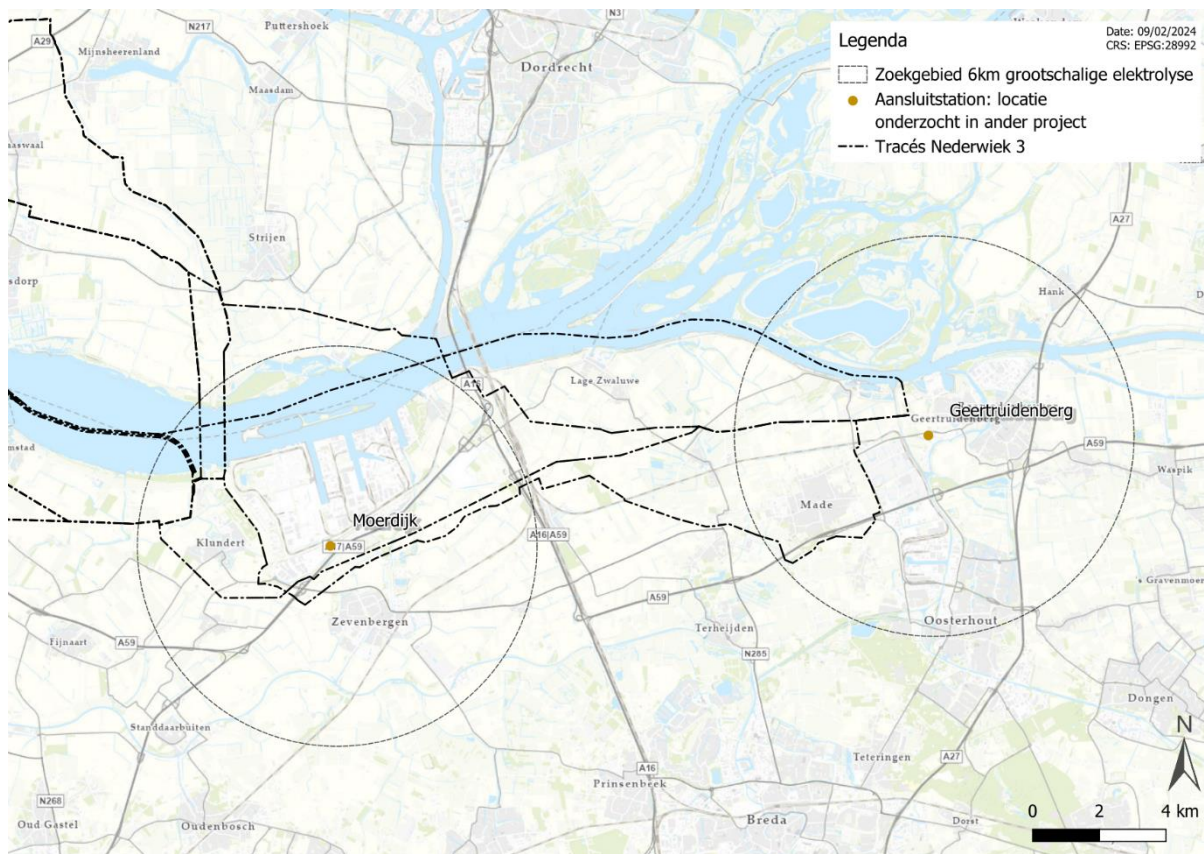
Graetheide

Het tracé van de DRC loopt vlak langs het zoekgebied voor het geplande 380kV-station Graetheide. **Route DRC-GTH2** is zeer kort en sluit direct aan op het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-station. **Route DRC-GTH1** takt noordelijker af van de DRC, omdat is aangegeven dat in het laatste deel van de DRC er in de SVB-strook erg weinig ruimte is. De route loopt vanaf de aftakking richting het westen, gebundeld met een buisleidingenstrook tussen de woonkernen Limbricht, Guttecoven en Einighausen. De route loopt vervolgens in zuidelijke richting om aan te sluiten op het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-station Graetheide.

Een locatie voor een **converterstation** of een grootschalige **elektrolyser** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het nieuwe 380kV-station Graetheide. Er zijn enkele kansrijke locaties voor een converterstation. Voor een grootschalige elektrolyser is nog niet zeker of er voldoende ruimte beschikbaar is en of er voldoende water beschikbaar is (o.a. beschikbaarheid van water uit de Maas in droge periodes is een aandachtspunt).

Moerdijk en Geertruidenberg

Binnen het Programma VAWOZ wordt gekeken naar kansrijke locaties voor een grootschalige **elektrolyser** op land in Moerdijk en Geertruidenberg binnen een straal van 6 km rondom het (toekomstige) 380kV-station. Het Programma VAWOZ sluit daarbij aan bij de zoekgebieden van converterstations voor Net op zee NW3 (zie Figuur 4-7). Deze converterstationlocaties worden momenteel onderzocht in Net op zee NW3. Het zoekgebied van de locaties in Moerdijk liggen op, of in de buurt van, het industrieterrein Moerdijk. In Geertruidenberg wordt gekeken naar locaties binnen een zoekgebied rondom het 380kV-station Geertruidenberg.



Figuur 4-7 Zoekgebieden grootschalige elektrolyse Programma VAWOZ en tracés Net op zee Nederwiek 3

4.7 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Zeeland Zeeuws-Vlaanderen

4.7.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem²³ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om maximaal twee elektrische verbindingen van 2 GW na 2031 aan te landen in Zeeland. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

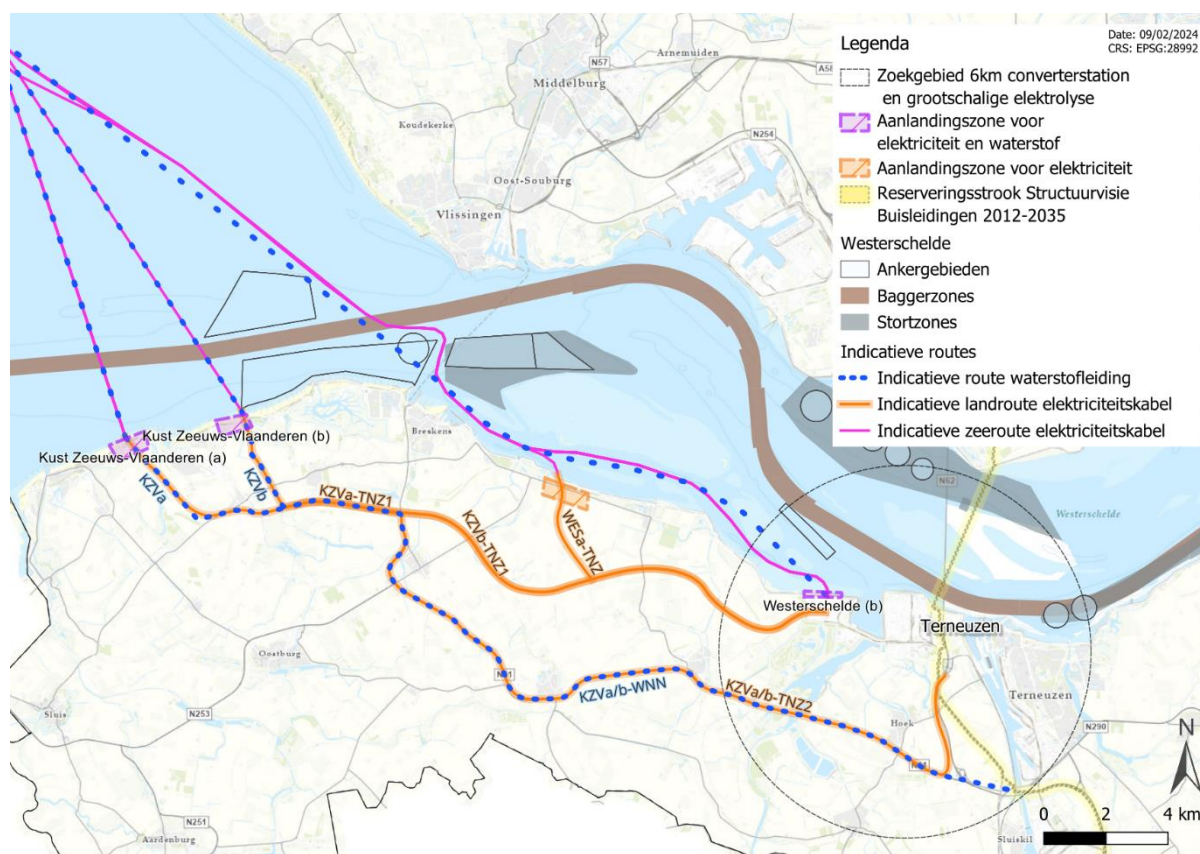
Er zit een verband tussen elektrische aansluiting in het Sloegebied en aansluiting in de omgeving Terneuzen aangezien de elektriciteit, die nabij Terneuzen aanlandt en die niet lokaal gebruikt wordt, via het hoogspanningsnet over het Sloegebied doorgevoerd wordt richting de rest van Nederland. Indien er sprake is van eventuele export van elektriciteit via Terneuzen naar België dan resulteert dit in geen of minder beperking in de netcapaciteit rondom Sloegebied en de doorvoer richting de rest

²³ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

van Nederland. Meer aanlandingen in het Sloegebied betekent dat er minder kan aanlanden in de omgeving Terneuzen en vice versa.

In Zeeuws-Vlaanderen wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal één waterstofverbinding.

In Figuur 4-8 staan de kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische (paars-oranje lijnen) en waterstofroutes (blauwe stippellijnen) voor de regio Zeeuws-Vlaanderen.



Figuur 4-8 Elektrische en waterstofroutes in Zeeland – Zeeuws-Vlaanderen

4.7.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders Zeeland Zeeuws-Vlaanderen

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden. Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten²⁴:

²⁴ Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Het kan gaan om opvattingen, stellingname en niet (altijd) geverifieerde informatie van stakeholders. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/Programma-Verbindingen-Aanlanding-Wind-Op-Zee-(VAWOZ)-2031-2040)

- Voor de **route door de Westerschelde** geldt dat de mogelijke effecten op Natura 2000-gebied Westerschelde en de Hooge Platen (zandplaten) een aandachtspunt is. Hier bevinden zich o.a. rustende zeehonden en broedvogelkolonies.
- De waterbodem van de Westerschelde is zeer dynamisch. Dit betekent dat een kabel of leiding diep begraven moeten worden en dat er mogelijk meer onderhoud nodig zal zijn. Dit heeft gevolgen voor o.a. milieueffecten en kosten. Op sommige plekken, zoals ten zuiden van de Hooge Platen, is sprake van verzanding. Het baggervolume kan hier mogelijk hoog zijn.
- De Westerschelde is een KRW-waterlichaam. In het IEA/plan-MER-onderzoek moet onderzocht worden of de aanleg van een kabel of leiding mogelijk invloed kan hebben op de ecologie en milieudoelstellingen van dit water.
- De waterstofroute door de Westerschelde ligt in een ankergebied. Een route langs het ankergebied (zoals de elektrische route) is voor een waterstofleiding niet mogelijk i.v.m. de vereiste bochtstraal. In het IEA/plan-MER-onderzoek wordt gekeken of een route door een ankergebied technisch mogelijk is en of er voldaan kan worden aan de randvoorwaarden van de vaarwegbeheerders. Specifieke aandachtspunten zijn de diepteligging van de leiding en scheepvaartveiligheid.
- De routes door de Westerschelde kruisen de hoofdvaarweg. Een kabel of leiding moet hier voldoende diep ingegraven worden. Scheepvaarthinder en stremming tijdens de aanleg zijn belangrijke aandachtspunten. Bovendien is aanleg in een drukbevaren gebied met op sommige plekken snelstromend water en ondiep water een grote uitdaging.
- Houd rekening met de Walvisstaart. Deze geul is vanuit strategisch oogpunt vrijgehouden; dit kan een in de toekomst een tweede ingang van de Westerschelde worden.
- De **routes over land door Zeeuws-Vlaanderen** zijn relatief lang, dus er is relatief meer hinder voor de omgeving.
- Een belangrijk aandachtspunt is de impact van de (aanleg van de) ondergrondse kabels en converterstations op recreatieve en landschappelijke waarden, vooral bij de aanlandingszones.
- Het doorkruisen van natuurgebieden, waaronder NNN-gebied Braakman.
- Routes over land zijn over het algemeen technisch minder uitdagend dan routes door de Westerschelde omdat effecten over het algemeen beter mitigeerbaar zijn, zoals het risico op verzilting.
- De brede berm van de rijksweg N61 biedt mogelijk kansen voor de aanleg van een kabel en/of leiding.
- Voor zowel de routes door de Westerschelde als de routes over land geldt dat ontplofbare oorlogsresten een aandachtspunt zijn. Het opruimen van ontplofbare oorlogsresten op zee en in de grote wateren is complexer en daarmee duurder is dan op land.
- Bij de zoekgebieden voor een **converterstation en elektrolyser** in dit gebied wordt rekening gehouden met de plannen voor het NOVEX-gebied North Sea Port District.

4.7.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Zeeuws-Vlaanderen

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen, oftewel de routes en zoekgebieden op hoofdlijnen die worden onderzocht in de IEA/plan-MER. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

De routes **Kust Zeeuws-Vlaanderen a (KZVa) – Terneuzen 1 (TNZ1)** en **KZVb-TNZ1** landen aan bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen tussen Cadzand-Bad en Zwarte Polder (KZVa) of tussen Nieuwvliet-Bad en de Groese Polders (KZVb). Beide routes kruisen de N675 en lopen daarna parallel aan elkaar. De routes gaan verder in oostelijke richting door agrarisch gebied en parallel aan lokale wegen naar de Mosselbanken nabij Terneuzen. De routes **KZVa-TNZ2** en **KZVb-TNZ2** landen ook aan bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen, maar deze langere routes lopen door tot aan het industriegebied van Terneuzen. Bij het kruisen van de N675 buigen de routes af in zuidelijke richting om vervolgens parallel te lopen aan de N676 en daarna aan de N61 (Middenweg). Voor Terneuzen kruisen de routes de Braakman, een natuur- en recreatiegebied met een haven. De routes lopen daarna verder in oostelijke richting naar het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-station.

Ten slotte zijn er twee elektrische routes die (gedeeltelijk) door de Westerschelde lopen. De route **Westerschelde a (WESa)-TNZ** komt aan land ten zuiden van de zandplaat Hooge Platen, op een plek waar ook werkzaamheden zijn voorzien voor kustversterking. De route loopt ten zuiden van de woonkern Hoofdplaat richting de Mosselbanken. Er loopt ook een route verder door de Westerschelde ten zuiden van de zandplaat Hoogeplaten. Deze route komt aan land bij de aanlandingszone **Westerschelde b (WESb)**.

Een locatie voor een **converterstation** en voor **grootschalige elektrolyse** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het nieuwe 380kV-station. Er zijn enkele kansrijke locaties voor een converterstation en voor grootschalige elektrolyse binnen dit zoekgebied op en direct aansluitend op het industrieterrein. Daarnaast is er al een aantal bestaande initiatieven op het industrieterrein voor grootschalige elektrolyse. Bestuurlijk is er een voorkeur voor het zoekgebied Mosselbanken danwel ten westen daarvan in de Paulinapolder. In de werksessies werden de Westerschelde en het Kanaal Gent-Terneuzen als mogelijk waterbronnen voor grootschalige elektrolyse benoemd, maar partijen gaven aan dat het mogelijke effect op ecologie een belangrijk aandachtspunt is.

4.7.4 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof

Twee routes voor waterstof komen aan land tussen Cadzand-Bad en Zwarte Polder (**KZVa-Waterstofnetwerk Nederland - WNN**) of tussen Nieuwvliet-Bad en Groese Polders (**KZVb-WNN**). Bij het kruisen van de N675 buigt de route af in zuidelijke richting om vervolgens parallel te lopen aan de N676 en daarna aan de N61 (Middenweg). Voor Terneuzen kruist de route de Braakman, een natuur- en recreatiegebied met een haven. Vervolgens loopt de route verder parallel aan de N61 en daarna N62, kruist het kanaal Gent-Terneuzen en stopt bij de bestaande waterstofleiding.

De route **Westerschelde b (WESb)-WNN** loopt grotendeels door de Westerschelde. De route passeert de ankergebieden bij Breskens en loopt daarna door een ankergebied. Een route langs het ankergebied is voor een waterstofleiding niet mogelijk i.v.m. de vereiste bochtstraal. Gasunie zal kijken of een route door een ankergebied technisch mogelijk is en of er voldaan kan worden aan de randvoorwaarden van de vaarwegbeheerders. De effecten van een route door een ankergebied worden onderzocht in het IEA/plan-MER-onderzoek. Na het kruisen van het ankergebied loopt de route verder langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen, ten zuiden van de Hooge Platen. De route komt aan land op het terrein van de Mosselbanken en moet daarna nog aansluiten op het Waterstofnetwerk Nederland (nog niet te zien op kaart).

Voor een **aanlandingsstation** voor waterstof is één indicatief zoekgebied in beeld ten zuiden van Groede.

4.8 Kansrijke oplossingsrichtingen regio Midden-Zeeland

4.8.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

Bestuurlijke afspraken derde 2GW-verbinding via het Veerse Meer naar het Sloegebied

In het Sloegebied wordt intensief gewerkt aan plannen die nodig zijn voor de transitie naar een koolstofarme energievoorziening. Er worden al twee 2 GW-verbindingen van wind op zee inclusief converterstations gepland en er wordt onderzoek gedaan naar een nieuw 380kV-station, een nieuwe 380kV-verbinding tussen Borssele en Terneuzen, twee nieuwe kerncentrales en diverse initiatieven voor elektrolyse. Gezien deze veelheid aan ontwikkelingen, de vele ruimtelijke uitdagingen in het Sloegebied en het ontbreken aan regionaal bestuurlijk draagvlak voor een derde 2 GW-verbinding naar het Sloegebied, is er een bestuurlijke afspraak gemaakt over het onderzoek naar een derde 2 GW-verbinding naar het Sloegebied vanuit Programma VAWOZ. In het bestuurlijk overleg Zeeland (21-09-2023) is besloten de routes naar het Sloegebied een bijzondere positie te geven de concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau en in het onderzoekstraject. Het Rijk wil de aansluitlocatie Sloegebied onderzoeken vanuit zorgvuldigheid. Na de eerste onderzoeks-ronde wordt opnieuw bekeken of de aansluitlocatie nog nader onderzocht gaat worden in de tweede onderzoekronde.

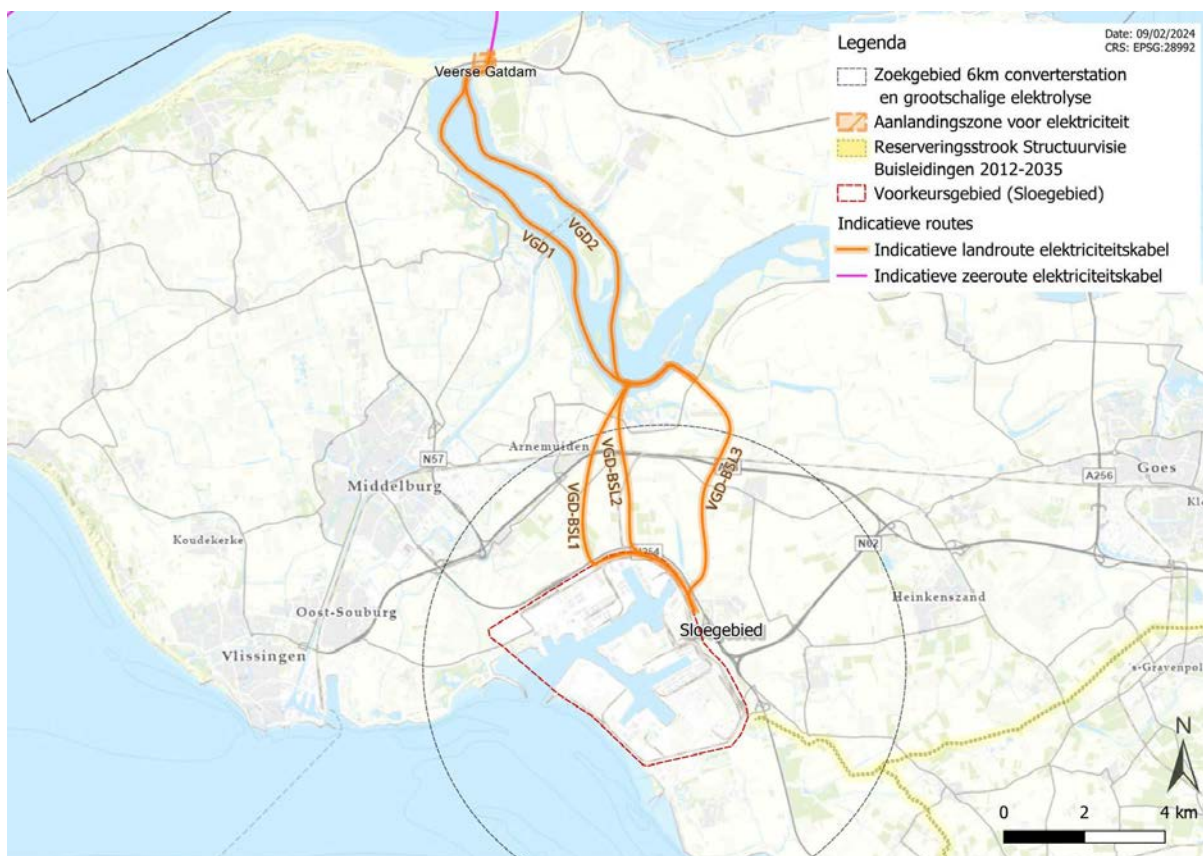
In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem²⁵ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om maximaal twee elektrische verbindingen van 2 GW na 2031 aan te landen in Zeeland. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

Er zit een verband tussen elektrische aansluiting in het Sloegebied en aansluiting in de omgeving Terneuzen, aangezien de elektriciteit die nabij Terneuzen aanlandt en niet lokaal gebruikt wordt via het hoogspanningsnet over het Sloegebied doorgevoerd wordt richting de rest van Nederland. Indien er sprake is van eventuele export van elektriciteit via Terneuzen naar België dan resulteert dit in geen of minder beperking in de netcapaciteit rondom Sloegebied en de doorvoer richting de rest van Nederland. Meer aanlandingen in het Sloegebied betekent dat er minder kan aanlanden in de omgeving Terneuzen en vice versa.

In Midden-Zeeland wordt in het Programma VAWOZ geen aanlanding van waterstof onderzocht.

In Figuur 4-9 staan de kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes (paars-oranje lijnen) voor de regio Midden-Zeeland.

²⁵ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.



Figuur 4-9 Elektrische routes in Midden-Zeeland

4.8.2 Aandachtspunten vanuit stakeholders Midden-Zeeland

In de regionale werksessies met stakeholders (bedrijven, maatschappelijke organisaties, overheden en netbeheerders), in één-op-één gesprekken met stakeholders en in de ambtelijke en bestuurlijke overleggen zijn diverse aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten zijn betrokken bij het ontwikkelen van de routes en zoekgebieden en worden meegenomen in onder andere de detaillering van de routes en het beoordelingskader in het IEA/plan-MER-onderzoek dat gaat plaatsvinden. Hierna volgt een selectie van de belangrijkste aandachtspunten²⁶:

- Er is geen regionaal bestuurlijk draagvlak voor een derde 2GW-verbinding naar het Sloegebied. Er zijn al twee net op zee-verbindingen gepland richting het Sloegebied en bovendien spelen er meer grootschalige energietransitie-projecten in de regio. Er lopen procedures voor een nieuw hoogspanningsstation, een nieuwe hoogspanningsverbinding naar Zeeuws-Vlaanderen, het regionale waterstofnetwerk (Zuidwest Nederland) en de levensduurverlenging van de kerncentrale. Er wordt ook onderzoek gedaan naar twee nieuwe kerncentrales.
- Rijkswaterstaat heeft zorgen over de mogelijke cumulatieve effecten van de aanlanding een derde 2GW-verbinding bij de Veerse Gatdam, die net als Net op zee Nederwiek 1 en IJmuiden Ver Alpha onder de kering door geboord moeten worden. Er zijn zorgen over de

²⁶ Deze selectie van aandachtspunten is samengesteld met het ministerie van EZK, TenneT, Gasunie, Rijkswaterstaat en de provincies op basis van de uitkomsten van de gesprekken en werksessies. Er heeft geen weging plaatsgevonden van de aandachtspunten. In de verslagen van de werksessies zijn nog meer aandachtspunten benoemd. De verslagen zijn gepubliceerd op de projectwebsite: [Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee \(VAWOZ\) 2031-2040 \(rvo.nl\)](https://www.vawoz.nl/)

mogelijk impact op stabiliteit van de dam en de breedte van de beheerzone. Deze aandachtspunten worden verder onderzocht in het IEA/plan-MER-onderzoek.

- Effecten van baggerwerkzaamheden die nodig zijn voor de aanleg van een kabel door het Veerse Meer op ecologie en waterkwaliteit. De waterkwaliteit in het Veerse Meer is momenteel erg slecht.
- De cumulatieve (milieu)effecten van de aanleg van een derde verbinding in het Veerse Meer moeten goed onderzocht worden, bijvoorbeeld (cumulatieve) effecten van warmteafgifte en van elektromagnetische velden.
- Effecten van de werkzaamheden op zoetwatervoorkomens. Ter hoogte van Kamperland bevindt zich een zoetwaterbel die gedeeltelijk onder het Veerse Meer ligt. De landbouwgebieden in deze omgeving hebben baat bij het behoud van deze zoetwaterbel.
- Impact op recreatie is een aandachtspunt in de omgeving van het Veerse Meer. Er moet rekening gehouden worden met ontwikkelingen zoals het Waterpark Veerse Meer.
- Er is waarschijnlijk zeer beperkte ruimte binnen het Sloegebied voor een converterstation.
- Geluid van een converterstation en de cumulatieve effecten zijn aandachtspunten, gezien de huidige situatie (waarin er sprake lijkt te zijn van geluidsoverlast) en alle voorziene ontwikkelingen in het gebied.

4.8.3 Voorstel voor kansrijke oplossingsrichtingen voor elektrische routes, zoekgebieden voor converterstations en grootschalige elektrolyse Midden-Zeeland

Hierna volgt een korte beschrijving van de kansrijke oplossingsrichtingen, oftewel de routes en zoekgebieden op hoofdlijnen die worden onderzocht in de IEA/plan-MER. Een volledige beschrijving is te vinden in het Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen (Bijlage B). Daarin zijn ook de uitgangspunten en de niet-kansrijke oplossingsrichtingen toegelicht.

Vanaf de kruising met de Veerse Gatdam (VGD) zijn er twee routes door het Veerse meer. **Route Veerse Gatdam (VGD)1** loop ten westen langs het eiland de Haringvreter, parallel aan Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1. Daarnaast wordt de **route VGD2** onderzocht, die loopt langs de oostkust van het Veerse Meer en ten oosten van de Haringvreter. Na het Veerse Meer zijn er drie opties om bij het Sloegebied te komen.

Route Borssele (BSL)1 komt aan land ten westen van Oranjeplaat en loopt als meest westelijke optie, langs Arnemuiden, richting het Sloegebied. **Route BSL2** komt ook aan land ten westen van Oranjeplaat en loopt langs de Oranjepolderseweg. De route loopt verder parallel aan de Sloespoorlijn richting het Sloegebied. Deze route over land is onderzocht in MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. **Route BSL3** komt aan land bij haven De Piet en loopt in zuidoostelijke richting naar het Sloegebied. De route kruist de Calandweg en loopt daarna parallel aan de Noord Kraaijertsedijk. Deze route over land is ook onderzocht in MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. De verbinding komt aan bij het Sloegebied ten noorden van Nieuwdorp. De routes lopen verder langs de rand van het Sloegebied richting het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-station.

Een locatie voor een **converterstation** en voor **grootschalige elektrolyse** wordt gezocht binnen het zoekgebied (met straal van 6 km) rondom het nieuwe 380kV-station. Het voorkeursgebied ligt binnen het Sloegebied. Er is geen regionaal bestuurlijk draagvlak voor een converterstation of grootschalige elektrolyser buiten het begrensde Sloegebied. Kansrijke locaties voor een converterstation en grootschalige elektrolyser in het Sloegebied lijken echter zeer beperkt vanwege de nog beperkt beschikbare ruimte en fysieke bebouwing die routing bemoeilijkt. Er zijn veel

lopende initiatieven in het Sloegebied, waaronder meerdere initiatieven voor grootschalige elektrolyse. De Westerschelde werd tijdens de regionale werksessie benoemd als logische waterbron voor een grootschalige elektrolyser.

5 Beoordelingsmethodiek IEA/plan-MER

5.1 Beoordelingskader van de IEA

Het beoordelingskader voor de integrale effectanalyse (IEA)/plan-MER is ontworpen voor het Programma VAWOZ 2031-2040. Het bestaat uit zes te beoordelen thema's (zie Figuur 5-1).

Ten opzichte van al uitgevoerde IEA's voor net op zee-projecten zijn het thema Systeemintegratie en het thema Economie toegevoegd. De voornaamste redenen hiervoor zijn:

- De landelijke aard van het programma waarbij niet alleen afwegingen op het niveau van één verbinding, maar ook afwegingen op regionaal en landelijk niveau gemaakt worden.
- Het energiesysteem verandert snel en is aan (ingrijpende) verandering onderhevig met veel onderlinge afhankelijkheden tussen onderdelen en dynamiek. Het thema Systeemintegratie geeft specifiek op programmaniveau inzicht in de gevolgen van de aanlanding van wind op zee voor het hele toekomstige energiesysteem in Nederland.
- De wens om op landelijk en regionaal niveau de maatschappelijke kosten en baten in beeld te brengen.



Figuur 5-1 Beoordelingskader IEA

In de paragrafen 5.2 t/m 5.7 is het beoordelingskader en de beoordelingsmethodiek per thema kort beschreven en in Bijlage D is het beoordelingskader per thema uitgebreid beschreven. Het thema Milieu & Ruimte geeft de invulling aan het plan-MER met daarbij de randvoorwaarden die aan een (plan)MER gesteld worden.

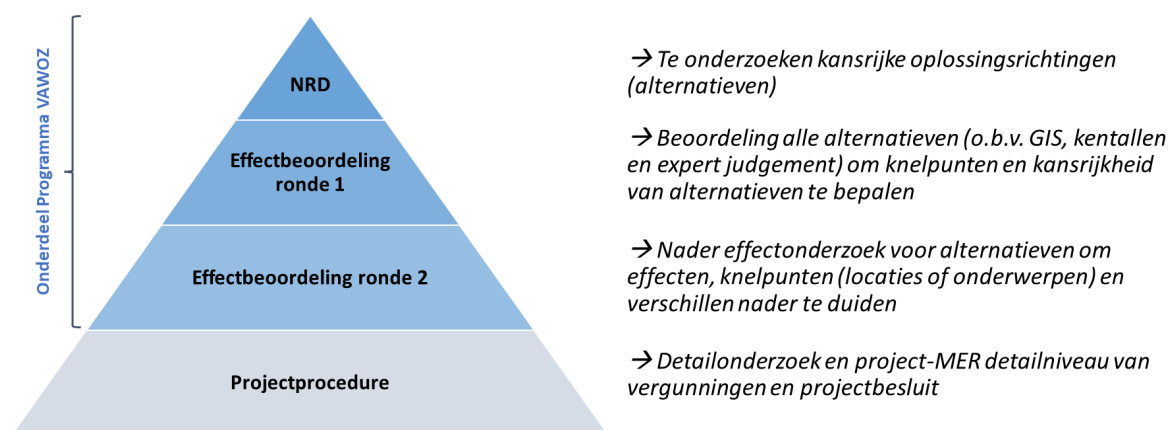
Het detailniveau van de beoordeling is passend bij de aard van Programma VAWOZ 2031-2040. Op basis van de uitkomsten van de IEA, wil het Programma VAWOZ zo veel als mogelijk voorsorteren op één alternatief per verbinding. Per verbinding volgt daarna (buiten het programma) een specifieke (ruimtelijke) procedure voor het projectbesluit en uitvoeringsbesluiten (vergunningen). Tijdens deze procedure wordt het ontwerp van de verbinding uitgewerkt en vindt gedetailleerd onderzoek plaats (vaak in de vorm van een project-mer).

Voorbeeld detailniveau geluid onderzoek Programma VAWOZ en projectprocedure

Programma VAWOZ: Voor de potentiële converterstations en elektrolyzers zijn zoeklocaties en zoekgebieden bepaald. Omdat deze locaties en zoekgebieden nog niet afgebakend zijn, wordt een risicobenadering toegepast. Er wordt op basis van uitgangspunten voor een standaard converterstation en bijbehorende geluidruimte met behulp van GIS beoordeeld waar er ruimte is en wat de risico's zijn per zoeklocatie of -gebied. Dit betreft vooral kwalitatief onderzoek (expert judgement).

In een projectprocedure (volgend op programma VAWOZ) zijn de locaties voor de converterstations en elektrolyser bekend. De specifieke effecten worden dan bepaald door geluidberekeningen en een analyse daarvan voor de exacte locaties. Dit betreft zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek.

De effectbeoordeling vindt plaats in twee rondes (zie Figuur 5-2). In de eerste ronde worden alle thema's en benoemde (deel)aspecten beoordeeld. In de tweede ronde vindt waar nodig verder onderzoek plaats. Dit kan meer onderzoek zijn voor een (deel)aspect binnen een thema en/of voor een onderdeel van een verbinding. Op basis van de effectbeoordeling wordt een beeld gegeven per verbinding en wordt een regionaal en tevens landelijke beeld geschetst. Op deze wijze wordt recht gedaan aan de samenhang tussen de effecten van verschillende verbindingen en de samenhang tussen de te maken regionale en landelijke keuzes.



Figuur 5-2 Proces effectenonderzoek Programma VAWOZ

5.2 Toelichting beoordelingskader Systemintegratie

Het thema **systemintegratie** geeft inzicht in de gevolgen van de aanlanding van wind op zee voor het hele toekomstige energiesysteem in Nederland. Er wordt gekeken naar de invloed van de inpassing van windenergie op zee op de energie-infrastructuur op land, de benodigde energie-infrastructuur op zee en de (directe) benutting van windenergie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen aanlandingen in de vorm van waterstof en elektriciteit:

- Voor elektrische aanlandingen wordt gekeken naar beschikbare aansluitcapaciteit, effecten op afvoerende hoogspanningsverbindingen, effecten op het dieper landinwaarts liggend net, afstand kabel vanaf windpark op zee tot aansluitlocatie, mogelijkheden elektrolyse op aansluitlocatie en mogelijkheden overige flexibele vraag op aansluitlocatie.
- Voor waterstofaanlandingen wordt gekeken naar de hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee, de hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land en de effecten op het hoofdtransportnet.

5.3 Toelichting beoordelingskader Milieu & Ruimte

5.3.1 Inleiding

Binnen dit thema worden de ruimtelijke en milieueffecten onderzocht die kunnen ontstaan tijdens de aanleg of het gebruik van de aanlandingen. De beoordeling van het thema milieu en ruimte heeft de vorm van een plan-MER. In het beoordelingskader worden de volgende aspecten onderscheiden:

- Natuur op zee & grote wateren en op land.
- Bodem en water op zee & grote wateren en op land.
- Landschap, cultuurhistorie en archeologie op zee & grote wateren en op land.
- Leefomgeving, ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties op zee & grote wateren en op land (inclusief circulariteit).

De effecten voor het thema Milieu en Ruimte worden op basis van een plus- en min-schaal beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie (zie onderstaande tabel).

Tabel 5-1 Beoordelingsschaal

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
++	Zeer positief	De voorgenomen activiteit leidt tot een sterk merkbare positieve verandering
+	Positief	De voorgenomen activiteit leidt tot een merkbare positieve verandering
0	Neutraal	De voorgenomen activiteit onderscheidt zich niet of nauwelijks van de referentiesituatie
-	Negatief	De voorgenomen activiteit leidt tot een merkbare negatieve verandering
--	Zeer negatief	De voorgenomen activiteit leidt tot een sterk merkbare negatieve verandering (mitigeerbaar). Indien het niet mitigeerbaar is wordt een extra (-) toegevoegd (- -)

Voor de meeste milieuaspecten zal een positieve beoordeling (++) en (+) niet aan de orde zijn. Het is alleen aan de orde indien er een positieve verandering plaatsvindt door bijvoorbeeld aansluiting van de energie-infrastructuur bij de aard van het gebied. Indien ingeschat wordt dat effecten niet mitigeerbaar zijn (bijvoorbeeld voor ecologie), dan wordt er een extra min (-) toegevoegd aan de zeer negatieve beoordeling wat leidt tot (- -).

5.3.2 Referentiesituatie en cumulatie

De **referentiesituatie** voor Programma VAWOZ bestaat uit de huidige situatie en autonome ontwikkelingen (bij elkaar opgeteld). De huidige situatie omvat de situatie zoals deze is ten tijde van het schrijven van de IEA/plan-MER (2024). Voor de autonome ontwikkelingen wordt uitgegaan van de situatie van 2031 tot 2040 (de uitvoeringsperiode voor het Programma VAWOZ). Voor de helderheid van de effectbeoordeling wordt uitgegaan van één referentiesituatie; er is geen onderscheid tussen een referentiesituatie in 2031 en in 2040. Voor de autonome ontwikkeling zijn zowel de nog te realiseren plannen en projecten, als de milieusituatie ten tijde van 2031/2040 van belang.

Nog te realiseren plannen en projecten worden meegenomen in de autonome ontwikkeling als de besluitvormingsprocedure van deze projecten is doorlopen. Ook worden plannen en projecten meegenomen die in procedure zijn, of waarvoor besluitvorming verwacht wordt vóór of parallel aan de besluitvorming van Programma VAWOZ. Deze ontwikkelingen zijn relevant als ze effecten hebben op hetzelfde (plan- of studie) gebied en op dezelfde functies en aspecten als de verbindingen binnen Programma VAWOZ.

Bij het beoordelen van effecten wordt rekening gehouden met **cumulatie** (elkaar versterkende effecten) met toekomstige ontwikkelingen in hetzelfde (plan- of studie) gebied die zich in een voorfase (toekomstig idee) bevinden en waarover eventuele besluitvorming na besluitvorming over Programma VAWOZ plaatsvindt. Vaak is het nog niet duidelijk waar, hoe en wanneer deze ontwikkelingen gaan plaatsvinden. Om die reden zal de cumulatieve beoordeling in de IEA zich richten op het beschrijven van een potentiële relatie en of er een cumulatief effect is te verwachten van de verbindingen in Programma VAWOZ met de betreffende ontwikkeling en of dit leidt tot aandachtspunten of overwegingen voor optimalisatie/aanpassing. Ook wordt waar relevant cumulatie van effecten van de verschillende verbindingen binnen het Programma VAWOZ beschreven, bijvoorbeeld bij parallelligging.

5.3.3 Mitigerende maatregelen

Milieueffecten kunnen worden beperkt of voorkomen door het treffen van mitigerende maatregelen. Bij de beoordeling in de IEA/plan-MER wordt ingegaan op mogelijke mitigerende maatregelen en het effect daarvan op de beoordeling. Dit kunnen maatregelen zijn in de vorm van tracéoptimalisatie, technische randvoorwaarden of maatregelen of een bepaalde werkwijze, zoals de periode van werken.

5.3.4 Leemten in kennis

Tijdens de beoordeling van het thema milieu en ruimte kunnen er leemten in kennis (ontbrekende informatie) zijn. Bij de beoordeling worden voor de besluitvorming relevante leemten aangeduid. Hierbij wordt ook ingegaan op de invloed op vervolprojecten: kan de leemte daar ingevuld worden en/of is breder onderzoek nodig?

5.3.5 Passende Beoordeling voor Programma VAWOZ

Indien het voorziene beleid en de activiteiten in een programma, zoals het Programma VAWOZ 2031-2040, kunnen leiden tot significante negatieve gevolgen voor Natura 2000-gebieden, dan moet voor het programma een Passende Beoordeling worden opgesteld²⁷. De Passende Beoordeling sluit aan bij het abstractieniveau en de besluitvorming die in het Programma VAWOZ 2031-2040 plaatsvindt.

In de eerste ronde effectbeoordeling natuur worden de alternatieven kwalitatief beoordeeld met op basis van *expert judgement* (zie het beoordelingskader in Bijlage D). In ronde 2 van de effectbeoordeling wordt ingezoomd op de meest kritische aspecten (waar liggen de grootste effecten, risico's en leemten in kennis). De informatie uit de effectbeoordeling natuur (ronde 1 en 2, zie Figuur 5-2) wordt opgenomen voor het meest kansrijke alternatief per verbinding. Deze aanpak leidt tot een meer 'abstracte' Passende Beoordeling. In de procedures die volgen na Programma VAWOZ kan per verbinding een Passende Beoordeling gemaakt worden die ten grondslag kan liggen aan een projectbesluit en vergunningaanvragen.

²⁷ Artikel 16.53c Omgevingswet.

5.4 Beoordelingskader Omgeving

Onder het thema **Omgeving** wordt uiteengezet welke aandachtspunten, risico's en kansen zijn benoemd door de verschillende stakeholders. Met stakeholders worden de partijen bedoeld die belangen vertegenwoordigen en die mogelijk door het project worden geraakt of ondersteund. De grootste en meest onderscheidende aandachtspunten die door omgevingspartijen in het [participatieproces](#) naar voren zijn gebracht, worden benoemd.

Er wordt zoveel als mogelijk geredeneerd vanuit belangen en perspectieven (zoals natuur, landbouw, gezondheid, scheepvaart, cultureel erfgoed, etc.) en minder vanuit individuele partijen, omdat de afweging plaatsvindt op basis van belangen en niet op basis van partijen. Omdat het lastig is om verschillende belangen met elkaar te vergelijken, wordt er geen waardeoordeel gegeven in de vorm van een plus of een min. Wel wordt gesproken over aandachtspunten, effecten, kansen, zorgen en eventuele hinder of overlast.

5.5 Beoordelingskader Techniek, veiligheid en kosten

Binnen het thema **Techniek, veiligheid en kosten** worden de gevolgen voor technische complexiteit en haalbaarheid, voor veiligheid en voor kosten onderzocht. Deze gevolgen kunnen spelen gedurende de aanleg of onderhoud van de aanlandingen of elektrolyzers. De belangrijkste aspecten die bepalend zijn voor de technische complexiteit en haalbaarheid en voor veiligheid tijdens aanleg en onderhoud zijn:

- Voor techniek en veiligheid op zee: morfodynamica, bodemsamenstelling, baggeren, kruisingen met kabels en leidingen, scheepvaart, wrakken en obstakels, ontplofbare oorlogsmunitie, randvoorwaarden vanuit bevoegd gezag, veiligheid tijdens aanleg en externe dreiging.
- Voor techniek en veiligheid op land: (HDD)-boringen, bereikbaarheid en beschikbare ruimte, invloed van/op infrastructuur van derden, bodemsamenstelling en aansluiting op het landelijke netwerk.

De **Kosten** worden samen behandeld met techniek en veiligheid omdat veel technische aandachtspunten zich (in)direct vertalen in een verandering in kosten. Er wordt voor de beoordeling onderscheid gemaakt in een inschatting van de kosten voor verschillende fases: inschatting van de relatieve investeringskosten voor aanleg en een inschatting van de relatieve onderhouds- en verwijderingskosten.

5.6 Beoordelingskader Economie

Binnen het thema **Economie** vindt een beoordeling plaats van de economische impact van de verbindingen. Hierbij wordt een breed welvaartsbegrip gehanteerd, waarbij zowel de geprijsde als onbeprijsde effecten (zoals milieu en ruimte) worden meegenomen. In de beoordeling van het thema Economie wordt – conform de Algemene Leidraad – gebruik gemaakt van de MKBA-systematiek. Hierbij worden welvaartseffecten in brede zin meegenomen en uiteengezet in een overzicht van kosten en baten. Dit gebeurt op nationaal niveau, waarbij ook grensoverschrijdende effecten worden meegenomen. Daarnaast gaat de analyse voor Programma VAWOZ ook in op enkele regionale effecten; er wordt vooral ingegaan op de regionaal-economische impact op werkgelegenheid. De onderscheidende aspecten zijn de directe economische kosten (technisch-

economische kosten voor de initiatiefnemer), de maatschappelijke kosten (inclusief vermeden kosten) en de baten voor regionale economieën.

5.7 Beoordelingskader Tijd & Toekomstvastheid

Voor het thema **Tijd & Toekomstvastheid** wordt een robuustheidstoets gedaan die in gaat op:

- De toekomstvastheid van aanlandingen vanuit het energiesysteem 2050 (o.a. max. 70 GW opgesteld vermogen op zee) met een nog vast te stellen combinatie van productie van waterstof en elektriciteit.
- De toekomstvastheid van aanlandingen vanuit ruimtelijk perspectief.
- Het plaatsen van de aanlandingen in de tijd: welke kunnen snel van start en welke zijn afhankelijk van andere factoren.
- Een plek geven aan onzekerheden met betrekking tot bijvoorbeeld de beschikbaarheid van toekomstige technieken en leemten in kennis over fasering van windenergiegebieden.

Het doel is om vanuit verschillende perspectieven te kijken of een verbinding of set van verbindingen in de toekomst robuust (toekomstvast) is. Hierbij wordt steeds naar het effect op de hele verbinding (met alle onderdelen daarin) gekeken.

COLOFON

Programma VAWOZ 2031-2040

Datum

09-02-2024

Status

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

BRO B.V.

1018 TX Amsterdam
Rhijnspoorplein 38
+31 (0)20 506 19 99

www.bro.nl

CE Delft B.V.

Oude Delft 180
2611 HH Delft
+31 (0)15-2150150

www.ce.nl

Pondera Consult B.V.

Postbus 919
6800 AX Arnhem
Nederland
+31 (0)88 7663 372

www.ponderaconsult.com

Bijlage A Begrippen en afkortingen

Tabel 0-1 Begrippenlijst

Schrijfwijze begrip	Afkorting	Toelichting
380kV-hoogspanningsstation	380kV-station	Hoogspanningsstation met 380kV-aansluiting.
380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord	380kV NNHN	Nieuwe bovengrondse 380kV-hoogspanningsverbinding met de benodigde toekomstige 380kV-hoogspanningsstations waar Programma VAWOZ op kan aansluiten.
Hoogspanningsstation	-	Hoogspanningsstation met 380kV, 220kV of 150kV-aansluiting.
Aanlandingszone	-	Zone waar elektriciteitskabels en waterstofleidingen vanaf zee aan land kunnen gaan. Veelal zones waar ruimte is aan land te gaan en/of het N2000 gebied langs de kust relatief smal is. In PAWOZ-Eemshaven wordt dit een 'aanlandingspunt' genoemd.
Aanlandingsstation waterstof	-	Een aanlandingsstation is nodig om de offshore waterstofleiding te laten aansluiten op het Waterstofnetwerk Nederland. Het bevat een aantal noodzakelijke functies, zoals het uitvoeren van metering, drukreductie en -beveiliging en ontvangst van interne inspectietools.
Aansluitlocatie	-	Locatie waar de windparken aangesloten wordt op het landelijk hoogspanningsnet of waterstofnetwerk. In PAWOZ-Eemshaven wordt dit een 'aansluitpunt' genoemd.
AC- of DC-verbinding	-	Wisselstroom (AC, alternating current) of gelijkstroom (DC, direct current) verbinding.
Afsluiterlocatie	-	Locatie van waterstofleiding net na het aanlanden. Afsluiterlocaties zijn nodig voor beperken van af te blazen waterstof bij calamiteiten of reparaties aan de leiding.
Converterstation	-	Converterstation op land voor het omzetten van gelijkstroom naar wisselstroom en het verlagen van de spanning naar het niveau van het landelijke hoogspanningsnet.
Demarcatiepunt PAWOZ-Eemshaven	-	Het demarcatiepunt is de ruimtelijke afbakening op de Noordzee tussen het Programma VAWOZ en het PAWOZ-Eemshaven voor de aanlandingen wind op zee na 2031. Tot aan het demarcatiepunt vindt de routing en het plan-MER/IEA onderzoek voor Programma VAWOZ plaats, daarna is het onderdeel van PAWOZ-Eemshaven. Het demarcatiepunt is bepaald om overlap, of een gat, te voorkomen tussen de routing en het onderzoek van beide programma's.
Elektrolyzers		Installaties die van zoetwater met behulp van elektriciteit waterstof produceren. In deze installaties wordt middels electrolyse wordt water gesplitst. Daarin wordt water met behulp van elektrische lading omgezet in waterstof en zuurstof.
Gigawatt	GW _e of GW _{H2}	Een Gigawatt is 1.000 watt. Watt is de eenheid van vermogen. Waar geschreven wordt over vermogen, wordt gedeut of het gaat over elektriciteit of waterstof.
GIS		Geografisch informatiesysteem. Een GIS maakt het mogelijk om beschikbare geografische data van Nederland in kaart te brengen.
Kansrijke oplossingsrichtingen	-	NRD-fase. De mogelijke routes voor elektriciteitskabels en waterstofleidingen en zoekgebieden voor converter-/transformatorstations en aanlandingsstations op hoog abstractieniveau (grofweg; linksom of rechtsom gevoelige gebieden/woonkernen).
Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau	concept-NRD	Een concept-NRD geeft aan met wat (reikwijdte) en met welke diepgang (detailniveau) de alternatieven worden onderzocht en beschreven in het milieueffectrapport (MER).
Net op Zee Nederwiek 3	NW3	De realisatie van een ondergrondse hoogspanningsverbinding die windenergiegebied Nederwiek Noord in de Noordzee verbindt met hoogspanningsstations op land, o.a. in Geertruidenberg en Moerdijk. Hierbij wordt ook onderzoek gedaan naar mogelijke toekomstige parallellegging van routes voor het Programma VAWOZ.

Schrijfwijze begrip	Afkorting	Toelichting
Programma Aansluiting Wind op Zee – Eemshaven	PAWOZ-Eemshaven	Het PAWOZ-Eemshaven onderzoekt de mogelijkheden voor toekomstige kabel- en leidingroutes vanaf de Noordzee naar de aansluitlocatie Eemshaven. De resultaten (in de vorm van de mogelijke routes na 2031) uit PAWOZ-Eemshaven worden onderdeel van het Programma VAWOZ 2031-2040.
Programma VAWOZ 2031-2040	Programma VAWOZ	Het Programma VAWOZ onderzoekt de mogelijkheden voor de aanlanding en aansluiting van elektriciteit en waterstof op het hoogspanningsnet en waterstofnetwerk op land vanuit verscheidene windparken op de Noordzee.
Projectbesluit		Het projectbesluit is onder de Omgevingswet een instrument voor waterschappen, provincies en het Rijk voor het mogelijk maken van vaak complexe projecten met een publiek belang. In de Omgevingswet worden onder projecten verstaan a) het bouwen van bouwwerken of de totstandkoming van installaties of werken en b) andere activiteiten die onderdelen van de fysieke leefomgeving wijzigen, inclusief activiteiten voor de winning van delfstoffen. Het projectbesluit vervangt onder meer het inpassingsplan uit de Wet ruimtelijke ordening (Wro).
Projectprocedure		De projectprocedure wordt gebruikt voor het vaststellen van een projectbesluit.
Routes	-	Een mogelijke ligging voor de elektriciteitskabels en/of waterstofleidingen van het platform in een windenergiegebied naar een aansluitlocatie op het landelijk hoogspanningsnet of waterstofnetwerk.
Stakeholder		Personen of organisaties die bij dit programma een bepaald belang hebben, bijvoorbeeld een overheid, nutsbedrijven, maatschappelijke organisatie of grondeigenaren.
Transformatorstation	-	Een transformatorstation op land voor het verhogen van het spanningsniveau naar het niveau van het landelijke hoogspanningsnet.
Verbinding		Een verbinding is een waterstofleiding of een kabelbundel die de windparken op zee verbindt met een aansluitlocatie op land (het landelijk hoogspanningsnet of waterstofnetwerk).
Waterstofleiding	Leiding	Type leiding om waterstof te transporteren.

Afkortingen locaties en routes

Tabel 0-2 Afkortingenlijst

Schrijfwijze term	Afkorting
A9 Zuid	A9Z
Bleiswijk	BLW
Borssele	BSL
Castricum	CAS
Den Helder	DHL
Delta Rhine Corridor	DRC
Egmond aan Zee	EAZ
Europoort	EUP
Graetheide	GTH
Haringvlietmonding	HVM
Hoek van Holland	HVH
IJmuiden	IJM
Wassenaar	WS
Kijkduin	KD
Kop van Noord-Holland	KNH
Kust van Zeeuws-Vlaanderen	KZV
Maasbracht	MBT
Middenmeer	MDM
Maasvlakte Noord	MVLn
Maasvlakte Zuid	MVLz
Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Noord	NNHN-Noord
Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Zuid	NNHN-Zuid
Noordwijk	NW
Noordzeekanaalgebied	NZKG
Net op zee Nederwiek 3	NW3
Simonshaven	SMH
Sloegebied	BSL
Terneuzen	TNZ
Tilburg	TLB
Veerse Gatdam	VGD
Velsen-Noord – Heemskerk	VNH
Vijfhuizen	VHZ
Waterstofnetwerk Nederland	WNN
Wateringen	WTR
Westerschelde	WES
Zandvoort	ZDV

Bijlage B Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen

Programma VAWOZ 2031-2040

Groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen



Datum: 09-02-2024
Versienummer: 1.0
Status: Definitief

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding en doel groeidocument.....	5
1.1	Toelichting Programma VAWOZ 2031-2040.....	5
1.2	Onderdelen Programma VAWOZ en plek groeidocument	6
1.3	Komen tot kansrijke oplossingsrichtingen	7
1.3.1	Wat zijn kansrijke oplossingsrichtingen	7
1.3.2	Proces om te komen tot kansrijke oplossingsrichtingen	8
1.4	Leeswijzer.....	9
2	Onderdelen en uitgangspunten	10
2.1	Onderdelen van kansrijke oplossingsrichtingen	10
2.1.1	Elektriciteitsverbinding	10
2.1.2	Waterstofverbinding.....	11
2.1.3	Grootschalige elektrolyzers op land.....	12
2.2	Belangrijkste uitgangspunten voor routes en locaties	14
2.2.1	Inleiding.....	14
2.2.2	Windenergiegebieden.....	16
2.2.3	Platforms op zee	16
2.2.4	Routes op zee en land.....	16
2.2.5	Aansluitlocaties en aanlandingszones	17
2.2.6	Stations op land	18
2.2.7	Elektrolyzers op land.....	18
2.3	Samenhang met andere energieprojecten en -programma's	19
2.3.1	Inleiding.....	19
2.3.2	Voorverkenning Programma VAWOZ 2031-2040	20
2.3.3	Programma PAWOZ-Eemshaven	20
2.3.4	Programma Energie Hoofdstructuur (PEH).....	22
2.3.5	Onderzoek Hergebruik offshore Aardgasleidingen voor waterstoftransport (OHA) en Energie Infrastructuurplan Noordzee (EIPN)	22
2.3.6	Waterstofnetwerk Nederland.....	22
2.3.7	Partiële Herziening van het Programma Noordzee 2022-2027	23
2.3.8	Programma NOVEX.....	23
3	Regio Noordzee.....	24
3.1	Bandbreedte aantal verbindingen	24
3.2	Kansrijke routes	24

3.2.1	Elektrische routes.....	27
3.2.2	Waterstofroutes.....	29
3.2.3	Aandachtspunten uit regionale werksessie	30
3.3	Niet kansrijke routes	31
4	Regio Noord-Holland.....	33
4.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen Noord-Holland.....	33
4.2	Kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties	33
4.2.1	Aanlandingszones	33
4.2.2	Aansluitlocaties	35
4.2.3	Niet kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties.....	38
4.3	Kansrijke routes	38
4.3.1	Routes in Noord-Holland Noord	38
4.3.2	Routes in Noord-Holland Zuid.....	42
4.3.3	Niet kansrijke routes	48
4.4	Kansrijke stationslocaties.....	48
4.4.1	Zoekgebieden converter- en transformatorstations	48
4.4.2	Zoekgebieden aanlandingsstations waterstof	50
4.5	Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers	50
4.5.1	Zoekgebied Den Helder.....	50
4.5.2	Zoekgebied NNHN-Noord	51
4.5.3	Zoekgebieden aansluitlocaties Velsen, NNHN-Zuid, A9-Zuid en Vijfhuizen	52
5	Regio Zuid-Holland.....	54
5.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen Zuid-Holland.....	54
5.2	Kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties	54
5.2.1	Aanlandingszones	54
5.2.2	Aansluitlocaties	56
5.2.3	Niet kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties.....	57
5.3	Kansrijke routes	58
5.3.1	Routes in regio Zuid-Holland.....	58
5.3.2	Niet kansrijke routes	63
5.4	Kansrijke stationslocaties.....	63
5.4.1	Zoekgebieden converterstations	63
5.4.2	Zoekgebieden aanlandingsstations waterstof	65
5.5	Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers	65
5.5.1	Zoekgebied Bleiswijk.....	65

5.5.2	Zoekgebied Wateringen	66
5.5.3	Zoekgebied Europoort	67
5.5.4	Zoekgebied Simonshaven	68
6	Noord-Brabant en Limburg	70
6.1.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen	70
6.2	Kansrijke aansluitlocaties.....	71
6.3	Kansrijke routes	74
6.4	Kansrijke stationslocaties.....	78
6.5	Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers	79
6.5.1	Moerdijk en Geertruidenberg	79
6.5.2	Zoekgebied Tilburg.....	80
6.5.3	Zoekgebied Maasbracht.....	80
6.5.4	Zoekgebied Graetheide.....	81
7	Regio Zeeland.....	83
7.1	Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen Zeeland.....	83
7.2	Kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties	84
7.2.1	Aanlandingszones	84
7.2.2	Aansluitlocaties: waterstof en elektriciteit	85
7.2.3	Niet kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties.....	86
7.3	Kansrijke routes	87
7.3.1	Routes in regio Midden-Zeeland.....	87
7.3.2	Routes in regio Zeeuws-Vlaanderen	90
7.3.3	Niet kansrijke routes	94
7.4	Kansrijke stationslocaties.....	95
7.4.1	Zoekgebieden converterstations	95
7.4.2	Zoekgebieden aanlandingsstations waterstof	96
7.5	Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers	96
7.5.1	Zoekgebied Sloegebied	96
7.5.2	Zoekgebied Terneuzen.....	97
	Bijlage 1 Uitgangspunten voor kansrijke oplossingsrichtingen	99

1 Inleiding en doel groeidocument

Doel groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen

Dit groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen is een bijlage bij de concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (concept-NRD). Het doel van groeidocument is het vastleggen van overwegingen die gemaakt zijn om te komen tot kansrijke oplossingsrichtingen en alternatieven voor de verschillende verbindingen voor de aansluiting van windenergie op zee in de periode 2031-2040. De oplossingsrichtingen en de alternatieven worden beoordeeld in een Integrale Effect Analyse (IEA)/ planmilieueffectrapportage (plan-MER) aan de hand van een beoordelingskader. Op basis daarvan wordt per verbinding zo veel als mogelijk gekomen tot één alternatief. Dit alternatief wordt verder onderzocht in een ruimtelijke procedure per verbinding (wat geen onderdeel meer is van het Programma VAWOZ). Dit onderliggende document ‘groeit’ mee met de verschillende onderzoeksfases van de IEA/plan-MER, vandaar de naam groeidocument kansrijke oplossingsrichtingen.

1.1 Toelichting Programma VAWOZ 2031-2040

In 2050 wil Nederland klimaatneutraal zijn. Dit betekent dat er grote hoeveelheden hernieuwbare elektriciteit en CO₂-arme waterstof nodig zijn. Om dit te bereiken is de tijdige ontwikkeling van grootschalige windenergie op zee cruciaal. In een kamerbrief¹ over windenergie op zee in de periode 2030-2050 heeft het kabinet bekendgemaakt zich voor te bereiden op het realiseren van ongeveer 50 GW aan windenergie op zee in 2040. Dit is de bovenkant van een bandbreedte van verschillende energie-scenario's die wordt gehanteerd om zeker te zijn dat tijdige verduurzaming van de samenleving mogelijk is. Dat betekent dat het aanlanden en realiseren van ongeveer 29 GW aan windenergie op zee in de periode 2031-2040 wordt onderzocht. Dit is bovenop de deels gerealiseerde en deels in procedure zijnde 21 GW tot en met 2030. Verder bereidt het kabinet zich voor om in de periode 2041-2050 windenergie op zee door te laten groeien naar ongeveer 70 GW, wat betekent dat er mogelijk nog 20 GW windenergie op zee moet worden gerealiseerd na 2040.

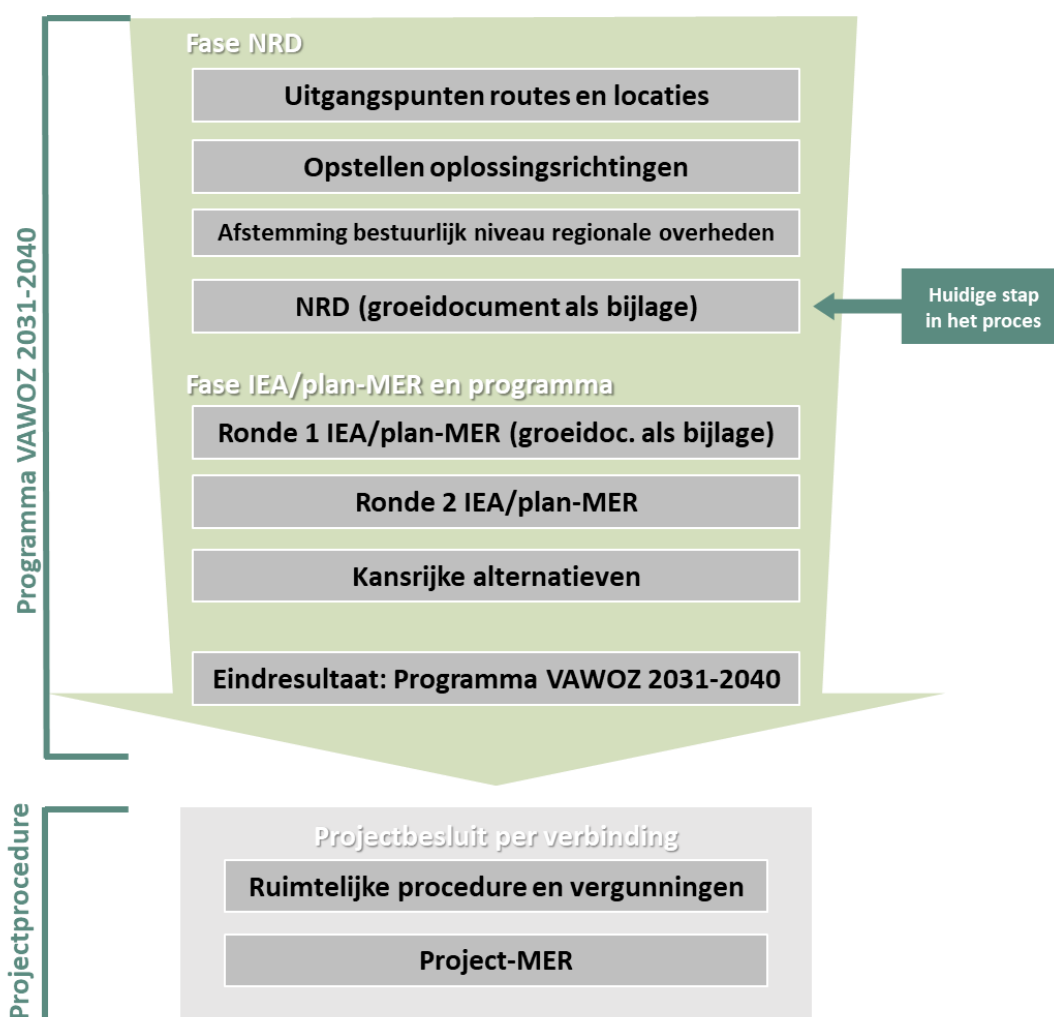
Het Programma VAWOZ (Verbindingen Aanlanding Wind op Zee) 2031-2040 onderzoekt - in nauwe samenspraak met de omgeving - hoe de energie van, nog te bouwen, windparken op zee aan land kan worden gebracht in de vorm van elektriciteit of waterstof voor de periode 2031-2040. Het Programma geeft daarnaast een doorkijk naar de verwachte wind op zee opgave van 70 GW voor 2050. Ook kijkt het Programma VAWOZ naar de ruimtelijke inpassing van grootschalige elektrolyse op land gekoppeld aan de aanlanding wind op zee.

De op de Noordzee opgewekte energie moet via elektriciteitskabels en waterstofleidingen aan land worden gebracht. De ruimtelijke inpassing hiervan raakt aan veel andere (maatschappelijke) belangen zoals van natuur, visserij, landbouw en scheepvaart. Om de raakvlakken met deze belangen en effecten in beeld te brengen wordt een integrale effectenanalyse (IEA) en planmilieueffectrapportage (m.e.r.) uitgevoerd als onderdeel van het Programma VAWOZ.

¹ Kamerbrief 16 september 2022, kenmerk DGKE-E/22174505. Te vinden op: <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-b34f5ea2f405a4b9dbdfe676288ace0736599264/pdf>

1.2 Onderdelen Programma VAWOZ en plek groeidocument

In Figuur 1-1 zijn de belangrijkste onderdelen te zien in het proces om te komen tot een voorkeursalternatief per verbinding.



Figuur 1-1 Proces VAWOZ en plaats groeidocument

Fase NRD

Eerst zijn uitgangspunten voor de routes en locaties bepaald. Op basis hiervan zijn kansrijke oplossingsrichtingen (routes en locaties) per verbinding op kaart gezet. Deze zijn besproken in diverse (regio)overleggen en zijn vervolgens opgenomen in het groeidocument (zie verder de volgende paragraaf). Het groeidocument bevat de beschrijving van de routes en locaties die wel en niet verder onderzocht gaan worden in de integrale effectenanalyse/plan-milieueffectrapportage (IEA/plan-MER). Aan de hand van een bestuurlijke adviesnotitie wordt het voorstel voor te onderzoeken routes en locaties besproken met de overheden in de verschillende regio's. Het groeidocument is onderdeel (een bijlage) van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) waarin het voorstel voor de te onderzoeken routes en locaties wordt vastgelegd. Iedereen kan reageren op de NRD en de Commissie MER geeft advies. De NRD en de binnengekomen reacties en adviezen vormen de basis voor het onderzoek in de IEA/plan-MER.

Fase IEA/plan-MER

De verschillende alternatieven (zie uitleg kader paragraaf 1.3.1) per verbinding worden op effecten onderzocht in een IEA/plan-MER. Eerst worden alle in de NRD voorgestelde routes en locaties onderzocht en daarna vindt verdiepend onderzoek plaats. Net als bij de NRD worden er regioessies georganiseerd waarin onderzoekresultaten worden besproken en informatie wordt uitgewisseld. Dit proces rondom de routes en locaties wordt vastgelegd in het 'groeidocument alternatieven'. Dit document wordt onderdeel (bijlage) van de IEA/plan-MER. Het streven is om zoveel mogelijk uit te komen op één kansrijk alternatief per beoogde verbinding (naast routes op zee en land ook locaties voor converterstations en elektrolyzers op land). In het ontwerp- en uiteindelijk definitief Programma VAWOZ wordt vastgelegd welke verbindingen verder worden ontwikkeld. Het IEA/plan-MER levert de relevante informatie aan voor het voorstel voor één alternatief per verbinding. Dit voorstel wordt met de overheden in de verschillende regio's besproken en opgenomen in een ontwerp- en uiteindelijk definitief Programma VAWOZ 2031-2040.

Vervolgprocedure

Na het Programma VAWOZ 2031-2040 wordt er per verbinding een ruimtelijke en vergunningen-procedure doorlopen. Hierbij wordt in een milieueffectrapport het voorkeursalternatief per aansluitlocatie in meer detail onderzocht met als doel dat de initiatiefnemers deze verbindingen kunnen realiseren.

1.3 Komen tot kansrijke oplossingsrichtingen

1.3.1 Wat zijn kansrijke oplossingsrichtingen

In dit groeidocument worden kansrijke oplossingsrichtingen gepresenteerd voor de aanlanding van windenergie op zee in de periode 2031-2040. Dit zijn routes (op zee en op land) op hoofdlijnen en zoekgebieden voor de onderdelen die nodig zijn om windenergie vanaf zee naar de aansluitlocaties (voor waterstof of elektriciteit) op land te brengen (zie Figuur 2-1 en Figuur 2-3). Deze kansrijke oplossingsrichtingen zijn onderdeel van de NRD. Om te komen tot kansrijke oplossingsrichtingen is een ontwerpproces doorlopen met het Ministerie van Economische Zaken Klimaat (EZK), Rijkswaterstaat (RWS), TenneT, Gasunie, de betrokken provincies en andere stakeholders.

Terminologie kansrijke oplossingsrichting en alternatief

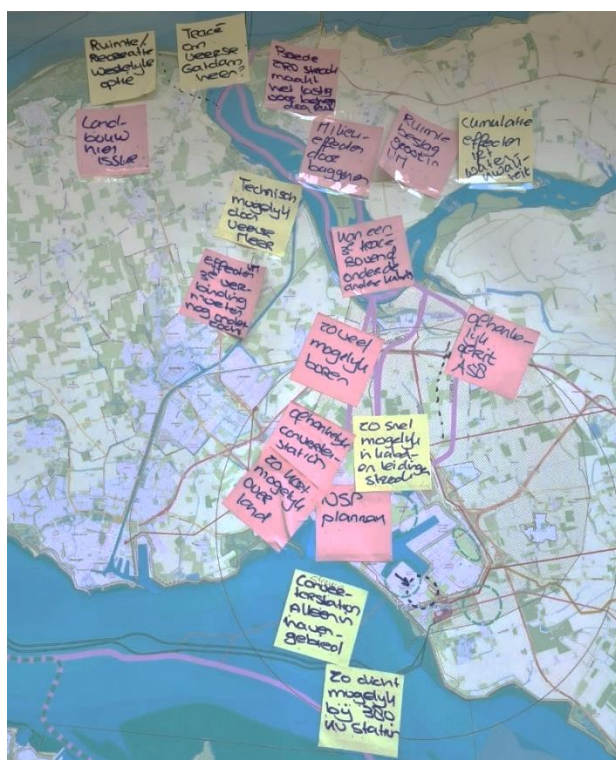
In deze onderzoeksfase wordt gesproken over kansrijke oplossingsrichtingen en worden de mogelijke routes en zoekgebieden bepaald. Na de NRD komt de plan-MER/IEA-fase waar deze kansrijke oplossingsrichtingen de naam 'alternatief' krijgen en de verschillende alternatieven beoordeeld worden. Door de effecten van de alternatieven in beeld te brengen kan de minister voor Klimaat en Energie een landelijke afweging maken, mede op basis van de adviezen van de regio's, die zo veel als mogelijk leidt tot één alternatief per verbinding. De mer-procedure voor het project-MER van de individuele verbindingen die volgen op het Programma VAWOZ kan hierdoor korter worden.

1.3.2 Proces om te komen tot kansrijke oplossingsrichtingen

De eerste stap in het ontwerpproces is het bepalen van de uitgangspunten voor het ontwerpen van routes en bepalen van zoekgebieden voor converter/transformatorstations en aanlandingsstations. Ook zijn raakvlakken en relaties met andere projecten in beeld gebracht. Het resultaat van deze stap is een uitgangspuntennotitie (zie Bijlage 1).

Op basis van deze uitgangspunten zijn de eerste kansrijke oplossingsrichtingen op kaart gezet. In ontwerpessies met Gasunie, EZK, Rijkswaterstaat, TenneT en de betrokken provincies zijn de oplossingsrichtingen aangescherpt en zijn aandachtspunten, kansen en risico's besproken.

De kansrijke oplossingsrichtingen zijn gepresenteerd tijdens de regionale werksessies met bedrijven, maatschappelijke organisaties en bestuursorganen. Het doel van de regionale werksessies was om (gebiedsspecifieke) informatie op te halen over de kansrijke oplossingsrichtingen. Samen met de stakeholders is gekeken welke aandachtspunten, risico's en kansen er zijn voor de routes op de kaart en of er nog meer routes mogelijk zijn.



Figuur 1-2 Een voorbeeld van de uitkomsten van regionale werksessies (Regio Zeeland)

Met de opgedane informatie uit de werksessies zijn de kansrijke oplossingsrichtingen verder aanscherpt. De resultaten van dit proces zijn opgenomen in dit groeidocument. Het groeidocument geeft het ontwerpproces weer; het beschrijft de afwegingen die gemaakt zijn om te komen tot de kansrijke oplossingsrichtingen die opgenomen zijn in de NRD. De samenvatting hiervan staat in de bestuurlijke adviesnotitie, die de informatie bevat voor bestuurlijke besluitvorming. Ook worden de resultaten teruggekoppeld aan de regio's in regionale werksessies.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 licht de scope van het Programma VAWOZ toe en geeft een samenvatting van de belangrijkste uitgangspunten die zijn meegenomen in het ontwerpproces. Deze uitgangspunten vormen de basis voor de routes en zoekgebieden die op de kaarten staan. Bijlage 1 bevat de volledige uitgangspuntennotitie.

Voor het Programma is de keuze gemaakt om een verdeling te maken in regio's. Dit zijn de volgende: Noordzee, Noord-Holland, Zuid-Holland (inclusief Noord-Brabant en Limburg), Zeeland en Noord-Nederland (Groningen/Noordoost-Friesland). Deze laatste regio is onderdeel van het aparte Programma Aansluiting Wind Op Zee (PAWOZ)-Eemshaven. In dit groeidocument wordt deze regio daarom niet verder behandeld.

In Hoofdstuk 3 tot en met 7 is per regio toegelicht welke kansrijke oplossingsrichtingen uit het ontwerpproces zijn gekomen. Ook is onderbouwd welke routes en gebieden, die zijn besproken tijdens de ontwerpsessies, niet verder onderzocht worden in het Programma VAWOZ.

2 Onderdelen en uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt toegelicht welke onderdelen in de scope van het Programma VAWOZ vallen en welke uitgangspunten gehanteerd zijn om te komen tot kansrijke oplossingsrichtingen.

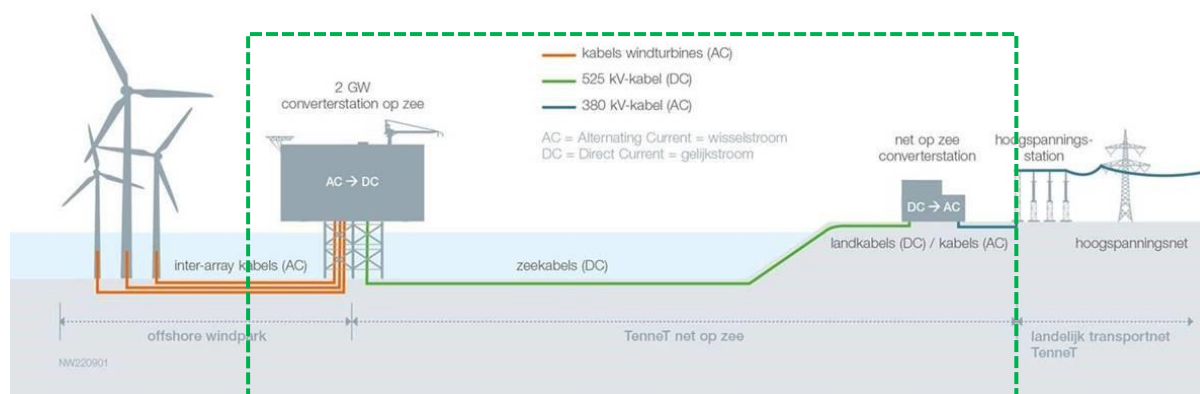
2.1 Onderdelen van kansrijke oplossingsrichtingen

Het Programma VAWOZ kijkt naar het aan land brengen van windenergie op zee in de vorm van elektriciteit en waterstof. Voor transport van windenergie in de vorm van waterstof is elektrolyse op zee nodig. Elektrolyse op zee wordt niet binnen het Programma VAWOZ onderzocht.² Het Programma VAWOZ onderzoekt wel kansrijke locaties voor grootschalige elektrolyse op land. In de volgende paragrafen wordt toegelicht welke onderdelen nodig zijn (op zee en op land) voor elektrische verbindingen, waterstofverbindingen en elektrolyse op land.

2.1.1 Elektriciteitsverbinding

In Figuur 2-1 en Figuur 2-2 is schematisch weergegeven hoe de verbinding van een offshore windpark tot en met het landelijke hoogspanningsnet eruit ziet. Dit wordt ook wel een 'net op zee' genoemd. De groene omkadering geeft de scope van het Programma VAWOZ aan. Het net op zee bestaat uit de volgende onderdelen:

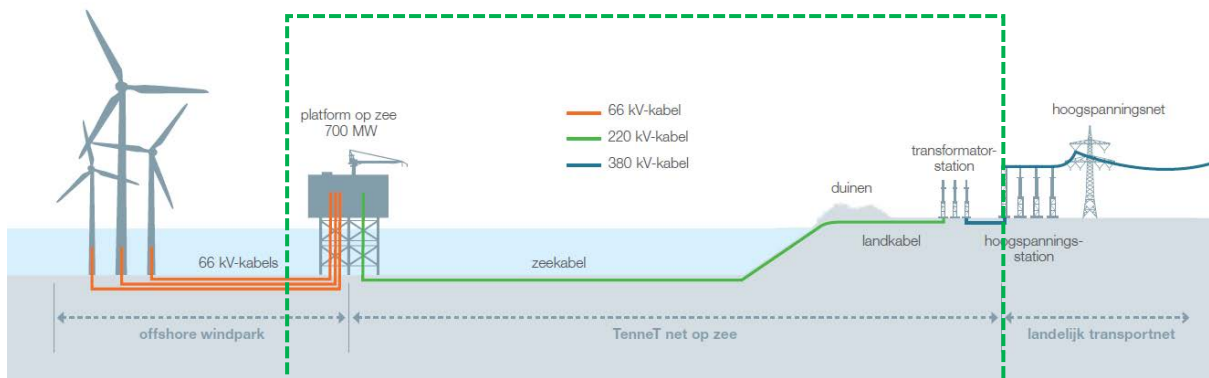
- AC of DC-converterplatform op zee³
- Ondergrondse AC/DC kabels op zee en op land
- Converter-/transformatorstation op land
- Aansluiting op een 380kV-hoogspanningsstation (of 150kV voor een 700MW-verbinding vanuit Hollandse Kust (west))



Figuur 2-1 Onderdelen elektrische verbinding van een 2GW-gelijkstroomverbinding

² De effecten van waterstof productie op zee worden niet binnen het Programma VAWOZ onderzocht omdat er nog veel onzekerheden zijn over hoe waterstof op zee wordt geproduceerd en over de locaties van waterstofproductie op zee.

³ Er zijn twee varianten mogelijk voor het kabelsysteem: een wisselstroomverbinding (oftewel alternating current, AC) en een gelijkstroomverbinding (oftewel direct current, DC). Als het kabelsysteem een lengte heeft van circa 100 km of meer, is het om meer redenen voordeliger om met een DC-kabel aan te landen. In Programma VAWOZ is het uitgangspunt dat een wisselstroomverbinding een capaciteit van 700 MW heeft, en een gelijkstroomverbinding een capaciteit van 2 GW.



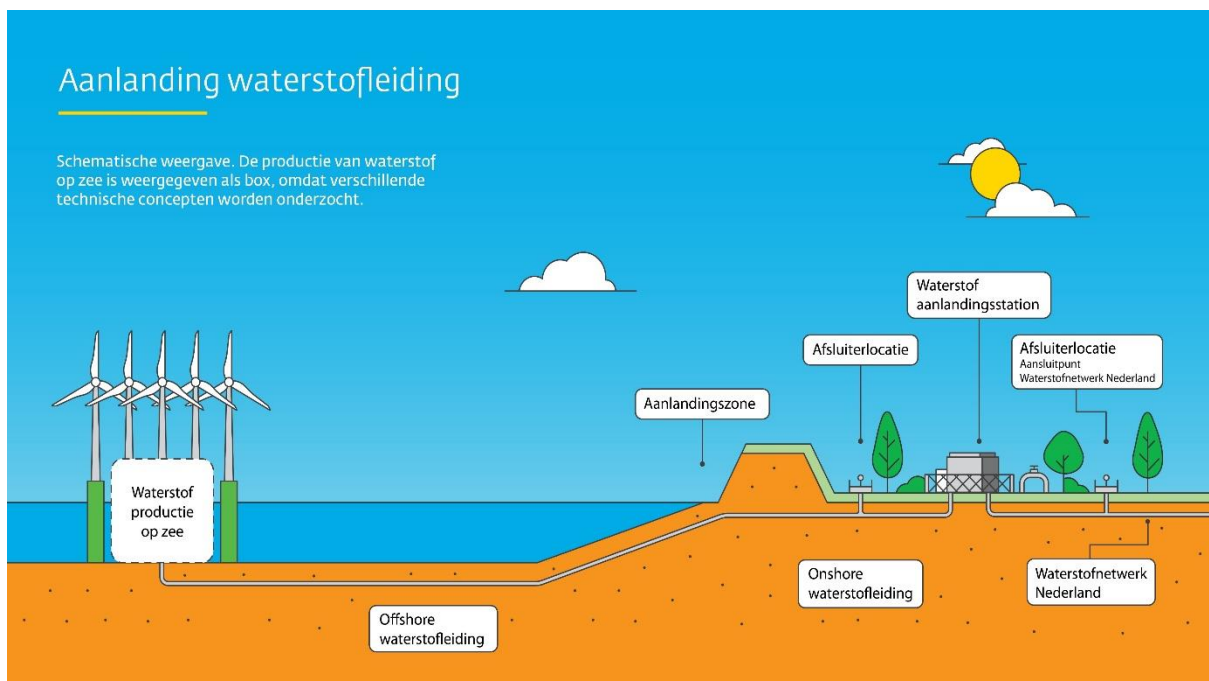
Figuur 2-2 Onderdelen elektrische verbinding van een 700MW-wisselstroomverbinding

Een gedetailleerde uitwerking van de onderdelen staat in de uitgangspuntennotitie (zie Bijlage 1).

2.1.2 Waterstofverbinding

In Figuur 2-3 is schematisch weergegeven hoe de verbinding van een offshore windpark tot en met het landelijke waterstofnetwerk eruit zou kunnen zien. Het waterstofconcept bestaat uit de volgende onderdelen:

- Waterstofproductie op zee (buiten scope Programma VAWOZ)
- Ondergrondse waterstofleidingen op zee en op land
- Afsluiterlocatie op land direct na de zeewering
- Aanlandingsstation waterstof (met op de locatie of daarbuiten nog een afsluiterlocatie)



Figuur 2-3 Onderdelen van een aanlanding van wind op zee met waterstof. Waterproductie op zee wordt niet onderzocht in het Programma VAWOZ

Een gedetailleerde uitwerking van de onderdelen staat in de uitgangspuntennotitie (zie Bijlage 1).

2.1.3 Grootschalige elektrolyzers op land

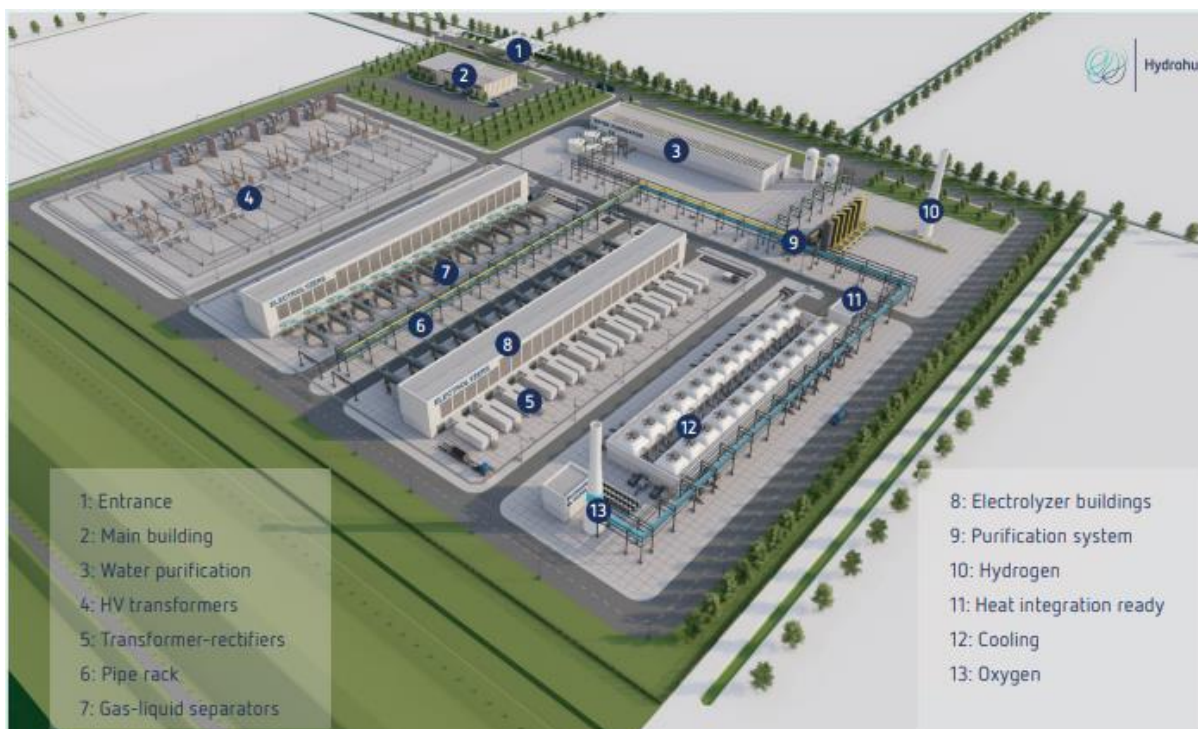
Uit het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) is gebleken dat het voor een duurzaam, efficiënt energiesysteem gunstig is om grootschalige elektrolyzers te plaatsen nabij aansluitlocaties van windenergie op zee. Op deze manier worden overschotten gelijk omgezet in waterstof en hoeven ze niet getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet. Elektrolyzers kunnen daarmee een functie hebben in de balancering van het elektriciteitsnet. Het onderzoek voor PEH is daarmee aanleiding geweest om binnen het Programma VAWOZ onderzoek te doen naar kansrijke locaties voor elektrolyzers nabij aansluitlocaties op land.

Programma VAWOZ brengt voor de periode na 2031 in beeld wat kansrijke locaties voor grootschalige elektrolyse zijn. Kansrijke locaties uit Programma VAWOZ zijn te zien als een aanvulling en/of verdieping op de voorkeursgebieden uit het PEH. Detailstudies voor kansrijke locaties vinden niet in Programma VAWOZ plaats, maar in ruimtelijke procedures volgend op het programma.

Uitgangspunt voor het Programma VAWOZ 2031-2040 is dat de grootschalige elektrolyzers op dezelfde 380kV-hoogspanningsstations worden aangesloten als waar een converterstation op wordt aangesloten. Er is dan geen directe relatie tussen een converterstation (dus de verbinding wind op zee) en een elektrolyser. In het kader van maatwerkafspraken zou hier mogelijk van af geweken kunnen worden, maar de haalbaarheid moet nog uitgezocht worden. In het Programma VAWOZ wordt gekeken naar de mogelijkheid voor een directe aansluiting voor Tata Steel (zie paragraaf 4.3.2).

Figuur 2-4 geeft een impressie hoe een grootschalige elektrolyse installatie (in dit geval 1 GW) eruit zou kunnen zien.⁴

⁴ <https://ispt.eu/media/Public-report-gigawatt-advanced-green-electrolyser-design.pdf>



Figuur 2-4 Impressie 1 GW groene waterstofinstallatie (bron: Institute for Sustainable Process Technology⁵)

Voor grootschalige elektrolyse nabij een aansluitlocatie van wind op zee zijn de volgende elementen van belang:

- Een *converterstation* van een net op zee-verbinding op land wordt aangesloten op een 380kV-hoogspanningsstation van TenneT.
- Vervolgens zal een mogelijke elektrolyser aangesloten worden op het 380kV-hoogspanningsstation.
- Op het *terrein van de elektrolyser* wordt de elektriciteit getransformeerd naar de spanning die voor elektrolyse nodig is. Figuur 2-4 geeft de belangrijkste onderdelen weer van een mogelijk concept voor grootschalige elektrolyse⁶.

De totale oppervlakte van een 1 GW elektrolyser kan oplopen tot 20 hectare (ha). Indien randvoorwaarden zoals elektriciteit en zoetwater aanwezig zijn, kan dit minder zijn. Dat zit als volgt:

- Volgens het PEH neemt een elektrolyser van 1 GW ongeveer 10 ha in beslag. Daarnaast heeft een elektrolyser elektriciteit en zoetwater nodig. Dit zijn randvoorwaarden. Indien deze niet aanwezig zijn, zullen hier faciliteiten voor gebouwd moeten worden. Dit kost extra grond. Zo kost een transformatorstation om tot de juiste spanning te komen ongeveer 5 – 6 ha.
- Indien daar een ontziltingsinstallatie om van zoutwater zoetwater te maken bij moet komen, kan het totale grondgebruik van een 1 GW elektrolyser oplopen tot circa 20 ha.

⁵ Bron: <https://ispt.eu/media/Public-report-gigawatt-advanced-green-electrolyser-design.pdf>

⁶ Bron: <https://ispt.eu/media/Public-report-gigawatt-advanced-green-electrolyser-design.pdf>

Voor de elektrische aansluitlocaties in Programma VAWOZ wordt in de IEA/plan-MER verkend in hoeverre inpassing van grootschalige elektrolyse kansrijk is. Daarbij wordt o.a. rekening gehouden met:

- Hoe een elektrolyser past in het energiesysteem (vraag, aanbod, transport).
- Hoe de omgeving tegenover een mogelijke komst van een elektrolyser staat.
- Wat mogelijke milieueffecten van een elektrolyser zijn.
- Wat een elektrolyser betekent voor economische ontwikkelingen in een gebied.
- Hoe een elektrolyser past in mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

Daarnaast dient ten behoeve van de vraag van elektrolysers naar zoetwater (voor productie en koeling) in de nabijheid groot oppervlaktewater⁷, beschikbaar te zijn om gebruik van grondwater of drinkwater te voorkomen. De locatiebepaling van een elektrolyser zal (net als de onderdelen van de net op zee-verbinding) met inachtneming gaan van de richtlijnen [water en bodem sturend](#). Parallel aan Programma VAWOZ doet het ministerie van Economische Zaken en Klimaat - in samenwerking met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat - onderzoek naar de relatie tussen zoetwaterbeschikbaarheid en elektrolyse. De resultaten van het onderzoek worden eind eerste kwartaal 2024 verwacht en gedeeld met het Programma VAWOZ. Deze informatie kan van invloed zijn op welke locaties voor grootschalige elektrolysers als kansrijk worden beschouwd. In theorie zou de behoefte aan zoetwater kunnen betekenen dat er een ontziltingsinstallatie bij de elektrolyser moet komen. Dit onderzoek wordt eind eerste kwartaal 2024 opgeleverd.

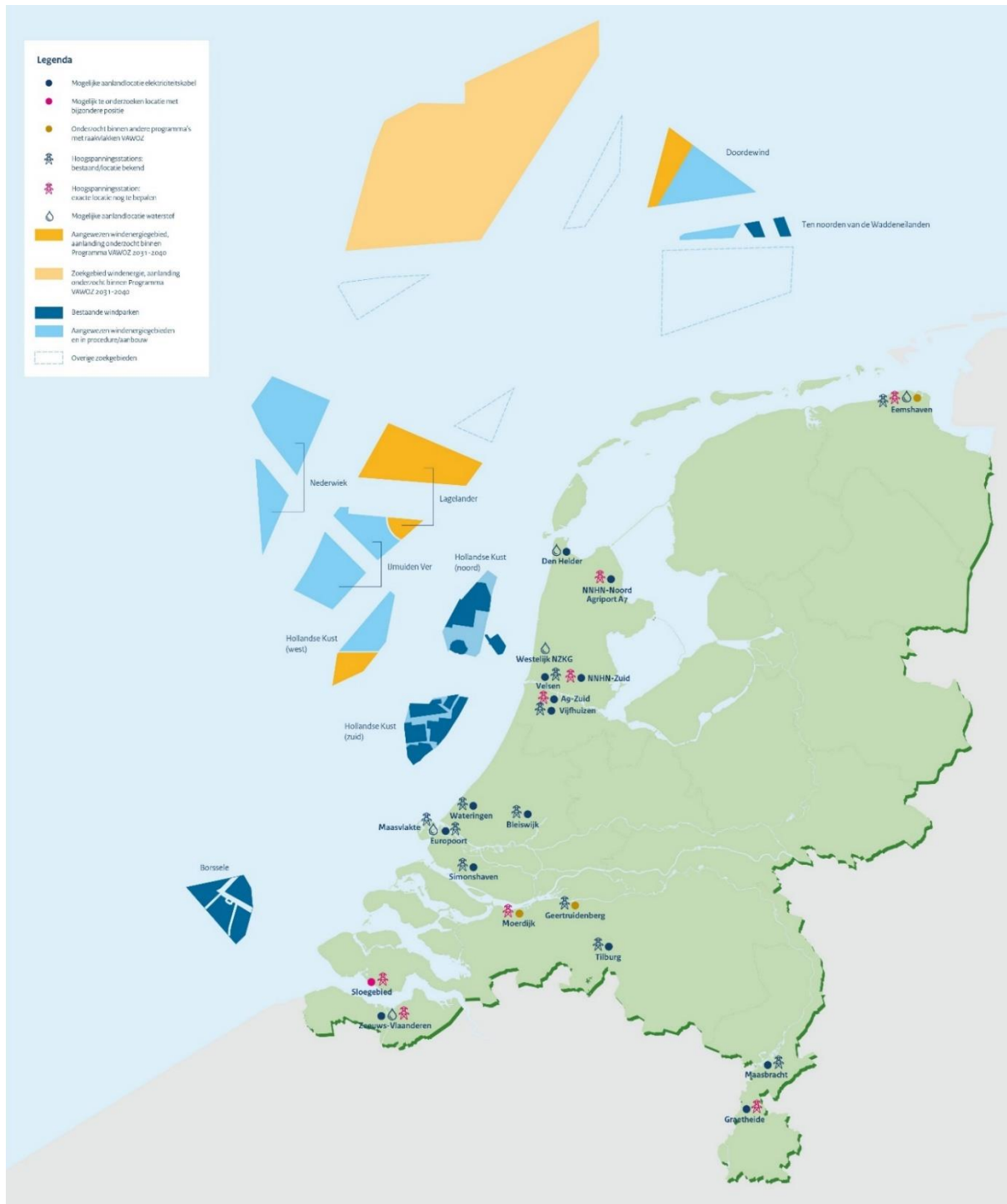
Vanuit de omgeving bezien kan het interessant zijn dat bij het produceren van waterstof door grootschalige elektrolyse warmte en zuurstof vrijkomt. Deze warmte kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de gebouwde omgeving of kassen van duurzame warmte te voorzien. Zuurstof kan gebruikt worden in industriële processen en is bijvoorbeeld nodig voor waterzuivering op RWZI's.

2.2 Belangrijkste uitgangspunten voor routes en locaties

2.2.1 Inleiding

Het startpunt voor het traceren zijn de windenergiegebieden of zoekgebieden op zee. Het eindpunt voor de tracering is een aansluitlocatie op land in de vorm van een hoogspanningsstation (voor elektrische verbindingen) of het Waterstofnetwerk Nederland (voor waterstofverbindingen). Figuur 2-5 is een overzichtskaart van Programma VAWOZ 2031-2040. Op de kaart zijn de aangewezen windenergiegebieden, zoekgebieden voor windenergie en de aansluitlocaties te vinden.

⁷ Waaronder de zee, dit vraagt om een ontziltingsinstallatie.



Figuur 2-5 Kaart windenergiegebieden, windenergie zoekgebieden en aansluitlocaties die deel uit maken van het Programma VAWOZ 2031-2040

Voor het bepalen van mogelijke routes en zoekgebieden voor de onderdelen die benoemd zijn in de vorige paragraaf, oftewel kansrijke oplossingsrichtingen, is een aantal uitgangspunten gehanteerd. Een volledige lijst van uitgangspunten is te vinden in Bijlage 1. De belangrijkste uitgangspunten zijn hierna samengevat.

2.2.2 Windenergiegebieden

De volgende windenergie- en zoekgebieden vallen in de scope van het Programma VAWOZ 2031-2040:

- Windenergiegebied Hollandse Kust (west), kavel VIII (hierna: HKW8)
- Windenergiegebied Lagelander
- Zoekgebied 6/7
- Doordewind (west)

2.2.3 Platforms op zee

De converter- en transformatorplatforms voor het verzamelen en omzetten van de windenergie bevinden zich in de windenergiegebieden op zee. Over de locaties voor deze platforms wordt besloten in verkavelingswerkgroepen. Als deze informatie beschikbaar komt gedurende het Programma VAWOZ, wordt de informatie meegenomen. Nu wordt uitgegaan van het startpunt van de verbindingen vanaf de rand of het midden van de windenergiegebieden. Verder wordt in dit groeidocument niet ingegaan op zoekgebieden voor platforms.

2.2.4 Routes op zee en land

In het Programma VAWOZ wordt rekening gehouden met de aanlanding van orde-grootte tien elektrische verbindingen en twee waterstofverbindingen. Voor windenergiegebied HKW8 wordt gekeken naar AC-verbindingen (zie voetnoot 3). Voor windenergiegebied Lagelander wordt gekeken naar een AC- of DC-verbinding, afhankelijk van het vermogen van het windpark.⁸ De ontsluiting van zoekgebied 6/7 vindt plaats met DC- en waterstofverbindingen.

Routes die in eerdere projecten niet verder zijn onderzocht (dat wil zeggen die niet gekozen zijn als voorkeursalternatief) kunnen in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040 opnieuw worden bekeken. De routes zijn opgenomen als kansrijke oplossingsrichting als er op voorhand geen showstoppers zijn vastgesteld (bijvoorbeeld een onvergunbare situatie). Door de ontwikkelingen in de techniek geldt ook dat sommige routes kansrijker blijken dan eerder gedacht, bijvoorbeeld omdat de maximale lengte van boringen in de laatste jaren is toegenomen.

De belangrijkste uitgangspunten voor de kansrijke routes voor waterstof en elektriciteit op zee zijn:

- Routes zo kort mogelijk, maar er wordt ook rekening gehouden met andere belangen.
- Ontwijken van, of zo kort mogelijk door, natuurgebieden.
- Gebieden waarbinnen zandwinning plaats vindt (vergund en MER-zoekgebieden) zoveel mogelijk vermijden.
- Scheepvaartroutes (indien mogelijk) zoveel mogelijk haaks kruisen.
- Ankergebieden vermijden en buiten de 1.000 meter zone om de ankergebieden blijven.⁹
- Routes zo veel mogelijk bundelen om ruimtebeslag te beperken.

De belangrijkste uitgangspunten voor de kansrijke routes voor waterstof en elektriciteit op land zijn:

⁸ Dit wordt onderzocht in de Partiële Herziening Programma Noordzee.

⁹ Eén van de waterstofroutes loopt door een ankergebied. De reden hiervoor en de omgang hiermee wordt nader toegelicht in paragraaf 7.3.2.

- Routes zo kort mogelijk (zo snel mogelijk aansluiten op het landelijk waterstofnetwerk of het hoogspanningsstation), maar er wordt ook rekening gehouden met andere belangen.
- Waar mogelijk bundelen van bestaande kabel- en leidingeninfrastructuur.
- Waar mogelijk aansluiten bij bestaande (water)weginfrastructuur.
- Zo min mogelijk kruisingen met waterwegen/-gangen en overige infrastructuur. Wanneer er infrastructuur gekruist wordt, dan zoveel mogelijk haaks kruisen.
- Zoveel mogelijk vermijden van bebouwd gebied, natuurgebieden en andere beschermde gebieden.
- Bij voorkeur niet door gebieden waar een hoge trefkans bestaat voor archeologische-, aardkundige- en/of cultuurhistorische waarden en monumenten.

In deze fase van kansrijke oplossingsrichtingen zijn de routes op hoofdlijnen ontworpen. Er is nog niet op perceelniveau gekeken naar de tracering. Dit gebeurt in de volgende ontwerpfase die zal plaatsvinden voorafgaand aan de effectbeoordeling.

2.2.5 Aansluitlocaties en aanlandingszones

In de Voorverkenning voor het Programma VAWOZ 2031-2040 zijn op hoofdlijnen de kansrijke aansluitlocaties in beeld gebracht (zie ook de paragraaf 2.3.2). Aansluitlocaties zijn de locaties waar een verbinding wordt aangesloten op het landelijke hoogspanningsnet of waterstofnetwerk. De aansluitlocaties uit de Voorverkenning zijn te zien in Figuur 2-5. In de hoofdstukken hierna wordt per regio toegelicht welke aansluitlocaties voor elektriciteit en waterstof meegenomen worden in het Programma VAWOZ en waarom sommige aansluitlocaties niet verder worden onderzocht.

Voor een aantal aansluitlocaties wordt in de toekomst of is recent een procedure gestart waarbinnen diverse locaties worden bekeken. Dit betekent dat er nog geen locatie voor de aansluitlocatie bekend is. Op basis van de beschikbare informatie uit de regionale werksessies, overleggen met provincies en de stand van zaken van desbetreffende projecten zijn zoekgebieden gedefinieerd. De zoekgebieden zijn een globale aanduiding van de toekomstige locatie. In de volgende fase van Programma VAWOZ, wanneer er meer informatie beschikbaar komt over de aansluitlocaties vanuit de specifieke projecten, worden de zoekgebieden ook verder afgebakend.

Om bij de aansluitlocatie te komen moet de elektriciteitskabel of waterstofleiding vanuit zee aanlanden op de kust. Hiervoor zijn zogenaamde aanlandingszones gedefinieerd. De belangrijkste uitgangspunten voor de aanlandingszones zijn:

- De aanlandingszones liggen bij voorkeur in de buurt van aansluitlocaties. Maar er wordt ook rekening gehouden met technische uitvoerbaarheid en andere belangen, zoals natuur en morfologie.
- Een zo beperkt mogelijke doorkruising van Natura 2000-gebied (bijv. duinengebied).
- De stabiliteit van waterkeringen wordt behouden.
- Aanlandingszones uit eerdere net op zee-trajecten worden opnieuw bekeken (o.a. uit Net op zee Hollandse Kust (Noord) en (west Alpha)). De voortschrijdende technische mogelijkheden bieden mogelijk kansen om eerder onderzochte tracés te gebruiken.

2.2.6 Stations op land

Converterstation

Het converterstation op land zet de gelijkstroom (DC) om in wisselstroom (AC) en transformeert het vermogen van 525 kV naar 380 kV. Dit is nodig omdat het landelijke hoogspanningsnet op wisselstroom 380 kV functioneert. Een converterstation zet dus de stroom vanaf een windpark op zee om naar het juiste vermogen voor een transformatorstation.

Transformatorstation

Het transformatorstation is een hoogspanningsstation. Hoogspanningsstations zijn knooppunten in onze elektriciteitsvoorziening. Ze sluiten hoogspanningsverbindingen op elkaar aan en transformeren de spanning naar een ander niveau. We kunnen ons hoogspanningsnet vergelijken met het wegennet. De hoogspanningslijnen van 220 en 380 kilovolt (kV) vormen de snelwegen van het elektriciteitsnetwerk, om grote afstanden te overbruggen.

Voor de converter- en transformatorstations zijn de volgende uitgangspunten het belangrijkste:

- Converter- en transformatorstations liggen maximaal 6 km van een aansluitlocatie.
- Er moet beschikbare ruimte zijn of zicht op zijn dat deze in de toekomst vrijkomt. In deze fase van de kansrijke oplossingen wordt ruimte als beschikbaar beschouwd als er een bedrijventerrein met onbebouwde ruimte is of bij agrarisch grondgebruik (wanneer de grond niet bebouwd is). Bestaande ruimtelijke reserveringen worden hierbij gerespecteerd.
- Het beperken van onnodig landgebruik, in het kader van 'Water en bodem sturend'¹⁰.
- Zoveel mogelijk beperken van effecten op andere functies en aspecten, zoals effecten op bebouwde omgeving, infrastructuur, landbouw, landschap, recreatie, natuur en waterkeringen.

Aanlandingsstation waterstof

Een aanlandingsstation voor waterstof zorgt ervoor dat de waterstof die via een pijpleiding aan land komt ingevoerd kan worden in het landelijke waterstofnetwerk. Het vormt de verbinding tussen de offshore leiding en het landelijke netwerk. In het aanlandingsstation wordt het waterstofgas op het juiste drukniveau gebracht en vinden metingen en controles plaats.

Voor een aanlandingsstation zijn de volgende uitgangspunten het belangrijkste:

- Aanlandingsstations voor waterstof liggen bij voorkeur in de buurt van de inkoppeling op het waterstofnetwerk.
- Bovengenoemde uitgangspunten onder converter- en transformatorstations zijn ook van toepassing op het aanlandingsstation, met uitzondering van de maximale afstand van 6 km tussen het station en de aansluitlocatie.

2.2.7 Elektrolyzers op land

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd bij het zoeken naar locaties voor elektrolyzers in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040:

¹⁰ In de kamerbrief 'rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening' is beschreven dat het kabinet water en bodem sturend wil laten zijn bij beslissingen over de ruimtelijke inrichting van Nederland. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/11/25/water-en-bodem-sturend>

- In de nabijheid van een hoogspanningsstation waar elektrische aansluiting van windparken op zee plaatsvindt. De maximale afstand van een elektrolyser tot het hoogspanningsstation is circa 6 km.
- In de nabijheid van het Waterstofnetwerk Nederland
- Ten behoeve van de vraag naar water: in de nabijheid van een groot oppervlaktewater, waaronder de zee, om lange waterbuisleidingstracés en het gebruik van grondwater of drinkwater te voorkomen.
- In het kader van Programma VAWOZ gaan we uit van een oppervlakte van het terrein van 20 hectare voor een elektrolyser van 1 GW.
- Een goede aanname voor het waterverbruik van een grootschalige elektrolyser wordt nog uitgewerkt. Het gaat om waterverbruik voor zowel productie als voor koeling.
- In lijn met het Programma Water en Bodem Sturend is het belangrijk om uit te gaan van een toekomstbestendige watervoorziening bij de uitrol van elektrolyse.
- Er wordt uitgegaan van een veiligheidscontour van 200 meter rondom gevoelige objecten.

2.3 Samenhang met andere energieprojecten en -programma's

2.3.1 Inleiding

Het Programma VAWOZ staat niet op zichzelf. Er is veel samenhang en samenloop met andere programma's en projecten, zoals het Programma Aansluiting Wind op Zee (PAWOZ)-Eemshaven, Programma Energie Hoofdstructuur (PEH), Energie Infrastructuurplan Noordzee (EIPN), en het Programma Nationale Omgevingsvisie Extra (NOVEX) inclusief ruimtelijke voorstellen van provincies. Dit groeidocument beschrijft de samenhang voor zover relevant voor de kansrijke oplossingsrichtingen en specifiek gericht op ruimtelijke raakvlakken. Voor de concrete locaties van elektrolyzers en converter-/transformatorstations zijn ook andere programma's relevant, zoals het (provinciale) Meerjarenprogramma Infrastructuur voor Energie & Klimaat (MIEK), het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT) en Provinciaal Programma Landelijk Gebied (PPLG), die worden hier niet toegelicht. Programma's waarbij de samenhang vanuit het energiesysteem relevant is beschrijven we hier niet. Dit wordt meegenomen in de analyse systeemintegratie (Bijlage C bij de concept-NRD).

Deze paragraaf beschrijft de samenhang met algemene programma's. In de volgende hoofdstukken wordt per regio de samenhang met meer concrete projecten beschreven, zie Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Raakvlakprojecten per regio die een relatie hebben met de kansrijke oplossingsrichtingen

Regio	Projecten
Noord-Holland	380kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN) en 380kV-stations NNHN-noord en NNHN-zuid.
	380kV-station A9 Zuid
	Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied
Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg	Delta Rhine Corridor
	Net op zee Nederwiek 3
	Waterstofnetwerk Rotterdam
	380kV-station Europoort
	380kV-station Tilburg
	380kV Port of Moerdijk
	380kV-station Maasbracht
380kV-station Graetheide	

Regio	Projecten
	380kV Maasbracht – Graetheide
Zeeland	Waterstofnetwerk Zuidwest-Nederland
	380kV Zeeuws-Vlaanderen (Borssele – Terneuzen) inclusief 380kV-station Terneuzen
	Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied

2.3.2 Voorverkenning Programma VAWOZ 2031-2040

In 2021-2022 is de Voorverkenning voor het Programma VAWOZ 2031-2040 uitgevoerd.¹¹ Het doel van deze Voorverkenning was om op hoofdlijnen kansrijke aansluitlocaties in beeld te brengen. De resultaten uit de Voorverkenning zijn gebaseerd op informatie uit parallelle programma's en onderzoeken (waaronder het Programma Energie Hoofdstructuur en het onderzoek Systeemintegratie Wind op Zee 2030-2040), regioessies met stakeholders, maatschappelijke organisaties en bestuursorganen en systeemanalyses van Gasunie en TenneT.

2.3.3 Programma PAWOZ-Eemshaven

Het Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven (PAWOZ-Eemshaven) onderzoekt naast routes t/m 2031 ook de mogelijkheden voor toekomstige kabel- en leidingroutes vanaf de Noordzee naar Noord-Nederland, namelijk naar Eemshaven via het Waddengebied. De resultaten (in de vorm van de mogelijke routes na 2031) uit PAWOZ-Eemshaven worden onderdeel van het Programma VAWOZ 2031-2040. Het Programma VAWOZ onderzoekt aansluitingen voor windparken tot het demarcatiepunt op de Noordzee.¹² Binnen het Programma VAWOZ 2031-2040 zal een afweging worden gemaakt welke windenergiegebieden via welke routes worden aangesloten waarbij gebruik gemaakt wordt van de informatie uit PAWOZ-Eemshaven (zie Figuur 2-6).

Grootschalige elektrolyse in Noord-Nederland

In het Programma VAWOZ wordt geen onderzoek gedaan naar mogelijke locaties voor elektrolyse in Noord-Nederland. Hier wordt namelijk al in voorzien. De Provincie Groningen en de Gemeente het Hogeland zijn de Oostpolder aan het ontwikkelen tot bedrijventerrein voor grootschalige bedrijven. Er zal 400 hectare aan bedrijfskavels gerealiseerd worden. De locatie en globale inrichting van dit bedrijventerrein is vastgelegd in de structuurvisie Oostpolder. De aansluiting op zowel de bestaande en beoogde elektriciteitsinfrastructuur van TenneT als het beoogde landelijke waterstofnetwerk zijn meegewogen in de locatiekeuze. In december ging het ontwerp Provinciaal Inpassingsplan Oostpolder ter inzage. De structuurvisie en het inpassingsplan anticiperen beide op elektrolyse. De effecten van elektrolyzers zijn dan ook onderzocht in de milieueffectrapportages voor deze plannen, zodat hier rekening mee kon worden gehouden bij de inrichting van het terrein en het vaststellen van de kaders voor de bedrijvigheid.

¹¹ Voor het eindrapport van de Voorverkenning VAWOZ 2031-2040 (inclusief bevindingen uit de regioessies), zie: [Eindrapportage-voorverkenning-14-juli-2022-VAWOZ-2031-2040.pdf \(rvo.nl\)](#)

¹² Voor de definitie van 'demarcatiepunt', zie Bijlage A Begrippenlijst.



- Legenda**
- Windenergiegebied
 - Gebied Eems Dollard verdrag 2020
 - Windpark Gemini
 - Zoekgebied platform Doordewind
 - Militaire gebieden
 - Zandwingebieden
 - Mogelijk waterstofnetwerk na 2031
 - Platform Noordzee TenneT
 - Demarcatiepunt PAWOZ - pVAWOZ
 - Toegangsbeperkend besluit Waddenzee
 - Jaarrond verboden art. 2.5 Wnb
 - Periodiek verboden art. 2.5 Wnb
 - X: Eemshaven tunnel
- Noordzee routes**
- Corridor route D: Parallel aan bestaande gasleiding
 - Corridor route C: Direct naar TNW
 - Corridor route B: Parallel aan verlaten telecomkabel
 - Corridor route A: Parallel aan Gemini kabels
- Waddenzee routes TenneT**
- II: Oude Westereems route
 - V: Boschgat route
 - VII: Schiermonnikoog Wantij route
 - Routes die zijn afgevalen of geoptimaliseerd
- Waddenzee routes Gasunie**
- II: Oude Westereems route
 - VII: Schiermonnikoog Wantij route
- Land routes TenneT**
- VIII: Ameland Wantij route
 - IX: Zoutkamperlaag
 - Land routes TenneT
 - V: Boschgat route
 - VII: Schiermonnikoog wantij landroute TenneT
- Land routes Gasunie**
- II Oude Westereems landroute
 - VII: Schiermonnikoog Wantij Landroute
 - VIII: Ameland Wantij route
 - IX: Zoutkamperlaag route

Figur 2-6 Routes en corridors die worden onderzocht in PAWOZ-Eemshaven

2.3.4 Programma Energie Hoofdstructuur (PEH)

Het Programma Energie hoofdstructuur (PEH) is gericht op de ruimtelijke planning van nationale energie-infrastructuur (op het gebied van transport, conversie en opslag) op land met als tijdshorizon 2050. Uit het ontwerp-PEH¹³, gepubliceerd in juli 2023, blijkt dat het voor een efficiënt energiesysteem gunstig kan zijn om elektrolyzers te plaatsen nabij aansluitlocaties van windenergie op zee. Op deze manier worden overschotten gelijk omgezet in waterstof en hoeven ze niet getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet. De elektrolyzers hebben daarmee een functie in de balancering van het elektriciteitsnet en kunnen de noodzaak voor nieuwe hoogspanningsverbindingen voorkomen. Tegelijkertijd leidt het plaatsen van de elektrolyzers bij aanlandingslocaties van windenergie op zee tot weinig extra knelpunten in het waterstofnet omdat het nationale waterstofnetwerk hier al voorzien is. Het onderzoek in het PEH is daarmee aanleiding geweest om binnen het programma VAWOZ de kansrijkheid van locaties van elektrolyzers nabij aanlandingen windenergie op zee te onderzoeken.

2.3.5 Onderzoek Hergebruik offshore Aardgasleidingen voor waterstoftransport (OHA) en Energie Infrastructuurplan Noordzee (EIPN)

Het ministerie van EZK heeft de afgelopen periode als onderdeel van het onderzoek naar het Energie infrastructuurplan Noordzee (EIPN) onderzoek laten uitvoeren naar het hergebruiken van bestaande aardgasleidingen op zee voor de aanlanding van windenergie op zee met waterstof. Het onderzoek betreft een bureaustudie naar de technische haalbaarheid. Er zijn scenario's ontwikkeld waarin bestaande leidingen worden ingezet voor het transport van waterstof. In deze scenario's is ook gekeken hoe bestaand aardgastransport omgeleid zou moeten worden om leidingen vrij te maken voor waterstof. Dit heet re-routing. Voor dergelijke re-routing is meestal ook de aanleg van stukken nieuwe aardgasleiding nodig. Een selectie van de scenario's wordt nu verder onderzocht op technische haalbaarheid. Er wordt ook een milieueffectenonderzoek van de scenario's gedaan. Hierbij wordt gekeken naar de effecten op de fysieke leefomgeving van alle activiteiten die nodig zijn om de leidingen geschikt te maken voor waterstof. Er wordt ook gekeken naar de effecten van het aanleggen van nieuwe pijpleidingen voor re-routing. Het milieueffectonderzoek wordt afgestemd met het onderzoek voor Programma VAWOZ, waaronder de criteria in het beoordelingskader. Als onderdeel van het OHA wordt ook een commercieel proces voorbereid waarin hergebruik van bestaande aardgasleidingen wordt uitgewerkt. Als uit deze stappen blijkt dat hergebruik een haalbare optie is, dan wordt een uitgewerkt hergebruikscenario en effectonderzoek betrokken bij de integrale besluitvorming van Programma VAWOZ 2031-2040. In deze concept-NRD zijn daarom nu alleen nieuwe waterstofleidingen beschreven, hergebruik wordt niet meegenomen in het IEA/plan-MER-onderzoek voor Programma VAWOZ.

2.3.6 Waterstofnetwerk Nederland

Hynetwork Services B.V. (HNS), een dochteronderneming van Gasunie, legt een landelijk netwerk aan dat de vraag naar en aanbod van CO₂-vrije waterstof verbindt. Dit transportnetwerk verbindt industriële clusters met elkaar, met het buitenland en met waterstofopslagen. Dit gebeurt hoofdzakelijk via bestaande en deels nieuw aan te leggen infrastructuur. In de komende zeven jaar

¹³ Voor het Ontwerp-Programma Energiehoofdstructuur, zie: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-07/Ontwerp-Programma-Energiehoofdstructuur-juli-2023-Programma-Energiehoofdstructuur.pdf>

ontwikkelt Hynetwork Services een stapsgewijs aaneengesloten landelijk waterstofnetwerk, beginnend in de industriële regio's.

2.3.7 Partiële Herziening van het Programma Noordzee 2022-2027

Het voornaamste doel van de Partiële Herziening (PH) van het Programma Noordzee 2022-2027 is het aanwijzen van windenergiegebieden voor de periode na 2031. Het Programma VAWOZ 2031-2040 sluit aan bij de in de PH vastgestelde capaciteit (GW) per windenergiegebied als uitgangspunt voor de aan te lander energie. Zoekgebied 6/7 is dusdanig groot dat, tussen de mogelijke aanwijzing hiervan als windenergiegebied en de kavelbesluiten, een nadere gebiedsuitwerking nodig is waarin nog ruimtelijke afwegingen aan de orde zullen zijn. De gebiedsuitwerking wordt deels parallel aan en deels na de PH opgesteld. De exacte locatie van toekomstige windparken wordt vastgelegd in kavelbesluiten.

2.3.8 Programma NOVEX

Het Programma NOVEX geeft sturing in de complexe ruimtelijke uitdagingen voor gebieden in samenwerking met provincies, gemeenten en waterschappen. De provincies werken elk aan een ruimtelijk voorstel. Ook wordt er in 16 'NOVEX-gebieden' gewerkt aan een gebiedsgerichte aanpak waar ruimtelijke opgaven de provinciegrenzen overschrijden. De plannen van de zestien gebieden worden opgenomen in de ruimtelijke voorstellen van de provincies. In de uitwerking van de aanpak per gebied en provincie wordt onder andere gekeken naar ruimte voor energie-infrastructuur, waaronder de aanlanding van wind op zee. Deze uitwerking wordt oktober 2023 verwacht. Onder andere de NOVEX-gebieden Noordzeekanaalgebied, Rotterdamse Haven, North Sea Port District en Zuid-Limburg zijn relevant in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040.

3 Regio Noordzee

In dit hoofdstuk worden de routes vanaf de windenergiegebieden tot aan de aanlandingszones toegelicht. De aanlandingszones, aansluitlocaties en de routes vanaf de aanlandingszones tot aan de aansluitlocaties (waterstof en elektriciteit) worden per regio verder toegelicht in de hoofdstukken 4 tot en met 7.

Proces routes Noordzee

Voor de regio Noordzee zijn er in tegenstelling tot de andere regio's nog geen aparte routes benoemd en gecodeerd. De komende tijd zal hier verder invulling aan gegeven worden. In augustus 2023 heeft er een tweetal ontwerpessies plaatsgevonden rondom knelpunten (o.a. ruimte in bufferzone windparken, bufferzone vaarwegen, zandwingebieden, ankergebieden) op de Noordzee en de (on)mogelijkheden van traceren door windparken. Daarnaast zijn er in november en december detailleringssessies geweest om verder in te zoomen op de routes. In deze sessies is in meer detail gekeken naar de beschikbare ruimte voor de westelijke, midden en oostelijke route (zie paragraaf 3.1) en zijn knelpunten geïdentificeerd voor zowel kabels als leidingen. Voor de waterstofleidingen is er daarnaast in opdracht van Gasunie door technisch specialisten naar de routes gekeken. In het kader van de plan-MER en de IEA zullen de routes wel apart benoemd, gecodeerd en beoordeeld worden.

3.1 Bandbreedte aantal verbindingen

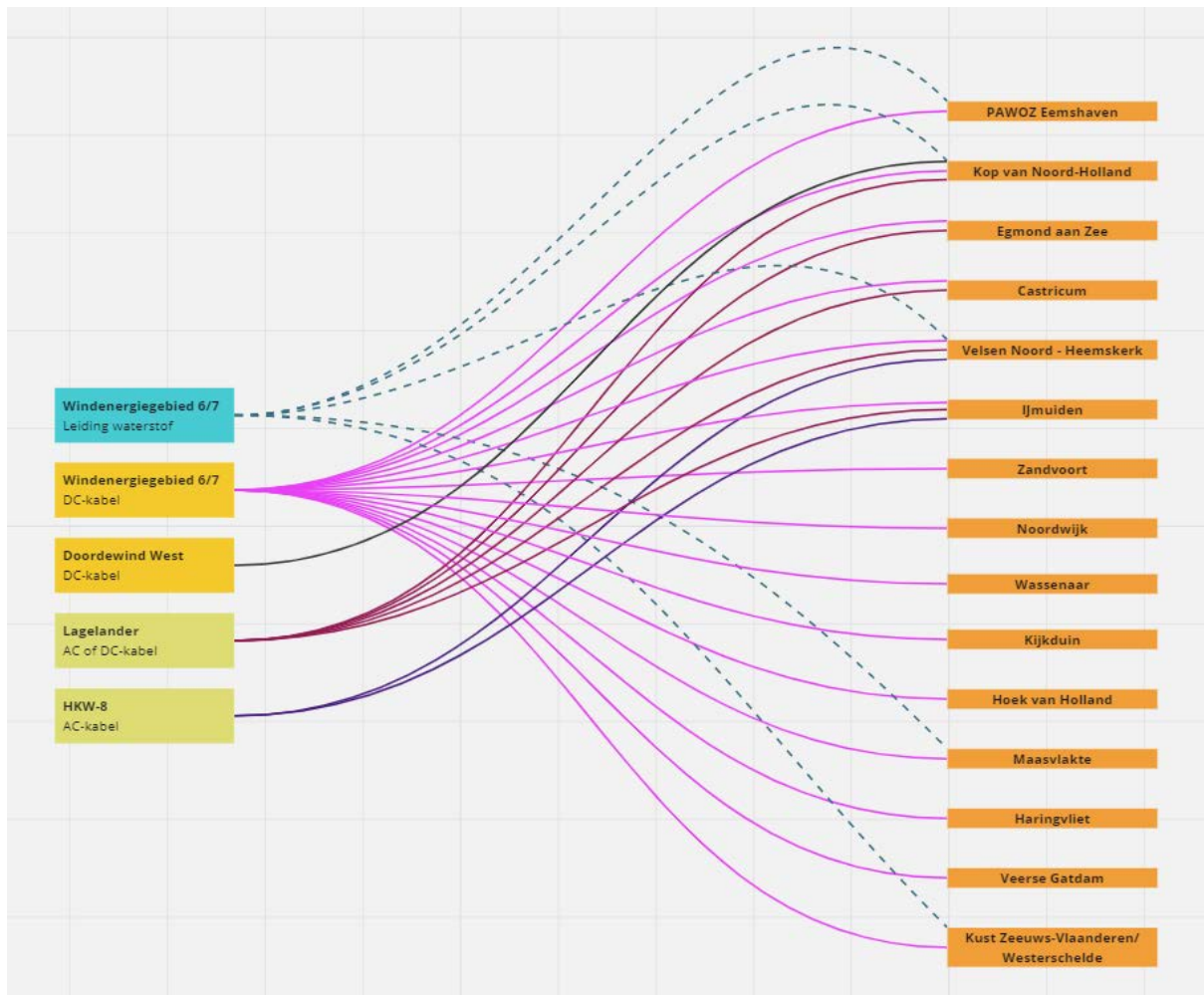
Binnen het Programma VAWOZ wordt gezocht naar ruimte voor grofweg tien elektrische en twee waterstofverbindingen. Verdeling van de verbindingen vanuit de windenergiegebieden is als volgt:

- Zoekgebied 6/7: zes tot zeven elektrische verbindingen, twee waterstofverbindingen.
- Lagelander: een tot twee elektrische verbindingen.
- HKW8: een elektrische verbinding.
- Doordewind (west): een elektrische verbinding.

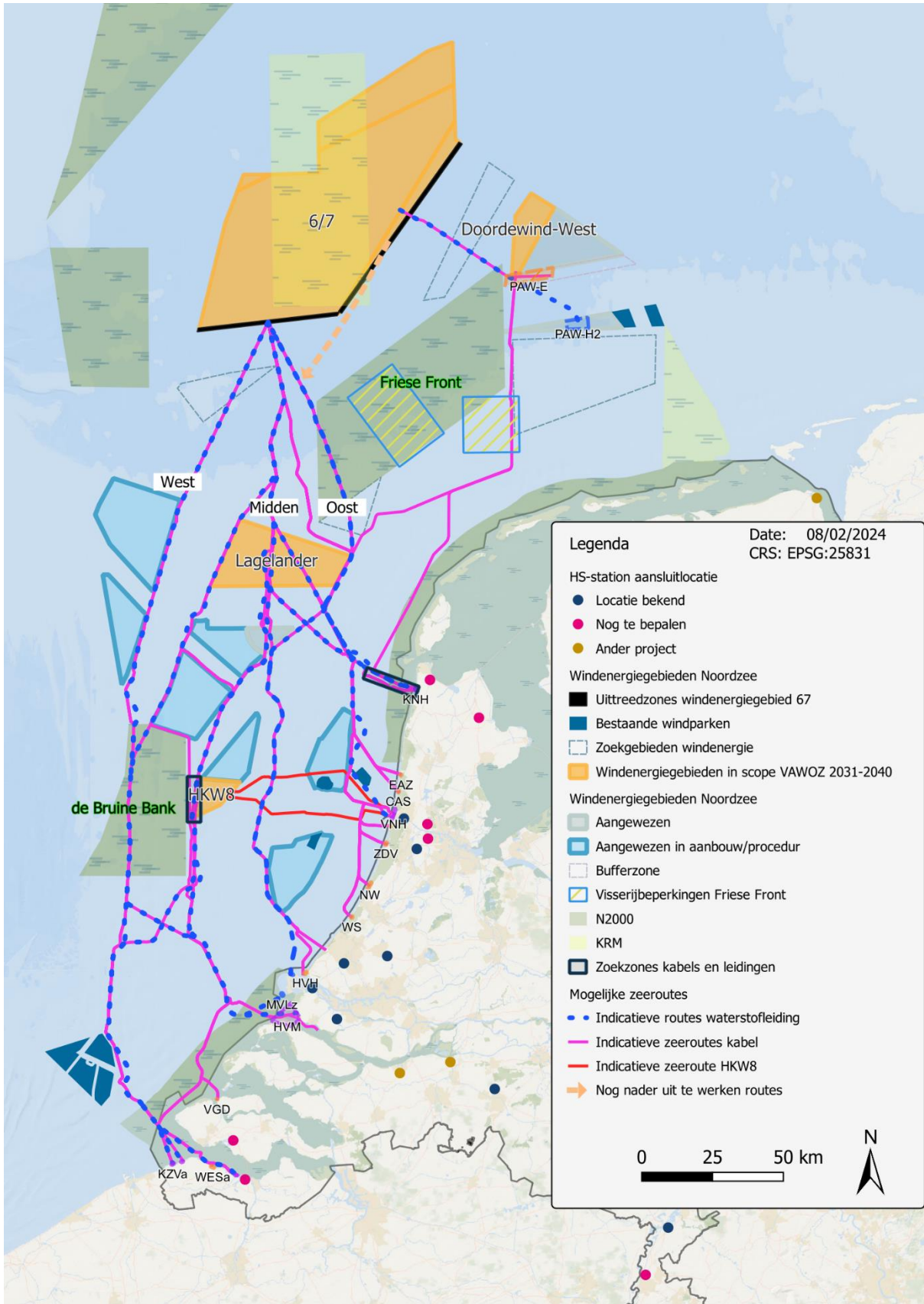
Gezien de transportcapaciteit van de waterstofleidingen (10-15 GW_{H2} per leiding), wordt voor het traceren van leidingen alleen gekeken naar zoekgebied 6/7. Eventueel is het mogelijk om vanuit andere windenergiegebieden op de leidingen aan te takken. In het EIPN is ook gekeken welke opties er zijn voor het hergebruik van leidingen. Een nadere uitwerkingsslag op deze opties voor hergebruik is nodig en de resultaten uit dat onderzoek worden meegenomen in de integrale afweging voor Programma VAWOZ.

3.2 Kansrijke routes

Figuur 3-1 laat zien welke verbindingen tussen windenergiegebieden en aanlandingszones we onderzoeken in Programma VAWOZ. De kansrijke routes op de Noordzee zijn te zien in Figuur 3-2.



Figuur 3-1 Schema verbindingen Noordzee



Figuur 3-2 Routes voor waterstof en elektriciteit op de Noordzee

3.2.1 Elektrische routes

Zoekgebied 6/7

De indeling van zoekgebied 6/7 is nog niet bekend. In het kader van de Partiële Herziening van het Programma Noordzee 2022-2027 (zie ook paragraaf 2.3.7) wordt een aanzet voor deze indeling gedaan. Deze landen uiteindelijk in de kavelbesluiten voor het gebied. Voor het ontwerpen van de routes hanteert Programma VAWOZ als aanname een zuidelijk en een oostelijk uittredepunt binnen een bredere uittredezone. Deze bevinden zich grofweg in het midden van de zuidkant en oostkant van de uittredezone van het zoekgebied 6/7. De aanname voor het onderzoek is voorlopig dat er aan de oostelijke en zuidelijke randen in het zoekgebied een zone komt voor een kabel – en leidingencorridor. Op deze manier is het mogelijk om vanuit de uittredepunten een kabel of waterstofverbinding door te trekken naar een toekomstig energiehub en of platform elders in gebied 6/7.

Er lopen vanuit de zuidkant van zoekgebied 6/7 een westelijke, oostelijke en middenroute naar alle aanlandingszones en vanuit de oostkant van zoekgebied 6/7 loopt een route naar het demarcatiepunt met PAWOZ-Eemshaven (zie Figuur 3-1). De route naar PAWOZ-Eemshaven loopt vanaf zoekgebied 6/7 oostelijk richting het demarcatiepunt ten zuiden van windenergiegebied Doordewind. Vanaf dit demarcatiepunt wordt de route verder uitgewerkt en onderzocht door PAWOZ-Eemshaven. Mogelijk wordt er ook nog een route onderzocht vanuit de oostelijke uittredezone naar het zuiden, een toelichting is te vinden in onderstaand tekstkader.

Route vanuit oostelijke uittredezone van zoekgebied 6/7 naar zuidelijke routes

Vanaf de oostelijke uittredezone van zoekgebied 6/7 wordt nog gezocht naar een route die aansluit op de routes vanuit de zuidkant van het zoekgebied. Daarbij is voor nu de aanname dat er een kabel- en leidingencorridor in het zoekgebied 6/7 komt. Wanneer meer informatie over de gebiedsindeling bekend wordt binnen de PH van Programma Noordzee, zullen (delen van) de routes hierop aangepast worden en binnen het gebied verder worden uitgewerkt. De indicatieve ligging van deze route is op de kaart aangeduid met de pijl vanuit het oostelijke uittredepunt naar het zuiden. Deze route wordt de komende tijd verder uitgewerkt met betrokken partijen in de regio Noordzee.

De westelijke route loopt tussen windenergiegebied Nederwiek en de scheepvaartroute en kruist het Natura 2000-gebied de Bruine Bank. Deze route loopt zuidwaarts door tot de aanlandingszones in Zeeland en buigt oostelijk af naar aanlandingszones Maasvlakte (zuid) en Haringvlietmonding. Daarnaast is er een alternatief dat vanuit de middenroute langs de westkant van Lagelander en IJmuiden Ver aansluit op de westelijke route. **De middenroute** gaat door windenergiegebied Lagelander en loopt vervolgens langs de zuid/oostkant van IJmuiden Ver en daarna ten westen van windenergiegebied Hollandse Kust West naar zuidelijke aanlandingszones. Bij HKW8 is er daarnaast een alternatief door het toekomstige windpark opgenomen. **De oostelijke route** heeft twee alternatieven waarvan er een door het Friese Front gaat. De route door Friese Front is opgenomen als alternatief om het drukke gebied boven Lagelander te vermijden. Daarna gaat de route oostelijk langs Lagelander met aftakkingen richting de aanlandingszone Noord-Holland Noord en de route heeft aftakkingen ten oosten van de windenergiegebieden Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) (HKN-HKwA) richting de aansluitzones in Noord-Holland en Zuid-Holland. Daarna loopt deze route verder door naar de aanlandingszones Wassenaar, Kijkduin en Hoek van Holland in Zuid-Holland.

Tussen de drie 'hoofdroutes' zijn onderlinge verbindingen mogelijk waardoor andere alternatieven ontstaan.¹⁴

Demarcatiepunt

Het demarcatiepunt betreft de ruimtelijke afbakening op de Noordzee tussen het Programma VAWOZ en het PAWOZ-Eemshaven voor de aanlandingen wind op zee na 2031. Tot aan het demarcatiepunt vindt de routing en het IEA/plan-MER-onderzoek voor Programma VAWOZ plaats, daarna is het onderdeel van PAWOZ-Eemshaven. Het demarcatiepunt is gezamenlijk bepaald door de onderzoekers van beide programma's, om te voorkomen dat er overlap, dan wel een gat zit tussen de routing en het onderzoek van beide programma's.

Windenergiegebied Lagelander

Vanuit Lagelander lopen routes naar de aanlandingszones Kop van Noord-Holland, Egmond aan Zee en Castricum. Of dit AC (alternating current/wisselstroom)- of DC (direct current/gelijkstroom)-verbindingen worden, is afhankelijk van de uiteindelijke indeling van het windenergiegebied en daarmee het totale opgestelde vermogen wat hier mogelijk is naast de andere activiteiten zoals gaswinning. Dit wordt onderzocht in het kader van de Partiële Herziening van het Programma Noordzee. De aanlandingszones en het laatste deel van de routes naar Egmond aan Zee en Castricum zijn deels gebaseerd op tracéalternatieven uit het MER gemaakt voor Net op zee HKN-HKwA.

Vanuit Lagelander lopen routes voor DC- en/of AC-verbindingen naar de volgende aanlandingszones: Kop van Noord-Holland, Egmond aan Zee en Castricum. Of dit AC- of DC-verbindingen worden is afhankelijk van de uiteindelijke indeling van het windenergiegebied en daarmee het totale opgestelde vermogen wat hier mogelijk is naast de andere activiteiten zoals gaswinning. Dit wordt besloten in de Partiele Herziening van het Programma Noordzee. De aanlandingszones en het laatste deel van de routes naar Egmond aan Zee en Castricum zijn gebaseerd op tracéalternatieven uit het MER Net op zee HKN-HKwA en zijn daarom in iets meer detail ingetekend.¹⁵

Er worden geen AC-verbindingen van Lagelander naar Velsen-Noord – Heemskerk onderzocht, omdat deze route te lang zou zijn voor een AC-verbinding. Mocht het op basis van nieuwe inzichten logisch lijken vanaf Lagelander met één of meerdere DC-kabels nog zuidelijker aan te landen, om of met een waterstofleiding aan te landen, dan kan gebruik gemaakt worden van de routes die vanuit zoekgebied 6/7 naar andere aanlandingszones door Lagelander heen lopen. Voor het onderzoek wordt hier momenteel niet vanuit gegaan.

Windenergiegebied Hollandse Kust (west), kavel VIII (HKW8)

Vanuit windenergiegebied HKW8 zijn er routes voor AC-verbindingen naar de aanlandingszone Velsen-Noord - Heemskerk. In eerste instantie waren er twee zuidelijke routes en een noordelijke route in beeld. Deze routes lopen allebei parallel aan de IJgeul. Door Rijkswaterstaat is aangegeven

¹⁴ Dit gebeurt van de westelijke route naar de middenroute in de corridor tussen IJmuiden Ver en ten zuiden van windenergiegebied IJmuiden Ver en ten zuiden van de verkeersbaan richting de Maasvlakte. Ten zuiden van windenergiegebied Lagelander is een verbinding tussen de middenroute en de oostelijke route. Onder de Bruine Bank is een verbinding tussen de middenroute en de westelijke route door de 'Maas approach'.

¹⁵ Het MER van Net op zee HKN-HKwA is te vinden via: [Net op zee - Hollandse Kust \(noord\) en Hollandse Kust \(west Alpha\) \(rvo.nl\)](#)

dat beide routes niet wenselijk zijn vanuit scheepvaartperspectief en baggerlocaties. Om wel een onderzoeksalternatief te hebben is er voor gekozen om alleen de route ten zuiden van de IJgeul te onderzoeken. Hiermee blijven er twee routes over vanaf HKW8. Er wordt uitgegaan van AC-verbindingen met een maximale lengte van ongeveer 100 km. De routes zijn deels gebaseerd op tracéalternatieven uit de MER'en van de Netten op zee HKN-HkWA en Hollandse Kust (west Beta) (HKWB) en zijn daarom in iets meer detail ingetekend.¹⁶ Het eerste routedeel ligt anders omdat de routes voor de Netten op zee HKN-HKWA en HKWB destijds noordelijker startten.

Windenergiegebied Doordewind (west)

Vanuit windenergiegebied Doordewind (west) zijn er twee routes naar de aanlandingszone Kop van Noord-Holland. Een route loopt ten oosten van Friese Front voor de kust langs Noord-Holland Noord. De andere route loopt ten oosten van Friese Front en buigt af naar het westen via de separatiezone tussen de scheepvaartroutes richting de routes vanaf zoekgebied 6/7 langs Lagelander en vervolgens via dezelfde route als de oostelijke route uit zoekgebied 6/7 richting de Kop van Noord-Holland. Deze routes zijn alleen in beeld voor DC-kabels en niet voor waterstofleidingen.

3.2.2 Waterstofroutes

Binnen Programma VAWOZ 2031-2040 wordt gekeken naar twee waterstofleidingen met een vermogen van 10-15 GW_{H2}. Gezien de transportcapaciteit van de waterstofleidingen, wordt voor het traceren van leidingen alleen gekeken naar zoekgebied 6/7. Voor windenergiegebieden HKW8 en Lagelander is waterstofproductie op dit moment minder logisch gezien het kleinere potentieel opgestelde vermogen in deze gebieden. Mocht dit in de toekomst veranderen, is het waarschijnlijk mogelijk om via een 'tie-in'¹⁷ te verbinden met de waterstofroute vanaf zoekgebied 6/7.

Eén voorgestelde waterstofroute loopt vanaf de oostkant van zoekgebied 6/7 naar het demarcatiepunt van PAWOZ-Eemshaven (zie tekstkader in paragraaf 3.2.1). Deze route wordt vanaf dit punt ontworpen en onderzocht als onderdeel van PAWOZ-Eemshaven. In PAWOZ-Eemshaven wordt ook een aansluiting gemaakt met de route richting windenergiegebied Ten Noorden van de Waddeneilanden (TNW) omdat dit windenergiegebied is aangewezen als voorkeurslocatie voor een demonstratieproject van ongeveer 500 MW elektrolyse.¹⁸ Het is daarom logisch om een route voor een waterstofleiding te onderzoeken tot in dit windenergiegebied. Het demarcatiepunt voor een waterstofroute ligt daarmee ook zuidelijker dan het demarcatiepunt voor de elektrisch route.

Daarnaast zijn er verschillende routes ingetekend voor een waterstofleiding vanaf de zuidkant van zoekgebied 6/7. De aanlandingszones hiervoor zijn Kop van Noord-Holland, Velsen-Noord – Heemskerk (Noordzeekanaalgebied), Maasvlakte/Haringvlietmonding en Zeeuws-Vlaanderen. Er is een westelijke route, een route midden door Lagelander en een oostelijke route. De **westelijke route** loopt door tot aan de kust van Zeeuws-Vlaanderen. Er is een alternatief te maken door de

¹⁶ Het MER van Net op zee HKWB is te vinden via: [Net op zee - Hollandse Kust \(west Beta\) \(rvo.nl\)](#)

¹⁷ Een 'tie-in' is een term die wordt gebruikt voor de aansluiting van een nieuwe pijpleiding op een bestaande pijpleiding. Tie-ins voor offshore waterstofleidingen zijn nog niet uitgevoerd.

¹⁸ Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2023/03/20/windpark-boven-groningen-beoogd-als-s-werelds-grootste-waterstof-op-zee-productie-in-2031>

middenroute aan te sluiten op de westelijke route via de westkant van windenergiegebieden Lagelander en IJmuiden Ver. De **middenroute** loopt naar Maasvlakte Zuid (westelijk van HKW) en Haringvlietmonding. Daarnaast kan de middenroute onder Lagelander aansluiten op de oostelijke route waardoor er een route naar de Kop van Noord-Holland en Maasvlakte Noord ontstaat. De **oostelijke route** loopt naar de Kop van Noord-Holland, het Noordzeekanaalgebied (hiervoor lopen van uit de oostelijke route twee varianten, westelijk en oostelijk van HKN), Maasvlakte Noord en kan ook als alternatieve route dienen voor aanlanding bij Maasvlakte Zuid en Haringvlietmonding door aantakking op de middenroute. Dat geldt ook voor de westelijke route waar een verbinding gemaakt kan worden naar de middenroute.

3.2.3 Aandachtspunten uit regionale werksessie

Tijdens de regionale werksessies zijn de volgende kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes op de Noordzee.

Belangrijkste aandachtspunten ruimtegebruik m.b.t. routes:

- Ecologische effecten, waaronder het doorkruisen van de Natura 2000-gebieden Voordelta, de Bruine Bank en het toekomstige Natura 2000-gebied Hollandse Kust.
- De minister van Landbouw, Natuur en Voedselvoorziening bereid zich voor om de bodembeschermingsgebieden binnen Natura 2000-gebied Voordelta anders in te richten, in verband met de natuurcompensatie voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte in 2008. Ook bereid zij zich voor om een extra natuurgebied boven de Maasmond aan te wijzen.¹⁹ Op dit moment lijkt het erop dat kabels en leidingen in deze gebieden worden toegestaan.
- Er is een Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee.²⁰ In relatie tot het afwegingskader zijn werkafspraken gemaakt om 1 nautische mijl (NM) vrij te houden vanaf scheepvaartroutes. Op specifieke knelpunten is maatwerk mogelijk.
- Veiligheidszones rondom windparken mogen in principe niet worden benut voor kabels en leidingen. Maatwerk is mogelijk. In geval van maatwerk moet minimaal 150 meter vanaf de buitengrens van het windpark worden vrijgehouden.
- Specifiek aandachtspunt is het doorkruisen met kabels van drukke gebieden op zee zoals de centrale geul richting IJmuiden en het gebied rond de Maasvlakte.
- Voor de kustzone Maasvlakte raakt de fysieke ruimte om aan te landen vol, zowel ten noorden als ten zuiden van de kustzone. Dit speelt vooral in de aanlandingszones en de beperkte ruimte verder weg te komen voor de routes op land. Echter ook de ruimte op zee is beperkt.
- Er is een knelpunt aan de westkant van HKW8. Er is hier geen ruimte meer tussen de scheepvaartroute en de 150 meter buffer van windenergiegebied HKW8. Binnen Programma VAWOZ zullen opties onderzocht worden buiten de huidige uitgangspunten voor de routing. Daarbij wordt gekeken naar een route binnen de 1NM t.o.v. de scheepvaartroute, een route op de rand van het windenergiegebied waardoor dit gebied kleiner zal worden of een route door het windenergiegebied. Dit wordt gedaan in afstemming met de

¹⁹ <https://open.overheid.nl/documenten/e701e4ed-3bd4-4bf0-a11b-a83c860fa0be/file>

²⁰ Het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/scheepvaart/@167518/afwegingskader-veilige-afstanden-tussen/>

verantwoordelijke personen voor de inrichting van het windenergiegebied binnen het ministerie van EZK.

- Ten noordwesten van windenergiegebied Doordewind is een clearway voor scheepvaart (SN10) beoogd. Deze wordt opgenomen in de Partiële Herziening van het Programma Noordzee.
- Een aantal routes loopt door morfologisch zeer dynamisch gebied, waaronder de Westerschelde en de kustzone bij Noord-Holland Noord.
- Vergunde en potentiële zandwingebeden dienen zoveel mogelijk gevrijwaard te blijven van nieuwe kabels en leidingen.
- Mogelijk ontstaat in de toekomst ruimte door weghalen van kabels van oudere windparken op zee. Deze liggen echter in strategische gebieden voor zandwinning, waardoor de vrijkomende ruimte voor nieuwe verbindingen beperkt beschikbaar zal zijn.
- De gebieden waar nu en in de toekomst een schaarse zandvoorraad is, moeten gevrijwaard blijven van nieuwe kabels en leidingen. Dit zijn: de kust tussen Katwijk en Egmond, de kust voor Texel, Vlieland en Terschelling, de kust voor Walcheren en de Kop van Schouwen.
- Aanlanding bij Wateringen is een aandachtspunt vanwege de zandmotor. Omdat daar de werking van de zandmotor wordt gemonitord en dit niet doorbroken mag worden, moet hier onderdoor geboord worden.
- Een route voor een kabel vanuit Doordewind West door prioritaire zandwinzone voor de kust is alleen een optie wanneer de bestaande gasleiding die hier ligt hergebruikt kan worden voor waterstof. De DC-kabel kan dan parallel aan de bestaande leiding gelegd worden, waardoor de impact voor zandwinning gering is. Als de gasleiding niet hergebruikt kan worden zal deze verwijderd worden en dit gebied voor zandwinning nodig zijn.

3.3 Niet kansrijke routes

HKW8 naar Zandvoort, Noordwijk, Katwijk en de Maasvlakte

De routes vanaf HKW8 die hiervoor zijn beschreven, sluiten aan op 150kV-station Velsen. Dit is een logische aansluitlocatie, want er is voldoende capaciteit, Tata Steel heeft een grote energievraag, de routes zijn kort en lopen op land door industrieel gebied en een converterstation past goed bij de industriële omgeving. In de regionale werksessies zijn meerdere routes besproken vanaf HKW8 die niet verder onderzocht worden. Dit zijn de volgende routes:

- Een aanlanding in Zandvoort. In MER fase 1 van Net op zee HKN-HKwA is een tracéalternatief onderzocht met een aanlanding in Zandvoort, maar dit is verder niet meegenomen in MER fase 2 vanwege negatieve effecten op milieu en technische uitdagingen in vergelijking met alternatieven naar het Noordzeekanaalgebied.²¹ Aangezien er al verschillende alternatieven in beeld zijn voor HKW8 is ervoor gekozen deze optie niet opnieuw te bekijken.
- De routes naar Katwijk en Noordwijk worden niet verder onderzocht, omdat er geen aansluitlocaties in de buurt zijn, waardoor een route over land erg lang en uitdagend wordt. Aangezien er een veel kortere route in beeld is, zijn deze aanlandlocaties niet meer in beeld.

²¹ In MER fase 1 van Net op zee HKN-HKwA werd op hoofdlijnen gekeken naar de milieueffecten voor verschillende alternatieven. Na een keuze van een Voorkeursalternatief (VKA) is in MER fase 2 het VKA verder uitgewerkt en meer in detail onderzocht op milieueffecten.

- In VANOZ (2018) is een route onderzocht van HKW8 naar de Maasvlakte. Deze route is hier niet opgenomen als kansrijke oplossingsrichting, omdat er een veel kortere route in beeld is richting Velsen.

4 Regio Noord-Holland

In het Programma VAWOZ 2031-2040 wordt gekeken naar verbindingen die aansluiten in de regio Noord-Holland. Voor deze regio wordt onderscheid gemaakt tussen verbindingen naar aansluitlocaties in Noord-Holland Noord en Noord-Holland Zuid.

4.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen Noord-Holland

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem²² onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om naar maximaal vier elektrische verbindingen van 2 GW te kijken in Programma VAWOZ met aansluiting in Noord-Holland (regio Noord-Holland Noord plus regio Noord-Holland Zuid). Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

Er is een verband tussen elektrische aansluiting in Noord-Holland Noord en in Noord-Holland Zuid, aangezien een groot deel van de elektriciteit die in Noord-Holland Noord aanlandt via het hoogspanningsnet in Noord-Holland Zuid doorgevoerd wordt richting de rest van Nederland. Hoe meer elektrische aansluiting plaatsvindt in Noord-Holland Noord, hoe minder mogelijk is in Noord-Holland Zuid en vice versa.

In Noord-Holland wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal twee waterstofverbindingen.

4.2 Kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties

4.2.1 Aanlandingszones

Voor de gehele regio Noord-Holland zijn zes aanlandingszones gedefinieerd op basis van de uitgangspunten uit hoofdstuk 2 (zie Figuur 4-1):

- **Kop van Noord-Holland (elektrisch en waterstof):** Deze aanlandingszone loopt grofweg vanaf de zuidkant van Julianadorp tot aan de duinen van Callantsoog. Dit is een gebied waar de duinenrij en het Natura-2000 gebied relatief smal zijn. Een aanlanding noordelijker dan deze zone is zeer complex vanwege de dynamische morfologie op zee voor de kust bij Den Helder.
- **Egmond aan Zee (elektrisch):** Deze aanlandingszone ligt ten zuiden van Egmond aan Zee en is gebaseerd op het MER van Net op zee Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) (HKN-HKwA).²³ Deze aanlandingszone ligt relatief ver van de aansluitlocaties, maar wordt wel

²² Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

²³ Het MER van Net op zee HKN-HKwA is te vinden via: [Net op zee - Hollandse Kust \(noord\) en Hollandse Kust \(west Alpha\) \(rvo.nl\)](#)

meegenomen omdat het Natura 2000-gebied en de duinenrij langs de kust hier relatief smal is.

- **Castricum (elektrisch):** Deze aanlandingszone ligt ter hoogte van Castricum aan Zee en is gebaseerd op de NRD en MER fase 1 van Net op zee HKN-HKwA. Deze aanlandingszone is in MER fase 1 onderzocht. De duinenrij is bij de aanlandingszone Castricum breder dan bij Egmond aan zee, echter de haalbare lengte van gestuurde boringen is in de laatste jaren aanzienlijk vergroot. Hierdoor kan met minder milieueffecten onder het natuurgebied door geboord worden dan ten tijde van het MER HKN-HKwA voorzien.
- **Velsen-Noord - Heemskerk (elektrisch en waterstof):** Deze aanlandingszone ligt aan het strand ter hoogte van het Tata Steel-terrein en loopt vanaf de monding van het Noordzeekanaal tot aan Heemskerk. Hier komen de Netten op zee Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) (HKN-HKwA) en Hollandse Kust (west Beta) (HKwB)²⁴ aan land. Volgens TenneT is er nog fysieke ruimte voor aanlanding van twee verbindingen aan zowel de noord- en zuidzijde van de aanlanding van Net op zee HKN-HKwA.
- **IJmuiden (elektrisch):** Deze aanlandingszone ligt ten zuiden van IJmuiden en is gebaseerd op het MER van Net op zee HKN-HKwA. Deze aanlandingszone is onderzocht in MER fase 1.
- **Zandvoort (elektrisch):** Deze aanlandingszone ligt ten noorden van Zandvoort en is gebaseerd op het MER van Net op zee HKN-HKwA. De aanlandingszone is onderzocht in MER fase 1.



Figuur 4-1 Overzichtskartaanlandingszones en aansluitlocaties Noord-Holland

²⁴ Het MER van Net op zee HKwB is te vinden via: [Net op zee - Hollandse Kust \(west Beta\) \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/net-op-zee-hollandse-kust-west-beta)

4.2.2 Aansluitlocaties

Aansluitlocaties elektriciteit in Noord-Holland Noord

In Noord-Holland Noord leidt de groeiende vraag naar en aanbod van elektriciteit tot knelpunten op het hoogspanningsnet. Dit wordt o.a. veroorzaakt door de autonome groei door elektrificatie. Een verdere uitbreiding van het bestaande 150kV-hoogspanningsnet is na 2030 onvoldoende om de leveringszekerheid te garanderen en grote elektriciteitsproducenten en verbruikers op het net aan te sluiten. Hiervoor is een nieuwe bovengrondse 380kV-verbinding van twee circuits noodzakelijk. Zo'n verbinding bestaat uit hoogspanningsmasten met aan elke zijde een zogeheten circuit. Dit wordt onderzocht in het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN), waarvoor onlangs de Rijkscoördinatieprocedure (RCR) is gestart.²⁵ Het zoekgebied voor 380kV NNHN is te zien in Figuur 4-1.

Samenhang 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord

Een elektrische verbinding naar Noord-Holland Noord moet aansluiten op een nieuw te bouwen 380kV-station. De uitbreiding van het 380kV-hoogspanningsnet naar de kop van Noord-Holland wordt onderzocht in het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN). De procedure is onlangs opgestart. Wanneer er windenergie wordt aangeland in Noord-Holland Noord moet deze bovengrondse hoogspanningsverbinding worden verdubbeld (van 2 circuits naar 4 circuits). In het project 380kV Netuitbreiding Noord Holland Noord worden daarom de mogelijkheden voor en effecten van twee circuits en vier circuits onderzocht. Als binnen het Programma VAWOZ blijkt dat een elektrische aanlanding in Noord-Holland Noord kansrijk is, kan in het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord definitief besloten worden dat er een vier-circuits verbinding nodig is.

Voor het ontwerpen van kansrijke oplossingsrichtingen in Noord-Holland Noord is uitgegaan van twee mogelijke toekomstige aansluitlocaties:

- **NNHN-Noord:** In het project 380kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord wordt een nieuw 380kV-station gezocht in Noord-Holland Noord. Er is een zoekgebied voor de nieuwe 380kV-stations en de bovengrondse verbinding die onderdeel zijn van deze procedure, zie Figuur 4-1. Er is echter nog geen concreet zoekgebied voor het 380kV-station in Noord-Holland Noord. Voor het ontwerpen van de routes is uitgegaan van een zoekgebied rondom en ten zuiden van het bestaande 150kV-station Middenmeer. In het Programma VAWOZ heet het toekomstige 380kV-station 'NNHN-Noord'.
- **Den Helder:** Er is momenteel geen 380kV-station nabij Den Helder en er zijn geen concrete plannen voor een 380kV-station nabij Den Helder. De omgeving valt buiten het zoekgebied van 380kV Netuitbreiding NHN. Echter, op verzoek van de regio wordt deze regio meegenomen als aansluitlocatie in het Programma VAWOZ. Dit wordt verder toegelicht in het tekstkader 'Mogelijk nieuw 380kV-station Den Helder en aansluiting op hoogspanningsnet'. Gedurende de looptijd van Programma VAWOZ is het mogelijk dat besloten wordt om in de omgeving van Den Helder ook een nieuw 380kV-station te realiseren als er in de regio Den Helder veel vraag is naar elektriciteit.

²⁵ Zie de RVO website voor het [Voornemen en voorstel voor participatie - 380 kV Netuitbreiding Noord-Holland Noord \(rvo.nl\)](#).

Mogelijk nieuw 380kV-station Den Helder en aansluiting op hoogspanningsnet

De omgeving van Den Helder is niet opgenomen in het zoekgebied van 380kV Netuitbreiding NHN. Er zijn geen concrete plannen voor een 380kV-station bij Den Helder, maar deze locatie is ingebracht door de regio. Voor een mogelijke elektrische aansluiting nabij Den Helder lopen gesprekken tussen EZK en de regio om in beeld te brengen of er voldoende energievraag of andere redenen en daarmee aanleiding is om een (aansluiting op een) nieuw 380kV-station in de omgeving van Den Helder te onderzoeken. Een nieuw 380kV-station Den Helder betekent ook dat er een bovengrondse 380kV-verbinding moet komen tussen Den Helder en de nieuwe 380kV-verbinding Noord-Holland Noord. Dit tracé voor een bovengronds hoogspanningsnet wordt niet binnen VAWOZ maar te zijner tijd door middel van een eigen traject nader onderzocht.

Aansluitlocaties elektriciteit in Noord-Holland Zuid

In de omgeving van het Noordzeekanaalgebied worden (binnenkort) voor een aantal nieuwe hoogspanningsstations procedures (rijks- / provinciale coördinatieprocedure) gestart. Een nieuw 380kV-hoogspanningsstation nabij Spaarndam, genaamd A9 Zuid, is opgenomen in het investeringsplan van TenneT voor 2022-2031 (IP2022)²⁶. TenneT is momenteel bezig met een haalbaarheidsstudie voor dit hoogspanningsstation, waarna de PCR (provinciale coördinatieprocedure) -procedure van start zal gaan. Het tweede nieuwe 380kV-hoogspanningsstation wordt in dit groeidocument Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Zuid (NNHN-Zuid) genoemd. Dit hoogspanningsstation is niet opgenomen in het IP2022 van TenneT, maar in het MIEK wordt genoemd dat er een nieuw 380kV-station nodig is op een nader te bepalen locatie tussen Beverwijk en Diemen. Na een eerste verkenning door de provincie en TenneT in 2022 naar de planologische haalbaarheid voor de benodigde netverzwaring in Noord-Holland Noord, is de RCR-procedure voor 380kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord gestart in juni 2023.²⁷

Voor het ontwerpen van kansrijke oplossingsrichtingen in Noord-Holland (zuid) is uitgegaan van de volgende bestaande en mogelijke toekomstige aansluitlocaties:

- **Vijfhuizen (380kV):** Uit de Voorverkenning is gebleken dat er geen aansluitcapaciteit beschikbaar is op het bestaande 380kV-hoogspanningsstation, maar het hoogspanningsstation kan mogelijk in capaciteit uitgebreid kan worden. Dit maakt het mogelijk om 2GW aan te sluiten op het station.
- **Velsen (150kV):** Op dit moment is op dit 150kV-station geen aansluitcapaciteit beschikbaar. Om voldoende aansluitcapaciteit voor aansluiting van 700MW wisselstroom vrij te maken, moeten de drie aangesloten Vattenfall-centrales (VLN-E24, VLN-E25 en IJM-01) uit bedrijf genomen worden, dit gebeurt naar verwachting in 2035. Dit heeft met name te maken met de transportcapaciteit van het hoogspanningsnet tussen Beverwijk en Velsen. Onderzoek van TenneT moet uitwijzen of het mogelijk is om deze 700MW aan te sluiten op het 150kV-station.
- **A9 Zuid (380kV):** In het gebied tussen het westelijk deel van de haven van Amsterdam, Vijfhuizen en het Noorden van de Haarlemmermeer, Zwanenburg en Haarlemmerliede wordt een nieuw 380kV-hoogspanningsstation gepland. TenneT voert momenteel een haalbaarheidsstudie uit voor dit nieuwe 380kV-station.

²⁶ Het investeringsplan van TenneT voor 2022-2031 is te vinden via: https://tennet-drupal.s3.eu-central-1.amazonaws.com/default/2022-09/IP2022_Netopland_12-9-2022.pdf

²⁷ Voor de kennisgeving van het Voornemen en voorstel voor participatie, zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/380-kv-netuitbreiding-nhn>

- **NNHN-Zuid (380kV):** Nieuw te realiseren 380kV-station in het kader van het project 380kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord. De RCR-procedure is van start gegaan in juni 2023. Deze aansluitlocatie is alleen in beeld wanneer dit hoogspanningsstation gerealiseerd wordt in het gebied tussen Beverwijk en Zaandam. Station NNHN-Zuid is zeer lastig bereikbaar vanaf de kust vanwege de lange doorkruisingen van stedelijk en landschappelijk waardevol gebied en gebied met belangrijke natuurwaarden. Een route via het IJsselmeer is eveneens enorm uitdagend en houdt ook in het doorkruisen van de Wadden of een lang stuk landelijk gebied in Noord-Holland Noord. Wanneer dit station westelijker - richting Beverwijk - komt te liggen, is het wel een kansrijke aansluitlocatie.

2GW-verbinding aansluiten op hoogspanningsstation Velsen is niet mogelijk

Op 150kV-station Velsen is, na het uitbedrijf nemen van de drie Vattenfall-centrales, ruimte voor de aansluiting van een 700MW-wisselstroomverbinding. Er is niet voldoende capaciteit beschikbaar op het station en geen transportcapaciteit op de achterliggende 150kV-hoogspanningsverbinding tussen Velsen en Beverwijk voor de aansluiting van een 2GW-gelijkstroomverbinding. Het is tevens niet mogelijk om het 150kV-station om te bouwen naar een 380kV-station. Een belangrijke reden hiervoor is dat er geen ruimte is voor bovengrondse 380kV-tracés die aansluiten op het 380kV-station. Een andere reden is dat er een ombouwperiode nodig is, waarin het niet mogelijk is om de bestaande 150kV- en 380kV infrastructuur (verbindingen en transformatoren) aan te sluiten op een ander hoogspanningsstation.

Nieuwe zoekgebieden en routes richting 380kV-station NNHN-Zuid

Het project Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)-Zuid kent westelijke en oostelijke zoekgebieden voor een 380kV-station. In bovenstaande paragraaf zijn de routes naar de westelijke zoekgebieden beschreven. Aan het einde van de concept NRD-fase van Programma VAWOZ is naar voren gekomen dat het ook wenselijk is voor het totaaloverzicht om routes naar de oostelijke zoekgebieden te onderzoeken. Deze routes zouden vanuit de aanlandingszones Egmond, Castricum en Velsen-Noord - Heemskerk naar de twee oostelijke zoekgebieden lopen. Deze mogelijke richtingen van routes zijn op de bovenstaande kaart aangeduid met een stippellijn. De routes worden na publicatie van de concept NRD uitgewerkt in overleg met onder meer de betrokken gemeenten, provincie en RWS.

Aansluitlocatie waterstof

De waterstofleidingen vanaf zee worden aangesloten op het Waterstofnetwerk Nederland. In Noord-Holland Noord is voorzien dat dit waterstofnetwerk langs Den Helder en Julianadorp loopt. Er is daarom gekeken naar een aansluiting op dit landelijk netwerk in het gebied ten zuiden van Den Helder. Voor dit deel van het Waterstofnetwerk Nederland is nog geen ruimtelijke procedure (via de RCR) opgestart. De RCR-procedure voor het waterstofnetwerk in het Noordzeekanaalgebied is in 2022 gestart.²⁸ Dit regionale netwerk wordt onderdeel van het Waterstofnetwerk Nederland. Het waterstofnetwerk loopt langs het Tata Steel-terrein en gaat, afhankelijk van de aansluitlocatie, deels over het Tata Steel terrein naar het Waterstofnetwerk. Afhankelijk van de route van het waterstofnetwerk wordt gekeken naar de mogelijkheden voor een aansluiting in dit gebied. Er moet nog nadere afstemming plaatsvinden over deze waterstofroute.

²⁸ Voor meer informatie, zie: [Noordzeekanaalgebied > Hynetwork Services](#)

4.2.3 Niet kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties

Niet kansrijke aanlandingszones

De volgende aanlandingszones zijn besproken tijdens de regionale werksessies, maar worden niet verder onderzocht:

- **Zandvoort – zuidelijke aanlanding (elektrisch):** In de omgeving van Zandvoort waren twee aanlandingszones in beeld: een noordelijke en een zuidelijke aanlandingszone. Deze zijn overgenomen uit de NRD voor het MER Net op zee HKN-HKwA. Uiteindelijk is in dit MER-fase 1 de zuidelijke aanlanding buiten beschouwing gelaten omdat dit een waterwindgebied is en er vele waterwinputten liggen waardoor realisatie van een route als niet kansrijk gezien werd. Aangezien een noordelijke aanlanding bij Zandvoort destijds als kansrijker is beschouwd en ook nu geen voordelen worden gezien voor een zuidelijke aanlanding ten opzichte van de noordelijke aanlanding, wordt alleen een noordelijke aanlanding verder onderzocht in het Programma VAWOZ.
- **Noordwijk (elektrisch):** Tijdens de werksessies was Noordwijk in beeld als aanlandingszone voor de aansluitlocaties in de regio Noord-Holland (zuid). Bij Noordwijk is het Natura 2000-gebied bij de kust namelijk relatief smal. Echter, vanaf deze aanlandingszone zijn routes naar Noord-Holland relatief lang. Bovendien zijn de routes niet logisch, want ze lopen op zee eerst in zuidelijke richting om vervolgens op land weer naar het noorden te lopen. Daarom wordt deze aanlandingszone niet verder onderzocht voor de routes en aansluitlocaties in Noord-Holland.

Niet kansrijke aansluitlocaties

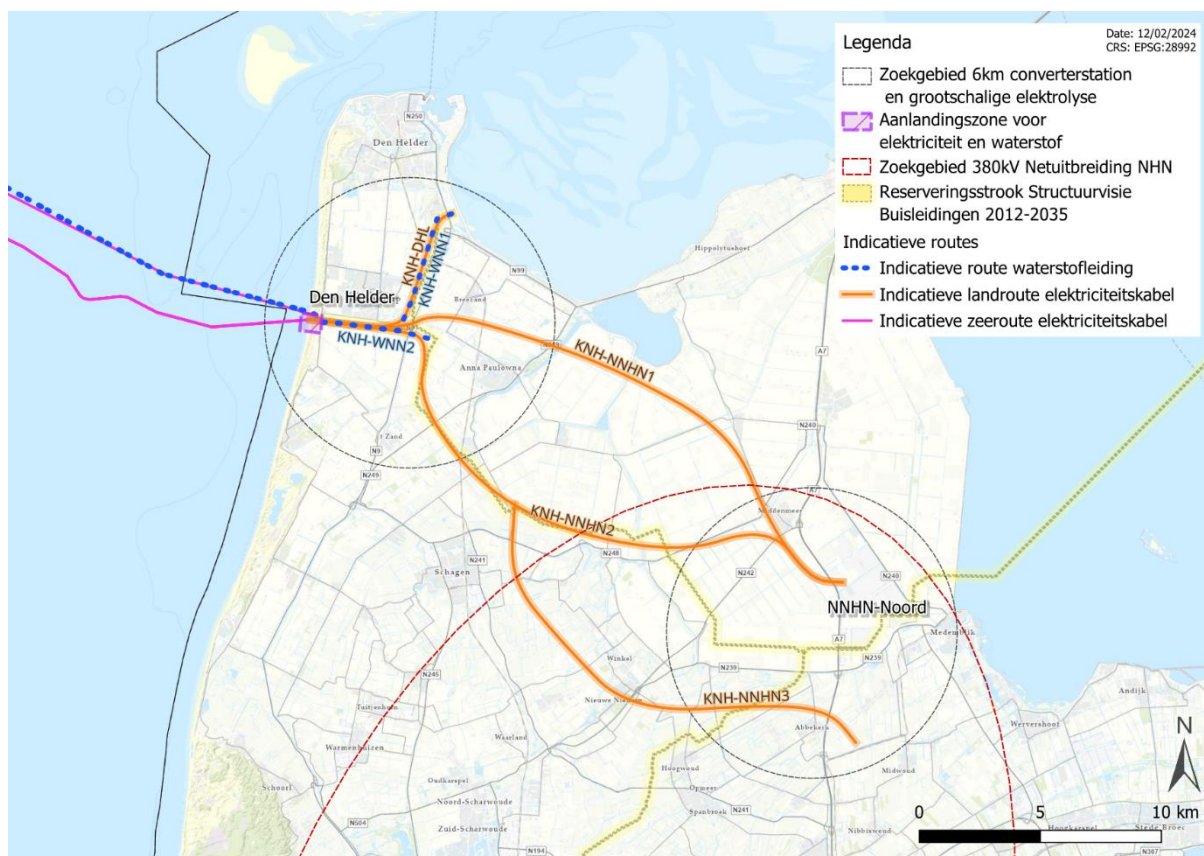
De volgende aansluitlocatie is ter sprake gekomen tijdens werksessies en verdiepingssessies, maar is niet kansrijk:

- **Beverwijk (380kV):** De maximale capaciteit van het huidige 380kV-station Beverwijk is bereikt waardoor er geen nieuwe ontwikkelingen gefaciliteerd kunnen worden. Uitbreiding van het 380kV-station is niet mogelijk gezien de huidige indeling van het station, het fysieke ruimtegebrek in de directe nabijheid in combinatie met de eisen aan het realiseren van nieuwe capaciteit (o.a. huidige functioneren kan niet onderbroken worden). Om binnen afzienbare tijd meer aansluitcapaciteit te hebben, moet een nieuw 380kV-station ontwikkeld worden waarvoor ongeveer 16 ha aan oppervlakte nodig is. Deze ruimte is niet beschikbaar op de bedrijventerreinen in de nabijheid van het huidige 380kV-station.

4.3 Kansrijke routes

4.3.1 Routes in Noord-Holland Noord

Figuur 4-2 laat de kansrijke routes zien in Noord-Holland Noord. De routes en aansluitlocaties zijn samengevat in Tabel 4-1. Na de tabel worden de routes toegelicht. In de regio Noord-Holland wordt gekeken naar AC- en DC-verbindingen.



Figuur 4-2 Elektrische en waterstofroutes in Noord-Holland Noord

Tabel 4-1 Routes in Noord-Holland Noord

Aanlandingszone	Aansluitlocatie	Elektrisch / waterstof	Afkorting
Kop van Noord-Holland	Den Helder	Elektrisch	KNH-DHL
Kop van Noord-Holland	Waterstofnetwerk Nederland (Den Helder)	Waterstof	KNH-WNN1
Kop van Noord-Holland	Waterstofnetwerk Nederland (Den Helder)	Waterstof	KNH-WNN2
Kop van Noord-Holland	Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Noord	Elektrisch	KNH-NNHN1
Kop van Noord-Holland	Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Noord	Elektrisch	KNH-NNHN2
Kop van Noord-Holland	Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Noord	Elektrisch	KNH-NNHN3

Den Helder

KNH-DHL (elektrisch)

De route landt aan in de Kop van Noord-Holland, ten zuiden van Julianadorp en vervolgt haar weg oostwaarts parallel aan de reserveringsstrook voor buisleidingen (de reserveringsstrook ligt al vol met bestaande buisleidingen). De route loopt over het grondgebied van de gemeente Schagen en Den Helder door de Koegraspolder. Dit open polderlandschap heeft een agrarisch karakter en is met name gericht op grootschalige productie van bloembollen. Bij het treffen van de N9 en Noordhollandsch Kanaal buigt de route af richting het noorden en loopt, afhankelijk van de precieze ligging, parallel aan de buisleidingenstrook in de gemeente Den Helder. De route eindigt in bedrijventerrein Oostoever, naast milieupark Oost. Bij het ontwerpen van de route is in het kader

van het Programma VAWOZ aangenomen dat op of nabij deze terreinen mogelijk in de toekomst een 380kV-hoogspanningsstation komt (zie paragraaf 4.2.2).

Waterstofnetwerk Nederland

KNH-WNN1 (waterstof)

Parallel aan de elektrische route richting Den Helder is er een waterstofroute. Deze route landt ook aan in de Kop van Noord-Holland ten zuiden van Julianadorp en loopt parallel aan bestaande buisleidingen in oostelijke richting naar de reserveringsstrook voor buisleidingen. De route volgt de buisleidingenstrook naar het noorden en loopt door tot aan de Oostoever (zie Figuur 4-2).

KNH-WNN2 (waterstof)

Omdat nog niet zeker is waar het Waterstofnetwerk Nederland komt te lopen en waar het aanlandingsstation waterstof komt te liggen, is zekerheidshalve een tweede route opgenomen die na het kruisen van het Noordhollandsch kanaal aansluit op het waterstofnetwerk.

NNHN-Noord (Agriport A7)

KNH-NNHN1 (elektrisch)

De route landt aan ten zuiden van Julianadorp en loopt hier parallel aan de andere routes. De route kruist de N9 en het Noordhollandsch Kanaal en buigt dan af naar het noorden van Anna Paulowna. Hier loopt de route door bollengebied. Na het passeren van Anna Paulowna kruist de route de N249 en het een deel van het Bijzondere Provinciale Landschap het Oude Veer. De route volgt haar weg in zuidoostelijke richting en loopt door open agrarisch gebied met voornamelijk grootschalige landbouw. Er worden ook (rijen met) windturbines gepasseerd. De route eindigt in het zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station NNHN-Noord.

KNH-NNHN2 (elektrisch)

De route landt aan in de Kop van Noord-Holland, ten zuiden van Julianadorp. De route ligt parallel de reserveringsstrook voor buisleidingen en de geplande routes richting Den Helder (zie vorige paragraaf). De route buigt dan af naar het zuiden, tussen Anna Paulowna en 't Zand en kruist de N249 (Anna Paulownaweg). De route blijft de buisleidingenstrook volgen in oostelijke richting. De route loopt door open agrarisch gebied met voornamelijk grootschalige landbouw. De route kruist het Waardkanaal. Aan beide kanten van het kanaal staan rijen met windturbines die gekruist worden. De route loopt verder in zuidoostelijke richting en kruist ter hoogte van Middenmeer de N242 en vervolgt vanaf daar haar weg richting het zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station NNHN-Noord.

KNH-NNHN3 (elektrisch)

De route landt aan in de Kop van Noord-Holland en loopt daarna parallel aan de route KNH-NNHN2 in de buisleidingenstrook (zie vorige paragraaf). Bij de Slikkerdijk, ter hoogte van Schagen, buigt de route af in zuidwestelijke richting. De route loopt langs de bovengrondse 150kV-verbinding en buigt daarna verder af naar het oosten. Na het passeren van Winkel en Nieuwe Niedorp kruist de route de N242 en loopt verder naar het oosten. De route eindigt voorbij Abbekerk in het oostelijke deel van het zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station NNHN-Noord.

Aandachtspunten vanuit stakeholders

Tijdens diverse regionale werksessies en overleggen zijn de volgende kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes in Noord-Holland Noord:

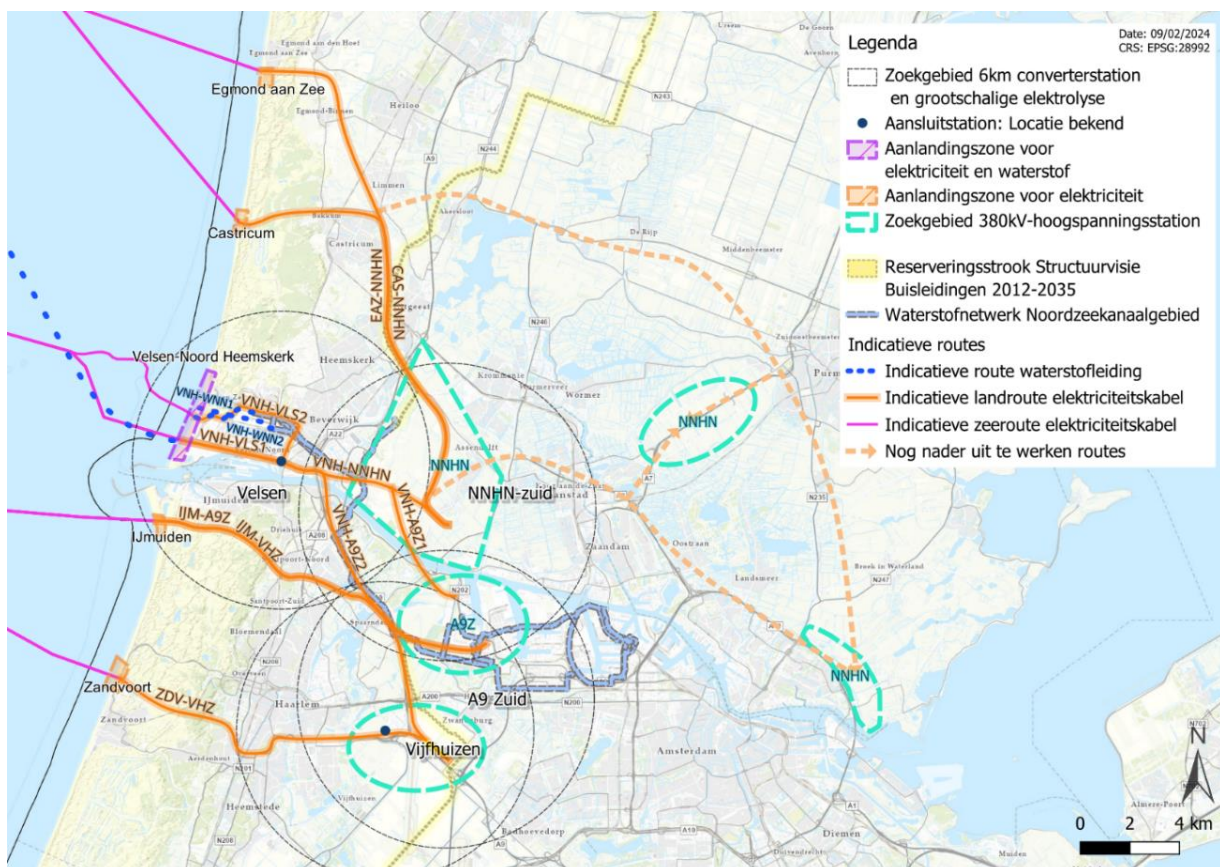
- Een aanlanding in Den Helder in de vorm van een waterstofleiding is positief ontvangen, omdat het goed aansluit bij de ambities van Den Helder om een waterstof-/energiehub te worden. Ook wil men graag de aanlanding van elektriciteit nabij Den Helder onderzocht hebben. Er zijn momenteel al initiatieven in de regio voor het produceren van waterstof uit aardgas, als startpunt, om een grote bijdrage te leveren aan de verduurzaming van de industrie in Nederland met een aansluiting op het waterstof netwerk, met als einddoel het maken van groene waterstof (H2gateway). Een tweede initiatief richt zich op het maken van groene waterstof middels elektrolyse (Zephyros). Men wil de waterstof, mede als grondstof, inzetten voor o.a. de verduurzaming van zware mobiliteit, logistiek en scheepvaart. Beide initiatieven hebben een grote energievraag. De regio wil zo een duurzaam maritiem cluster ontwikkelen wat een hefboom wordt voor de economie. Een aanlanding van wind op zee (in de vorm van waterstof en/of elektriciteit) biedt veel economische kansen voor Den Helder, omdat het voldoende beschikbaarheid van duurzame energie garandeert en daarmee een gunstig vestigingsklimaat voor bedrijven.
- Drie van de vier grote aardgasleidingen van de winning van als het Nederlandse aardgas uit de Noordzee komen aan land in Den Helder. Daarnaast landt hier ook de internationale pijpleiding tussen Engeland en Nederland. Dit biedt mogelijke kansen voor hergebruik van buisleidingen.
- Voor de verduurzaming van de marine, haven etc. zal naar verwachting ook meer elektriciteit nodig zijn in de toekomst. Er moet nog uitgezocht worden of er genoeg vraag is voor de noodzaak een 380kV-station te realiseren in de omgeving. Alleen als er een 380kV-station komt, is een elektrische verbinding naar Den Helder mogelijk (route KNH-DHL).
- Het is nog onzeker of de omvang van de elektriciteits- en waterstofvraag nabij Den Helder voldoende aanleiding is voor een elektrische aanlanding inclusief nieuw 380kV-station en bovengrondse netuitbreidingen. Het station is (voorlopig) niet opgenomen in de investeringsplannen van TenneT.
- Het is onduidelijk of er genoeg ruimte is op Kooypunt/Kooyhaven voor een converterstation en een 380kV-station. Bovendien moet ook ruimte over blijven om nieuwe bedrijvigheid te faciliteren. Er is in de gemeente Hollands Kroon weinig draagvlak voor een uitbreiding van het bedrijventerrein op hun grondgebied (meest oostelijke deel van het gebied).
- Een nieuw 380kV-station in de (ruime) omgeving van Den Helder / Anna Paulowna betekent ook dat er een nieuwe hoogspanningsverbinding nodig is die het station met het landelijk hoogspanningsnet verbindt. De impact van een bovengrondse verbinding op landschap en natuur zijn belangrijke aandachtspunten.
- De routes (elektrisch en waterstof) richting Den Helder lopen door de Koegraspolder. Er speelt verziltingsproblematiek in dit agrarische gebied.
- De beschikbaarheid van duurzame energie zal naar verwachting een aantrekkende werking hebben op bedrijvigheid. In Den Helder is deze economische impuls gewenst, maar in de omgeving van Middenmeer lijkt dit minder voor de hand liggend.
- Als het toekomstig energiesysteem ordenend wordt in plaats van faciliterend (conform het NPE), dan is het logisch om de energievoorzieningen te realiseren waar ook toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen moeten plaatsvinden. Verschillende partijen, waaronder het waterschap, natuur- en milieuorganisaties, lokale bewonersorganisaties, de gemeente

Hollands Kroon en de provincie Noord-Holland vinden de aantrekkende werking van industrie die een aanlanding bij Agriport kan hebben niet wenselijk.

- De gemeente Hollands Kroon geeft aan dat ze de ruimte rondom Agriport A7 wil blijven gebruiken voor landbouw en niet voor energie-infrastructuur. Dit gebied blijft de komende jaren zeer geschikt voor landbouw (in tegenstelling tot de landbouwgrond bij Den Helder). Bovendien ligt het gebied zeer laag en is het risico op overstromingen hoger. Vanuit het perspectief bodem en water sturend is NNHN-Noord dus een minder voor de hand liggende locatie voor een aanlanding van wind op zee en de meekomende energie-infrastructuur.
- Een aanlanding van wind op zee in Noord-Holland Noord betekent dat er vier circuits nodig zijn op de hoogspanningsmasten van het project 380kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord (ten opzichte van twee circuits). Partijen geven aan dat dit een belangrijk aandachtspunt is voor de natuur en het open landschap dat deze verbinding doorkruist.
- Houd rekening met de windturbines in het agrarisch gebied rond Agriport en de zonnepanelen die mogelijk langs de A7 komen te liggen in het kader van het Programma Opwerk Energie op Rijksvastgoed (OER).

4.3.2 Routes in Noord-Holland Zuid

Figuur 4-3 laat de kansrijke routes zien in Noord-Holland Zuid. De routes en aansluitlocaties zijn samengevat in Tabel 4-2. Na de tabel worden de routes toegelicht.



Figuur 4-3 Elektrische en waterstofroutes in Noord-Holland Zuid

Tabel 4-2 Routes in regio Noord-Holland Zuid

Aanlandingszone	Aansluitlocatie	Elektrisch / waterstof	Afkorting
Egmond aan Zee	NNHN-Zuid	Elektrisch	EAZ-NNHN
Castricum aan Zee	NNHN-Zuid	Elektrisch	CAS-NNHN
Velsen-Noord – Heemskerk	NNHN-Zuid	Elektrisch	VNH-NNHN
Velsen-Noord – Heemskerk	Velsen	Elektrisch	VNH-VLS1
Velsen- Noord – Heemskerk	Velsen	Elektrisch	VNH-VLS2
Velsen-Noord – Heemskerk	A9 Zuid	Elektrisch	VNH-A9Z1
Velsen-Noord – Heemskerk	A9 Zuid	Elektrisch	VNH-A9Z2
Velsen-Noord – Heemskerk	Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied	Waterstof	VNH-WNN1
Velsen-Noord – Heemskerk	Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied	Waterstof	VNH-WNN2
IJmuiden	A9 Zuid	Elektrisch	IJM-A9Z
Zandvoort	Vijfhuizen	Elektrisch	ZDV-VHZ
IJmuiden	Vijfhuizen	Elektrisch	IJM-VHZ

NNHN-Zuid

380kV-station Netuitbreiding Noord-Holland Noord-Zuid

Dit is het nieuw te realiseren 380kV-station in het kader van het project 380kV Netuitbreiding NHN. In een landelijk Bestuurlijk Overleg (datum 21-11-2022) is besloten dat deze aansluitlocatie alleen in beeld zou zijn voor het Programma VAWOZ wanneer dit 380kV-station gerealiseerd wordt in het gebied tussen Beverwijk en Zaandam (de westelijke zoekgebieden voor het 380kV-station NNHN- Zuid). Om een goede afweging te kunnen maken binnen het Programma VAWOZ met de samenhang van de ruimtelijke consequenties van het project 380kV Netuitbreiding NHN, is ook informatie nodig over de ruimtelijke consequenties van een aanlanding richting het bredere zoekgebied voor het 380kV-station NNHN-Zuid (zowel de westelijke als de oostelijke zoekgebieden). Daarom is in het bestuurlijk overleg met de regio Noord-Holland Zuid op 11 januari 2023 besloten om ook de tracés richting de oostelijke zoekgebieden voor een nieuw 380kV station NNHN-zuid van het project 380kV NNHN, te gaan onderzoeken. Zie verder het tekstkader bij de beschrijving van de (mogelijke) routes.

EAZ-NNHN (elektrisch)

De route landt zuidelijk van Egmond aan Zee aan en doorkruist hier Natura 2000-gebied Noordhollands Duinreservaat op een locatie waar de duinenrij minder breed is. Na het kruisen van het Natura 2000-gebied loopt de route in het bollengebieden ten zuiden van Egmond aan Zee/Egmond aan de Hoef. De route buigt naar het zuiden af bij de Hogedijk en loopt daar ten oosten van de woonkern Egmond-Binnen richting de kruising van de provinciale wegen de N513 en de N203. De route volgt de N203 ten oosten van Castricum en buigt dan af naar het westen een loopt tussen de woonkernen van Heemskerk en Uitgeest. Vanaf hier volgt de route de buisleidingstrook. De route kruist de A9 en loopt verder in zuidoostelijke richting naar het zoekgebied van het toekomstige 380kV-station NNHN-Zuid.

Een deel van deze route is onderzocht in MER fase 1 en MER fase 2 van Net op zee Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) (HKN-HKwA) met aansluitlocatie Beverwijk. De route is niet gekozen als voorkeursalternatief omdat er een kortere route was met minder (milieu)effecten. Omdat er geen showstoppers naar voren zijn gekomen uit het eerdere onderzoek, is deze aanlandingszone en route in beeld voor de aansluitlocatie NNHN-Zuid.

CAS-NNHN (elektrisch)

Vanaf het aanlandingspunt bij Castricum aan Zee loopt de route op land langs de Zeeweg (N513) ten noorden van de woonkern van Castricum. Deze weg ligt heel dicht tegen het Natura 2000-gebied

Noordhollands Duinreservaat, waardoor het waarschijnlijk is dat een deel van de werkzaamheden in Natura 2000-gebied zal plaatsvinden. De route loopt verder ten noorden van Castricum. Daarna wordt dezelfde route gevolgd als die van EAZ-NNHN: de N203 wordt gevolgd langs Castricum en daarna worden woonkernen van Heemskerk en Uitgeest gepasseerd.

Een deel van deze route is eerder onderzocht in MER fase 1 van Net op zee HKN-HKwA (met aansluitlocatie Beverwijk). De route is niet verder onderzocht in MER fase 2 van Net op zee HKN-HKwA door de negatieve effecten op onder andere beschermde natuurgebieden. Inmiddels is de aanlegtechniek voor kabels dusdanig ver gevorderd dat er langere boringen mogelijk zijn. Hierdoor zijn de effecten op natuurgebieden waarschijnlijk minder groot zijn dan destijds werd gedacht. Deze route is daarom opnieuw in beeld.

VNH-NNHN (elektrisch)

De route landt aan bij Velsen-Noord Heemskerk. De route loopt dan verder in oostelijke richting, parallel ten zuiden van het terrein van Tata Steel en het convertorstation-zoekgebied van Vattenfall Cluster Velsen. De route loopt hierna door ten zuiden van Beverwijk en doorkruist het industrieterrein aan de concordiastraat. De route vervolgt in oostelijke richting, waarbij het opeenvolgend de snelweg A22 doorkruist. Hierna voert de route door bedrijventerrein Noordwijkermeer in Velsen-Noord, waarna het onder het Zijkanaal A verder gaat. Verder oostelijk kruist de route de snelweg A9. Ter hoogte van Wijkermeer buigt de route af naar het zuidoosten door weilanden en de lintbebouwing rond de Dorpsstraat. De route eindigt bij het toekomstige 380kV-station NNHN-zuid.

Nieuwe zoekgebieden en routes richting 380kV-station NNHN-Zuid

Het project Netuitbreiding Noord-Holland Noord (NNHN)-Zuid kent westelijke en oostelijke zoekgebieden voor een 380kV-station. In bovenstaande paragraaf zijn de routes naar de westelijke zoekgebieden beschreven. Aan het einde van de concept NRD-fase van Programma VAWOZ is naar voren gekomen dat het ook wenselijk is voor het totaaloverzicht om routes naar de oostelijke zoekgebieden te onderzoeken. Deze routes zouden vanuit de aanlandingszones Egmond, Castricum en Velsen-Noord - Heemskerk naar de twee oostelijke zoekgebieden lopen. Deze mogelijke richtingen van routes zijn in Figuur 4-3 aangeduid met een stippellijn. De routes worden na publicatie van de concept NRD uitgewerkt in overleg met onder meer de betrokken gemeenten, provincie en RWS.

Velsen/Tata Steel

VNH-VLS1 (elektrisch)

Wanneer de Vattenfall-energiecentrales uit bedrijf genomen worden, is Velsen mogelijk een aansluitlocatie voor een 700MW-wisselstroomverbinding vanuit windenergiegebied HKW8. Dit is naar verwachting rond 2035. Route VNH-VLS1 komt aan land op het strand naast het Tata-terrein in de aanlandingszone Velsen-Noord – Heemskerk en doorkruist de duinen. De route kruist eerst de Averijhaven die in de toekomst, samen met de kolenopslag van Tata, mogelijk ontwikkeld wordt tot Energiehaven+ voor de bouw en het onderhoud van windparken op zee. Een aanlanding in de Energiehaven+ is verkend in het kader van de NOVEX NZKG. De route loopt naar het 150kV-station Velsen achtereenvolgens door een gebied dat nu gebruikt wordt voor kolenoverslag, Tata-terrein en de binnenhaven.

VNH-VLS2 (elektrisch)

Route VNH-VLS2 komt aan land in het noorden van de aanlandingszone en volgt daarna het tracé van het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ). Er moet nog verkend worden of er ruimte is voor deze route.

Directe aansluiting Tata Steel

Er is besproken of het mogelijk is om een 2 GW-verbinding aan te sluiten op de Energiehaven+. Het aanlanden van windenergie in deze omgeving is logisch, want het is dicht bij een grote energievraag en de benodigde infrastructuur kan dan grotendeels in industrieel gebied gerealiseerd worden. Er ligt echter geen 380kV-station in de buurt van het Tata Steel-terrein waarop aangesloten kan worden. Daarom wordt de komende periode onderzocht of een directe aansluiting van een 2 GW-verbinding op Tata Steel mogelijk is. Dit betekent dat de stroom direct wordt aangesloten op een voorziening en/of op elektrolyzers op Tata Steel-terrein en dus niet op het landelijke hoogspanningsnet. Het is echter momenteel onzeker of zo'n directe aansluiting haalbaar is; deze optie valt in ieder geval buiten de gestelde uitgangspunten voor de Netten op zee. Komende tijd wordt bekeken of en onder welke voorwaarden een directe aansluiting mogelijk is. Binnen het Programma VAWOZ wordt wel alvast de route onderzocht.

Waterstofnetwerk NZKG

VNH-WNN1 (waterstof)

Deze route komt aan land in de aanlandingszone Velsen-Noord – Heemskerk en loopt daarna in een rechte lijn richting het toekomstige Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied (NZKG). Er zal nader onderzocht worden of het mogelijk is om onder het Tata-terrein door te boren. Het WNN-NZKG begint aan de zuidkant van de Zeestraat, ten noorden van de transformatorstations van TenneT (zie Figuur 4-3).²⁹

VNH-WNN2 (waterstof)

Route VNH-WNN2 volgt na de aanlanding de reserveringsstrook buisleidingen richting het WNN NZKG. Het laatste deel van de route komt overeen met de route zoals gepresenteerd in de concept-NRD van het project Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied.

A9 Zuid

IJM-A9Z (elektrisch)

De route komt aan land ten zuiden van de woonkern IJmuiden en doorkruist het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. Hierna loopt de route richting de zuidkant van de woonkern Santpoort-Noord en kruist het spoor. De route kruist verderop de N208 en vervolgt haar weg in oostelijke richting tussen Velsbroek en Haarlem. Hierna bundelt de route met de reserveringsstrook voor buisleidingen en loopt verder richting het zoekgebied voor het mogelijke toekomstige 380kV-hoogspanningsstation A9 Zuid (zie paragraaf 4.2.2). Afhankelijk van de gekozen ligging van dit hoogspanningsstation kan deze route, voor een logisch aansluiting op dit toekomstige station, nog wijzigen. Deze aanlanding en route zijn gebaseerd op een tracé uit het MER Net op zee HKN-Hkwa.

²⁹ Voor de concept NRD, zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/waterstofnetwerk-nzkg>

Verder ontwerpen route IJM-A9Z

De route vanaf de aanlandzone Ijmuiden kent een lange doorkruising met het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. Of dit mogelijk is dient verder besproken te worden met de beheerder van het gebied, de provincie, de betrokken gemeenten en TenneT. Indien het niet mogelijk blijkt, wordt in overleg gezocht naar een alternatieve route.

VNH-A9Z1 (elektrisch)

De route komt aan land in het zuiden van de aanlandingszone Velsen-Noord – Heemskerk in de gemeente Velsen. De route loopt na de aanlanding parallel aan de route richting het 150kV-station Velsen in oostelijke richting. De route kruist de A9 en de A22 (ten noorden van het Noordzeekanaal) en loopt daarna door de Westerpolder in de gemeente Zaanstad. De route kruist het Noordzeekanaal en komt uit in het zoekgebied voor het toekomstige 380kV-station A9 Zuid (in de gemeente Haarlemmermeer).

VNH-A9Z2 (elektrisch)

Route VNH-A9Z2 loopt na de aanlanding parallel aan de route in de richting van het 150kV-station Velsen. Na het passeren van het station loopt de route verder in oostelijke richting (in de gemeente Velsen) en kruist het Noordzeekanaal. Daarna loopt de route verder in zuidoostelijke richting (in de gemeente Haarlemmermeer) langs de A22 en A9 naar het zoekgebied voor het station A9 Zuid.

Vijfhuizen

ZDV-VHZ (elektrisch)

Deze route is gebaseerd op een tracé uit het MER Net op zee HKN-Hkwa. Deze route komt aan land ten noorden van de woonkern Zandvoort en het Circuit Zandvoort. De route doorkruist Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De route kruist daarna de N208 en het spoor en loopt door het zuiden van Haarlem parallel aan de N205. De route loopt in oostelijke richting parallel aan de N205 richting 380kV-hoogspanningsstation Vijfhuizen. De route loopt verder door richting het zuidelijke zoekgebied van het toekomstige 380kV-station A9 Zuid, waar een route ook op aansloten zou kunnen worden (afhankelijk van uiteindelijke locatie van het station).

Verder ontwerpen route ZDV-VHZ

De route ZDV-VHZ kent grote ruimtelijke uitdagingen. Na publicatie van de concept NRD zal, gezien de complexiteit van deze route, in overleg met onder meer de betrokken gemeenten en provincie gekeken worden of er andere routes mogelijk zijn richting Vijfhuizen. Hierbij wordt ook gekeken naar de samenhang met de routes vanuit aanlandingszone Ijmuiden.

IJM-VHZ

Route IJM-VHZ loopt grotendeels parallel aan de route IJM-A9Z. De route doorkruist het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid en loopt daarna langs Santpoort-Noord en Velsbroek om vervolgens parallel te lopen aan de A9. Daarna loopt de route in zuidelijke richting naar Vijfhuizen.

Aandachtspunten vanuit stakeholders

Tijdens diverse regionale werksessies en overleggen zijn de volgende kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes in Noord-Holland (zuid):

- Aanlanding op het Tata-terrein zien veel partijen als kansrijk vanwege de beperkte effecten op de leefomgeving. Aandachtspunten hierbij zijn:
 - Beschikbare ruimte, zowel fysieke ruimte als milieuruimte.
 - Op het 150kV-station Velsen kan aangesloten worden met een 700 MW-wisselstroomverbinding. Vanuit het op te wekken vermogen in HKW8 (700 MW) kan dat een interessante optie zijn. Aandachtspunt hierbij is dat deze verbinding pas na 2035 in bedrijf genomen kan worden, omdat de Vattenfall centrales eerst uit dienst gesteld moeten worden.
 - Er is in de buurt van het Tata-terrein geen 380kV-station met capaciteit voor een 2 GW verbinding. De komende tijd wordt verkend of een directe aansluiting mogelijk is.
- Bij Wijk aan Zee worden al drie windparken op zee aangesloten met twee verbindingen: Hollandse Kust (noord en west Alpha) en Hollandse Kust (west Beta). De regio wil dat er in de toekomst ingezet wordt op één aanvullende toekomstbestendige route. Met losse projecten blijft er elke keer een kans op aantasting van Natuurnetwerk Nederland, Natura 2000 en landschappelijke kwaliteiten. Bovendien worden extra solitaire aanlandingen in de toekomst op een gegeven moment ook fysiek steeds lastiger inpasbaar omdat extra benodigde ruimte daarvoor ontbreekt (of al is gebruikt voor voorgaande aanlandingen).
- In de regio Noord-Holland Zuid moet onderzocht worden of clustering van kabels en tracés mogelijk is. DPO-pijpleidingennetwerk, WRK en initiatieven in de Haven van Amsterdam, zoals HyCC waterstofproject dat brandstoffen gaat produceren voor o.a. Schiphol moeten in samenhang (ruimtelijk planologisch) worden onderzocht.
- Een aantal routes heeft een lange doorkruising van de duinen in Natura 2000-gebied. Hier worden boringen voor gebruikt, maar de in- en uitredepunten van de boringen liggen waarschijnlijk (grotendeels) wel in het Natura 2000-gebied. Ook geldt dat Kennemerland-Zuid een stikstof gevoelig en overbelast gebied is.
- De natuurorganisaties in de regio hebben de voorkeur voor een aanlanding in het Noordzeekanaalgebied. Een dergelijke route met tijdelijke verstoring en doorkruising van het Natura 2000- gebied heeft de voorkeur als dit betekent dat er geen bovengrondse 380kV-verbinding naar Noord-Holland Noord meer nodig is.
- Het duingebied is niet alleen belangrijk voor de natuur, het heeft ook een belangrijke recreatieve functie voor de directe omgeving en de Metropoolregio Amsterdam. Om de kernwaarden van het gebied te behouden, heeft een groep gemeenten het beleidsdocument [Ontwikkelperspectief Binnenduintrand](#) opgesteld.
- Houd rekening met 'Water en bodem sturend'. Het kabinet wil water en bodem sturend laten zijn bij beslissingen over de inrichting van Nederland door ze als uitgangspunt te nemen in de ruimtelijke ordening, waarbij dubbel ruimtegebruik als kans moet worden meegenomen. Het lijkt daarom minder wenselijk om energie-infrastructuur aan te leggen in bijvoorbeeld diepe polders en veenweidegebieden. Indien er geen locatiealternatieven mogelijk zijn dienen innovatieve oplossingen, dubbel ruimtegebruik en oplossingen in de hoogte als mogelijke oplossingsrichting te worden onderzocht.
- De twee opties voor kruising van het Noordzeekanaal door middel van een boring kennen beiden belangrijke aandachtspunten, waaronder beschikbare ruimte (o.a. langs de A9) en bodemgesteldheid.
- Water uit het Noordzeekanaal kan waarschijnlijk niet als koelwater ingezet worden voor elektrolyse vanwege het snel overschrijden van de maximumtemperatuur.

- De vooroever nabij Castricum kent een hoge morfologische dynamiek.
- De noodzakelijke ruimte voor waterberging in het gebied is groot.
- Voor aansluiting op NNHN-Zuid geldt dat rekening gehouden moet worden met werelderfgoed Hollandse Waterlinies.
- Route ZDV-VHZ doorkruist in Haarlem dichtbebouwd gebied. In een werksessie met de gemeente is gebleken dat deze route diverse grote aandachtspunten heeft, onder andere door de zeer beperkte ruimte die met geplande ontwikkelingen nog verder beperkt wordt. Of de route kansrijk is wordt nog verder uitgezocht. Naast de route door Haarlem is daarom een tweede route op kaart gezet die via IJmuiden naar 380kV-station Vijfhuizen loopt.
- De NOVEX verkent de Houtrakpolder als mogelijke locatie voor energievoorzieningen in combinatie met een waterbergingsfunctie.

4.3.3 Niet kansrijke routes

Tijdens de regionale werksessies is een aantal routes besproken die niet verder beschouwd worden. Het gaat om de volgende elektrische routes:

- De **routes vanaf aanlandingszones Zandvoort-zuid en Noordwijk**. Deze aanlandingszones - en daarmee de routes- worden niet verder beschouwd (zie paragraaf 4.2.3).
- **Een route dwars door het Noordzeekanaal**: In MER fase 1 en 2 van Net op zee Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) dwars door het Noordzeekanaal onderzocht. Uit het onderzoek bleek dat er onvoldoende ruimte was voor de aanleg van kabels. Bovendien is de bodem van het Noordzeekanaal op een aantal plaatsen zodanig vervuild dat er waarschijnlijk geen vergunning voor aanleg verleend kan worden. Daarnaast zouden de aard en duur van de aanlegwerkzaamheden ook zeer veel hinder voor de scheepvaart veroorzaken.
- **IJmuiden-Velsen**: Uit de VAWOZ 2030 blijkt dat een route vanaf IJmuiden naar Velsen diverse aandachtspunten heeft. De route doorkruist Natura 2000- en NNN-gebied en moet het Noordzeekanaal kruisen. Dit is zeer complex door de interactie met scheepvaart. Vanuit de omgeving en gemeente is dit ook niet gewenst.³⁰ Aangezien er een meer kansrijke oplossingsrichting mogelijk is over het terrein van Tata Steel (zie paragraaf 4.3.2), wordt deze route verder buiten beschouwing gelaten.
- **Egmond aan Zee-Velsen en Castricum-Velsen**: Deze routes worden niet verder onderzocht, omdat de routes op land relatief lang zijn en er een kortere route vanaf Velsen-Noord – Heemskerk mogelijk is. Deze aanlandingszones blijven wel in beeld voor routes naar aansluitlocatie NNHN-Zuid aangezien nog niet zeker is of er voldoende fysieke ruimte is voor een aansluiting vanaf Velsen-Noord - Heemskerk naar NNHN-Zuid.
- **Zandvoort-A9 Zuid**: Uit een verdiepingssessie blijkt dat een route vanaf Zandvoort veel knelpunten heeft, omdat deze route door Haarlem loopt. Daarom is het niet logisch om, naast de route ZVD-VHZ, een tweede route vanaf Zandvoort te onderzoeken.

4.4 Kansrijke stationslocaties

4.4.1 Zoekgebieden converter- en transformatorstations

Er kan via AC-verbindingen (uit HKW8 en/of Lageland) en DC-verbindingen (uit zoekgebied 6/7 en/of Lageland) op de hoogspanningsstations in Noord-Holland aangesloten worden. Bij een AC-

³⁰ Memo 'Aanlanding Velsen – Stand van zaken augustus 2021'. Provincie Noord-Holland, 11 augustus 2021.

verbinding is een transformatorstation en bij een DC-verbinding is een converterstation nodig om de stroom op het landelijke net te kunnen zetten. Hierna wordt gesproken van een converterstation voor alle aansluitlocaties.

Den Helder

Het zoekgebied voor het converterstation is momenteel op kaart een cirkel met een straal van 6 km met een logisch middelpunt onder Den Helder, omdat er nog geen locatie of zoekgebied bekend is voor een 380kV-station (zie Figuur 4-2). Wanneer wordt aangesloten op een mogelijk toekomstig 380kV-station Den Helder is het logisch om voor het converterstation te zoeken naar een locatie zo dichtbij mogelijk bij dit mogelijke toekomstige 380kV-station. Daarnaast is het logisch om aansluiting te zoeken bij het bedrijventerrein Kooypunt en de naast gelegen Kooyhaven of bedrijventerrein Oostoever.

NNHN-Noord

Wanneer wordt aangesloten op een toekomstig 380kV-station NNHN-Noord (in procedure) is het technisch wenselijk om voor het converterstation te zoeken naar een locatie zo dicht mogelijk bij dit toekomstige hoogspanningsstation. Het zoekgebied voor het converterstation is een cirkel met een straal van 6 km in het noorden van het zoekgebied voor het project Netuitbreiding Noord-Holland Noord (zie Figuur 4-2). Indien het nieuwe 380kV-station nabij het 150kV-station Middenmeer komt te liggen, is het logisch om voor een converterstation ruimte te zoeken op het bedrijventerrein Agriport. Daarmee wordt aangesloten bij de bestaande bebouwing en bedrijvigheid. Er zijn nog geen concrete locaties in beeld. Ruimte kan ook gezocht worden in het agrarische gebied en in het zuidelijke deel van het zoekgebied voor het 380kV-station met daarbij belangrijke aandachtspunten vanuit 'Programma Water en Bodem sturend' en de aanwezigheid van veel windturbines.

NNHN-Zuid

Wanneer wordt aangesloten op een toekomstig 380kV-station NNHN-Zuid (in procedure) is het technisch wenselijk om voor het converterstation te zoeken naar een locatie zo dichtbij mogelijk dit toekomstige 380kV-station. Voor een converterstation wordt aangesloten bij het zoekgebied voor het 380kV-station. Het zoekgebied voor een converterstation is momenteel op kaart een cirkel van 6 km rond het middelpunt van het zoekgebied dat in het kader van VAWOZ is ingetekend voor het toekomstige 380kV-station (zie Figuur 4-3). Inmiddels zijn er ook twee oostelijke zoekgebieden in beeld voor het 380kV-station NNHN-Zuid. Dit is beschreven in paragraaf 4.3.2.

Velsen

Wanneer de Vattenfall-centrales uit bedrijf genomen worden, komt er ruimte vrij die mogelijk ingezet kan worden voor een transformatorstation voor een AC-verbinding. Dit is naar verwachting rond 2035. Hierdoor komt er ook ruimte vrij op de terreinen van Tata Steel en/of Vattenfall die mogelijk ingezet kan worden voor een 220/150kV-transformatorstation.

In de komende periode wordt samen met Tata Steel onderzocht of er een aanlanding van 2GW bij Tata Steel mogelijk is. Hiervoor is een converterstation nodig. Uit gesprekken met Tata Steel blijkt dat de realisatie van een converterstation op de Energiehaven+ kansrijk is.

A9 Zuid

Wanneer wordt aangesloten op een toekomstig 380kV-station A9 Zuid is het technisch wenselijk om voor het converterstation te zoeken naar een locatie zo dichtbij mogelijk het toekomstige 380kV-station. In de haalbaarheidsstudie die momenteel wordt uitgevoerd voor het toekomstige station, wordt ook gekeken of er ruimte voor een converterstation is nabij de mogelijke locatie van het toekomstige 380/150kV-station (zie Figuur 4-3). De uitkomsten van deze studie worden meegenomen in het Programma VAWOZ.

Vijfhuizen

Indien aangeland kan worden op het bestaande 380kV-station Vijfhuizen wordt binnen een straal van 6 km gezocht naar een locatie voor een converterstation. Het zoekgebied voor een converterstation heeft overlap met het zoekgebied voor een converterstation voor aansluiting op het toekomstige hoogspanningsstation A9 Zuid. De locaties die onderzocht worden in de haalbaarheidsstudie voor 380kV-station A9 Zuid zijn daarom ook in beeld voor aansluitlocatie Vijfhuizen (als ze binnen 6 km van het hoogspanningsstation liggen) (zie Figuur 4-3).

4.4.2 Zoekgebieden aanlandingsstations waterstof

Voor een aanlandingsstation voor waterstof zijn voor de aanlandingen in de Kop van Noord-Holland twee indicatieve zoekgebied in beeld: een zoekgebied nabij het gascompressorstation Anna Paulowna en een zoekgebied nabij het NAM-terrein ten zuidoosten van Den Helder.

Voor een aanlandingsstation voor waterstof is voor de aanlandingen in het Noordzeekanaalgebied één indicatief zoekgebied in beeld nabij het transformatorstation Wijk aan Zee van TenneT.

4.5 Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers

4.5.1 Zoekgebied Den Helder

In de regio Noord-Holland zijn veel initiatieven voor de productie van waterstof. De ontwikkeling van waterstof in Noord-Holland heeft de Europese status van Hydrogen Valley verkregen. De Hydrogen Valley-status is een Europese toekenning voor regio's die zich op een onderscheidende manier inzetten voor het ontwikkelen van een energiesysteem op basis van duurzame waterstof.

Vanuit het Waterstof Netwerk Nederland is op termijn een verbinding naar Den Helder voorzien. Rondom Den Helder ligt al infrastructuur voor gas dat mogelijk omgevormd zou kunnen worden naar een waterstofnetwerk. Daarnaast is in Den Helder de combinatie mogelijk met eventuele aanlanding van waterstof vanaf de Noordzee waarvoor van dezelfde infrastructuur gebruik gemaakt zou kunnen worden als voor de waterstof vanuit elektrolyse.

Het zoekgebied voor grootschalige elektrolyse is momenteel op kaart een cirkel met een straal van 6 km met een logisch middelpunt onder Den Helder omdat er nog geen locatie of zoekgebied bekend is voor een 380kV-station nabij Den Helder. Daarnaast zijn op de kaart in Figuur 4-4 donkergele cirkels ingetekend die de 200 meter contour rondom gevoelige bestemmingen laten zien.

Tijdens de regionale werksessie is in eerste instantie gekeken naar ruimte voor grootschalige elektrolyse op bestaande bedrijventerreinen. Een elektrolyser past daar het beste qua functie, schaal

en landschappelijke structuur. Op Kooypunt is mogelijk ruimte beschikbaar, maar vooralsnog geen 20 hectare. In de punt die ingesloten wordt door het spoor op het zuidelijke deel van Kooypunt en waar momenteel op een deel een zonnepark ligt, kan - indien het zonnepark weggaat - mogelijk 20 hectare gevonden worden. Daarnaast is een locatie aangrenzend aan Kooyhaven bekeken die momenteel te koop staat. De gemeente Hollands Kroon heeft aangegeven daar geen energie-infrastructuur te willen faciliteren, waaronder zij ook elektrolyzers scharen. Het bedrijventerrein Oostoever is in de toekomst mogelijk beschikbaar als locatie voor elektrolyzers. Hiervoor moet dan ruimte gemaakt worden want momenteel is het terrein grotendeels in gebruik door bedrijven en de NAM. Tot slot lijkt in het buitengebied ruimte te zijn voor elektrolyse en liggen daar mogelijk kansen in het kader van de transformatie van de bollengronden in verband met verzilting. Aangegeven is dat de sector zelf dit echter niet zo ziet.

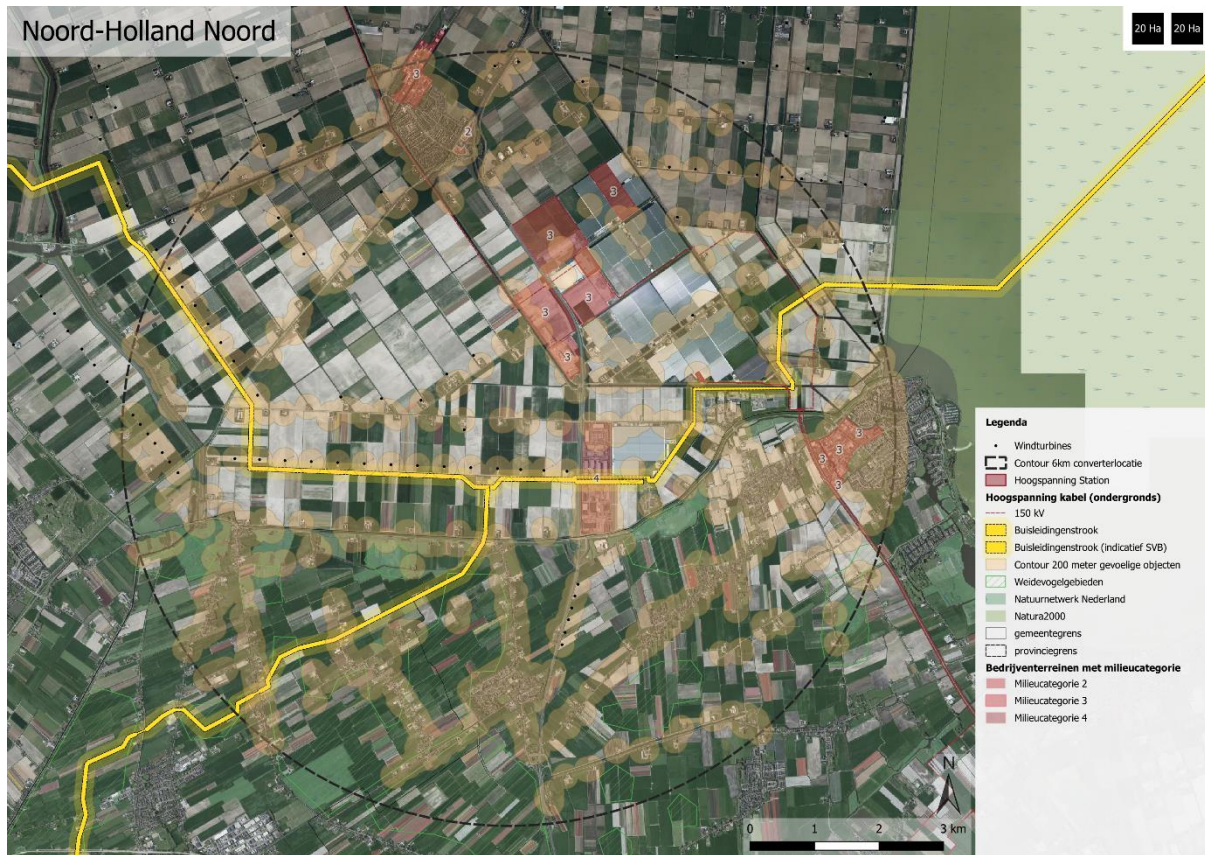


Figuur 4-4 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij Den Helder

4.5.2 Zoekgebied NNHN-Noord

Ook het gebied rondom Agriport A7 is vanuit de provincie Noord-Holland aangewezen als energiehub in het kader van Hydrogen Valley. De zwarte cirkel met het zoekgebied voor grootschalige elektrolyse is getrokken met een straal van 6 km om huidige 150kV station Middenmeer (zie Figuur 4-5). Een locatie voor het toekomstige 380kV station NNHN-Noord wordt in de nabijheid hiervan gezocht. Dit is daarom ook een logisch zoekgebied om aan te houden voor mogelijke grootschalige elektrolyse. Daarnaast zijn op de kaart donkergele cirkels ingetekend die de 200 meter contour rondom gevoelige bestemmingen laten zien. Het zoekgebied ligt ook dicht bij het

toekomstige Waterstof Netwerk Nederland (voor nu is aangenomen dat deze in of naast de buisleidingenstrook gerealiseerd zal worden).



Figuur 4-5 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij NNHN-Noord

Tijdens de regionale werksessie is in eerste instantie gekeken naar ruimte voor grootschalige elektrolyse op de bestaande bedrijventerreinen van Agriport. Aangegeven is dat daar momenteel geen 20 hectare beschikbaar is met een milieucategorie 4 of hoger. De gemeente Hollands Kroon heeft daarbij aangegeven dat zij hier inzetten op verdere agrarische ontwikkelingen en geen energie infrastructuur te willen faciliteren, waaronder zij elektrolyzers scharen.

Ook is ingebracht dat Agriport A7 vanuit het perspectief bodem en water sturend geen voor de hand liggende locatie is. De grond is erg geschikt voor landbouw (ook op de lange termijn) en men wil deze grond voor de landbouw behouden. Het gebied is daarnaast erg laag en heeft een hoger overstromingsrisico. In dit gebied zijn er nu al problemen met de watervoorziening. Elektrolyse zou die problemen kunnen vergroten. Bovendien wordt de industrie als eerst gekort als er waterschaarste is. Tot slot is de ruimte in het agrarisch gebied beperkter dan lijkt op de gepresenteerde kaart, omdat er veel windturbines in de polder staan en deze nog niet op de kaart aangegeven zijn.

4.5.3 Zoekgebieden aansluitlocaties Velsen, NNHN-Zuid, A9-Zuid en Vijfhuizen

Op en nabij het NZKG liggen op korte afstand van elkaar vier (deels toekomstige) aansluitlocaties in het kader van het Programma VAWOZ, waardoor de zoekgebieden voor grootschalige elektrolyse

van 6 km rondom deze aansluitlocaties elkaar overlappen. In dit gebied heeft daarnaast al een intensief proces plaatsgevonden in het kader van de CES (Cluster Energie Strategie) en het ontwikkelperspectief NZKG vanuit de NOVEX waarbij ook gekeken is naar kansrijke locaties voor elektrolyzers. Daarom wordt hierna voor de aansluitlocaties Velsen, NNHN-Zuid, A9-Zuid en Vijfhuizen de zoekgebieden voor grootschalige elektrolyse in samenhang met elkaar beschreven.

In het kader van de CES en de ruimtelijke puzzel voor de NOVEX zijn het Tata Steel-terrein en Westpoort benoemd als kansrijke locaties voor elektrolyzers. In de regionale werksessie van het Programma VAWOZ wordt door partijen het verzoek gedaan aan te sluiten bij deze zoekgebieden en in het verlengde hiervan eventueel andere locaties te houden bij het industriegebied.

Een zoekgebied op het terrein van Tata Steel wordt vanuit meerdere perspectieven als kansrijk gezien. Op deze locatie is er vraag naar waterstof en het ligt in de buurt van het Waterstof Netwerk Nederland. Ook zijn er kansen voor een toekomstig zuurstof- of restwarmte netwerk in dit gebied. Of er voldoende ruimte is hangt af van een toekomstige herinrichting van het Tata-terrein.

Daarnaast is Westpoort benoemd als kansrijk zoekgebied. In het westelijke deel van Westpoort loopt momenteel ook een concreet initiatief voor grootschalige elektrolyse. Ook bij de Hemwegcentrale is een concreet initiatief voor een elektrolyser. In de werksessies werden de Noordzee en het Noordzeekanaal benoemd als mogelijke oppervlaktewaterbronnen voor een grootschalige elektrolyser.

In de werksessie is verder aangegeven dat vanuit het perspectief bodem en water sturend de diepe polders, veenweidegebieden en gebieden die benut zullen worden als waterbuffers minder of niet kansrijk zijn voor als zoekgebieden voor elektrolyse.

5 Regio Zuid-Holland

5.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen Zuid-Holland

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem³¹ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om maximaal twee elektrische verbindingen van 2 GW aan te landen na 2031 in Zuid-Holland. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

In Zuid-Holland wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal één waterstofverbinding.

5.2 Kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties

5.2.1 Aanlandingszones

Voor de regio Zuid-Holland zijn zes aanlandingszones gedefinieerd op basis van de uitgangspunten uit Hoofdstuk 2, zie Figuur 5-1:

- **Noordwijk (elektrisch)**³²: Deze aanlandingszone ligt tussen de woonkernen Noordwijkerhout en Noordwijk. De zone is gelegen in Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. Dit is een relatief smalle strook Natura 2000 ten opzichte van andere Natura 2000-stroken langs de kust.
- **Wassenaar (elektrisch)**: De aanlandingszone Wassenaar is gelegen in Natura 2000-gebied Meijendel & Berkheide. De aanlandingszone is toegevoegd als alternatief voor aansluitlocatie Bleiswijk, omdat een route vanaf deze aanlandingszone korter is dan een route vanaf Noordwijk.
- **Kijkduin (elektrisch)**: De aanlandingszone Kijkduin is gelegen ten noorden van zandbank De Zandmotor. Deze zone is eerder onderzocht in het kader van Net op zee Hollandse Kust (zuid)³³ en VAWOZ 2030³⁴.
- **Hoek van Holland (elektrisch)**: De aanlandingszone ligt ten noordoosten van de Maasvlakte in het kustgebied. Deze aanlandingszone is al eens onderzocht als alternatief in MER fase 1 bij het project Net op zee Hollandse Kust (zuid).

³¹ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

³² In tegenstelling tot de aansluitlocaties in Noord-Holland is deze aanlandingszone wel kansrijk voor de aansluitlocatie Bleiswijk in Zuid-Holland, omdat er geen kortere routes mogelijk zijn richting Bleiswijk.

³³ Het MER van Net op zee Hollandse Kust (zuid) is te vinden via: [Net op zee - Hollandse Kust \(zuid\) \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/nieuws/2019/09/net-op-zee-hollandse-kust-zuid)

³⁴ De effectanalyse voor VAWOZ 2030 is te vinden via: [Verkenning aanlanding wind op zee \(VAWOZ\) 2030 \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/nieuws/2019/09/verkenning-aanlanding-wind-op-zee-vawoz-2030)

- **Maasvlakte-noord (waterstof):** De aanlandingszone ligt aan de noordkant van de Maasvlakte. Net op zee Hollandse Kust (zuid) komt hier aan land evenals de CO₂-leidingen Porthos³⁵ en Aramis³⁶.
- **Maasvlakte-zuid (elektrisch en waterstof):** De aanlandingszone ligt aan de zuidkant van de Maasvlakte. Deze zone wordt al gebruikt voor de aanlanding van de BritNed kabel en zal gebruikt worden voor de al geplande Netten op zee IJmuiden Ver Beta³⁷, IJmuiden Ver Gamma³⁸ en Nederwiek 2³⁹.
- **Haringvlietmonding (elektrisch en waterstof):** De aanlandingszone bestaat uit meerdere punten waar verbindingen kunnen beginnen. Het gebied is als aanlandingszone al eerder onderzocht voor de Netten op zee IJmuiden Ver Beta en IJmuiden Ver Alpha, maar toen bleek een aanlanding op de Maasvlakte (IJmuiden Ver Beta) en Borssele (IJmuiden Ver Alpha) kansrijker. In verband met de beperkte ruimte op de Maasvlakte en uitdagingen van de aanlandingszone Hoek van Holland is deze aanlandingszone nu opnieuw meegenomen. Ook voor het project Net op zee Nederwiek 3⁴⁰ wordt de aanlandingszone bekeken als optie. Binnen Nederwiek 3 wordt ook verkend of het haalbaar is om, parallel aan Nederwiek 3, meer verbindingen aan te sluiten. In paragraaf 6.2 wordt de samenhang tussen Programma VAWOZ en Net op zee Nederwiek 3 verder toegelicht.

³⁵ Informatie over Porthos is te vinden via: [Porthos Transport en opslag van CO₂ \(rvo.nl\)](#)

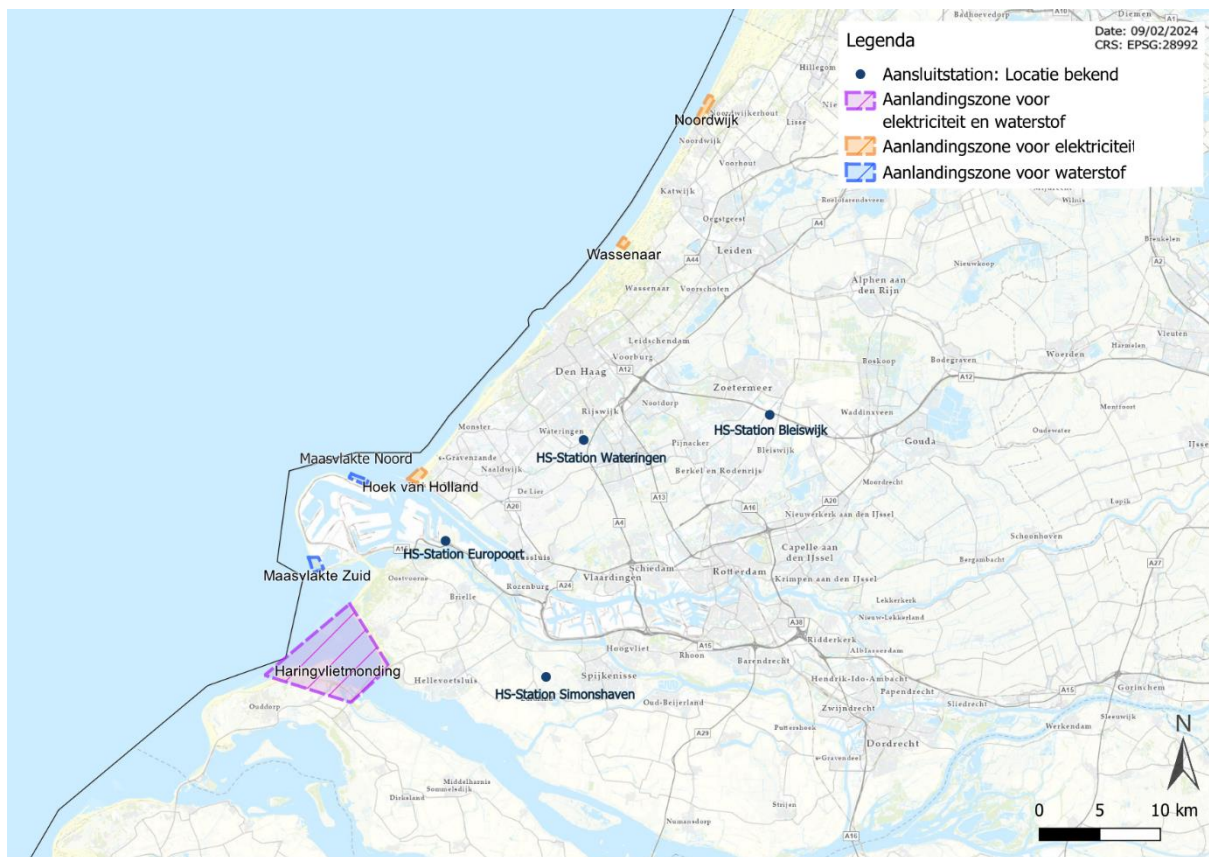
³⁶ Informatie over Aramis is te vinden via: [Aramis \(rvo.nl\)](#)

³⁷ Het MER van Net op zee IJmuiden Ver Beta is te vinden via: [Net op zee - IJmuiden Ver Beta \(rvo.nl\)](#)

³⁸ Het MER van Net op zee IJmuiden Ver Gamma is te vinden via: [Net op zee - IJmuiden Ver Gamma \(rvo.nl\)](#)

³⁹ Voor informatie over Net op zee Nederwiek 2, zie: [Net op zee - Nederwiek 2 \(rvo.nl\)](#)

⁴⁰ Voor informatie over Net op zee Nederwiek 3, zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/noz-nederwiek-3>



Figuur 5-1 Overzichtskaart aanlandingszones en aansluitlocaties Zuid-Holland

5.2.2 Aansluitlocaties

Aansluitlocaties elektriciteit

Voor het ontwerpen van kansrijke oplossingsrichtingen in Zuid-Holland is uitgegaan van de volgende bestaande en toekomstige aansluitlocaties:

- **Bleiswijk (380kV):** Op het bestaande 380kV-station Bleiswijk is aansluitcapaciteit beschikbaar. Uit de voorverkenning en de regionale werksessies blijkt dat er belangrijke uitdagingen zijn op het gebied van beschikbare ruimte, landschappelijke inpassing en landbouw voor een route naar deze aansluitlocatie en voor een converterstation.
- **Wateringen (380kV):** Op het bestaande 380kV-station in Wateringen is aansluitcapaciteit beschikbaar. Uit de Voorverkenning en regionale werksessies blijkt dat de beschikbare ruimte voor een converterstation en bereikbaarheid van de aansluitlocatie een zeer grote uitdaging is.
- **Europoort (380kV):** Er wordt een nieuw 380kV-hoogspanningsstation gerealiseerd in Europoort. Het toekomstige 380kV-station is opgenomen in het investeringsplan van TenneT (IP2022). Op het nieuwe hoogspanningsstation is aansluitcapaciteit voor net op zee-verbindingen.
- **Simonshaven (380kV):** Op het bestaande 380kV-station Simonshaven kan aansluitcapaciteit gerealiseerd worden. Uit de Voorverkenning en regionale werksessies blijkt dat een aansluiting op deze locatie uitdagingen heeft op het gebied van ruimtelijke inpassing en doorsnijding van landbouwgronden en Natura 2000-gebieden Voordelta en Haringvliet.

Aansluitlocaties waterstof

Voor het ontwerpen van kansrijke oplossingsrichtingen voor waterstof is uitgegaan van de volgende aansluitlocaties:

- **Delta Rhine Corridor:** De routes bij Europoort en op Voorne Putten kunnen mogelijk aangesloten worden op de Delta Rhine Corridor (DRC)⁴¹. De DRC is een voornemen om in Nederland gelijktijdig meerdere buisleidingen en ondergrondse gelijkstroomverbindingen aan te leggen. Deze leidingen lopen van Rotterdam via Moerdijk naar Chemelot in Geleen en naar de Duitse grens bij Venlo. In de buisleidingen wordt onder andere waterstof getransporteerd. Een verdere toelichting over de DRC staat in paragraaf 6.2. Het is nog onduidelijk waar de precieze inkoppeling op de DRC kan plaatsvinden.
- **Waterstofnetwerk Rotterdam:** Er wordt een waterstofleiding gerealiseerd vanaf de Tweede Maasvlakte richting Pernis. Voorheen heette dit HyTransPort, inmiddels is het onderdeel van het waterstofnetwerk Rotterdam.⁴² Op termijn sluit de leiding aan op het landelijke waterstofnetwerk. Routes vanaf de Maasvlakte kunnen aansluiten op het waterstofnetwerk Rotterdam.

5.2.3 Niet kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties

Niet kansrijke aanlandingszones

De volgende aanlandingszone is besproken tijdens de regionale werksessies, maar wordt niet verder onderzocht:

- **Maasvlakte-noord (elektrisch):** Deze zone wordt gebruikt en/of is gepland voor de aanlanding van onder andere Net op zee Hollandse Kust (zuid) en CO₂-leidingen Porthos en Aramis. Een elektrische aanlanding op de Maasvlakte met een boring door de zeevering is vanwege de ligging van HKZ, windpark Maasvlakte 2 en de aan te leggen CO₂-leiding van Porthos ruimtelijk en technisch zeer uitdagend geworden. Aramis houdt alleen rekening met de komst van een extra waterstofleiding vanaf zee. Daarnaast heeft het Havenbedrijf aangegeven dat er geen fysieke ruimte is om vanaf deze locatie naar het toekomstige 380kV-station Europoort te komen.

Niet kansrijke aansluitlocaties

De volgende aansluitlocaties zijn besproken tijdens de regionale werksessies, maar worden niet verder onderzocht:

- **380kV-stations Maasvlakte en Amaliahaven (elektrisch):** Tijdens de werksessies werd benoemd dat er twee mogelijke aansluitlocaties zijn op de Maasvlakte: het bestaande 380kV-station Maasvlakte en het toekomstige 380kV-station Amaliahaven. Voor beide stations geldt echter dat er geen aansluitcapaciteit meer beschikbaar is voor windenergie op zee. Er worden tot 2030 al meerdere net op zee-verbindingen aangesloten op de stations: Hollandse Kust (zuid), IJmuiden Ver Beta, IJmuiden Ver Gamma en Nederwiek 2.
- **Monster (waterstof):** Uit de voorverkenning kwam Monster als kansrijke aansluitlocatie voor waterstof. Ten noorden van de Maasvlakte, vanuit productielocatie Monster, loopt een relatief kleine bestaande Gasunie HTL-leiding van 12 inch, via Gaag, naar Pernis (A-617). Deze leiding vormt geen onderdeel van het Waterstofnetwerk maar kan op termijn overgezet worden naar waterstof/vervangen worden voor een grotere leiding voor

⁴¹ Voor meer informatie, zie: [Delta Rhine Corridor › Gasunie](#)

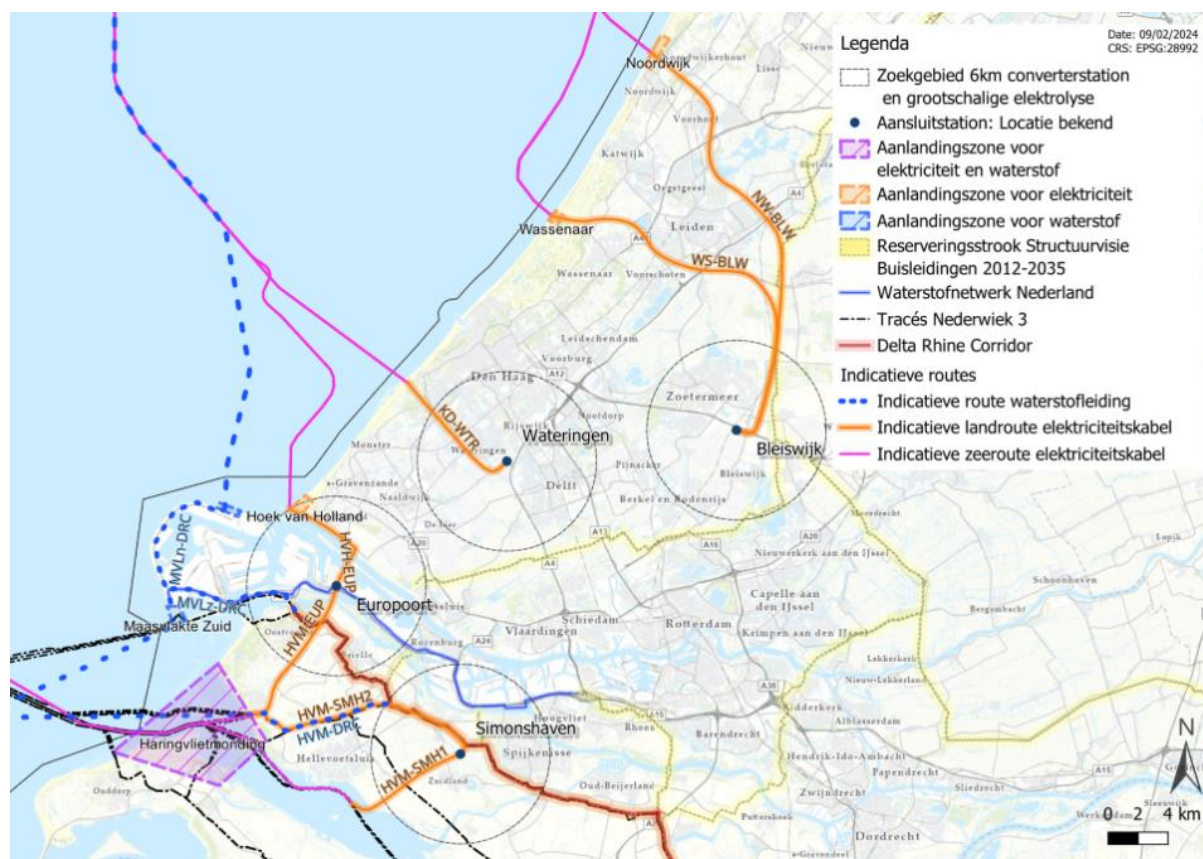
⁴² Voor meer informatie, zie: [Rotterdam › Hynetwork Services](#)

waterstoftransport (vanwege beperkte transportcapaciteit). Op basis hiervan werd in de Voorverkenning geconcludeerd dat een waterstofaansluiting ter hoogte van Monster mogelijk kansrijk is. Aandachtspunt is de beperkte capaciteit van deze leiding. Daarnaast is een deel van deze leidingen nog in gebruik. Nu nabij de andere aansluitlocaties voor waterstof wel concrete plannen liggen voor het Waterstof Netwerk Nederland en deze plannen er nabij Monster niet zijn wordt deze aansluitlocatie als minder kansrijk beschouwd en omdat er voldoende betere alternatieven zijn niet verder onderzocht in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040.

5.3 Kansrijke routes

5.3.1 Routes in regio Zuid-Holland

Figuur 5-2 laat de kansrijke routes (waterstof en elektrisch) zien voor de regio Zuid-Holland. De routes en aansluitlocaties zijn samengevat in Tabel 5-1. Na de tabel worden de routes toegelicht. In de regio Zuid-Holland wordt gekeken naar DC-verbindingen.



Figuur 5-2 Elektrische routes in Zuid-Holland

Tabel 5-1 Routes in regio Zuid-Holland

Aanlandingszone	Aansluitlocatie	Elektrisch / waterstof	Afkorting
Noordwijk	Bleiswijk	Elektrisch	NW-BLW
Wassenaar	Bleiswijk	Elektrisch	WS-BLW
Kijkduin	Wieringen	Elektrisch	KD-WTR
Hoek van Holland	Europoort	Elektrisch	HVH-EUP

Haringvlietmonding	Europoort	Elektrisch	HVM-EUP
Haringvlietmonding	Simonshaven	Elektrisch	HVM-SMH1
Haringvlietmonding	Simonshaven	Elektrisch	HVM-SMH2
Haringvlietmonding	DRC	Waterstof	HVM-DRC
Maasvlakte Zuid	DRC (of Waterstofnetwerk Rotterdam)	Waterstof	MVLz-DRC
Maasvlakte Noord	DRC (of Waterstofnetwerk Rotterdam)	Waterstof	MVLn-DRC

Bleiswijk

NW-BLW

De route landt aan ten noorden van Noordwijk aan Zee en doorkruist daar het relatief smalle duingebied en Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De route loopt vervolgens in zuidoostelijke richting door de gemeente Teylingen, tussen Voorhout en Sassenheim door. Na het kruisen van de A44 volgt de route de N444 richting Leiden en passeert daarbij Oegstgeest. De route volgt vervolgens grotendeels bestaande hoogspanningslijnen. Hier loopt de route om Leiderdorp heen richting de aansluitlocatie Bleiswijk, ten oosten van Zoetermeer.

WS-BLW

De route is ingebracht als korter alternatief voor de relatief lange route vanuit Noordwijk aan Zee richting Bleiswijk. De route landt aan ter hoogte van Wassenaar en doorkruist daarna duingebied en Natura 2000-gebied (Meijendel & Berkheide). Gezien de breedte van het duingebied kan niet worden volstaan met één boring om het duingebied te doorkruisen. Daarom is gezocht naar een route waarbij in de uitvoering boorlocaties toegankelijk zijn voor materieel langs de Wassenaarseslag. De route loopt vervolgens noordelijk van Wassenaar en Voorschoten en volgt voor een kort stuk de RijnlandRoute, een nieuwe wegverbinding van Katwijk naar de A4 bij Zoeterwoude. Daarna sluit de route aan op bestaande hoogspanningslijnen richting de aansluitlocatie Bleiswijk.

Wateringen

KD-WTR (elektrisch)

De route landt aan in Kijkduin en kruist daarna het duingebied (Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen). De route loopt in oostelijke richting door de gemeente 's-Gravenhage, parallel aan de S200 langs Ockenburgh, Madestein en De Uithof. Daarna loopt de route parallel aan de N211 in de gemeente Westland richting 380kV-station Wateringen. Deze route is eerder onderzocht in het MER Net op zee Hollandse Kust (zuid) en VAWOZ 2030. Wegens beperkte ruimte in dit dichtbebouwde gebied is de route technisch complex. Er moet nog afstemming plaatsvinden met de betreffende gemeenten om te kijken of er voldoende ruimte is voor een route.

Europoort

HVH-EUP (elektrisch)

De route landt aan in Hoek van Holland en loopt verder over land parallel aan de Nieuwe Waterweg en de N223. De route passeert de woonkern Hoek van Holland. Ter hoogte van de 380kV-verbinding maakt deze route de oversteek richting Europoort. De route loopt bij de oversteek parallel aan andere kabels en hoogspanningslijnen. Bij de oversteek wordt de landtong in de Nieuwe Waterweg gekruist. De route komt aan land in een gebied waar olieterminals en raffinaderijen liggen en loopt naar het toekomstige 380kV-station Europoort. De route loopt over het grondgebied van de gemeente Rotterdam.

HVM-EUP (elektrisch)

De route landt aan in Natura 2000-gebied Voornes Duin ten zuiden van Rockanje. De Natura 2000-strook is hier relatief smal ten opzichte van de rest van de kust. De route loopt verder ten oosten van Rockanje en loopt in noordoostelijke richting parallel aan de N496 door de gemeente Voorne aan Zee. Dit gebied heeft een open karakter en heeft veelal een agrarische functie. Tussen Oostvoorne en glastuinbouwgebied Tinte kruist de route de N496 en de N218. De route loopt verder door agrarisch gebied richting het noorden en kruist de Delta Rhine Corridor. Bij het Brielse Meer wordt het water overgestoken richting de aansluitlocatie Europoort. Hierbij wordt ook de A15 gekruist en komt de route aan in de gemeente Rotterdam.

Simonshaven

HVM-SMH1 (elektrisch)

Deze route kruist de Haringvlietdam en loopt daarna verder door de Haringvliet. De route komt aan land in agrarisch gebied ten oosten van Hellevoetsluis in de gemeente Hellevoetsluis. Hier vervolgt de route haar weg richting het noordoosten richting de aansluitlocatie Simonshaven. De route loopt door open agrarisch gebied in de gemeente Nissewaard en passeert de woonkern Zuidland. Na de oversteek van het water Bernisse komt de route uit bij 380kV-station Simonshaven. Een deel van deze route is eerder onderzocht in MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Beta. Door de kans op negatieve effecten op natuur (beschermde vogelgebied) en aardkundige en archeologische waarden, en omdat er een betere route was naar de Maasvlakte is deze route toen in MER fase 1 niet verder onderzocht. De aansluiting is ook onderzocht in VAWOZ 2030, maar niet verder meegenomen in de tweede fase van het onderzoek.

De route door het Haringvliet is onderzocht in MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Momenteel worden in MER fase 1/IEA van Nederwiek 3 drie varianten onderzocht voor het passeren van de Haringvlietdam. Twee varianten kruisen de Haringvlietdam. De derde variant voorkomt het kruisen van de dam. Binnen Programma VAWOZ wordt ook een route onderzocht die de Haringvlietdam kruist. Voor inzichten over het kruisen van de Haringvlietdam stemt het Programma VAWOZ af op het onderzoek dat gedaan wordt in het kader van Nederwiek 3 (zie paragraaf 6.2 voor een nadere toelichting over de samenhang met Net op zee Nederwiek 3).

HVM-SMH2 (elektrisch)

Deze route komt eerder aan land dan HVM-SMH1, ten zuiden van de Rockanje in Natura 2000-gebied Voornes Duin en NNN-gebied. Hier komen ook twee tracéalternatieven van Net op zee Nederwiek 3 aan land. Dit is het gebied van de gemeente Voorne aan Zee. De route loopt richting het zuiden tot aan de N57. Daarna loopt de route parallel aan de N57 in oostelijke richting door agrarisch gebied en kruist de N496. De route loopt langs de zuidkant van een glastuinbouwgebied bij Vierpolders. In de gemeente Nisserwaard buigt de route af naar het oosten om parallel te lopen aan de Delta Rhine Corridor. De route loopt oostwaarts en kruist de N494 en het Kanaal door Voorne. Ten noorden van Abbebroek kruist de route het water Bernisse en komt de route aan bij het 380kV-station Simonshaven.

Aanlandingen op de Maasvlakte:

Op basis van werksessies en vervolggerepreken lijkt er zeer beperkt ruimte te zijn voor extra aanlandingen wind op zee op de Maasvlakte na 2031. Programma VAWOZ onderzoekt voor de periode na 2031 daarom alleen de mogelijkheid van een waterstofaanlanding op de Maasvlakte met een aansluiting op de Delta Rhine Corridor of het Waterstofnetwerk Rotterdam. Op basis van het onderzoek in Programma VAWOZ ontstaat een beeld van de kansrijkheid van aansluitlocaties na 2031 en welke verdeling van aanlandingen energiesysteem-technisch wenselijk is. Daaruit blijkt ook in hoeverre de elektrische aansluitlocaties in scope toereikend zijn voor de opgave (ca 29GW tussen 2031 en 2040 en mogelijk nog eens 20GW extra tot aan 2050). Indien blijkt dat er onvoldoende kansrijke elektrische aansluitlocaties zijn, kan overwogen worden om aanvullend een ruimtelijk programma/onderzoek te starten voor de verkenning van landuitbreiding van de Maasvlakte, ten behoeve van het faciliteren van bijv. elektrische aanlandingen en grootschalige elektrolyse. Eventuele uitbreiding van de Maasvlakte kent echter vele uitdagingen - zo worden kustuitbreidingen vooralsnog niet toegestaan in het kader van water en bodem sturend – die van invloed zijn op de haalbaarheid. In Programma VAWOZ wordt een route vanaf het windpark op zee naar Maasvlakte Zuid onderzocht om op deze eventuele ontwikkeling voorbereid te zijn, wetende dat in de huidige situatie geen elektrische aansluiting mogelijk is.

Delta Rhine Corridor en Waterstofnetwerk Rotterdam

MVLz-DRC (waterstof)

De waterstofroute landt aan de zuidkant van de Tweede Maasvlakte aan, op een drukke plek waar meerdere net op zee-verbindingen zijn voorzien (Netten op zee IJmuiden Ver Beta en Gamma en Nederwiek 2). De route loopt in noordelijke richting langs Distripark Maasvlakte. Daarna volgt de route de Maasvlakteweg in oostelijke richting en worden de windturbines naast de Slufter gepasseerd. De route loopt verder over de Eerste Maasvlakte parallel aan de Europaweg. Het is nog onduidelijk waar de inkoppeling op het waterstofnetwerk Rotterdam of de Delta Rhine Corridor plaats kan vinden. Dit wordt momenteel nader uitgewerkt.

MVLn-DRC (waterstof)

De waterstofroute landt aan de noordkant van de Tweede Maasvlakte aan ter hoogte van de aanlanding Net op zee (Hollandse Kust Zuid) HKZ en de geplande CO₂-leidingen Porthos en Aramis. Deze route volgt de Maasvlakteweg in zuidwestelijke richting en loopt vervolgens parallel aan de route MVLZ-WNN. De route kan dus zowel op het Waterstofnetwerk Rotterdam als de Delta Rhine Corridor aansluiten.

HVM-DRC (waterstof)

Er is een tweede route mogelijk die aansluit op de DRC. De route landt aan in Natura 2000-gebied Voornes Duin ten zuiden van Rockanje. De Natura 2000-strook is hier relatief smal ten opzichte van de rest van de kust. De route loopt hier parallel aan de elektrische route HVD-SMH2. Het is nog onduidelijk waar de precieze inkoppeling op de DRC kan plaatsvinden.

Aandachtspunten vanuit stakeholders

Tijdens diverse regionale werksessies en overleggen zijn kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes in Zuid-Holland:

- Een route naar Wateringen is eerder onderzocht voor het project Net op zee Hollandse Kust (zuid) en VAWOZ 2030. Op basis van deze trajecten en de werksessies voor Programma VAWOZ is bekend dat er sprake is van beperkte fysieke ruimte en dat er zorgen zijn over de impact op een al intensief gebruikt woon-, recreatie- en werkgebied met daarnaast

belangrijke landschappelijke en natuurwaarden. Het is nog niet zeker of er voldoende ruimte is voor de (aanleg van de) routes.

- Daarnaast is het risico op wateroverlast een aandachtspunt in Wateringen. Dat maakt de ruimtelijke inpassing van een converterstation en zeker van een elektrolyser erg uitdagend.
- Ook de routes richting Bleiswijk lopen door en langs dichtbebouwd gebied, waarbij nog niet zeker is of er voldoende ruimte is voor de (aanleg van de) routes. De routes naar Bleiswijk doorkruisen natuur en waardevolle landschappelijke en cultuurhistorische gebieden (N2000, weidevogel- en veenweidegebied, landgoederen zone achter de duinen in de strook tussen Den Haag en Sassenheim, de Limes werelderfgoed).
- In laaggelegen gebieden is al veel wateroverlast, ingebracht is dat het niet wenselijk is dat verharding daar toeneemt door converterstations.
- Er is beperkt ruimte op de Maasvlakte en Europoort om aan te landen, routes voor kabels en leidingen te vinden en een converterstation in te passen (zie ook tekstkader §5.3.1).
- Routes doorkruisen Natura 2000-gebieden (Voordelta, Voornes Duin, Haringvliet), bodembeschermingsgebied en compensatiegebied van de Tweede Maasvlakte.
- Tijdelijke effecten aanlandingen op recreatie Hoek van Holland, Maasvlakte en langs de kust van Voorne Putten.
- Doorkruisen van de Haringvlietdam is technisch complex en vraagt om goed onderzoek naar de wijze waarop de kabels het kustfundament en stormvloedkeringen kruisen.
- Vanuit de omgeving en lokale bestuursorganen wordt expliciet aandacht gevraagd voor de identiteit en het lokale huidige / beoogde gebruik van het gebied rondom Simonshaven, waarbij o.a. het open agrarisch landschap, de havens, kust- en oeverrecreatie belangrijke factoren zijn om rekening mee te houden.
- Risico op verzilting bij routes over Voorne Putten en in binnenwateren.
- Voorkom zoveel mogelijk scheepvaarthinder bij de Maasgeul en de Nieuwe Waterweg.
- De inpasbaarheid van grootschalige elektrolyse is zeer complex wegens het grote ruimtebeslag.
- De Maasvlakte I is in beeld als alternatieve locatie voor een kernenergiecentrale.
- Voor de route vanaf Hoek van Holland richting Europoort geldt dat er rekening gehouden moet worden met de begraafdiepte van de kabels. Schepen worden steeds groter met een lagere diepteligging, waardoor de begraafdiepte van kabels ook steeds lager wordt om voldoende afstand te bewaren.
- Voor de route vanaf Hoek van Holland geldt dat er tijdens de aanleg sprake zal zijn van scheepvaarthinder. Ook de aanleg van de route door het Haringvliet zal scheepvaarthinder veroorzaken.
- De routes over Voorne Putten lopen grotendeels door open, landelijke gebied. De landschappelijke impact van een verbinding, met van name een converterstation, is daarom een belangrijk aandachtspunt. Voor de route HVM-SMH1 geldt dat deze door landschappelijk waardevol gebied loopt.
- De waterstofroute over Voorne Putten (HVM-DRC) loopt langs een groot glastuinbouwgebied en een landgoederengebied.
- Samenhang met Delta Rhine Corridor: Er moet nog blijken óf en zo ja hoeveel gelijkstroomkabels er via de SVB strook door de DRC richting de aansluitlocaties Tilburg, Maasbracht en Graetheide gebracht kunnen worden. In een eerste ruimtelijke analyse zijn diverse ruimtelijke knelpunten vastgesteld binnen de SVB-strook. Een ander belangrijk aandachtspunt is de timing: het streven van de DRC is om alle kabels en leidingen in

gelijktijdig aan te leggen voor 2028. Het Programma VAWOZ kijkt echter naar de aanlanding van wind op zee voor de periode 2031-2040.

- Er is belangrijke samenhang met Net op zee Nederwiek 3. In paragraaf 6.1 van dit groeidocument wordt deze samenhang nader toegelicht. Duidelijke afstemming tussen de projecten en duidelijke communicatie richting de omgeving is belangrijk.
- Omdat er bij de eerdere aanlandingszone zuiden van Katwijk geen plek was om materieel op te stellen voor het uitvoeren van boringen, is ervoor gekozen deze ter hoogte van de Wassenaarsplas aan te laten landen en de naam dus ook te wijzigen van aanlandingszone Katwijk naar aanlandingszone Wassenaar.

5.3.2 Niet kansrijke routes

De volgende routes zijn besproken tijdens de regionale werksessies, maar worden niet verder beschouwd:

- **Elektrische routes over de Maasvlakte:** Uit gesprekken met het Havenbedrijf blijkt dat er geen fysieke ruimte is voor een elektrische route over de Tweede Maasvlakte naar Europoort of Simonshaven. Daarom wordt deze routes voorlopig als niet kansrijk gezien. Gezien de tijdshorizon van het Programma VAWOZ worden er nog vervolggesprekken gevoerd met het Havenbedrijf om te verkennen of er in de toekomst mogelijk ruimte beschikbaar kan komen voor aanlandingen wind op zee.
- **Hoek van Holland-Europoort (elektrisch):** Tijdens de regionale werksessies zijn twee elektrische routes besproken vanaf Hoek van Holland richting Simonshaven. Uit overleg met het Havenbedrijf over deze routes blijkt er geen ruimte voor routes die westelijker oversteken richting Europoort. Daarom worden deze routes niet verder onderzocht.
- **Monster-Wateringen (elektrisch):** In de regionale werksessie van Zuid-Holland is een elektrische route ingebracht met een aanlanding bij Monster die via de N211, N464 en Poeldijk naar Wateringen loopt. Langs deze N-wegen liggen echter veel kassen en lintbebouwing, waardoor op veel plekken de fysieke ruimte ontbreekt hier een kabel langs te leggen. Daarnaast doorkruist de route het dorp Poeldijk, waar de fysiek ruimte voor deze kruising ontbreekt. De route wordt daarom niet verder onderzocht.

5.4 Kansrijke stationslocaties

5.4.1 Zoekgebieden converterstations

Bleiswijk

Direct ten westen van het bestaande 380kV-station, tussen het hoogspanningsstation en de grenzen van de stad Zoetermeer, ligt een nog onbebouwd poldergebied van ca. 66 hectare genaamd 'Bleizo-West'. De Provincie wil de locatie gebruiken voor windturbines, maar de gemeenten Zoetermeer en Lansingerland willen gemengde woon-werkfuncties realiseren. Omdat er al meerdere plannen voor deze locatie zijn, lijkt deze niet kansrijk voor een converterstation.

Tijdens de werksessies bleek dat het -op basis van de huidige informatie- lastig is een beschikbare locatie te vinden voor een converterstation of een grootschalige elektrolyser binnen het zoekgebied rondom Bleiswijk. Voor het nog onbebouwde poldergebied 'Bleizo-West' direct ten westen van het 380kV-station zijn al diverse andere plannen, waardoor dit gebied niet kansrijk lijkt voor een

converterstation. Mogelijk dat er in de toekomst ruimte vrij kan komen in het glastuingebied ten oosten van het 380kV-station afhankelijk van de toekomstige ontwikkelingen in de tuinbouw. Er zijn nog geen concrete plannen bekend. Vooralsnog wordt de conclusie getrokken dat een locatie voor een converterstation of grootschalige elektrolyse mogelijk kansrijk is, maar dat er grote uitdagingen zijn, namelijk zeer beperkte beschikbaarheid van ruimte. Voor grootschalige elektrolyse speelt nog mee dat er geen groot oppervlaktewater in de nabijheid is. In het gebied vinden nog verkenningen plaats of ruimte vrij kan komen in het glastuinbouwgebied, wellicht door strategisch sturen op grondposities.

Wateringen

Het zoekgebied voor een converterstation is aangegeven met een cirkel van 6km rondom het 380kV-station Wateringen (Figuur 5-2). Uit de regionale werksessie kwam naar voren dat er zeer weinig ruimte is voor een converterstation in dit dichtbebouwde gebied. Locaties die eerder in beeld waren in het kader van Net op zee Hollandse Kust (zuid) zijn niet meer beschikbaar. Er werd aangegeven dat ruimte voor het converterstation moet worden gezocht in al verhard gebied rondom het bestaande 380kV-station Wateringen. Er is veel wateroverlast in het gebied, dus extra verharding is niet wenselijk. Een converterstation bij een industriële omgeving of in de omgeving van een snelweg lijkt het meest kansrijk. Rondom het bestaande 380kV-station Wateringen liggen een aantal bedrijventerrein waar momenteel geen ruimte beschikbaar blijkt voor een converterstation. Mogelijk kan er rond 380kV-station Wateringen in nader overleg met de omgeving een locatie gevonden worden, bijvoorbeeld als partijen hun werkzaamheden stoppen. In dit geval kan gekeken worden naar de bedrijventerreinen en kassengebieden nabij het 380kV-station. Conclusie is dat op basis van de huidige informatie het mogelijk kansrijk is, maar dat er grote uitdagingen zijn om een zoekgebied te vinden voor een converterstation in de nabijheid van het bestaande 380kV-station Wateringen. Of er voldoende ruimte is voor een converterstation moet verder worden verkend, onder andere in samenwerking met de gemeenten en andere stakeholders in deze omgeving.

Europoort

Het zoekgebied voor een converterstation is aangegeven met een cirkel van 6km rondom het 380kV-station Europoort (Figuur 5-2). Industrierrein Europoort is vanuit het principe van bundeling van functies een logische locatie is voor een converterstation. Echter blijkt uit de regionale werksessie en gesprekken met het Havenbedrijf dat er beperkte ruimte beschikbaar is op het industrierrein. Er worden vervolggesprekken gevoerd met onder andere het Havenbedrijf om in beeld te brengen welke ruimte er mogelijk nog wel is of toekomstig beschikbaar komt. Daarnaast kan ook gekeken worden naar een zoekgebied aan de noordzijde van de Nieuwe Waterweg tussen Hoek van Holland en Maasdijk. Een kansrijk gebied kan zijn het gebied tussen de woonkern Hoek van Holland en de Steendijkpolder.

Simonshaven

Het zoekgebied voor een converterstation is aangegeven met een cirkel van 6km rondom het 380kV-station Simonshaven (Figuur 5-2). De ruimte rond het bestaande 380kV-hoogspanningsstation Simonshaven bestaat met name uit agrarisch open gebied. Er zijn geen bedrijventerreinen met ruimte voor een converterstation. In MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Beta is een zoekgebied gedefinieerd voor een converterstation direct ten noorden van het 380kV-hoogspanningsstation Simonshaven. Het zoekgebied ligt aan de rivier de Bernisse, ten noorden van Zuidland en ten westen van Biert. In dit zoekgebied ligt verspreid agrarische bebouwing met een verdichting aan de

Gemeenlandsedijk Zuid. Een converterstation in dit gebied bleek in MER fase 1 voor Net op Zee IJmuiden Ver Beta onder andere op landschap zeer negatief vanuit het perspectief van zichtbaarheid, gebiedskarakteristiek en samenhang van elementen en context. Ook in de regionale werksessie is impact op het landschap als aandachtspunt naar voren gebracht. Na MER fase 1 is geen verder onderzoek gedaan naar een aansluiting op 380kV-station Simonshaven omdat er een beter alternatief was, namelijk aansluiten op de Maasvlakte.

5.4.2 Zoekgebieden aanlandingsstations waterstof

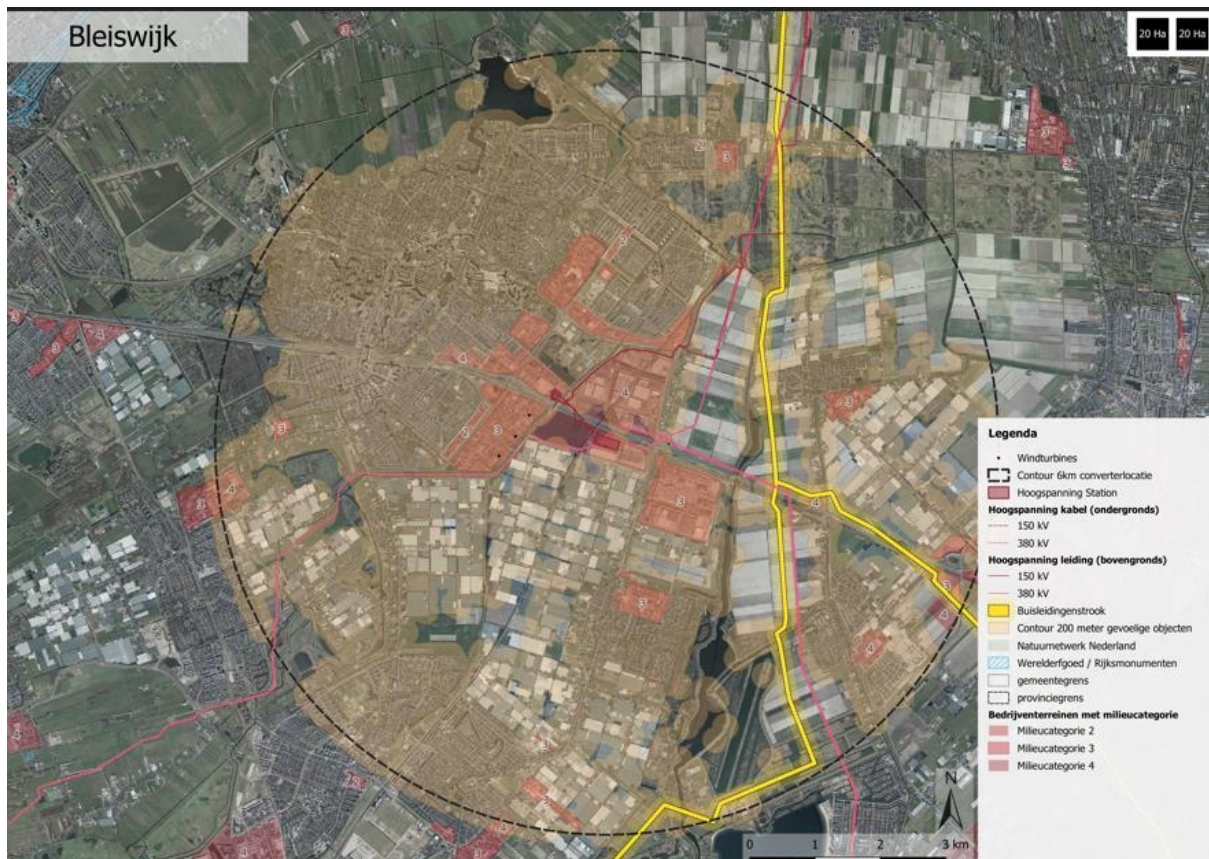
Voor een aanlandingsstation voor waterstof zijn voor de aanlandingen in Zuid-Holland drie indicatieve zoekgebied in beeld: een zoekgebied nabij de aanlandingszone Maasvlakte Noord, een zoekgebied rondom de Delta Rhine Corridor (DRC) tussen Goudhoek en Brielle en een zoekgebied rondom de kruising van de N57 en de DRC.

5.5 Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers

5.5.1 Zoekgebied Bleiswijk

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km het 380kV-station Bleiswijk. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 5-3). De omgeving van het hoogspanningsstation van Bleiswijk is dichtbevolkt, waardoor een tweehonderd meter contour om woningen, gezondheidszorg en onderwijsgebouwen een groot deel van het zoekgebied uitsluit.

Tijdens de werksessies bleek dat het -op basis van de huidige informatie- lastig is een beschikbare locatie te vinden voor grootschalige elektrolyser binnen het zoekgebied rondom Bleiswijk. Mogelijk dat er in de toekomst ruimte vrij kan komen in het glastuingebied ten oosten van het 380kV-station als partijen hun werkzaamheden stoppen. Er zijn nog geen concrete plannen bekend daaromtrent. Ook is aangegeven dat een grootschalige elektrolyser in dit gebied kansen biedt in relatie tot de warmtetransitie van het kassengebied (benutten restwarmte). Ook is de suggestie gedaan aansluiting te zoeken bij de waterzuiveringsinstallatie ten zuidoosten van het zoekgebied vanwege de zuurstofvraag van deze installaties. Tot slot is geconstateerd dat er in het gebied geen groot oppervlaktewater is waar een grootschalige elektrolyser gebruik van zou kunnen maken voor de watervraag. Vooralsnog wordt de conclusie getrokken dat grootschalige elektrolyse mogelijk kansrijk is, maar dat er grote uitdagingen zijn.

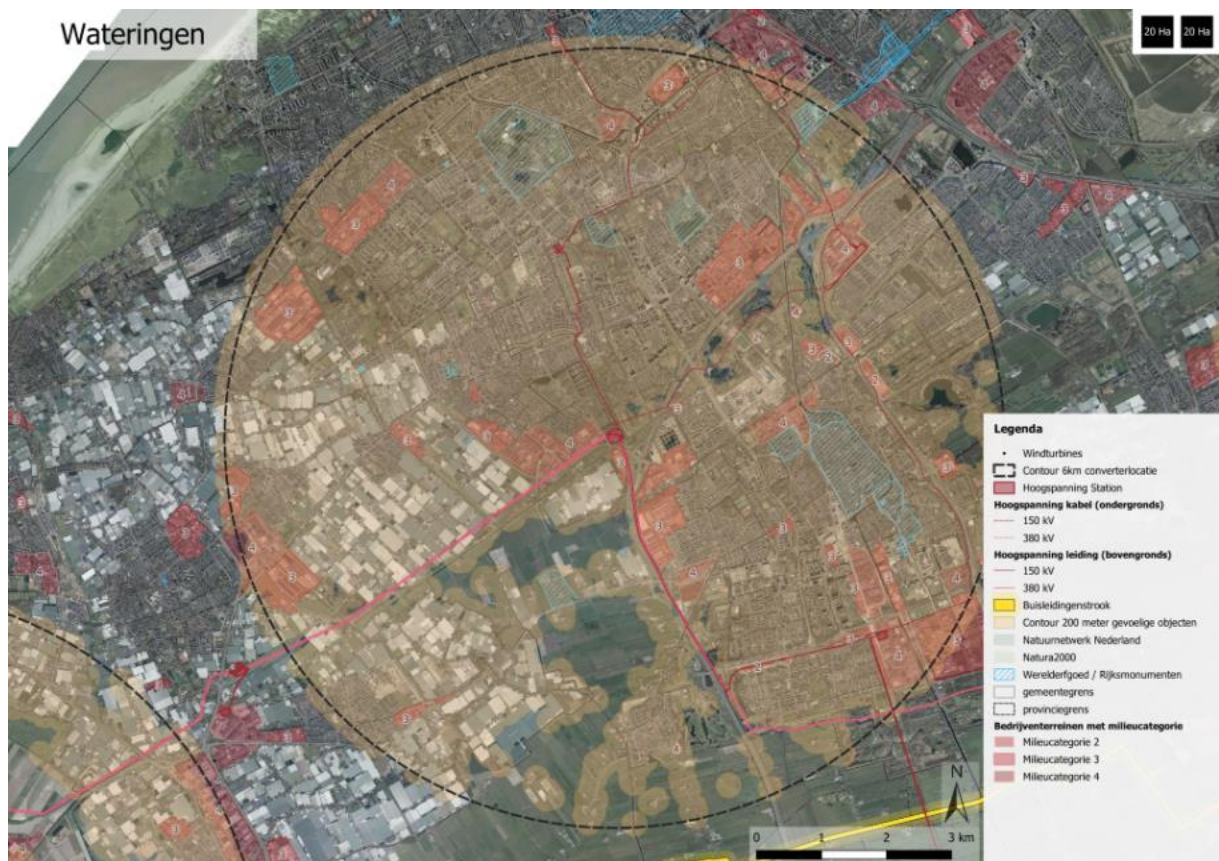


Figuur 5-3 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij Bleiswijk

5.5.2 Zoekgebied Wateringen

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km het 380kV-station Wateringen. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 5-4). De omgeving van het hoogspanningsstation van Wateringen is dichtbevolkt, waardoor een tweehonderd meter contour om woningen, gezondheidszorg en onderwijsgebouwen vrijwel het hele zoekgebied uitsluit.

Tijdens de werksessies bleek dat het -op basis van de huidige informatie- erg lastig is om een beschikbare locatie te vinden voor een converterstation binnen het zoekgebied. Dit geldt nog in meerdere mate voor een elektrolyser aanvullend op een converterstation met een fors groter ruimtebeslag. Ook is er in de omgeving geen groot oppervlaktewater beschikbaar waar een grootschalige elektrolyser gebruik van kan maken. Vooralsnog wordt de conclusie getrokken dat een locatie voor een converterstation mogelijk kansrijk is, maar met grote uitdagingen. Om daar bovenop ook nog ruimte voor grootschalige elektrolyse te vinden in het zoekgebied lijkt niet kansrijk.

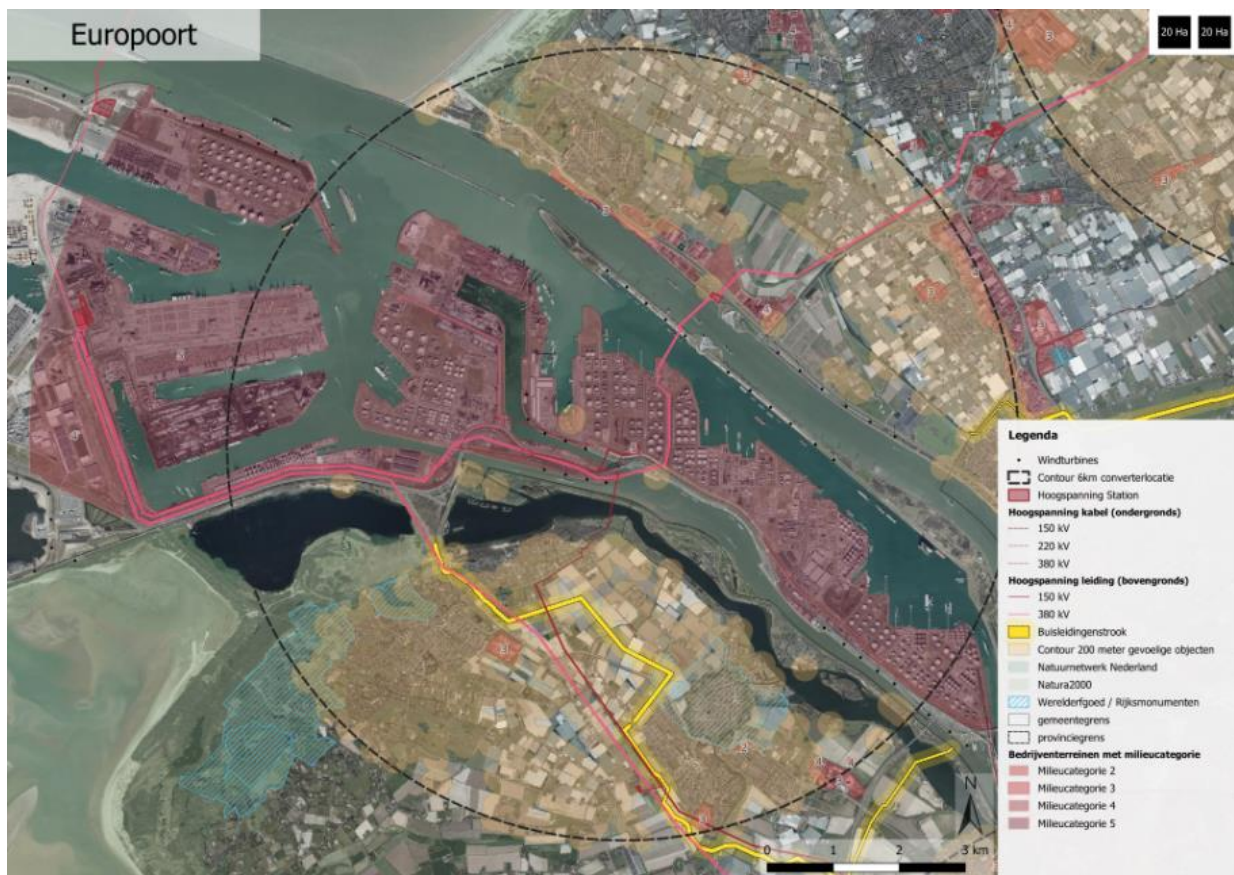


Figuur 5-4 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse bij Wateringen

5.5.3 Zoekgebied Europoort

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km het toekomstige 380kV-station Europoort. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 5-5). Uit de werksessies blijkt dat beschikbare ruimte voor een elektrolyser rond het 380kV-station een aandachtspunt is, door de industriële terreinen die in gebruik zijn. Een elektrolyser is wel passend in deze industriële locatie en vanwege de beschikbaarheid van water (zoet en/of zout). Mogelijk dat er in de energietransitie ruimte kan komen bij de kolenopslag of bij bedrijven die een transitie door gaan maken. Daarbij is het wel belangrijk om te kijken naar de fasering in de tijd. Voorlopig zullen deze locaties in gebruik blijven.

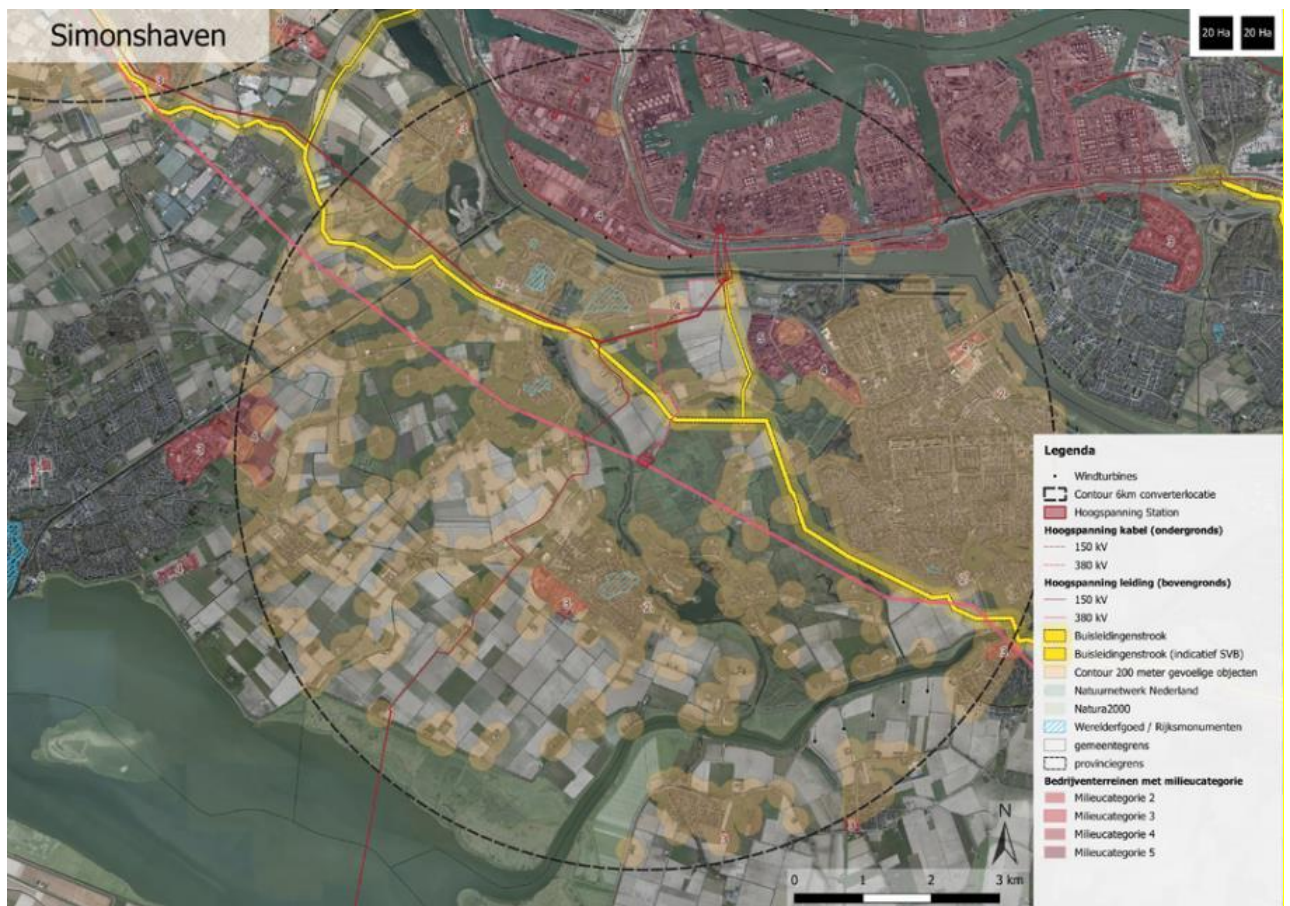
Boven en onder de waterwegen is er weer een relatief dichte bebouwing. Ook is het moeilijker om hier de elektriciteit vanuit het hoogspanningsstation te vervoeren naar de elektrolyser, omdat deze kabels dan een drukbevaren waterweg moet kruisen.



Figuur 5-5 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse bij Europoort

5.5.4 Zoekgebied Simonshaven

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km het 380kV-station Simonshaven. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 5-6). De zes kilometer contour om het hoogspanningsstation biedt ruimtelijk gezien veel opties voor een 20 hectare elektrolyser. Daarnaast is het realiseren van een verbinding tussen het station en een elektrolyser binnen dit gebied goed realiseerbaar omdat er geen druk bebouwde locaties of waterwegen doorkruist moeten worden. Als laatste is er een goede verbinding mogelijk naar de Delta Rhine Corridor, waardoor transport door het zuiden van Nederland goed kan worden gefaciliteerd. Tijdens de werksessies hebben de gemeenten Nissewaard en Voorne aan Zee aangegeven aan er geen grote waterstofopgave is in de regio. Ze willen liever geen elektrolyser op hun grondgebied hebben. Het zoekgebied ligt in waardevol open landschap. Dezelfde aandachtspunten die gelden voor een converterstation, gelden ook voor een elektrolyser.



Figuur 5-6 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij Simonshaven

6 Noord-Brabant en Limburg

6.1.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen

In Programma VAWOZ wordt gekeken naar maximaal drie elektrische verbindingen die diep landinwaarts aanlanden. Dit zijn de verbindingen die aansluiten in Tilburg en/of Maasbracht en Graetheide. De eerste analyse⁴³ van het energiesysteem geeft het inzicht dat het voor Tilburg zinvol is om naar maximaal één elektrische verbinding te kijken, vanwege het al bestaande knelpunt op het net tussen Eindhoven en Maasbracht. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. Randvoorwaarde voor deze ‘diepe aanlanding’ is dat ze via de Delta Rhine Corridor (DRC) landinwaarts gebracht worden (zie onderstaand tekstkader). Voor de ontwikkeling van de DRC loopt een projectprocedure. Hierin wordt gekeken naar de mogelijkheid meerdere leidingen en kabels in één corridor te realiseren. Voor de uitwerking van de DRC wordt ook een IEA/milieu-effect-rapport opgesteld. Momenteel vindt afstemming plaats tussen Programma VAWOZ en het DRC-project om tot de meest optimale verdeling van effectenonderzoeken te komen. Die afstemming is nog niet definitief, het besluit om de elektrische aanlandingen op te nemen in de ontwikkeling van de DRC is immers redelijk recent. Hier wordt beschreven welke keuze nu voorligt. Bij de publicatie van de definitieve NRD, voorzien in juni 2024, is de afstemming waarschijnlijk gereed.

In eerste instantie was het uitgangspunt voor het Programma VAWOZ dat het grootste deel van de kabelroutes, namelijk het gedeelte dat door de structuurvisie buisleidingenstrook (SVB) loopt, zou worden onderzocht in de DRC-projectprocedure. De overige onderdelen die nodig zijn om een verbinding compleet te maken zouden dan tot de scope van het onderzoek voor het Programma VAWOZ behoren. Op land zijn die onderdelen: de inpassing van converterstations, de gelijkstroomroutes van de SVB-strook naar de converterstations en vervolgens de wisselstroomroutes van de converterstations naar de 380kV-stations. Vooralnog zijn de effecten van die onderdelen dan ook opgenomen in deze concept-NRD voor het Programma VAWOZ.

Momenteel wordt bekeken of het mogelijk is om het gehele onderzoek naar de verbinding op land onder te brengen in de DRC-projectprocedure. Dan zou er binnen het DRC-proces gekeken worden naar de effecten van de kabels in de SVB-strook, maar ook de inpassing van de aftakkingen, de converterstations en de aansluiting op het net. Dit heeft een aantal voordelen. Ten eerste is dit voor de omgeving beter navolgbaar. De mogelijke effecten worden dan in samenhang besproken, en niet in verschillende trajecten met verschillende overlegstructuren, tijdlijnen en participatiemomenten. Ten tweede wordt de landverbinding zo in één procedure op het hetzelfde detailniveau onderzocht. In de project-MER voor de DRC wordt namelijk in meer detail gekeken naar de effecten dan in het plan-MER voor het Programma VAWOZ. Zo zijn na afloop van het programma geen opvolgende projectprocedures meer nodig voor enkele onderdelen van de landverbinding, maar wordt de gehele landverbinding in één keer op het juiste detailniveau onderzocht.

⁴³ Het rapport *Systeemintegratie wind op zee (fase NRD)* is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

De ontwikkeling van de **Delta Rhine Corridor (DRC)** voor leidingen en kabels is in lijn met de uitgangspunten in zowel de NOVI als het PEH. In beide beleidstukken wordt gestuurd op zorgvuldig en zuinig ruimtegebruik door het bundelen en concentreren van energie-infrastructuur. Het PEH benoemt de voorkeur voor een diepe aanlanding vanuit wind op zee, en geeft aan wat de voordelen zijn van een combinatie van deze aanlanding en het DRC-project in beperken van overlast voor de omgeving en van aanlegkosten. De DRC wordt daarmee een verzameling van initiatieven om gelijktijdig meerdere ondergrondse buisleidingen en gelijkstroomverbindingen aan te leggen tussen Rotterdam en de Duitse grens via bestaande SVB-stroken (SVB = Structuurvisie Buisleidingen). Eén van de vraagstukken in het DRC-traject is hoeveel gelijkstroomkabels en hoeveel buisleidingen voor het transport van waterstof en CO2 en eventueel ammoniak mogelijk zijn. De initiatiefnemers van de Delta Rhine Corridor onderzoeken in hoeverre de buisleidingen en gelijkstroomverbindingen gelijktijdig aangelegd kunnen worden.

Voor meer informatie: [Delta Rhine Corridor](http://DeltaRhineCorridor.rvo.nl) (rvo.nl)

Ook als het gehele onderzoek naar de verbinding op land ondergebracht wordt in de DRC-projectprocedure, blijft goede afstemming en coördinatie tussen beide trajecten van belang in verband met de onderlinge afhankelijkheden. Zo onderzoekt Programma VAWOZ de tracés op de Noordzee vanaf de windparken op zee tot aan de kust. De mogelijkheden op zee voor de totaalopgave 2031-2040 (ca. 29 GW) zijn van invloed op de maximale omvang (tot 6 GW) van de diepe aanlanding. Momenteel wordt uitgewerkt hoe deze afstemming en coördinatie ten behoeve van integrale besluitvorming het beste vorm kan krijgen. De mogelijke consequenties van het onderbrengen van het gehele onderzoek naar de verbinding op land in de DRC-projectprocedure worden de komende periode nader uitgewerkt.

Voor waterstofverbindingen in het Programma VAWOZ wordt niet gekeken naar een diepe aanlanding in Noord-Brabant of Limburg. Aansluiting van waterstofverbindingen vanaf zee op de Delta Rhine Corridor vindt plaats in Zuid-Holland.

6.2 Kansrijke aansluitlocaties

Aansluitlocatie Moerdijk

In het investeringsplan van TenneT (IP2022) is uitbreiding van het hoogspanningsnet in Moerdijk voorzien. Moerdijk is onderdeel van het industriële cluster Rotterdam-Moerdijk. Nu is in Moerdijk alleen sprake van een 150kV-station. Met de toevoeging van een gecombineerd 380/150kV-station en aanpassingen aan het net wordt Moerdijk opgenomen in het landelijke 380kV-hoogspanningsnet. Het station 380kV-station Moerdijk is in de voorverkenning voor het Programma VAWOZ naar voren gekomen als kansrijke aansluitlocatie voor een elektrische verbinding in de periode na 2031 als onderdeel van het Programma VAWOZ.

Aansluitlocatie Geertruidenberg

Het bestaande 380kV-station Geertruidenberg heeft capaciteit voor één aanlanding van wind op zee. Dit 380kV-station is eerder onderzocht als aansluitlocatie, waaronder voor Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Het station wordt momenteel net als het toekomstige 380kV-station in Moerdijk onderzocht als aansluitlocatie voor Net op zee Nederwiek 3.

Samenhang met Net op zee Nederwiek 3

Het Programma VAWOZ heeft belangrijke samenhang met het aparte project Net op zee Nederwiek 3. Dit is de derde 2GW-verbinding uit windenergiegebied Nederwiek. De verbinding zal aansluiten op een hoogspanningsstation in Moerdijk of Geertruidenberg. In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) is opgenomen welke route alternatieven onderzocht worden in MER fase 1/IEA van Net op zee Nederwiek 3.⁴⁴ Net op zee Nederwiek 3 is onderdeel van de Routekaart wind op zee voor de periode tot en met 2030 en dient daarom uiterlijk in 2031 operationeel te zijn.

Gezien de ruimtelijke overlap van dit deel van het Programma VAWOZ en Nederwiek 3 is gekozen om in MER-fase 1/IEA voor Nederwiek 3 te verkennen wat de gevolgen en beperkingen zijn voor het realiseren van 1 of 2 extra 2GW-verbindingen naar Moerdijk of Geertruidenberg in het kader van VAWOZ 2031-2040. In het MER van Nederwiek 3 zal alleen onderzoek gedaan worden naar routes vanaf de kustzone tot Moerdijk of Geertruidenberg en locaties voor converterstations. De routes op zee worden onderzocht in het Programma VAWOZ, evenals het onderzoek naar de effecten van de aanlandingen op het energiesysteem (systeemintegratie). Onderzoek naar grootschalige elektrolyse voor de aansluitlocaties Moerdijk en Geertruidenberg vindt ook plaats binnen Programma VAWOZ. De resultaten van Net op zee Nederwiek 3 worden onderdeel van de integrale afweging en besluitvorming over het Programma VAWOZ.



Figuur 6-1 Tracéalternatieven naar Moerdijk en Geertruidenberg uit NRD Net op zee Nederwiek 3

Aansluitlocaties Tilburg, Maasbracht en Graetheide en samenhang met de Delta Rhine Corridor

Voor de regio Noord-Brabant en Limburg zijn naast Moerdijk en Geertruidenberg nog drie 'diepe aanlandingen' in beeld. Dit zijn aanlandingen die niet aan de kust liggen, maar verder landinwaarts. In de Voorverkenning VAWOZ en in het Programma Energie Hoofdstructuur (PEH) is onderzoek gedaan naar diepe aanlandingen. Het verspreid aansluiten van windenergie over meerdere

⁴⁴ Op 2 juni 2023 is de concept-NRD van Net op zee Nederwiek 3 gepubliceerd, zie: [Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau - Net op zee Nederwiek 3 \(rvo.nl\)](#)

industriële clusters (waar veel vraag naar elektriciteit is) betekent dat er minder snel uitbreidingen van het bovengrondse hoogspanningsnet nodig zijn. Echter geldt ook dat ‘diepe aanlandingen’ per definitie lange routes over land hebben met meer belemmeringen en mogelijke effecten op de omgeving. In het Programma VAWOZ wordt daarom alleen gekeken naar routes die via de Delta Rhine Corridor landinwaarts gebracht kunnen worden.

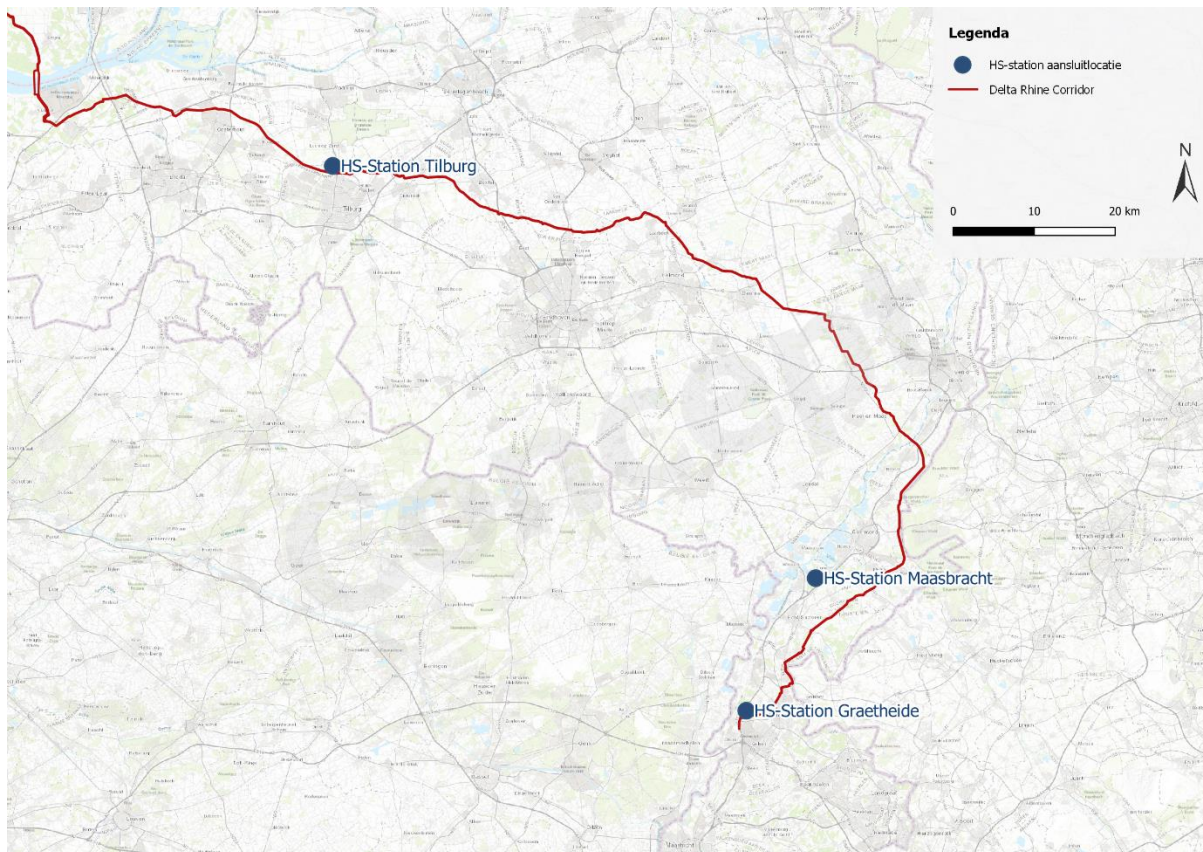
In het Programma VAWOZ wordt gekeken naar de aftakkingen van deze verbindingen richting (toekomstige) hoogspanningsstations die langs de DRC liggen. Ook wordt gekeken naar mogelijke locaties voor converterstations in de buurt van de hoogspanningsstations waarop kan worden aangesloten. Dit betekent dat gekeken wordt naar de volgende aansluitlocaties nabij de DRC (zie Figuur 6-2), met als randvoorwaarde dat de gelijkstroom verbindingen ook daadwerkelijk via de Delta Rhine Corridor landinwaarts gebracht kunnen worden:

- **Tilburg (380kV):** In Tilburg wordt een nieuw 380kV-hoogspanningsstation gebouwd. De bouw van het hoogspanningsstation is gestart in 2023.
- **Maasbracht (380kV):** Maasbracht heeft een bestaand 380kV-station. Uit de Voorverkenning is gebleken dat er momenteel geen aansluitcapaciteit beschikbaar is. Wel is op dit hoogspanningsstation een uitbreiding voorzien waardoor op termijn aansluitcapaciteit beschikbaar komt. Ook is een nieuwe 380kV-verbinding voorzien tussen Maasbracht en Graetheide om de groei van duurzame energiebronnen en elektrificatie van het industriegebied (Chemelot) te faciliteren.
- **Graetheide (380kV):** In Graetheide wordt een nieuw 380kV-hoogspanningsstation gebouwd. Het nieuwe hoogspanningsstation is opgenomen in de investeringsplannen van TenneT (IP2022) en in het MIEK.

Bandbreedte aantal verbindingen Tilburg, Maasbracht en Graetheide

Er is naar verwachting veel transport van elektriciteit nodig van het westen van het land richting Limburg door de elektriciteitsvraag van Chemelot en export van elektriciteit richting België en Duitsland. In de Delta Rhine Corridor worden drie gelijkstroomverbindingen onderzocht. De analyse van het energiesysteem⁴⁵ geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om naar maximaal drie elektrische verbindingen naar Limburg (Maasbracht en/of Graetheide) te kijken in Programma VAWOZ. Voor Tilburg is het zinvol om naar maximaal één elektrische verbinding te kijken, vanwege het al bestaande knelpunt op het net tussen Eindhoven en Maasbracht.

⁴⁵ Zie bijlage C van de concept NRD.



Figuur 6-2 Route van de DRC met aansluitlocaties

Conclusie aansluitlocaties

Samenvattend zijn voor de regio Noord-Brabant en Limburg vijf aansluitlocaties voor elektrische verbindingen in beeld:

- **Moerdijk (380kV):** Aansluiting op dit toekomstige 380kV-station wordt onderzocht als onderdeel van het MER Net op zee Nederwiek 3. Deze resultaten worden meegenomen in de besluitvorming voor het Programma VAWOZ.
- **Geertruidenberg (380kV):** Aansluiting op dit toekomstige 380kV-station wordt onderzocht als onderdeel van het MER Net op zee Nederwiek 3. Deze resultaten worden meegenomen in de besluitvorming voor het Programma VAWOZ.
- **Tilburg (380kV):** Een route naar het toekomstige 380kV-hoogspanningsstation in Tilburg wordt alleen onderzocht als deze mogelijk is via de DRC.
- **Maasbracht (380kV):** Een route naar het bestaande 380kV-hoogspanningsstation in Maasbracht wordt alleen onderzocht als deze mogelijk is via de DRC.
- **Graetheide (380kV):** Een route naar het toekomstige 380kV-hoogspanningsstation in Graetheide wordt alleen onderzocht als deze mogelijk is via de DRC.

6.3 Kansrijke routes

Figuur 6-3 en Figuur 6-4 laten de kansrijke routes in Noord-Brabant en Limburg zien. De routes die in het kader van Net op Zee Nederwiek 3 worden onderzocht naar Moerdijk en Geertruidenberg zijn hierin niet opgenomen. De kansrijke routes voor de aansluitlocaties in Noord-Brabant en Limburg

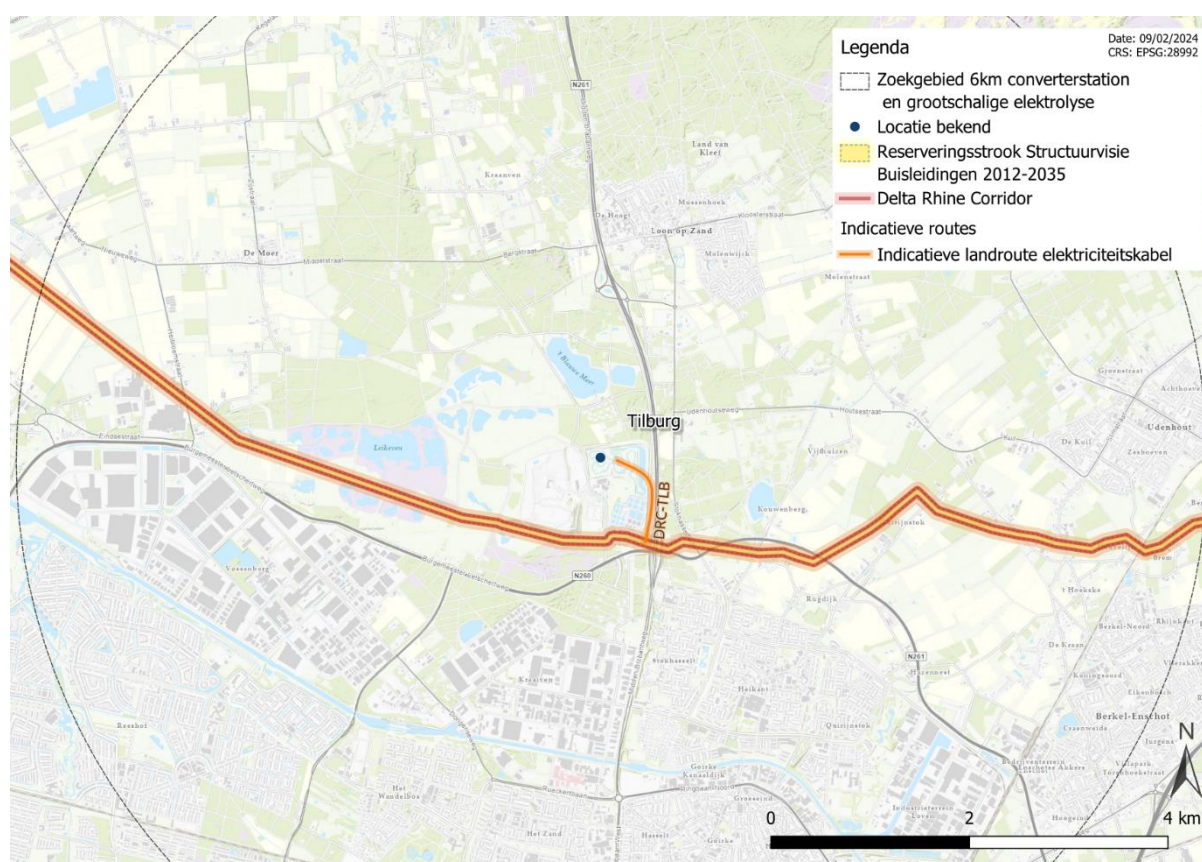
zijn samengevat in Tabel 6-1. Na de tabel worden de routes toegelicht. In de regio Noord-Brabant en Limburg wordt gekeken naar DC-verbindingen.

Tabel 6-1 Routes in regio Noord-Brabant en Limburg

Aanlandingszone	Aansluitlocatie	Elektrisch / waterstof	Afkorting
Delta Rhine Corridor	Tilburg	Elektrisch	DRC-TLB
Delta Rhine Corridor	Maasbracht	Elektrisch	DRC-MBT1
Delta Rhine Corridor	Maasbracht	Elektrisch	DRC-MBT2
Delta Rhine Corridor	Graetheide	Elektrisch	DRC-GTH1
Delta Rhine Corridor	Graetheide	Elektrisch	DRC-GTH2

Tilburg

Voor het toekomstige 380kV-station Tilburg (in aanbouw) is vanaf de Delta Rhine Corridor één route in beeld, zie Figuur 6-3.



Figuur 6-3 Elektrische route in regio Noord-Brabant

DRC-TLB (elektrisch)

De DRC loopt langs de noordzijde van Tilburg en passeert het bedrijventerrein De Spinder. Hier wordt een nieuw 380kV-station gebouwd. Het hoogspanningsstation wordt voor een deel gebouwd op de plaats waar nu de waterberging (ook effluentvijver genoemd) van de RWZI van Waterschap De Dommel ligt. De elektrische route loopt vanaf de DRC oostelijk om een vuilstort heen, parallel aan de N261, naar het 380kV-station.

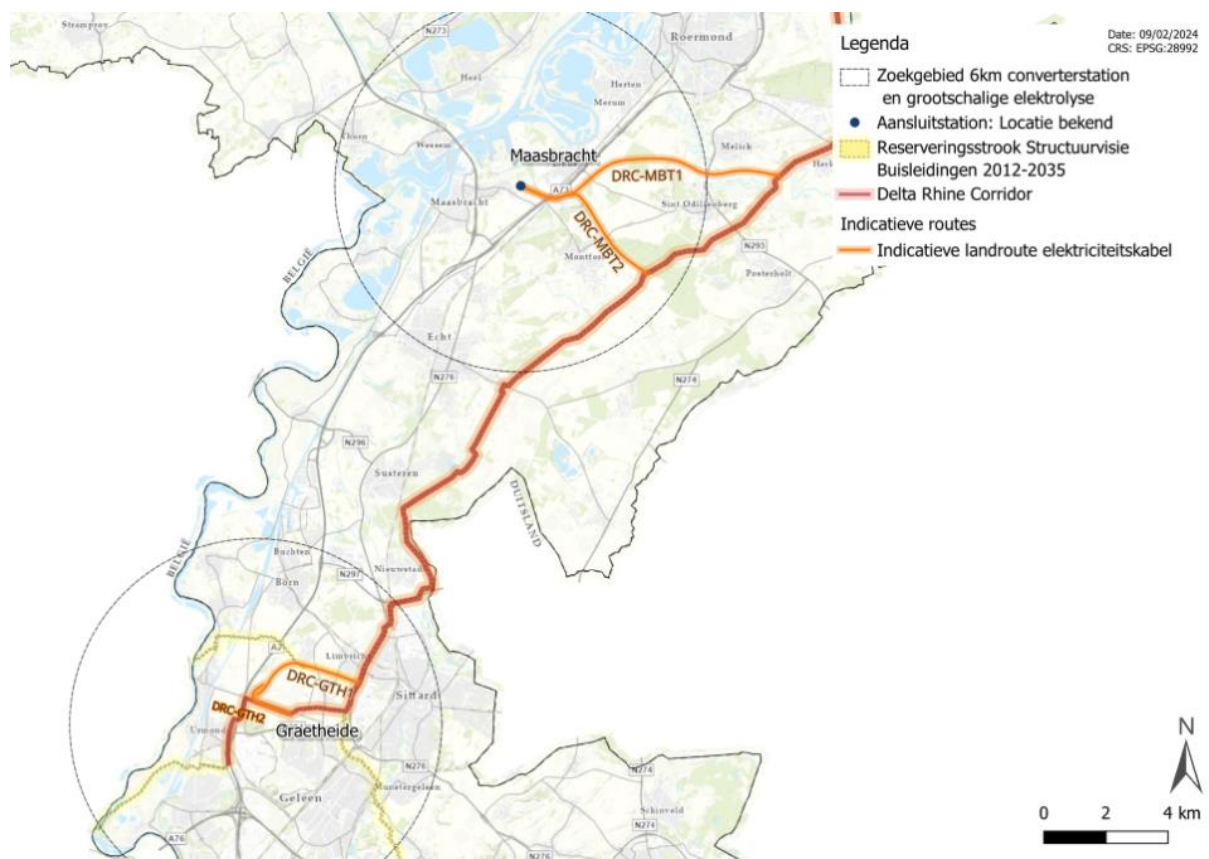
Aandachtspunten vanuit stakeholders

Tijdens diverse regionale werksessies en overleggen zijn kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de route naar Tilburg:

- Ruimtelijke en landschappelijke effecten van converterstation en de wens het converterstation zo dicht mogelijk bij een (nieuw) 380kV-station te plaatsen in verband met bundeling van functies en het beperken van ondergrondse kabels.
- Tilburg is een stad met van oudsher al veel industrie en logistiek. In de energietransitie van de deze sectoren zit waarschijnlijk een forse energievraag.
- Natuur en landschap: Voor het gebied ten noorden van Tilburg is landschapspark Pauwels in ontwikkeling. Hier ligt ook veel Natuurnetwerk Brabant (NNB). De route doorkruist mogelijk ook NNB naast het bedrijventerrein de Spider.
- Er is een gebiedsvisie in ontwikkeling voor de oostflank van de gemeente. Er wordt woningbouw gepland, maar men wil het landschap ook graag open houden. De gebiedsvisie geeft hier richting aan.
- Routes naar Tilburg en Graetheide sluiten aan op nieuw te bouwen 380kV-stations. Samenhang van deze ontwikkelingen met VAWOZ borgen.

Maasbracht

Voor 380kV-station Maasbracht zijn vanaf de Delta Rhine Corridor twee routes in beeld. Voor 380kV-station Graetheide zijn twee routes in beeld. De routes zijn weergegeven in Figuur 6-4.



Figuur 6-4 Elektrische routes Maasbracht en Graetheide

DRC-MBT1 (elektrisch)

De route loopt vanaf de Delta Rhine Corridor in westelijke richting tussen de woonkernen Melick en Sint Odiliënberg in gemeente Roerdalen. Hierna kruist de route de A73 en een spoorweg, en loopt vervolgens door gemeente Maasgouw richting het 380kV-hoogspanningsstation Maasbracht. Deze route ontwijkt zoveel mogelijk NNN-gebied, maar loopt wel door het Natura 2000-gebied Roerdal. Voor deze route is een kruising met het Natura 2000-gebied onvermijdelijk, echter betreft het een afstand die mogelijk met een boring te overbruggen is. In Maasbracht wordt momenteel een nieuw 380kV-hoogspanningsstation gepland.

DRC-MBT2 (elektrisch)

De route begint zuidelijker vanaf de Delta Rhine Corridor dan DRC-MBT1. De route loopt oostelijk van Montfort in de gemeente Roerdalen richting het noorden naar het 380kV-hoogspanningsstation in Maasbracht. Deze route doorkruist NNN-gebied. Deze route is vanaf het tracé van de Delta Rhine Corridor gezien korter dan de hierboven genoemde, maar als totale route iets langer. Bij deze route is uitgegaan van het bundelen met de bestaande 380kV-verbinding.

Graetheide

DRC-GTH1 (elektrisch)

De route takt al noordelijker af van het tracé van de Delta Rhine Corridor dan DRC-GTH2. Dit omdat is aangegeven dat er op het laatste deel van het tracé van de Delta Rhine Corridor tot Graetheide enkele belemmeringen liggen (de SVB-strook ligt daar plaatselijk al vol), waar in het kader van de DRC nog nader onderzoek naar gedaan moet worden. De route loopt vanaf de aftakking richting het westen, via een buisleidingenstrook tussen de woonkernen van Limbricht, Guttecoven en Einighausen in de gemeente Sittard-Geleen. De route komt aan ten noorden van het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation in Graetheide.

DRC-GTH2 (elektrisch)

Het tracé van de Delta Rhine Corridor loopt hier vlak langs het zoekgebied voor het geplande 380kV-station Graetheide. Deze route is daarom zeer kort en sluit direct ten zuiden van het geplande 380kV-hoogspanningsstation Graetheide aan vanaf de Delta Rhine Corridor.

Aandachtspunten vanuit stakeholders

Tijdens diverse regionale werksessies en overleggen zijn kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes in Limburg:

- De routes in Maasbracht doorkruisen Natura 2000-gebied Roerdal en NNN-gebied met dassenburchten. De maximale lengte van een boring voor het aanleggen van een route is 1-2 kilometer; dit bepaalt de haalbaarheid van de route door het Natura 2000- en NNN-gebied.
- Ruimtelijke en landschappelijke effecten van converterstation en de wens het converterstation zo dicht mogelijk bij een (nieuw) 380kV-station te plaatsen in verband met bundeling van functies en het beperken van ondergrondse kabels.
- Routes naar Graetheide sluiten aan op nieuw te bouwen 380kV-stations. Voor Maasbracht geldt dat TenneT nog berekeningen doet of een nieuw 380kV-station nodig is, aandachtspunt is de benodigde fysieke ruimte voor nieuw 380kV-station.
- Er is een lopend gebiedsproces voor het gebied rondom de clauscentrale die relevant zijn voor Maasbracht.

- Waterveiligheid van een converterstation, zoek een locatie op voldoende hoogte buiten het winterbed van de Maas).
- Voor Graetheide geldt dat er veel archeologische waarden zijn in het zoekgebied voor het converterstation of grootschalige elektrolyse.
- In de omgeving van het bestaande hoogspanningsstation Graetheide ligt een AMK-terrein en zijn verspreid archeologische waarden.

6.4 Kansrijke stationslocaties

Tilburg

Het zoekgebied voor een converterstation is aangegeven met een cirkel van 6km rondom het 380kV-station Tilburg (Figuur 6-3). In de omgeving van het toekomstige 380kV-hoogspanningsstation in Tilburg (in procedure) zijn bedrijventerreinen waar mogelijk een converterstation gerealiseerd kan worden. Dit zijn de bedrijventerreinen De Wildert, Vossenbergh en Kraaiven. Beschikbare ruimte is een aandachtspunt en dit zal ook zo blijven, omdat bedrijventerreinen al extra ruimte nodig zullen hebben in de toekomst voor de transitie naar circulaire bedrijvigheid. Bedrijventerrein Loven werd ook genoemd tijdens de regionale werksessie. De gemeente gaf aan dat zij nog steeds de voorkeur heeft om het converterstation te plaatsen op bedrijventerrein de Spinder, zodat het gecombineerd kan worden met het toekomstige 380kV-station. Dit terrein is echter vooral gericht op logistiek en er gaat woningbouw in de buurt plaatsvinden. Het terrein lijkt daarom minder kansrijk. Andere aandachtspunten uit de regionale werksessie waren de geluidsruimte en externe veiligheid van het converterstation.

Maasbracht

Het zoekgebied voor een converterstation is aangegeven met een cirkel van 6km rondom het 380kV-station Maasbracht (Figuur 6-4). Het terrein van de Clauscentrale lijkt over voldoende ruimte te beschikken voor een converterstation en is daarmee een logisch zoekgebied. Uit de regionale werksessie kwam ook naar voren dat het mogelijk een optie is om het converterstation ten zuiden van het bestaande 380kV-hoogspanningsstation te plaatsen, langs de A73 en de bovengrondse hoogspanningsverbindingen (zie Figuur 6-4).

Uit de regionale werksessie kwam naar voren dat waterveiligheid een belangrijk aandachtspunt is voor het converterstation. Maasbracht ligt aan de Maas en het lijkt niet logisch om het converterstation in het rivierbed te plaatsen. Er moet daarom rekening gehouden worden dat het converterstation op voldoende hoogte komt te liggen. Ook gaf het waterschap aan kritisch te zijn op het kruisen van beekdalen en kruisingen met watergangen.

Tot slot is er in een gebiedsproces gaande waarin integraal naar de toekomstige inrichting van dit gebied wordt gekeken. Inzichten uit dat proces worden op korte termijn gedeeld en meegenomen in het Programma VAWOZ.

Graetheide

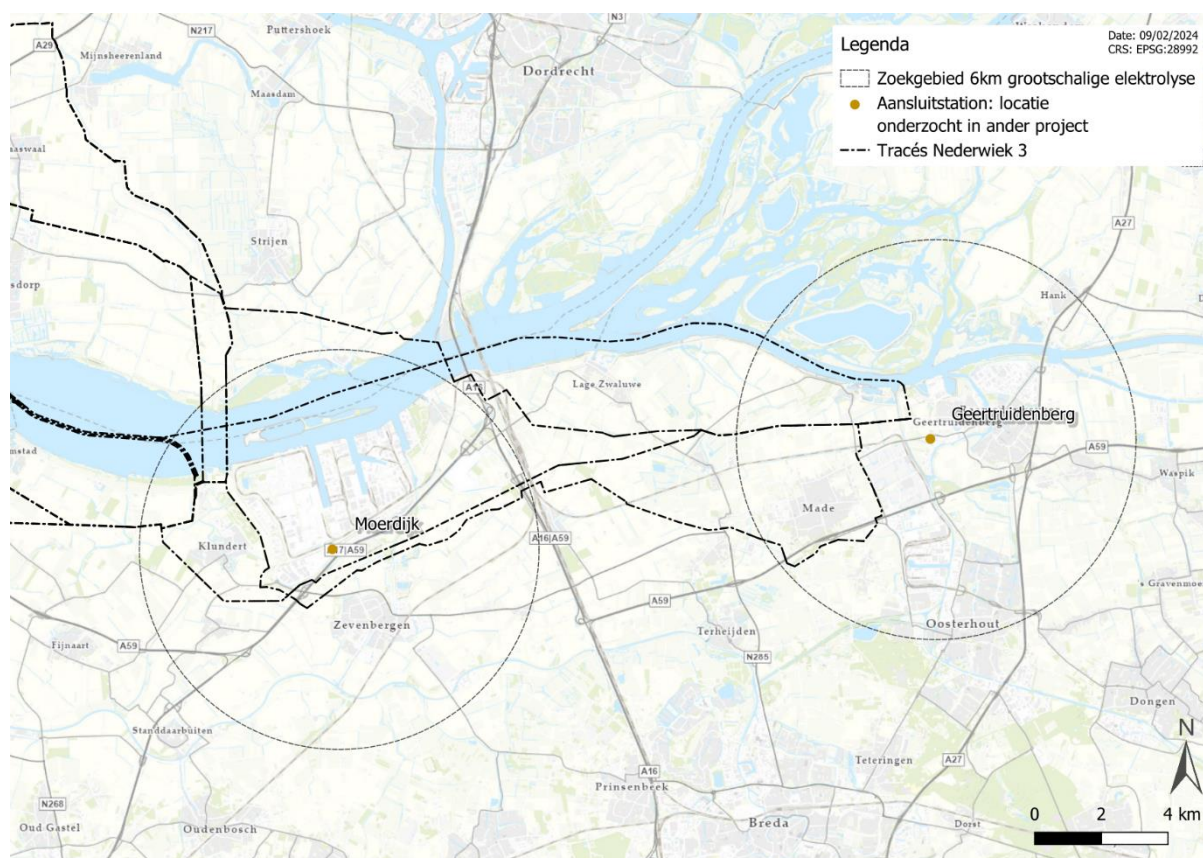
Het zoekgebied voor een converterstation is aangegeven met een cirkel van 6km rondom het 380kV-station Graetheide (Figuur 6-4). Kansrijke zoekgebieden nabij het 380kV-hoogspanningsstation in Graetheide zijn de gebieden direct ten zuiden en direct ten noorden van het bestaande hoogspanningsstation Graetheide, zowel westelijk als oostelijk van de A2, en het Chemelot-terrein.

In de regioessies is aangegeven dat het gebied ten westen van het Julianakanaal niet kansrijk is, omdat dit het rivierbed van de Maas is. Ook is meegegeven een mogelijke locatie voor een converterstation zo dicht mogelijk bij het nieuwe 380kV-station te zoeken om daarmee de impact op de omgeving zo veel mogelijk te beperken. Tot slot is ook hier een gebiedsproces gaande waarin integraal naar de toekomstige inrichting van dit gebied wordt gekeken. Inzichten uit dat proces worden op korte termijn gedeeld en meegenomen in het Programma VAWOZ.

6.5 Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers

6.5.1 Moerdijk en Geertruidenberg

Binnen het Programma VAWOZ wordt gekeken naar kansrijke locaties voor een grootschalige elektrolyser op land in Moerdijk en Geertruidenberg binnen een straal van 6 km rondom het (toekomstige) 380kV-station. Het Programma VAWOZ sluit daarbij aan bij de zoekgebieden van converterstations voor Net op zee NW3. Deze converterstationslocaties worden momenteel onderzocht in Net op zee NW3. Het zoekgebied van de locaties in Moerdijk liggen op, of in de buurt van, het industrieterrein Moerdijk. In Geertruidenberg wordt gekeken naar locaties binnen een zoekgebied rondom het 380kV-station Geertruidenberg.

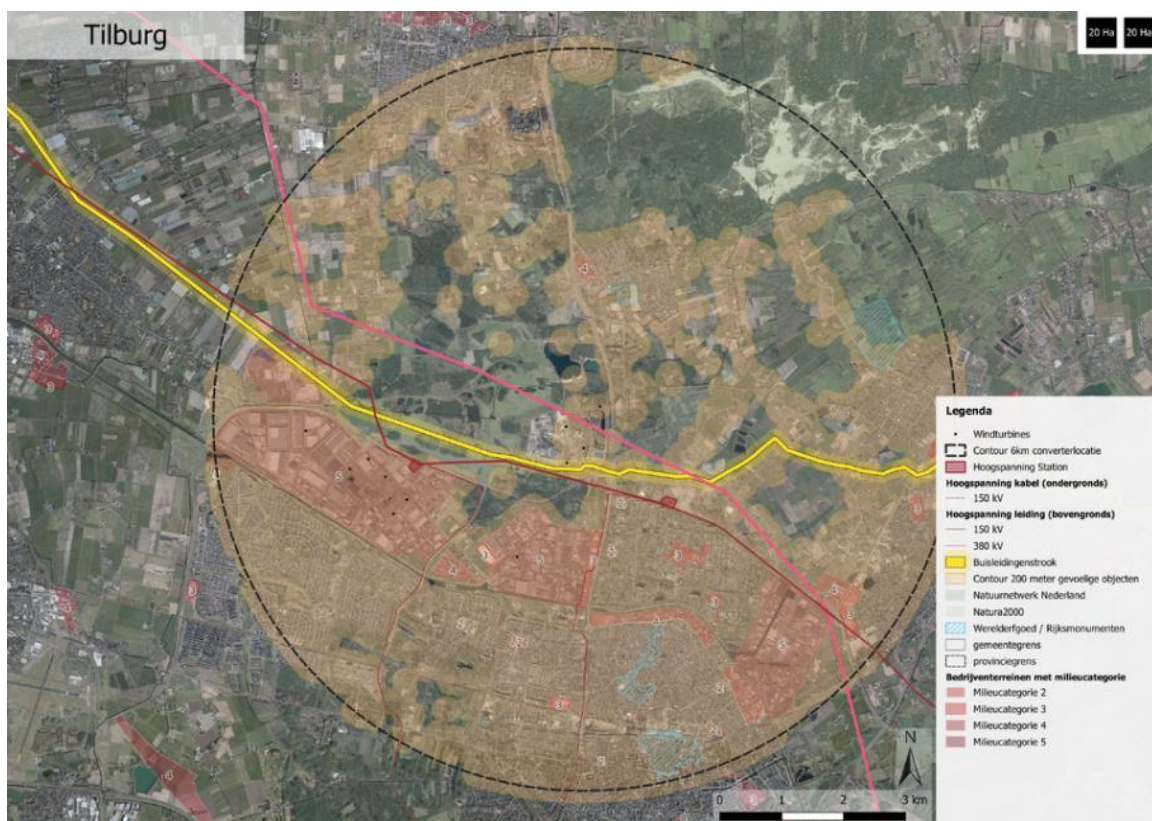


Figuur 6-5 Zoekgebieden grootschalige elektrolyse Programma VAWOZ en tracés Net op zee Nederwiek 3

6.5.2 Zoekgebied Tilburg

De gemeentes Drimmelen, Dongen en Tilburg staan positief tegenover een elektrolyser in de omgeving. De ambitie is om te functioneren als waterstofhub voor de regio. Mogelijk zijn er ook combinaties denkbaar met de transportsector die aanwezig is. Inzichtelijk moet gemaakt worden of er ook genoeg vraag naar elektriciteit en waterstof uit de regio is, gezien er binnen VAWOZ gekeken wordt naar grootschalige elektrolyse van orde grootte 1 GW. Er zal onderzocht moeten worden door de gemeentes wat deze vraag is en of er een regionaal plan te maken is voor elektrolyse.

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km om het toekomstige 380kV-station. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 6-6). Uit de werksessies is gebleken dat er binnen dit zoekgebied mogelijk ruimte is voor een elektrolyser op de bedrijventerreinen Spinder en De Wildert. Dit is dezelfde beschikbare ruimte die wordt bekeken voor mogelijke converterstationslocaties. Tijdens de werksessie werd als aandachtspunt de beschikbaarheid van voldoende water voor elektrolyse genoemd (in relatie tot de verdringsreeks) en het effect van (warme) lozingen op waterkwaliteit en ecologie.

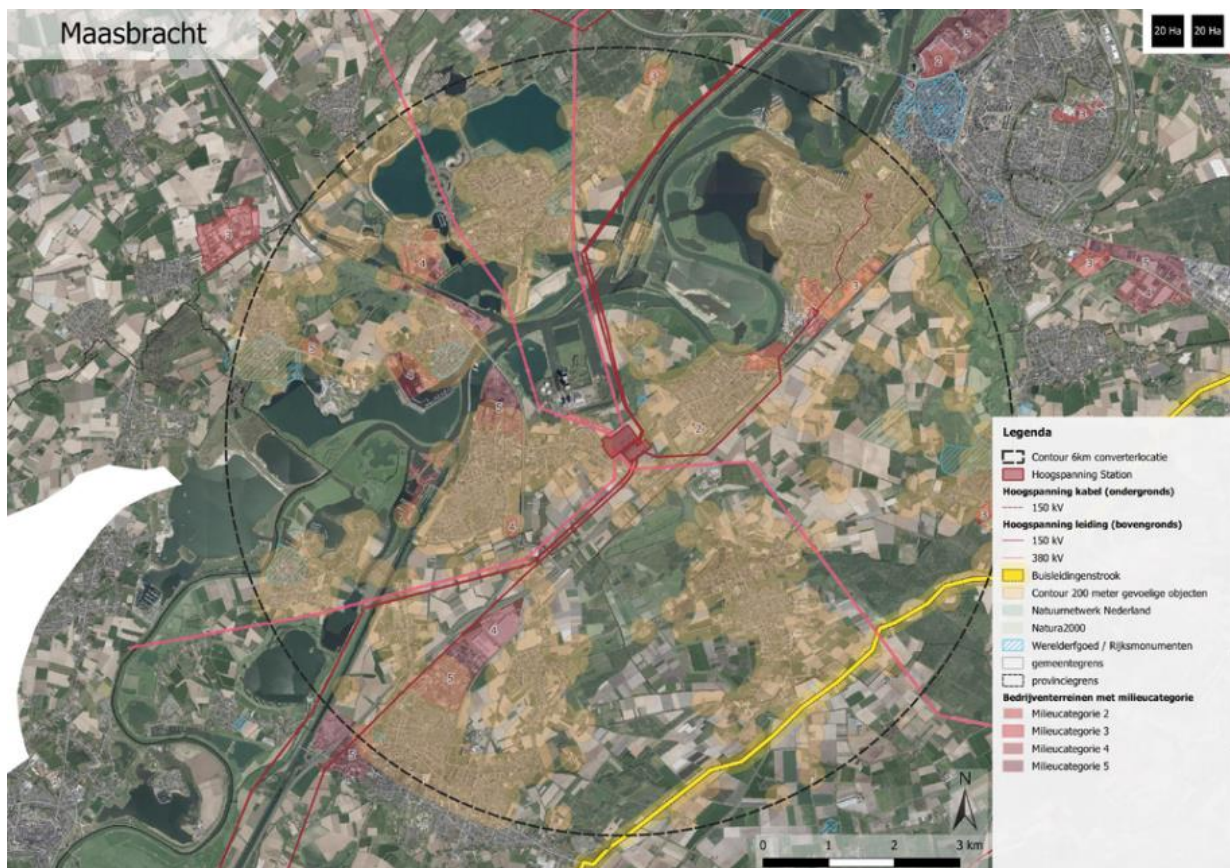


Figuur 6-6 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij Tilburg

6.5.3 Zoekgebied Maasbracht

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km om het 380kV-station Maasbracht. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 6-7). Uit de werksessies is gebleken dat binnen dit zoekgebied een aantal locaties kansrijk lijken.

Het terrein van de Clauscentrale van RWE lijkt een kansrijke locatie voor een elektrolyser. Er kan in de toekomst ruimte gemaakt worden of gekeken worden naar de ruimte die nu als overstromingsgebied is aangewezen. Dit zal dan wel gecompenseerd moeten worden in overleg met RWS. Daarnaast lijkt een zuidelijker zoekgebied tussen de A2 en A73 dat ook bekeken wordt voor converterstations ook een kansrijk zoekgebied voor elektrolyse. Dan zijn koelwaterleidingen van en naar de Maas wel een aandachtspunt. De beschikbaarheid van voldoende water voor elektrolyse (in relatie tot de verdringingsreeks) en effecten van (warme) lozingen op waterkwaliteit en ecologie zijn belangrijke aandachtspunten.

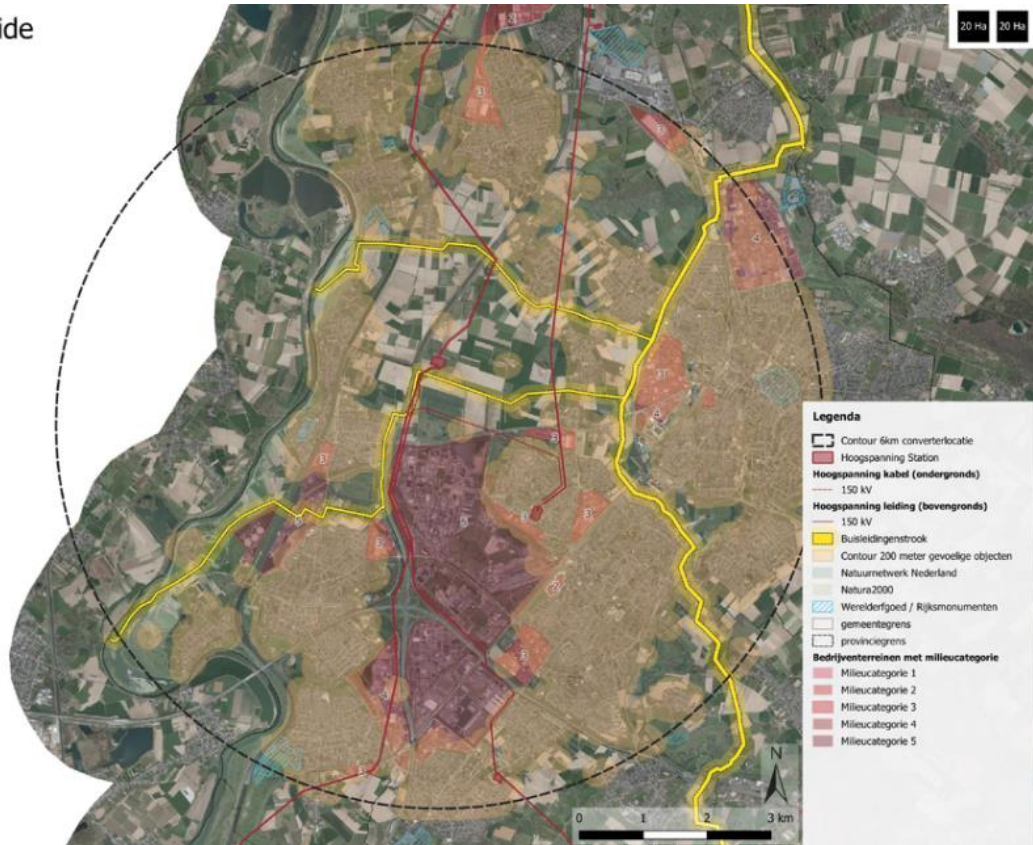


Figuur 6-7 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij Maasbracht

6.5.4 Zoekgebied Graetheide

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km om het 380kV-station Graetheide. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 6-8). Tijdens de werksessies is besproken dat er op het terrein van Chemelot geen 20 hectare beschikbaar is voor een elektrolyser. Er is wel fysieke ruimte beschikbaar, maar deze grond is waarschijnlijk niet te verkrijgen. De beschikbaarheid van voldoende water voor elektrolyse (in relatie tot de verdringingsreeks) en effecten van (warme) lozingen op waterkwaliteit en ecologie zijn belangrijke aandachtspunten.

Graetheide



Figuur 6-8 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse nabij Graetheide

7 Regio Zeeland

In het Programma VAWOZ 2031-2040 wordt gekeken naar verbindingen die aansluiten in de regio Zeeland. Voor deze regio wordt onderscheid gemaakt tussen verbindingen naar aansluitlocaties in Midden-Zeeland en in Zeeuws-Vlaanderen.

Bestuurlijke afspraken derde 2GW-verbinding via het Veerse Meer naar het Sloegebied

In het Sloegebied wordt intensief gewerkt aan plannen die nodig zijn voor de transitie naar een koolstofarme energievoorziening. Er worden al twee 2 GW-verbindingen van wind op zee inclusief converterstations gepland en er wordt onderzoek gedaan naar een nieuw 380kV-station, een nieuwe 380kV-verbinding tussen Borssele en Terneuzen, twee nieuwe kerncentrales en diverse initiatieven voor elektrolyse. Gezien deze veelheid aan ontwikkelingen, de vele ruimtelijke uitdagingen in het Sloegebied en het ontbreken aan regionaal bestuurlijk draagvlak voor een derde 2 GW-verbinding naar het Sloegebied, is er een bestuurlijke afspraak gemaakt over het onderzoek naar een derde 2 GW-verbinding naar het Sloegebied vanuit Programma VAWOZ. In het bestuurlijk overleg Zeeland (21-09-2023) is besloten de routes naar het Sloegebied een bijzondere positie te geven de concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau en in het onderzoekstraject. Het Rijk wil de aansluitlocatie Sloegebied onderzoeken vanuit zorgvuldigheid. Na de eerste onderzoeks-ronde wordt opnieuw bekeken of de aansluitlocatie nog nader onderzocht gaat worden in de tweede onderzoekronde.

7.1 Inleiding en bandbreedte aantal verbindingen Zeeland

In een eerste analyse is vanuit het perspectief van het energiesysteem⁴⁶ onderzocht wat per regio de bandbreedte is van het aantal verbindingen dat zinvol is te onderzoeken in het Programma VAWOZ. De reeds geplande uitbreidingen van energie-infrastructuur (bijv. nieuwe hoogspanningsverbindingen) zijn hierin meegenomen. Deze eerste analyse geeft het inzicht dat het vanuit systeemintegratie zinvol is om naar maximaal twee elektrische verbindingen van 2 GW te kijken in Programma VAWOZ met aansluiting in Zeeland. Hoeveel elektrische verbindingen daadwerkelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem, hangt van vele factoren af zoals elektriciteitsvraag nabij de aansluitlocatie. In de IEA/plan-MER wordt een vervolgstudie gedaan waarin de huidige inzichten, aan de hand van doorrekeningen van TenneT en Gasunie, verdiept worden.

Er zit een verband tussen elektrische aansluiting in het Sloegebied en aansluiting in de omgeving Terneuzen aangezien de elektriciteit, die nabij Terneuzen aanlandt en die niet lokaal gebruikt wordt, via het hoogspanningsnet over het Sloegebied doorgevoerd wordt richting de rest van Nederland. Indien er sprake is van eventuele export van elektriciteit via Terneuzen naar België dan resulteert dit in geen of minder beperking in de netcapaciteit rondom Sloegebied en de doorvoer richting de rest van Nederland. Meer aanlandingen in het Sloegebied betekent dat er minder kan aanlanden in de omgeving Terneuzen en vice versa.

In Zeeuws-Vlaanderen wordt in het Programma VAWOZ uitgegaan van de aanlanding van maximaal één waterstofverbinding. In Midden-Zeeland wordt in het Programma VAWOZ geen aanlanding van waterstof onderzocht.

⁴⁶ Het rapport Systeemintegratie wind op zee (fase NRD) is te vinden in Bijlage C van de concept-NRD.

7.2 Kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties

7.2.1 Aanlandingszones

Voor de regio Zeeland zijn drie aanlandingszones voor elektrische verbindingen en waterstofverbindingen gedefinieerd (zie Figuur 7-1):

- **Veerse Gatdam (elektrisch):** Deze aanlandingszone ligt aan de oostkant van de Veerse Gatdam, noordelijk van het natuurgebied de Schotsman. De aanlandingen van Netten op zee IJmuiden Ver Alpha⁴⁷ en Nederwiek 1⁴⁸ zijn hier ook gepland.
- **Westerschelde (elektrisch en waterstof):** Er zijn twee aanlandingszones langs de Westerschelde:
 - Aanlanding naast Slijkplaat.
 - Aanlanding op het industriegebied Mosselbanken naast Dow Chemical en Terneuzen.
- **Kust van Zeeuws-Vlaanderen (elektrisch en waterstof):** Er zijn twee aanlandingszones in beeld bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen voor de routes richting Terneuzen:
 - Aanlanding tussen Cadzand-Bad en Zwarte Polder.
 - Aanlanding tussen Nieuwvliet-Bad en de Groese Polders.



Figuur 7-1 Overzichtskartaanlandingszones en aansluitlocaties Zeeland

⁴⁷ Het MER van Net op zee IJmuiden Ver Alpha is te vinden via: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/noz-ijmuiden-ver-alpha>

⁴⁸ Voor informatie over Net op zee Nederwiek 1, zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/noz-nederwiek-1>

7.2.2 Aansluitlocaties: waterstof en elektriciteit

Aansluitlocaties elektriciteit

Voor Zeeland is uitgegaan van de volgende twee aansluitlocaties:

- **Hoogspanningsstation Sloegebied (380kV):** De verbindingen richting Borssele moeten aangesloten worden op het 'Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied'. Dit toekomstige 380kV-station is opgenomen in het investeringsplan van TenneT (IP2022) en in het MIEK. Er zijn vier zoekgebieden in beeld voor het toekomstige station. Deze zoekgebieden worden nader onderzocht in de nu lopende m.e.r.-procedure van het hoogspanningsstation.⁴⁹
- **Hoogspanningsstation Terneuzen (380kV):** TenneT werkt aan een uitbreiding van het hoogspanningsnet richting Zeeuws-Vlaanderen inclusief een nieuw 380kV-station in de omgeving van Terneuzen. De elektrische verbindingen richting Terneuzen worden moeten aangesloten worden op dit nieuwe 380kV-station. Een nieuwe 380kV-verbinding tussen Borssele en Terneuzen is onderdeel van het investeringsplan van TenneT (IP2022) en het MIEK. De procedure voor 380kV Zeeuws-Vlaanderen is recent gestart met de publicatie van het Voornemen en voorstel voor participatie (VenP).⁵⁰ In het VenP worden twee locaties genoemd voor een 380kV/150kV hoogspanningsstation die in ieder geval in het onderzoek meegenomen worden: industrieterrein de Mosselbanken en een locatie oostelijk van het industriegebied Terneuzen aan de Grootweg (zie Figuur 7-2).



Figuur 7-2 Locatie-alternatieven 380/150kV hoogspanningsstation uit het VenP 380kV Zeeuws-Vlaanderen

⁴⁹ Voor informatie over het Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied, zie:

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hss-omgeving-sloegebied>

⁵⁰ Voor het VenP voor 380kV Zeeuws-Vlaanderen, zie: [380 kV Zeeuws-Vlaanderen \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hss-omgeving-sloegebied)

Aansluitlocatie waterstof

Voor waterstof geldt dat alleen Terneuzen in beeld is als aansluitlocatie. Aan de oostkant van het Kanaal Gent-Terneuzen wordt het Waterstofnetwerk Zuidwest-Nederland ontwikkeld.⁵¹ Dit wordt later onderdeel van het Waterstofnetwerk Nederland. Nabij Terneuzen ligt een bestaande waterstofleiding die onderdeel wordt van het waterstofnetwerk. De routes die op kaart staan, zijn verbonden met deze bestaande leiding (zie Figuur 7-4).

7.2.3 Niet kansrijke aanlandingszones en aansluitlocaties

Niet kansrijke aanlandingszones

De volgende aanlandingszone is besproken tijdens de regionale werksessies, maar wordt niet verder onderzocht:

- **Westelijke kruising van de Veerse Gatdam:** Tijdens de werksessies is besproken of de kruising van de Veerse Gatdam ook aan de westkant kan plaatsvinden. De huidige routes die de Veerse Gatdam kruisen, hebben een kruising aan de oostkant en lopen daarmee parallel aan Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1. In de procedure voor Net op zee IJmuiden Ver Alpha is een kruising midden door de Veerse Gatdam onderzocht, maar dit alternatief heeft grotere effecten op scheepvaart en waterveiligheid dan de oostelijke optie. TenneT heeft in een technische en ruimtelijke haalbaarheidsstudie voor een derde 2GW-verbinding naar het Sloegebied gekeken naar een westelijke kruising van de Veerse Gatdam. Dit wordt als technisch complexer en daarmee technisch minder kansrijk gezien vanwege aanwezige bebouwing, recreatie aan beide zijden van de dam, de beschermingszones van keringen en een smal strand aan de binnenzijde van de dam.
- **Breezand:** Omdat er zorgen zijn van Rijkswaterstaat over een derde 2GW-verbinding die de Veerse Gatdam kruist, is een alternatieve aanlanding besproken via Breezand. Uit de regionale werksessies blijkt dat deze aanlanding veel aandachtspunten heeft en door geen enkele andere partij als kansrijk wordt gezien. De route ligt in NNN-gebied en Natura 2000-gebied met stikstofoverbelasting. Ook ligt het in een grondwaterwingebied (noodvoorziening) en populair recreatiegebied. Bovendien is het intredepunt van het Veerse Meer technisch complex omdat een boring vanaf het water nodig zal zijn. Daarna is een (complexe) kruising nodig met de kabels van IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1. Daarom wordt in deze fase van het Programma VAWOZ eerst nader onderzoek gedaan naar alleen een aanlanding door de Veerse Gatdam naast de geplande routes van Net op zee Nederwiek 1 en IJmuiden Ver Alpha (in lijn met het ontwerpuitgangspunt zo veel mogelijk aansluiten bij bestaande verbindingen). Als het nodig blijkt, dan kan een westelijke aanlanding alsnog als variant worden uitgewerkt gedurende de IEA/plan-MER of een latere projectprocedure.

Niet kansrijke aansluitlocaties

De volgende aansluitlocaties zijn besproken tijdens de regionale werksessies, maar worden niet verder onderzocht:

- **Rilland (elektrisch):** Uit de Voorverkenning is gebleken dat een aansluiting op bestaand 380kV-station Rilland niet kansrijk is. Dit hoogspanningsstation heeft geen aansluitcapaciteit. Ook is een aansluiting op Rilland technisch erg complex. Een route over land is beschouwd in de Verkenning aanlanding netten op zee 2030, maar door de relatief zwaarwegende effecten door verzilting en aanwezige bebouwing is die niet verder onderzocht in MER fase 1

⁵¹ Voor meer informatie, zie: [Zuidwest-Nederland > Hynetwork Services](#)

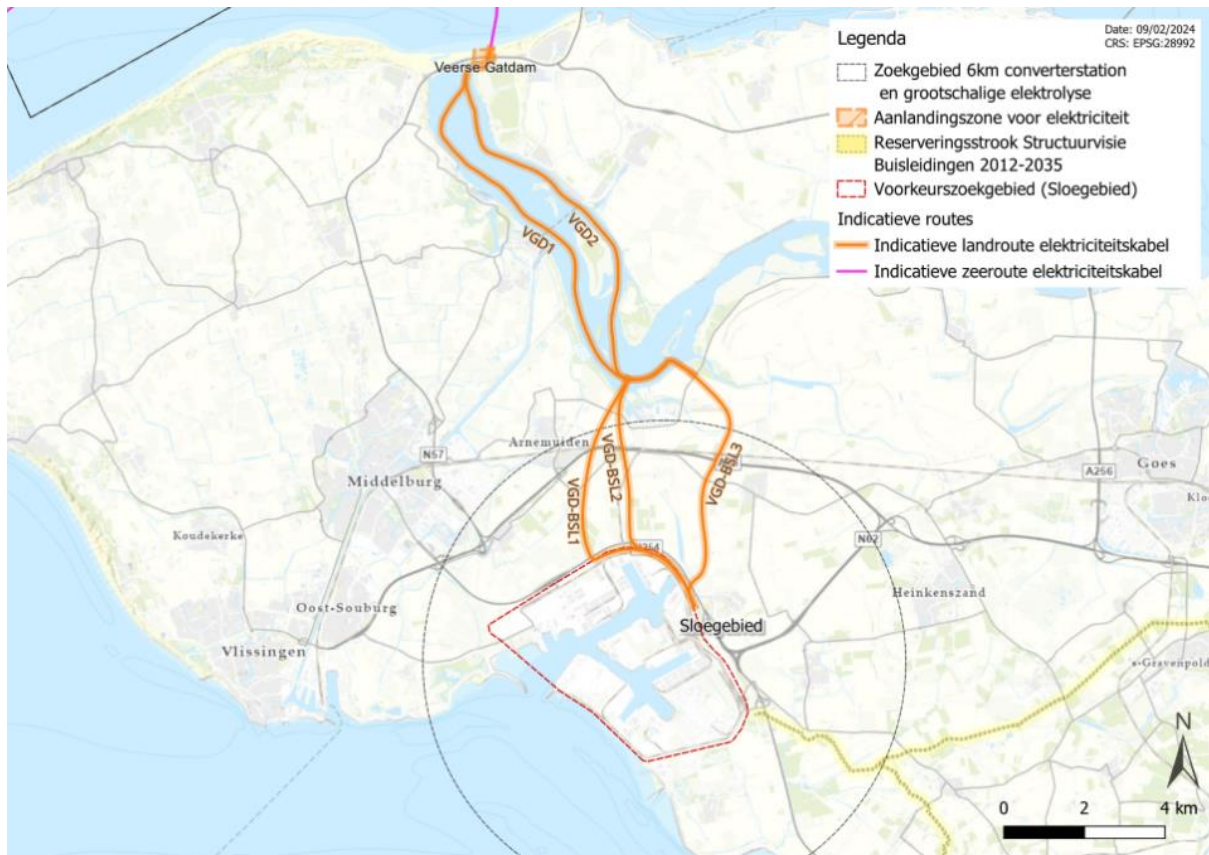
van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. In MER fase 1 Net op zee IJmuiden Ver Alpha is een route richting Rilland door de Oosterschelde onderzocht, maar is niet verder meegenomen naar MER fase 2. Dit komt door de combinatie van relatief grote technische en kostbare uitdagingen (kruising Oosterscheldekering en aanlanding Rilland) en relatief grote effecten op natuur, visserij en oester- en mosselteelt, en de ligging van het converterstation in een open gebied met bebouwing. Alles overziend is deze aansluitlocatie daarom buiten beschouwing gelaten.

- **Sloegebied (waterstof):** Aanlanding in de vorm van waterstof in het Sloegebied wordt niet onderzocht. In zowel het Sloegebied als Terneuzen is er vraag naar waterstof. Beide gebieden worden aangesloten op het landelijke waterstofnetwerk, welke een belangrijke rol kan spelen in de voorziening van waterstof. Uit de voorverkenning blijkt dat er zonder een waterstofaanlanding al een overschot aan waterstof is in het Sloegebied, want er zal in de toekomst ook veel waterstof geïmporteerd en geproduceerd worden. Er zijn meerdere concrete initiatieven voor elektrolyse, waaronder een 1GW elektrolyser van Ørsted. Bovendien zijn er voldoende routes in beeld voor een waterstofaanlanding. Daarom wordt er geen waterstofaanlanding naar het Sloegebied onderzocht.

7.3 Kansrijke routes

7.3.1 Routes in regio Midden-Zeeland

Figuur 7-3 laat de kansrijke routes zien richting Borssele in de regio Midden-Zeeland. De routes voor deze aansluitlocatie zijn samengevat in Tabel 7-1. Na de tabel worden de routes toegelicht. In de regio Zeeland wordt gekeken naar DC-verbindingen.



Figuur 7-3 Elektrische routes in regio Midden-Zeeland

Tabel 7-1 Routes in regio Midden-Zeeland

Aanlandingszone	Aansluitlocatie	Elektrisch / waterstof	Afkorting
Veerse Gatdam	Borssele	Elektrisch	VGD1/2-BSL1
Veerse Gatdam	Borssele	Elektrisch	VGD1/2-BSL2
Veerse Gatdam	Borssele	Elektrisch	VGD1/2-BSL3

Sloegebied

De routes naar het hoogspanningsstation in de omgeving van het Sloegebied zijn opgeknipt in twee segmenten. Het eerste loopt vanaf de kust tot door het Veerse Meer tot waar de route weer aan land komt. Het tweede segment loopt vanaf de rand van het Veerse Meer (daar waar de route weer aan land komt) tot aan het Sloegebied. Deze segmenten kunnen straks in de IEA/plan-MER apart beoordeeld worden waarna er verschillende combinaties gemaakt kunnen worden. Om het overzichtelijk te houden zijn deze combinaties nu nog niet allemaal uitgewerkt. Het eerste segment bestaat uit de opties VGD1 en VGD2.

VGD1

Deze route begint bij een doorkruising aan de oostkant van de Veerse Gatdam en loopt dan door het Veerse meer ten westen langs het eiland de Haringvreter, parallel aan Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1. Voor deze route is een tweede aanlanding in beeld. De route komt ten noorden van Breezand aan land en loopt langs Breezand en Vrouwenpolder naar het Veerse Meer.

Twee routes door het Veerse Meer

TenneT heeft een technische en ruimtelijke haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar een derde 2GW-verbinding richting Borssele. Hieruit blijkt dat er in het Veerse Meer twee opties technisch haalbaar worden geacht. De eerste optie is een route parallel aan Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1 (aan de oostkant op ca. 50 meter afstand). Wel geldt dat er risico's zijn bij de aanleg door technische complexiteit en de baggerwerkzaamheden die verricht moeten worden. De tweede optie is een route aan de oostelijke kant van het Veerse Meer. Ook voor deze route zijn er risico's. Het baggervolume is veel groter, want deze route ligt niet in/nabij de hoofdvaargeul maar in een ondieper gedeelte van het Veerse Meer. In het Programma VAWOZ worden beide opties onderzocht. Vanuit Rijkswaterstaat is er de voorkeur om de breedte van de kabelzone te beperken, een zo dicht mogelijke aangrenzende parallelle ligging aan de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 is daarom wenselijk.

VG D2

Deze route begint bij een doorkruising aan de oostkant van de Veerse Gatdam en loopt dan door het Veerse meer noordelijk van de Schotsman. Vervolgens loopt de route ten oosten van het eiland de Haringvreter. In het tekstkader hieronder is toegelicht waarom er een tweede route door het Veerse Meer wordt onderzocht.

Het tweede segment bestaat uit de route-opties BSL1, BSL2 en BSL3.

BSL1

De route komt aan land ten westen van Oranjeplaat en loopt als meest westelijke optie richting het Sloegebied. De route loopt langs Arnemuiden en kruist hier de A58. De route loopt verder in zuidelijke richting het Sloegebied. In het Sloegebied loopt de route verder langs de rand van het gebied richting de zoekgebieden voor het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation.

BSL2

Deze route komt aan land ten westen van Oranjeplaat en loopt ten westen van de Oranjeplaat langs de Oranjepolderseweg. De route kruist de A58 en loopt verder parallel aan de Sloespoorlijn, aan de westkant van Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1, richting het Sloegebied. Deze route over land is onderzocht in MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. In het Sloegebied loopt deze route verder langs de rand van het gebied richting de zoekgebieden voor het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation.

BSL3

Deze route komt aan land bij have de Piet en loopt daarna verder naar het oosten. De route kruist het Vliegveld Midden Zeeland en buigt daarna af naar het zuiden. De route loopt parallel aan de Noord Kraaijertsedijk en kruist de A58. Deze route over land is onderzocht in MER fase 1 van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. De verbinding komt aan bij het Sloegebied ten noorden van Nieuwdorp en vervolgt daarna haar weg richting de zoekgebieden voor het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation.

Aandachtspunten vanuit stakeholders

Tijdens diverse regionale werksessies en overleggen zijn kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes richting Borssele:

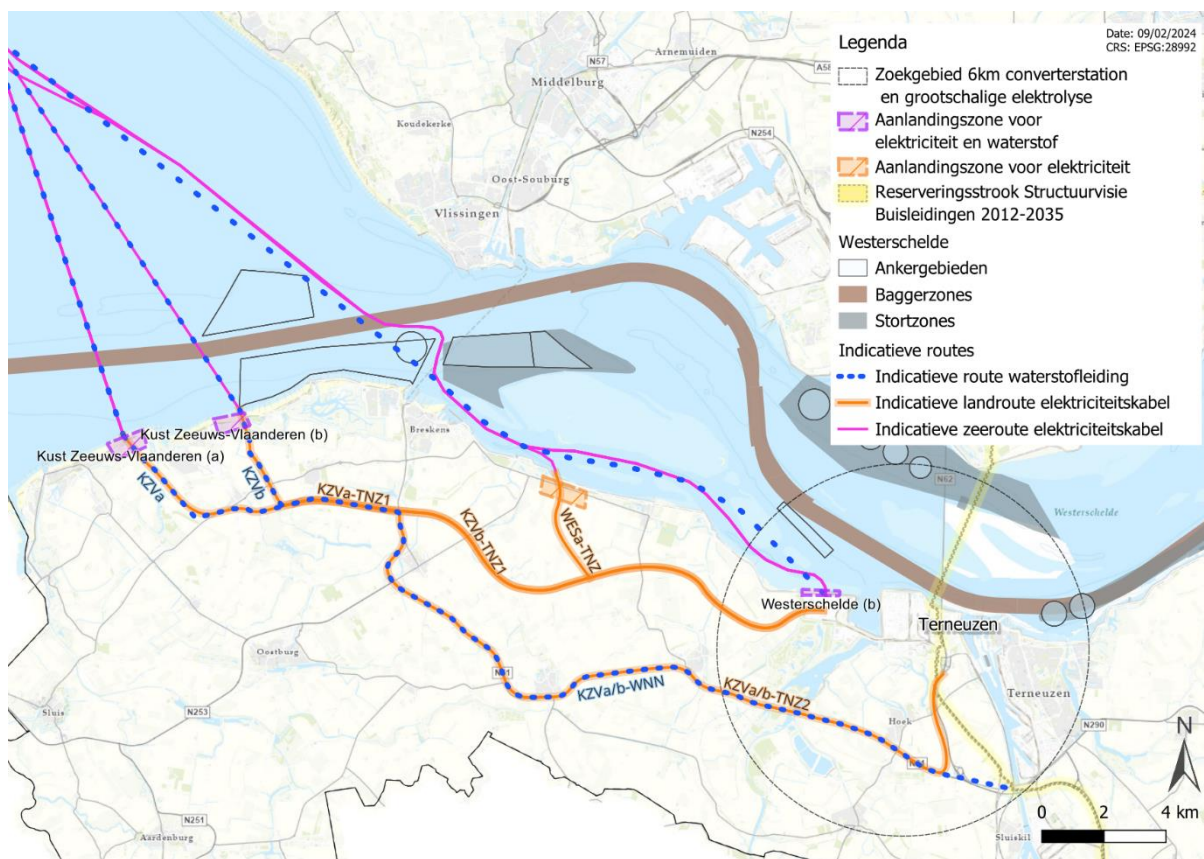
- Er is geen regionaal bestuurlijk draagvlak voor een derde 2 GW-verbinding via het Veerse Meer naar het Sloegebied. Er spelen momenteel veel grote ontwikkelingen in de regio. Er

zijn er twee Net op zee-verbindingen gepland; Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1. Windpark Borssele is al aangesloten in het gebied. Andere grote ontwikkelingen die spelen zijn de nieuwe kerncentrales, een hoogspanningsstation en nieuwe hoogspanningsverbinding naar Zeeuws-Vlaanderen, het landelijke waterstofnetwerk en diverse elektrolyse-initiatieven.

- Een derde 2 GW-verbinding zal waarschijnlijk niet gelijktijdig aangelegd kunnen worden met Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1. Een belangrijk aandachtspunt van een derde 2GW-verbinding zijn (mede) daarom de cumulatieve milieueffecten.
- Rijkswaterstaat heeft zorgen over de mogelijke impact van de aanlanding een derde 2GW-verbinding bij de Veerse Gatdam, die net als Net op zee Nederwiek 1 en IJmuiden Ver Alpha onder de kering door geboord moeten worden. Er zijn zorgen over de mogelijk impact op stabiliteit van de dam en de breedte van de beheerzone. Deze aandachtspunten worden daarom verder onderzocht in de IEA/plan-MER.
- Technisch is een derde kabel door het Veerse Meer mogelijk, maar vanuit beheerders perspectief (RWS) niet wenselijk gezien het Veerse Meer op sommige plaatsen erg smal is.
- In het Veerse Meer zijn de gevolgen van warmteontwikkeling van de kabels en elektromagnetische velden aandachtspunten voor ecologie.
- Uit de haalbaarheidsstudie van TenneT blijkt dat de routes door het Veerse Meer waarschijnlijke grote baggervolumes hebben. Dit kan effecten hebben op ecologie en waterkwaliteit. De waterkwaliteit in het Veerse Meer is momenteel erg slecht.
- Ten zuiden van het Veerse Meer, in en rondom de Oranjeplaat, is veel recreatie. Er zijn diverse campings en hotels. Er is een jachthaven, een regionaal vliegveld en er wordt een waterpark gebouwd. Het effect op recreatie is daarom een belangrijk aandachtspunt. De bouw van waterpark Veerse Meer biedt ook kansen; mogelijk kan er gebruik gemaakt worden van de bouwwegen.
- Voor de routes ten zuiden van het Veerse Meer geldt dat effecten op landschap, natuur en landbouw belangrijke aandachtspunten zijn.
- De routes ten zuiden van het Veerse Meer lopen grotendeels niet parallel aan de routes van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1. Dit is niet mogelijk in verband met warmteontwikkeling van de kabels.
- Ruimte voor een converterstation en grootschalige elektrolyser binnen het Sloegebied is zeer schaars. Er is geen regionaal bestuurlijk draagvlak voor een converterstation of grootschalige elektrolyser buiten het begrensde Sloegebied.
- Het geluid dat geproduceerd wordt door een converterstation en cumulatie met andere ontwikkelingen is een belangrijk aandachtspunt voor een converterstation.
- Onderzoek de effecten van de aanlanding van een derde 2GW-verbinding in het Sloegebied op het energiesysteem.

7.3.2 Routes in regio Zeeuws-Vlaanderen

Figuur 7-4 laat de kansrijke routes zien richting Terneuzen. De routes voor deze aansluitlocatie zijn samengevat in Tabel 7-2. Na de tabel worden de routes toegelicht.



Figuur 7-4 Elektrische en waterstofroutes in regio Zeeuws-Vlaanderen

Tabel 7-2 Routes in regio Zeeuws-Vlaanderen

Aanlandingszone	Aansluitlocatie	Elektrisch / waterstof	Afkorting
Kust van Zeeuws-Vlaanderen a	Terneuzen 1 (Mosselbanken)	Elektrisch	KZVa-TNZ1
Kust van Zeeuws-Vlaanderen b	Terneuzen 1 (Mosselbanken)	Elektrisch	KZVb-TNZ1
Kust van Zeeuws-Vlaanderen a	Terneuzen 2 (ten zuiden van DOW)	Elektrisch	KZVa-TNZ2
Kust van Zeeuws-Vlaanderen b	Terneuzen 2 (ten zuiden van DOW)	Elektrisch	KZVb-TNZ2
Westerschelde a/b	Terneuzen	Elektrisch	WESa/b-TNZ
Kust van Zeeuws-Vlaanderen a	Waterstofnetwerk Nederland	Waterstof	KZVa-WNN
Kust van Zeeuws-Vlaanderen b	Waterstofnetwerk Nederland	Waterstof	KZVb-WNN
Westerschelde b	Waterstofnetwerk Nederland	Waterstof	WESb-WNN

Terneuzen (Mosselbanken)

KZVa-TNZ1 (elektrisch)

De route komt aan land bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen, tussen Cadzand-Bad en Zwarte Polder (gemeente Sluis) en loopt daarna naar het zuidoosten. De route kruist de N675 en daarna de N676. Vanaf hier loopt deze kortere route in oostelijke richting door agrarisch gebied en parallel aan lokale wegen naar de Mosselbanken nabij Terneuzen.

KZVb-TNZ1 (elektrisch)

De route komt aan land bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen, tussen Nieuwvliet-Bad en de Groese Polders in de gemeente Sluis. De route kruist de N675 en daarna de N676. Vanaf hier loopt de route

parallel aan KZVa-TNZ1. De routes lopen in oostelijke richting door agrarisch gebied en parallel aan lokale wegen naar de Mosselbanken nabij Terneuzen.

WESa-TNZ (elektrisch)

De route komt aan land bij kust van Zeeuws-Vlaanderen, ten zuiden van de zandplaat Hooge Platen. Na de aanlanding loopt de route kort door NNN-gebied heen. De route vervolgt haar weg ten zuiden van de woonkern Hoofdplaat in de gemeente Sluis en via onbebouwd gebied richting de Mosselbanken. Het laatste deel van de route loopt parallel aan de routes KZVa-TNZ1 en KZVb-TNZ1.

WESb-TNZ (elektrisch)

Deze route loopt grotendeels door de Westerschelde. De route passeert de ankergebieden bij Breskens en maakt een bocht om ze niet te doorkruisen. Daarna loopt de route verder langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen, ten zuiden van de Hooge Platen. De route komt aan land op het terrein van de Mosselbanken.

Terneuzen (ten zuiden van Dow Chemical)

KZVa-TNZ2 (elektrisch)

De route komt aan bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen, tussen Cadzand-Bad en Zwarte Polder. De route loopt in oostelijke richting door landelijk gebied in de gemeente Sluis. Bij het kruisen van de N675 (rijksweg) buigt de route af in zuidelijke richting om vervolgens parallel te lopen aan de N676 en daarna aan de N61 (Middenweg). Voor Terneuzen kruist de route de Braakman, een natuur- en recreatiegebied met een haven. De route loopt verder in oostelijke richting parallel aan de N61 en stopt in het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation.

KZVb-TNZ2 (elektrisch)

De route komt aan land bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen, tussen Nieuwvliet-Bad en de Groese Polders in de gemeente Sluis. De route loopt in oostelijke richting door landelijk gebied. Bij het kruisen van de N675 (rijksweg) buigt de route af in zuidelijke richting om vervolgens parallel te lopen aan de N676 en daarna aan de N61 (Middenweg). De route KZVb-TNZ2 volgt dezelfde route als KZVa-TNZ2. Voor Terneuzen kruist de route de Braakman, een natuur- en recreatiegebied met een haven. De route loopt verder in oostelijke richting parallel aan de N61 en stopt in het zoekgebied voor het nieuwe 380kV-hoogspanningsstation.

Terneuzen (Waterstofnetwerk Nederland)

KZVa-WNN (waterstof)

De route komt aan land bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen, tussen Cadzand-Bad en Zwarte Polder in de gemeente Sluis. De route loopt in oostelijke richting door landelijk gebied in de gemeente Sluis. Bij het kruisen van de N675 buigt de route af in zuidelijke richting om vervolgens parallel te lopen aan de N676 en daarna aan de N61 (Middenweg). Voor Terneuzen kruist de route de Braakman, een natuur- en recreatiegebied met een haven. Vervolgens loopt de route verder parallel aan de N61 en daarna N62, kruist het kanaal Gent-Terneuzen en stopt bij de bestaande waterstofleiding.

KZVb-WNN (waterstof)

De route komt aan land bij de kust van Zeeuws-Vlaanderen tussen Nieuwvliet-Bad en de Groese Polders in de gemeente Sluis. De route loopt dan richting het oosten om onder Groede over te gaan in dezelfde route als KZVa-WNN.

WESb-WNN (waterstof)

De route Westerschelde b (WESb)-WNN loopt grotendeels door de Westerschelde. De route passeert de ankergebieden bij Breskens en loopt daarna door een ankergebied. Een route langs het ankergebied is voor een waterstofleiding niet mogelijk i.v.m. de vereiste bochtstraal. Gasunie zal kijken of een route door een ankergebied technisch mogelijk is en of er voldaan kan worden aan de randvoorwaarden van de vaarwegbeheerders. De effecten van een route door een ankergebied worden onderzocht in het IEA/plan-MER-onderzoek.

Na het kruisen van het ankergebied loopt de route verder langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen, ten zuiden van de Hooge Platen. De route komt aan land op het terrein van de Mosselbanken en moet daarna nog aansluiten op het Waterstofnetwerk Nederland (nog niet te zien op kaart).

Aandachtspunten uit regionale werksessie

Tijdens de regionale werksessies zijn kansen, risico's en aandachtspunten opgehaald voor de routes richting Zeeuws-Vlaanderen:

- De aanlanding van wind op zee in de vorm van elektriciteit en/of waterstof sluit goed aan bij de ambities en strategische ontwikkeling van Terneuzen, zoals geschetst in o.a. de Cluster Energie Strategie (CES) Schelde-Deltaregio. Groene elektriciteit en waterstof is nodig voor de verduurzaming van de industrie.
- Routes door de Westerschelde hebben veel aandachtspunten, o.a. op het gebied van scheepvaart, morfologie, natuur, kosten en techniek. In verband met de risico's van een route door de Westerschelde willen verschillende partijen liever zo snel mogelijk aan land komen.
- De waterstofroute door de Westerschelde ligt in een ankergebied. Een route langs het ankergebied (zoals de elektrische route) is voor een waterstofleiding niet mogelijk i.v.m. de vereiste bochtstraal. In het IEA/plan-MER-onderzoek wordt gekeken of een route door een ankergebied technisch mogelijk is en of er voldaan kan worden aan de randvoorwaarden van de vaarwegbeheerders. Specifieke aandachtspunten zijn de diepteligging van de leiding en scheepvaartveiligheid.
- De routes door de Westerschelde kruisen de hoofdvaarweg. Het sperren van de vaarweg voor de aanleg van de kabels kan leiden tot hinder voor scheepvaart. Mogelijk is het een optie om slechts de helft van de vaarweg te sperren zodat eenrichtingsverkeer mogelijk blijft.
- De Westerschelde is Natura 2000-gebied en de route door de Westerschelde loopt langs de Hooge Platen. Dit is een zandbank met een belangrijke ecologische functie. Hier bevinden zich rustende zeehonden en broedkolonies. Dit kan belangrijk zijn voor de vergunbaarheid van een route door de Westerschelde en hier zal rekening mee gehouden moeten worden tijdens de aanleg.
- De Westerschelde heeft een dynamische bodem, waardoor de kans op het blootspoelen van de routes erg groot is. Vanuit de Vlaamse overheid zal eenzelfde minimale gronddekkingseis gelden als voor Net op zee Borssele. Om dit te garanderen moeten de kabels zeer diep begraven worden en zal er mogelijk veel onderhoud nodig zijn. Dit kan leiden tot hogere kosten, effecten op natuur en nautische hinder.
- Langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen is het water mogelijk niet diep genoeg voor de aanleg van de kabels. Ook zal ankeren van aanlegschepen mogelijk nodig zijn.

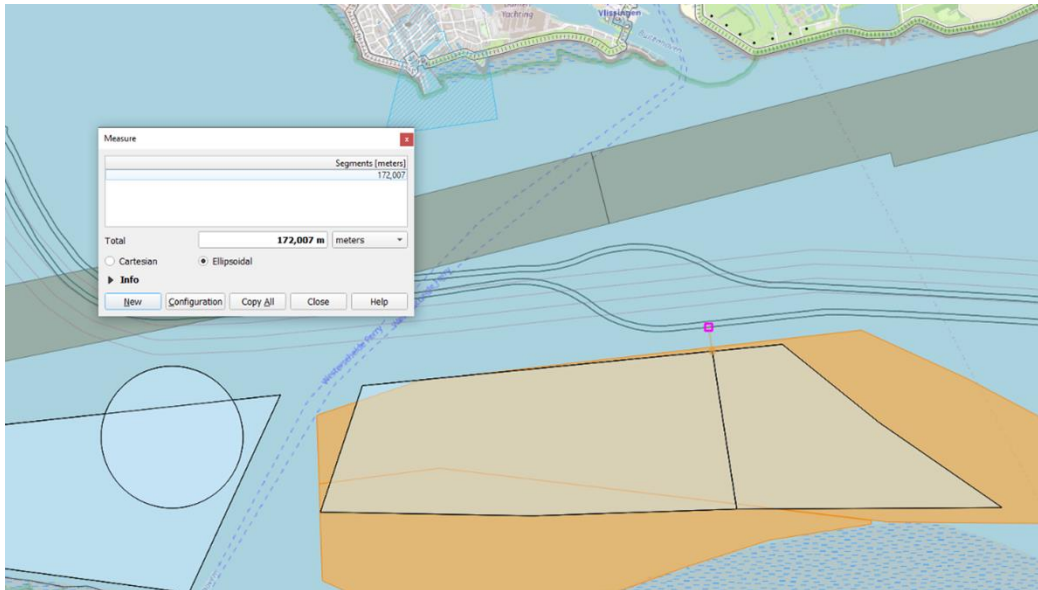
- Houd rekening met baggerstortzones.
- Onderzoek de impact op visserij en mosselpercelen.
- Sommige partijen, zoals de provincie en gemeente, willen een zo kort mogelijk route over land om hinder op de omgeving te voorkomen. De routes over land zijn relatief lang, waardoor er meer hinder is voor de omgeving.
- Impact op recreatieve en landschappelijke waarden, vooral nabij de aanlandingszones. Bij de aanlandingszone Kust van Zeeuws-Vlaanderen moet aandacht besteed worden aan het Masterplan Nieuwvliet-Bad, de integrale visie en aanpak gericht op het beschermen, versterken en beleven van de landschappelijke kwaliteiten rond Nieuwvliet-Bad.
- De routes over land kruisen natuurgebieden, waaronder het NNN-gebied Braakman.
- De effecten op landbouwgrond, door de aanleg van de routes, moet meegenomen worden.
- De routes over land zijn over het algemeen technisch minder uitdagend dan routes door de Westerschelde. Effecten zijn over het algemeen beter te mitigeren, zoals bijvoorbeeld het risico op verzilting.
- De brede berm van de N61 biedt kansen voor de aanleg van een kabel en/of leiding, maar er moet uitgezocht worden of hier ruimte is.
- Voor alle routes (door de Westerschelde en over land) geldt dat ontplofbare oorlogsresten en archeologische waarden belangrijke aandachtspunten zijn.

7.3.3 Niet kansrijke routes

De volgende routes zijn besproken tijdens de regionale werksessies, maar worden niet verder onderzocht:

- **In het Veerse Meer (elektrisch):** TenneT heeft aangegeven dat een derde 2GW-verbinding onder de kabels van Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 niet mogelijk is in verband met warmteontwikkeling van de kabels, reparatie en onderhoud van de kabels.
- **Ten zuiden van het Veerse Meer, parallel aan IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 (elektrisch):** Parallelligging met Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 is op land niet mogelijk, omdat er dan een thermisch knelpunt ontstaat dat het transport van 2GW belemmert. Uit berekeningen blijkt dat de kabels minstens 15-20 meter afstand moeten hebben van de kabels van de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1. Omdat deze ruimte er niet is, is dit de reden dat er geen route is opgenomen parallel aan Netten op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 (tussen de kruising met de A58 en het Sloegebied).
- **Noordelijke route Westerschelde naar Terneuzen (elektrisch):** Een route via de Westerschelde ten noorden van de zandplaat Hooge Platen met aanlanding ter hoogte van DOW wordt niet verder onderzocht. Er is te weinig ruimte tussen het ankergebied en de bestaande TenneT kabels richting Borssele, waardoor de standaardafstanden niet gehanteerd kunnen worden (Figuur 7-5). Op basis van expert judgement is de inschatting dat ook maatwerk geen oplossing biedt gezien de hoge faalkans i.r.t. het ankergebied en het hoge aantal GW aan kabels dat dan dichtbij elkaar zou komen te liggen.⁵²

⁵² De Europese netcode (COMMISSION REGULATION (EU) 2017/1485, Artikel 153-2B(i)) schrijft voor dat er niet meer dan 3 GW tegelijkertijd afgeschakeld mag worden. Dit betekent ook dat er geen 3 GW tegelijkertijd uit zou mogen vallen, ook niet ten gevolge van externe risicofactoren zoals bijvoorbeeld krabbende ankers, zinkende schepen of vallende containers.



Figuur 7-5 Beperkte ruimte tussen bestaande kabels en ankergebied in Westerschelde

7.4 Kansrijke stationslocaties

7.4.1 Zoekgebieden converterstations

Sloegebied

De kansrijke verbindingen moeten aangesloten worden op het toekomstig Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied. Er zijn meerdere zoekgebieden in beeld die verder onderzocht worden in de nu lopende m.e.r.-procedure voor het 380kV-hoogspanningsstation.⁵³ Voor een aanlanding van een derde 2GW-verbinding is een locatie voor een converterstation nodig. Het zoekgebied voor het converterstation staat aangegeven met een cirkel van 6 km (Figuur 7-3). Dit zoekgebied is indicatief. In eerste instantie wordt gekeken of er ruimte is in het voorkeursgebied, namelijk in het Sloegebied. Er is geen regionaal bestuurlijk draagvlak voor een converterstation of grootschalige elektrolyser buiten het begrensde Sloegebied. Uit een gesprek met North Sea Port en TenneT blijkt echter dat er weinig ruimte is in het Sloegebied in verband met de vele ontwikkelingen waar ruimte voor is gereserveerd, waaronder de aanlanding van wind op zee voor 2030, een nieuw 380kV-station, nieuwe kerncentrales, elektrolyse projecten en het waterstofnetwerk. Voor grootschalige elektrolyse zijn er al een aantal initiatieven in het Sloegebied. De Westerschelde werd tijdens de regionale werksessie benoemd als logische waterbron voor een grootschalige elektrolyser.

Mogelijk komt er op de lange termijn ruimte vrij als er bedrijven weggaan uit het Sloegebied. Ook werd het gebied Nieuwlandhaven genoemd als mogelijke locatie. Dit perceel ligt in het Sloegebied, maar het is aangewezen als Natura 2000-gebied waardoor er weinig mogelijk is.

Buiten het Sloegebied werd de locatie Sloepoort genoemd als zoekgebied voor een converterstation. De (braakliggende) grond is in eigendom van NSP, maar is niet bestemd als bedrijventerrein. Sloepoort ligt heel dicht bij het dorp 's-Heerenhoek. Geluid werd door stakeholders benoemd als

⁵³ Voor informatie over de procedure voor het Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied, zie: [Hoogspanningsstation omgeving Sloegebied \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/onderwerpen/energie/elektriciteit/hoogspanningsstation-omgeving-sloegebied)

aandachtspunt. De gemeente Borsele en de provincie geven aan een converterstation buiten het Sloegebied geen optie is en dat er veel weerstand zal zijn vanuit de omgeving.

Terneuzen

Wanneer wordt aangesloten op een toekomstig 380kV-station Terneuzen is het logisch om voor het converterstation te zoeken naar een locatie zo dicht mogelijk bij het toekomstige hoogspanningsstation en op of direct aangrenzend aan het industrieterrein. Het zoekgebied voor een converterstation (6 km cirkel rondom Terneuzen) is te zien in Figuur 7-4. Het gebied ten westen van het Kanaal en ten zuidoosten van Dow Chemical, ter hoogte van het sluiscomplex lijken mogelijk kansrijke zoekgebied voor een converterstation. De kansrijkheid van beide locaties moet nader besproken worden met Dow Chemical en North Sea Port. Samenhang met andere ruimtelijke ontwikkelingen in dit gebied is een belangrijk aandachtspunt.

7.4.2 Zoekgebieden aanlandingsstations waterstof

Voor een aanlandingsstation voor waterstof is voor de aanlandingen in Zeeuws-Vlaanderen één indicatief zoekgebied in beeld ten zuiden van Groede.

7.5 Kansrijke zoekgebieden grootschalige elektrolyzers

7.5.1 Zoekgebied Sloegebied

De Provincie Zeeland werkt samen met Smart Delta Resources aan het Hydrogen Delta Programma. De huidige vraag naar waterstof in Nederland komt voor een groot deel (35%) van de Zeeuwse industrie. Momenteel wordt dat voorzien door grijze waterstof (geproduceerd uit aardgas). Met dit programma wordt waterstofproductie verduurzaamd en wordt de regio gepositioneerd als één van de grootste waterstofclusters van Nederland en Europa.⁵⁴

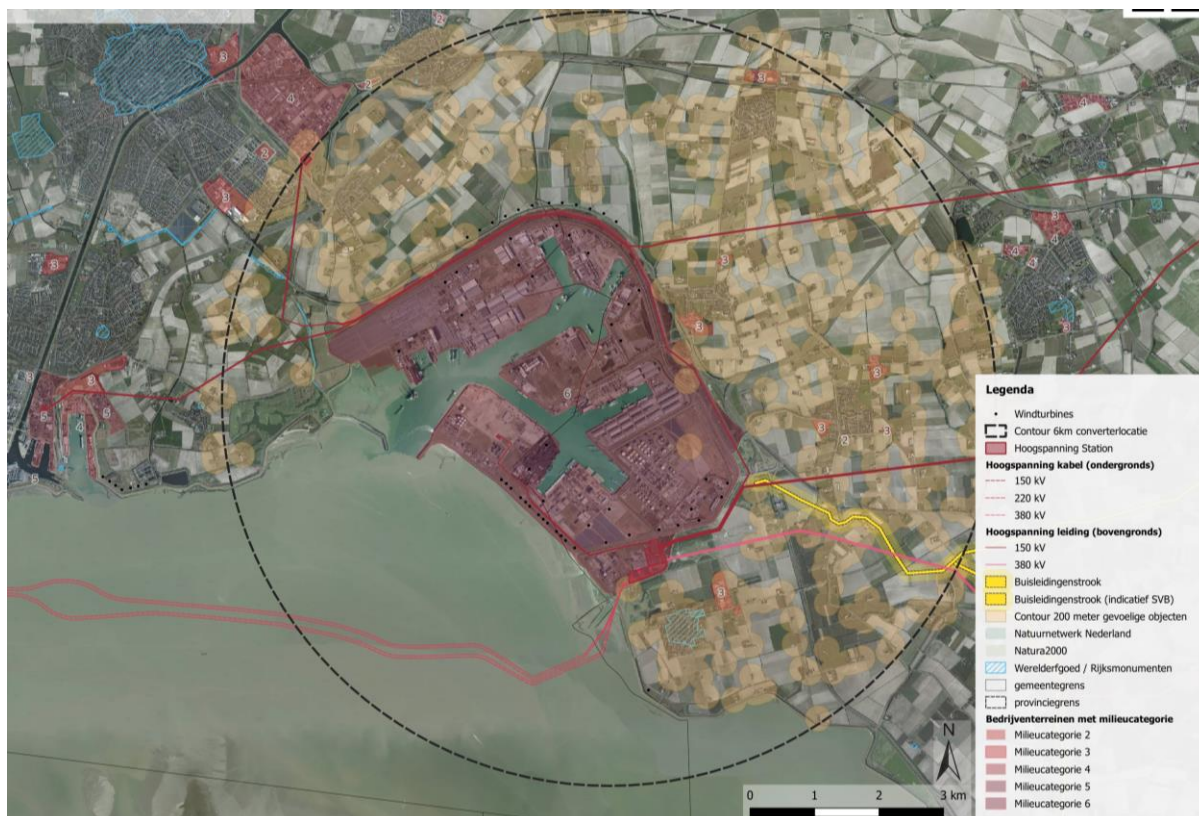
In het Sloegebied zijn al verschillende plannen voor elektrolyzers.⁵⁵ VoltH2 gaat een groene waterstoffabriek bouwen met een capaciteit van 25MW bouwen naast de bestaande Sloe-gascentrale in het Sloegebied.⁵⁶ In de toekomst wordt dit waarschijnlijk opgeschaald naar 100MW. De elektrolyser zal in 2025 operationeel zijn. Ørsted werkt aan een 500 MW elektrolyser met mogelijke groei naar 1 GW (SeaH2Land). De geplande ingebruikname is in 2026/2027. TotalEnergies heeft plannen voor een 264 MW elektrolyser in Vlissingen, "EnergHys", op locatie bij Zeeland Refinery. De elektrolyser kan groeien naar 1GW.

Het zoekgebied voor grootschalige elektrolyse is momenteel op kaart een cirkel met een straal van 6 km met als middelpunt het midden van het Sloegebied omdat er nog meerdere zoekgebieden in beeld zijn voor het nieuwe 380kV-station. Op kaart zijn ook contouren van 200m rondom gevoelige bestemmingen te zien (Figuur 7-6).

⁵⁴ Bron: [Waterstof | Provincie Zeeland](#)

⁵⁵ Bron: <https://www.smartdeltaresources.com/hydrogen-delta>

⁵⁶ Bron: <https://allesoverwaterstof.nl/bouw-groene-waterstoffabriek-in-vlissingen/>



Figuur 7-6 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse in de omgeving van het Sloegebied

Tijdens de regionale werksessie is in eerste instantie gekeken naar ruimte voor grootschalige elektrolyse in het Sloegebied. Een elektrolyser past daar het beste qua functie, schaal en landschappelijke structuur. Op dit moment is er echter geen ruimte beschikbaar voor een elektrolyser, want er zijn veel nieuwe ontwikkelingen in het Sloegebied (zie ook paragraaf 7.4.1). Mogelijk komt er op de lange termijn ruimte vrij als er bedrijven weggaan uit het Sloegebied. Ook werd het gebied Nieuwlandhaven genoemd als mogelijke locatie. Dit perceel ligt in het Sloegebied, maar het is aangewezen als Natura 2000-gebied waardoor er weinig mogelijk is.

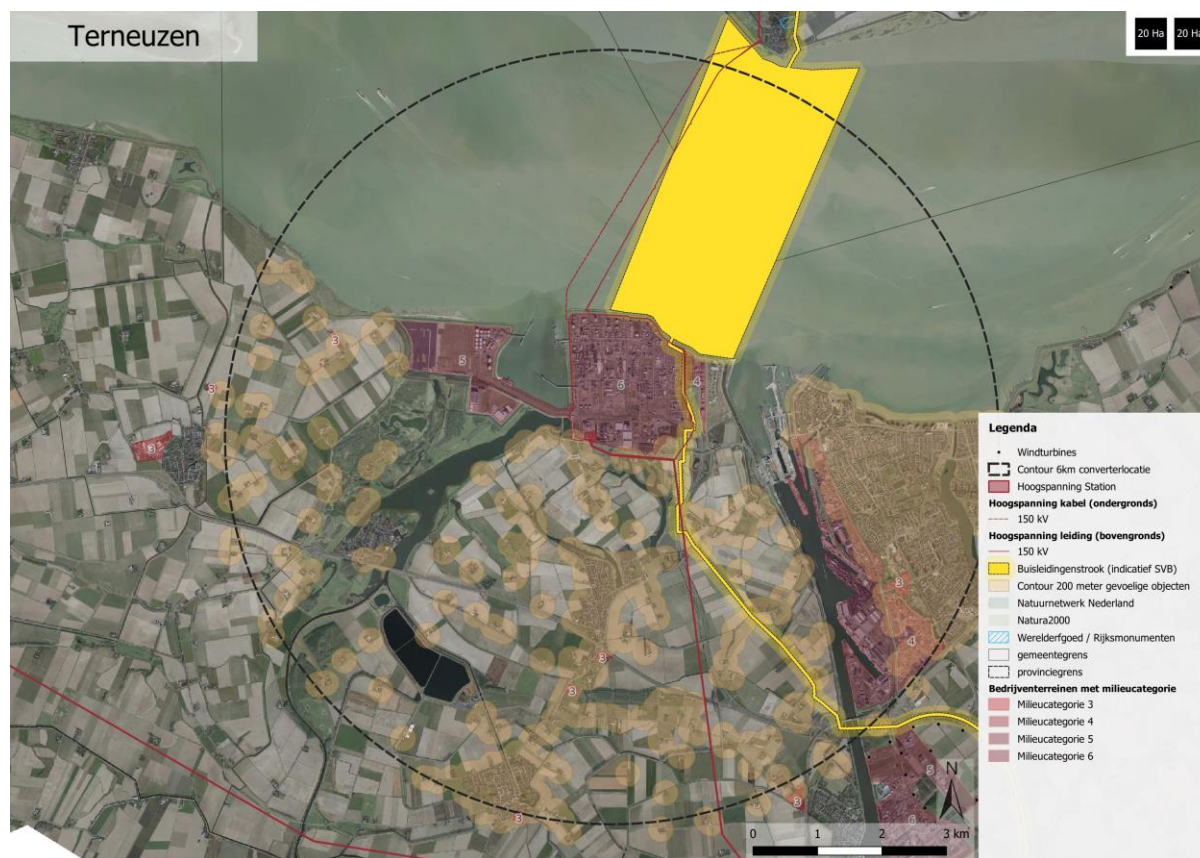
Buiten het Sloegebied werd de locatie Sloepoort genoemd als zoekgebied voor een elektrolyser. De (braakliggende) grond is in eigendom van NSP, maar is niet bestemd als bedrijventerrein. Geluid is daarom een belangrijk aandachtspunt. Ook ligt een deel van het terrein binnen de 200 meter contour tot gevoelige bestemmingen. De gemeente Borsele en de provincie geven aan dat een elektrolyser buiten het Sloegebied geen optie is en dat er veel weerstand zal zijn vanuit de omgeving.

7.5.2 Zoekgebied Terneuzen

Terneuzen is ook onderdeel van het Hydrogen Delta Programma. Nabij Terneuzen zijn al veel concrete plannen voor elektrolyse.⁵⁷ In het havengebied binnen industriegebied Axelse Vlake zijn plannen voor een elektrolyser van 25MW door VoltH2. Air Liquide heeft plannen voor een

⁵⁷ Bron: <https://www.smartdeltaresources.com/hydrogen-delta>

elektrolyser van 200MW. Daarnaast heeft Ørsted plannen voor een elektrolyser on-site bij Yara Sluiskil van 100MW.



Figuur 7-7 Zoekgebied voor grootschalige elektrolyse rondom Terneuzen

Het zoekgebied voor elektrolyser is aangegeven met een cirkel van 6 km om een punt onder Terneuzen, want de locatie van het nieuwe 380kV-station is nog niet bekend (Figuur 7-7). Uit de werksessies is gebleken dat binnen dit zoekgebied twee locaties kansrijk zijn voor een elektrolyser: industriegebied de Mosselbanken en de westelijke kanaaloever (ten zuidwesten van het terrein van Dow Chemical). In het Voornemen en voorstel voor Participatie van 380kV Zeeuws-Vlaanderen⁵⁸ worden deze locaties ook benoemd als zoekgebieden voor het 380kV-station.

De Mosselbanken is een logische locatie voor een elektrolyser. Daarbij dient wel onderzocht te worden of hier beschikbare ruimte is voor een hoogspanningsstation, een converterstation en een elektrolyser. De gemeente Terneuzen gaf in de werksessie aan dat er in het gebied rondom de Mosselbanken mogelijk ook ruimte is. Voor de westelijke kanaaloever geldt ook dat gekeken moet worden hoeveel ruimte er is voor een 380kV-station, een elektrolyser en converterstations. Deze ontwikkelingen hebben (samen en individueel) een grote ruimtelijke impact, daarom werd in de werksessies aangegeven dat er integraal gekeken moet worden naar een logische locaties en dat de beschikbare ruimte zo efficiënt mogelijk benut moet worden.

⁵⁸ Voor het Voornemen en voorstel voor Participatie 380kV Zeeuws-Vlaanderen, zie: [380 kV Zeeuws-Vlaanderen \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/nieuws/380kV-Zeeuws-Vlaanderen)

Bijlage 1 Uitgangspunten voor kansrijke oplossingsrichtingen

Bijlage 1

Uitgangspuntennotitie

Programma VAWOZ 2031-2040

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Definitief

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
1.1	Doel uitgangspuntennotitie	2
2	Bouwstenen	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Technische onderdelen	3
2.3	Geografische bouwstenen	6
2.4	Onderzoeksopgaven vanuit voorverkenning	14
3	Traceringsuitgangspunten	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Traceringsuitgangspunten elektriciteit	17
3.3	Traceringsuitgangspunten elektrolyser op land	22
3.4	Traceringsuitgangspunten waterstof	24

1 Inleiding

1.1 Doel uitgangspuntennotitie

Voorliggend document betreft de uitgangspuntennotitie, dat bedoeld is als werkdocument voor ABCP, EZK, RWS, Gasunie en TenneT om met eenduidige uitgangspunten de integrale ontwerpplannen en beoordeling te kunnen doen. In dit document worden de bouwstenen en uitgangspunten voor de tracering en voor locaties voor transformator- en converterstations, aanlandingsstations voor waterstof en elektrolyzers toegelicht. Dit document is het startpunt en uitgangspunt voor de eerste integrale ontwerpplannen waarin door middel van ontwerpessies en regionale werksessies informatie wordt opgehaald met als doel tot kansrijke oplossingsrichtingen te komen voor de verbindingen tussen de windenergiegebieden en land.

2 Bouwstenen

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we in op de zogenaamde 'bouwstenen'. Dit zijn de uitgangspunten voor de tracering en het ruimtebeslag van verschillende onderdelen van elektrische en waterstofverbindingen. Daarbij gaan we eerst in op de technische onderdelen van de transportketen voor elektriciteit en de transport- en productieketen voor waterstof. Daarna wordt ingegaan op de 'geografische bouwstenen', dit zijn de locaties van de windenergiegebieden, de aanlandlocaties en reeds onderzochte corridors op zee.

2.2 Technische onderdelen

2.2.1 Elektrische verbinding

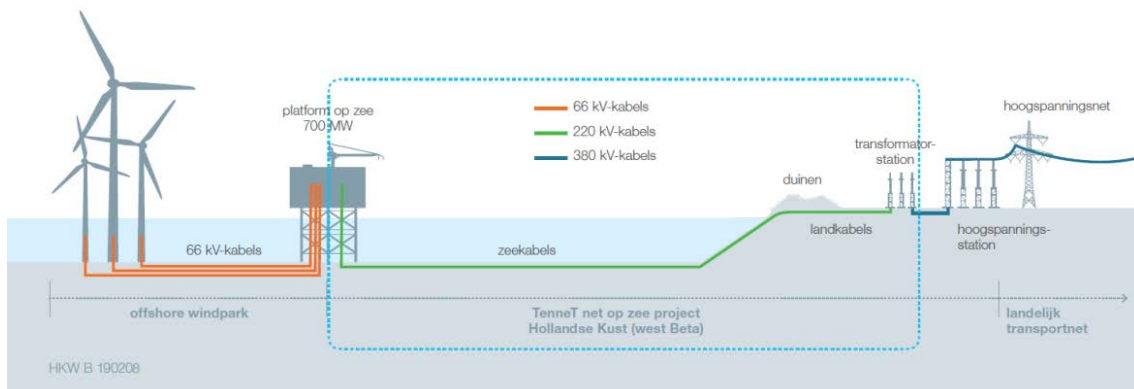
Windenergie kan in de vorm van elektriciteit naar land worden getransporteerd. Hiervoor moeten het windenergiegebied en het landelijk hoogspanningsnet op land met elkaar verbonden worden. Zo'n verbinding bestaat uit drie hoofdonderdelen:

1. Startpunt in een windenergiegebied op de Noordzee in de vorm van een platform, waar de windturbines op aangesloten worden.
2. Eindpunt in de vorm van een aansluiting op het landelijk hoogspanningsnet op land, ofwel de aansluitlocatie.
3. Een kabelsysteem dat het startpunt en eindpunt met elkaar verbindt.

Er zijn twee opties mogelijk voor het kabelsysteem: een wisselstroomverbinding (oftewel alternating current, AC) en een gelijkstroomverbinding (oftewel direct current, DC). Als het kabelsysteem een lengte heeft van circa 100 km of meer is het voordeliger om een DC-kabeltracé te gebruiken. De onderdelen voor beide typen verbindingen worden in de tabel hieronder verder toegelicht. De uitwerking van het ruimtebeslag, uitvoeringswijze en andere relevante uitgangspunten worden toegelicht in hoofdstuk 3 'Traceringsuitgangspunten'.

Tabel 2.1 Technische onderdelen van een AC- en DC-verbinding

	AC-verbinding (Figuur 2.1)	DC-verbinding (Figuur 2.3)
Platform op zee	Een transformatorplatform voor het aansluiten van de windturbines en het transformeren naar het juiste spanningsniveau (220 kilovolt, kV)	Een AC/DC converterplatform voor het aansluiten van de windturbines en omzetten van wisselstroom gelijkstroom en transformatie van het spanningsniveau (525kV).
Kabeltracé op zee	Eén of meerdere ondergrondse 220kV-wisselstroom kabelsystemen voor het transport op zee.	Een ondergronds 525kV-gelijkstroom kabeltracé voor het transport op zee.
Kabeltracé door grote binnenwateren	Eén of meerdere ondergrondse 220kV-wisselstroom kabelsystemen voor het transport door grote binnenwateren.	Een ondergronds 525kV-gelijkstroom kabeltracé voor het transport door grote binnenwateren.
Aanlandingspunt	Een aanlandingspunt waar de zeekabels worden omgezet naar landkabels.	
Kabeltracé op land	Eén of meerdere ondergrondse 220kV-wisselstroom kabelsystemen voor het transport op land.	Een ondergronds 525kV-gelijkstroom kabeltracé voor het transport op land.
Landstation	Een transformatorstation voor het transformeren van 220kV-wisselstroom naar 380kV-wisselstroom.	Een converterstation voor het omzetten van gelijkstroom naar wisselstroom en transformatie van het spanningsniveau.
Kabeltracé op land	Een ondergronds 380kV-wisselstroomtracé voor de aansluiting op het 380kV-hoogspanningsnet	



Figuur 2.1 Onderdelen elektrische verbinding wisselstroom (AC) (voorbeeld van Net op zee Hollandse Kust (west Beta)).



Figuur 2.2 Onderdelen elektrische verbinding gelijkstroom (DC)

2.2.2 Elektrolyser

De conversie van elektrische energie naar waterstof kan op land plaatsvinden door middel van een elektrolyser. Hierbij wordt de opgewekte windenergie in de vorm van elektriciteit via een hoogspanningskabel aan land gebracht. Vervolgens is er een aanlandingspunt waar de gelijkstroomkabel op zee wordt omgezet naar gelijkstroomkabel op land. De stroom moet vervolgens omgezet worden van DC naar AC. Daarna wordt de elektrische verbinding direct aangesloten op een elektrolyse-installatie en wordt de elektrische energie omgezet naar waterstof.

Waarschijnlijk wordt elektrolyse op land toegevoegd aan de scope van het Programma VAWOZ 2031-2040. Uitgangspunten hiervoor (op welke wijze betreft het Programma VAWOZ 2031-2040 elektrolyzers in haar scope) worden op korte termijn vastgesteld.

2.2.3 Waterstofverbinding

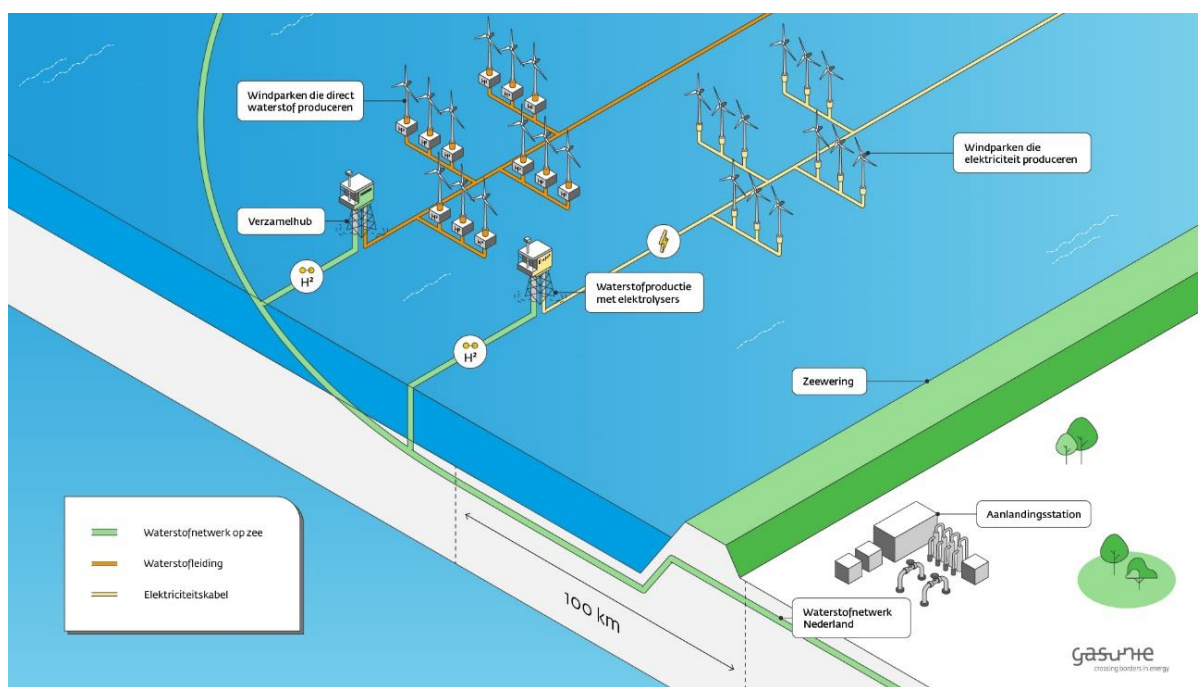
Voor een waterstofverbindingen zijn twee scenario's mogelijk:

- A. Windturbines produceren waterstof. Individuele windturbines binnen een windpark produceren waterstof via elektrolyse-installaties die bij de windturbines geplaatst zijn. De waterstof wordt

vanaf deze individuele windturbines door middel van inter-array/in-field leidingen naar een centraal punt (bijv. een platform) verzameld bij het windpark. We refereren in dit document aan zo'n centraal punt als een 'verzamelhub'. Waterstof wordt vanaf dit centrale punt vervolgens naar land vervoerd via een grotere diameter waterstofleiding. Deze leiding wordt aangesloten op een aanlandingsstation waarna het vervolgens naar het waterstofnetwerk getransporteerd kan worden.¹

- B. Windturbines produceren elektriciteit, waarna de elektrische energie via een 'elektrolyser' op zee wordt omgezet naar waterstof. Waterstof wordt naar land vervoerd via een waterstofleiding. Deze leiding wordt aangesloten op een aanlandingsstation waarna het vervolgens naar het waterstofnetwerk getransporteerd kan worden.

In Figuur 2.3 zijn de relevante onderdelen van een waterstofverbinding gevisualiseerd. De precieze inrichting van een windpark met waterstofproductie wordt nader uitgewerkt en onderzocht in separate, parallel-lopende trajecten zoals het 500 MW demonstratieproject en de Energiehub NL.



Figuur 2.3 Onderdelen waterstofverbinding in scenario 1 en 2

De onderdelen in Figuur 2.3 worden hierna toegelicht. De beschrijving is indicatief en gebaseerd op indicatief en gebaseerd op een conceptontwerp van de North Sea Wind Power Hub². Tussen haakjes is benoemd in welk scenario ze voorkomen (A of B).

1. Een verzamelhub voor waterstof (A). De functie van een verzamelhub is niet alleen het verzamelen van waterstof uit de windturbines, maar ook het verhogen van de druk door middel van een compressor. Een verzamelhub bevat ook meet- en regelstraten, pig launchers,

¹ Uitgangspunt is aansluiting op Waterstofnetwerk Nederland. Directe aansluiting is enkel mogelijk in zeer uitzonderlijke gevallen.

² Bron: North Sea Wind Power Hub (NSWPB), 2022, "Grid-integrated offshore Power-to-Gas: A feasibility review review and discussion of power grid-integrated offshore Power-to-Gas. Discussion paper #1."

- drukbeveiliging, tie-in/manifolds, elektrische infrastructuur voor de voeding van de compressors, utilities e.d.
2. Een elektrolyser op zee voor de omzetting van elektriciteit naar waterstof (B). Het elektrolyse proces, waarbij water gesplitst wordt in waterstof en zuurstof, bestaat globaal uit vier stappen: 1) zeewater toevoeren en ontzilten, 2) elektrolyse in meerdere modules, 3) conditionering, waarbij de waterstof waterdicht wordt gemaakt, en 4) compressie, oftewel het ophogen van de druk. Dit gebeurt op een platform in het windenergiegebied met een capaciteit van 500-600 MW. De platforms zullen naar verwachting gegroepeerd worden in clusters (bijv. van 4 platforms met een gezamenlijke capaciteit van 2 GW).
 3. Een waterstofleiding op zee (A,B). Er wordt uitgegaan van een grootschalige waterstofleiding met een diameter van minimaal 36 inch (ca. 90 cm). De transportcapaciteit zal 10-15 GW_{H2} (LHV)³ zijn, maar de exacte capaciteit is afhankelijk van de lengte van de leiding en de druk. Naar verwachting zal de druk in een compressor opgevoerd worden naar ca. 100 bar. Richting de aanlanding zal de druk afgenomen zijn naar ca. 60 bar.
 4. Afsluiterlocaties (A,B). Dit zijn kleinschalige installaties voor de aanvoer van waterstof naar de leiding en afvoer van waterstof uit de leiding. Met behulp van afsluiters kunnen leidingsecties worden afgesloten zodat er o.a. veilig onderhoud kan plaatsvinden aan leidingonderdelen. Een afsluiterlocatie is bovengronds toegankelijk en bedienbaar. De afsluiters zelf bevinden zich in de leiding onder de grond. De locatie is afgescheiden van de omgeving middels een hekwerk. De oppervlakte van een afsluiterlocatie bedraagt naar verwachting enkele tientallen vierkante meters.
 5. Een waterstofleiding op land (A,B). De nieuwe verbindende leiding tussen het aanlandingsstation en het landelijk waterstofnetwerk gaat behoren tot het landelijk waterstofnetwerk en wordt daarom geopereerd volgens de eisen van dit netwerk.

Een waterstof aanlandingsstation (A,B). Een aanlandingsstation bevat een aantal noodzakelijke functies, zoals het uitvoeren van metering, drukreductie en -beveiliging, ontvangst van interne inspectietools en uiteindelijk het aansluiten op het landelijke waterstofnetwerk. Hiervoor is een aantal faciliteiten nodig, zoals een afblaas / affakel-faciliteit, drukreductiefaciliteiten, drukbeveiliging en veiligheidsafsluiters.

2.3 Geografische bouwstenen

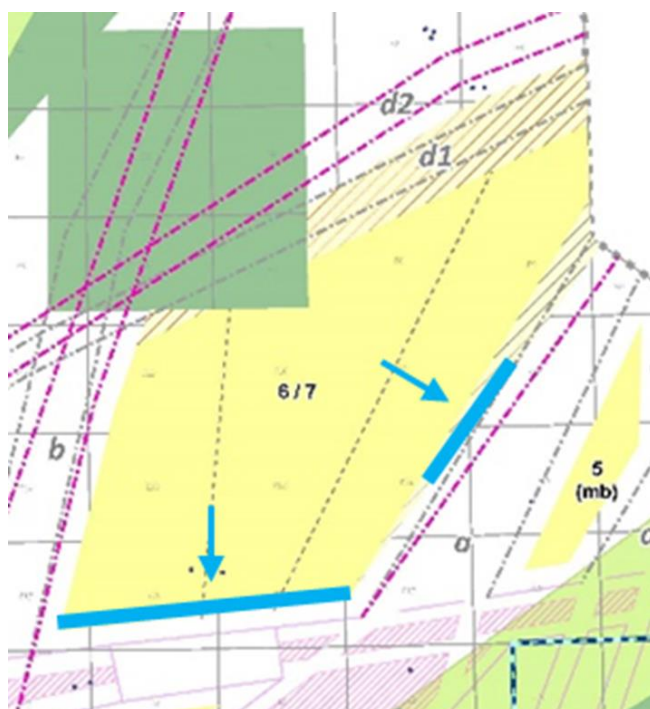
2.3.1 Startpunt in de windenergiegebieden

Het startpunt van de elektrische- en waterstofverbindingen ligt in de windenergiegebieden. In het Programma Noordzee 2022-2027 zijn windenergiegebieden op zee en zoekgebieden voor windenergie aangewezen voor een periode tot en met het jaar 2050. Uitgangspunt voor het Programma VAWOZ 2031-2040 is dat de volgende gebieden worden meegenomen (zie Figuur 2.5):

- Zoekgebied 6/7 (ca. 20-28 GW_e opgesteld windvermogen).
- Windenergiegebied Lagelander (ca. 1-2 GW_e opgesteld windvermogen).
- Windenergiegebied Hollandse Kust (west), kavel VIII (ca. 0,7 GW_e opgesteld windvermogen).
- Zoekgebied Doordewind: zoekgebied 5 oost (max. 1-2 GW_e opgesteld windvermogen).

³ Bij uitgaande energie, in de vorm van waterstof, kan er worden gerefereerd aan een lage verbrandingswaarde (LHV) of een hoge verbrandingswaarde (HHV). Hiermee kan de efficiëntie van het (elektrolyse)proces worden gemiddeld.

Het startpunt heeft het detailniveau van een 'voorlopig zoekgebied'. Voor de zoekgebieden geldt dat de exacte begrenzing nog onbekend is. Voor alle gebieden geldt dat er nog geen verkaveling⁴ bekend is. Voor de tracering zal daarom een aanname gedaan moeten worden over de locaties van het startpunt (het platform, de verzamelhub of de elektrolyser). Deze kunnen pas geconcretiseerd worden als er meer informatie beschikbaar is over de begrenzing en verkaveling van de windenergiegebieden. Voorlopig werken we voor gebied 6/7 met intreedzones (de blauwe zones op onderstaande afbeelding). Wanneer nieuwe informatie beschikbaar is over de indeling van gebieden zal deze worden meegenomen. Tot die tijd zal er gewerkt worden met een aanname voor het startpunt die is gebaseerd op informatie over eerdere windenergiegebieden, ruimtelijke uitsluitingsgebieden, energiesysteem en ontwikkeling over de tijd en morfologie. Ook installatie gedurende 10 jaar en integratie van elektriciteit en waterstofproductie zijn essentieel en worden meegenomen. De ontsluiting van het windenergiegebied bestaat uit twee intreedzones aan de oost- en zuidkant van het zoekgebied, zie figuur 2.4.



Figuur 2.4 Intreedzones van zoekgebied 6/7

2.3.2 Potentiële aansluitlocaties

Aansluitlocaties

In de Voorverkenning VAWOZ 2031-2040 is onderzoek gedaan naar kansrijke aansluitlocaties (locaties waar elektriciteit of waterstof aangesloten kan worden op het elektriciteitsnet of waterstofnetwerk). De kansrijke aansluitlocaties voor elektriciteit en waterstof zijn te zien in Figuur 2.5. Deze aansluitlocaties zijn verdeeld over verschillende regio's. In het programma worden op land de volgende regio's onderscheiden:

⁴ De aangewezen windenergiegebieden zijn vaak niet volledig te gebruiken voor windenergie. Vaak is er sprake van 'snijverliezen' bij het verkavelen ervan. Er moet bijvoorbeeld rekening worden gehouden met bestaand gebruik en infrastructuur. Het streven is steeds om de ruimte zo efficiënt mogelijk te gebruiken. Als er meer kavels binnen één windenergiegebied worden beoogd, wordt ook gestuurd op gelijke energieopbrengsten. Een kavelbesluit bepaalt onder welke voorwaarden een windpark binnen een ontworpen kavel gebouwd en geëxploiteerd mag worden.

- Noord-Holland
- Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg (in verband met de Delta Rhine Corridor)
- Zeeland
- Noord-Nederland (PAWOZ - Eemshaven)

De conclusies voor de kansrijke aansluitlocaties uit de Voorverkenning zijn samengevat in Tabel 2.2. De tabel geeft een samenvatting per regio. Regio Noord-Nederland is niet opgenomen. Dit komt doordat parallel aan de Voorverkenning PAWOZ - Eemshaven is opgestart. Echter zal het thema systeemintegratie ook voor Regio Noord-Nederland worden bekeken. In de tabel is met grijs aangegeven voor welke aansluitlocaties nader onderzoek nodig is om de kansrijkheid vast te stellen. In paragraaf 2.4 wordt dieper ingegaan op de onderzoekspogaven die voortvloeien uit de Voorverkenning.

Tabel 2.2 Kansrijke aansluitlocaties uit de Voorverkenning (E = elektriciteit, W = waterstof)

Aansluitlocatie	Beoordeling en toelichting	
Regio Noord-Holland		
Omgeving Middenmeer	E	Mogelijke aansluiting op nog te bouwen 380kV-station. Een aansluiting via het Marsdiep is technisch zeer complex vanwege de hoge morfologische dynamiek en betekent doorkruising van Natura 2000-gebied Waddenzee. Aanlanding via de westkust lijkt mogelijk.
Kop van Noord-Holland/ Kooyhaven, Kooypunt, NAM- terrein, Grote Keeten	E	De kop van Noord-Holland beschikt niet over een 380kV-hoogspanningsnet. Hier komt mogelijk verandering in met de studie naar een nieuw te bouwen 380kV-station in Middenmeer met mogelijk een aftakking naar een andere locatie in de kop van Noord-Holland en een verbinding tussen dit station en een 380kV-station rond het Noordzeekanaalgebied of Amsterdam.
	W	Waterstofnetwerk ligt hier nabij de kust en gebied goed ontsloten door bestaande gasinfrastructuur vanaf de Noordzee.
Vijfhuizen	E	Mogelijk kan aansluitcapaciteit worden ontwikkeld op dit station. Uitdagingen zijn de slechte bereikbaarheid, doorkruising van dichtbebouwd gebied en de kruising van duin- en natuurgebieden
Velsen 150kV	E	Indien de Vattenfall centrales worden afgeschakeld kan op termijn 700 MW worden aangesloten. Locatie Velsen is echter slecht bereikbaar en het draagvlak voor een aansluiting is beperkt.
Spaarndam, A10 Noord-Oost, Weesp	E	Beperkt informatie beschikbaar, niet eerder onderzocht.
Noordzeekanaalgebied	W	Waterstofnetwerk nabij de kust en waterstofvraag in het Noordzeekanaalgebied. Daarnaast kan vanaf deze locatie waterstof worden getransporteerd naar een vraagcluster elders.
Regio Zuid-Holland en Delta Rhine Corridor (Noord-Brabant en Limburg)		
Bleiswijk	E	Aansluitcapaciteit beschikbaar. Wel gelden op deze locaties belangrijke uitdagingen, zoals de bereikbaarheid van deze stationslocaties, ruimte voor transformatorstations/converterstations, lange doorsnijding van landschappelijk waardevolle gebieden en landbouwgronden, druk op de leefomgeving en mogelijke ruimteclaims van woningbouw en wind op land. Locaties ligt relatief ver landinwaarts. Alleen bij zwaarwegende argumenten wordt op deze locaties aangesloten.
Wateringen	E	Station Watergingen beschikt over aansluitcapaciteit. Een zeer grote uitdaging is de ruimtelijke inpassing van een converterstation en de bereikbaarheid van de aansluitlocatie vanaf de aanlanding.
Simonshaven	E	Op dit station kan aansluitcapaciteit worden gerealiseerd. Uitdagingen zijn onder andere ruimtelijke inpassing station, en afhankelijk van de gekozen route, een complexe aanlanding en een lange doorsnijding van landbouwgronden of een complexe route door Natura 2000-gebied Haringvliet.
	W	Gebied ligt nabij het waterstofnetwerk en Delta Rhine Corridor, echter wel verder verwijderd van de kust dan het westelijk HIC Rotterdam en Monster. Aandachtspunten zijn, afhankelijk van de gekozen route, een complexe aanlanding en een lange doorsnijding van landbouwgronden of een complexe route door Natura 2000-gebied Haringvliet.
Westelijk HIC Rotterdam (Maasvlakte en Europoort)	E	Mogelijk kan worden aangesloten op een nieuw te bouwen 380kV-station in de Europoort. Op het bestaande en geplande 380kV-station Maasvlakte

Aansluitlocatie	Beoordeling en toelichting	
		en geplande 380kV-station Amaliahaven is geen aansluitcapaciteit beschikbaar voor invoeding van windenergie. Vanwege de strategische locatie van de Maasvlakte worden aansluitmogelijkheden op deze locatie aanvullend onderzocht. Een aanvullend aandachtspunt is de beperkte ruimte voor een aanlanding vanwege bestaande kabels en leidingen en interactie met scheepvaart. Dit laatste geldt voor aanlandingen vanuit het noorden over de Maasgeul, niet voor aanlandingen op het zuiden van de Maasvlakte.
	W	Waterstofnetwerk ligt nabij de kust. Lokale vraag naar waterstof en de mogelijkheid om vanaf hier waterstof landinwaarts te transporteren via het Waterstofnetwerk. Aandachtspunt is de beperkte ruimte op land en voor de kust vanwege bestaande kabels en leidingen en interactie met scheepvaart.
Monster	W	Bestaande productielocatie nabij de kust met een bestaande kleine gasleiding, mogelijk kan de leiding op termijn worden vervangen door een grotere leiding voor waterstoftransport.
Moerdijk	E	Op station is aansluitcapaciteit beschikbaar. Uitdagingen zijn beperkte bereikbaarheid, kruising van Natura 2000-gebieden en het effect van een nieuw te bouwen station op het landschap. Locatie Moerdijk kan mogelijk via de Delta Rhine Corridor worden bereikt. Over de komst van de Delta Rhine Corridor moet nog besluitvorming plaatsvinden.
	W	Dit gebied ligt nabij het waterstofnetwerk en Delta Rhine Corridor, echter wel relatief ver landinwaarts en verder verwijderd van de kust dan regio's Maasvlakte en Monster. Aandachtspunt is een complexe route door Natura 2000-gebieden Haringvliet en Hollandse Diep.
Tilburg	E	Onvoldoende informatie beschikbaar voor een volledige beoordeling. Nader onderzoek nodig naar mogelijke bundeling in de Delta Rhine Corridor.
Maasbracht Graetheide/Chemelot	E	Een elektrische aansluiting in regio Limburg: Maasbracht - Chemelot resulteert mogelijk in voordelen voor het energiesysteem. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of een aansluiting in deze regio kansrijk is. Besluitvorming over de Delta Rhine Corridor (mogelijke route naar deze regio) en inzichten uit de nieuwe CES Chemelot (lokale vraag en energie infrastructuur) vormen hiervoor belangrijke input.
Regio Zeeland		
Borssele / Sloegebied	E	Borssele lijkt op voorhand niet kansrijk vanwege de politieke gevoeligheid en beperkt beschikbare ruimte voor de aanleg van een derde kabel door de Veerse Gatdam en het Veerse Meer. Er wordt een technische haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar een derde 2GW DC-verbinding naar Borssele via het Veerse Meer.
Terneuzen	E	380kV hoogspanningsstation in studie, verbinding tussen Terneuzen en Borssele is een randvoorwaarde voor een aansluiting op Terneuzen. Uitdagingen voor een aansluiting op deze locatie zijn de complexiteit van een verbinding door de zuidzijde van de Westerschelde en beperkte informatie over de platen. Een route door de noordzijde van de Westerschelde is onwenselijk vanwege onder andere morfologische dynamiek, beperkte ruimte, scheepvaart en ontplofbare oorlogsresten. Dit maakt de kosten voor een dergelijke route ook zeer hoog. Aandachtspunt is de relatief grote afstand tussen deze regio en de windenergiegebieden en zoekgebieden op de Noordzee.
	W	Omgeving Terneuzen ligt nabij het waterstofnetwerk. Voor een waterstofverbinding naar Terneuzen gelden dezelfde aandachtspunten als voor een elektrische verbinding (zie hierboven).

De resultaten uit de Voorverkenning zijn de eerste stap in het bepalen van kansrijke aansluitlocaties voor het Programma VAWOZ 2031-2040. Sinds de zomer zijn nieuwe inzichten beschikbaar gekomen op basis waarvan de lijst met aansluitlocaties is gewijzigd. Sommigen blijken niet langer kansrijk te zijn voor waterstof en/of elektriciteit, terwijl andere locaties juist in beeld zijn gekomen. Het betreft de volgende aansluitlocaties:

- **Monster:** Wordt niet verder onderzocht als aansluitlocatie voor waterstof, onderbouwing volgt in het groeidocument (concept versie gepland juni 2023).

- **Moerdijk:** Een waterstofverbinding naar Moerdijk leek kansrijk, maar deze optie is afgefallen omdat de locatie te ver landinwaarts ligt. Een elektrische verbinding wordt echter wel verder onderzocht, omdat hier in het kader van Net op zee Nederwiek 3 onderzoek naar wordt gedaan.
- **Spaarndam, A10 Noordoost, Weesp:** Uit werksessies blijkt dat er voor een elektrische verbinding grote uitdaging zijn vanuit landschappelijk en ecologisch oogpunt om ver landinwaarts aan te landen. Weesp wordt daarom niet verder meegenomen. Eventueel is een nieuw hoogspanningsstation A10 NO een optie als deze westelijk van Zaandam gepland wordt. Ook wordt het nieuw geplande hoogspanningsstation A9-zuid (locatie wordt nog bepaald) als mogelijke aansluitlocatie verder onderzocht.
- **Borssele:** Een derde elektrische verbinding naar Borssele leek aanvankelijk niet kansrijk, maar uit een technisch haalbaarheidsonderzoek van TenneT blijkt dat er in de kustzone, bij kruising van de Veerse Gatdam en in het Veerse Meer vanuit technisch en ruimtelijk oogpunt geen showstoppers zijn voor de aanleg van een derde verbinding. Wel zijn er belangrijke aandachtspunten die verder onderzocht moeten worden, waaronder de ecologische effecten op zee, op land en in het Veerse Meer. Omdat de verbinding technisch en ruimtelijke op voorhand niet onhaalbaar blijkt, wordt aansluitlocatie Borssele vooralsnog verder meegenomen in het onderzoek.

De aansluitlocaties die volgens de huidige inzichten kansrijk blijken te zijn, zijn door EZK in kaart gebracht in Figuur 2.5. In het Programma VAWOZ 2031-2040 wordt hier meer verdieping aan gegeven. In de fase van het Programma VAWOZ 2031-2040 waarin we komen tot kansrijke oplossingsrichtingen die worden opgenomen in de NRD voor het programma VAWOZ 2031-2040, gebeurt dat met een systeemintegratie-analyse om te bepalen hoeveel elektrische verbindingen en waterstofverbindingen aangesloten kunnen worden op iedere aansluitlocatie. In de volgende paragraaf wordt de systeemintegratie-analyse verder toegelicht.



Figuur 2.5 Windenergiegebieden en aansluitlocaties voor elektriciteit en waterstof (Bron: EZK).

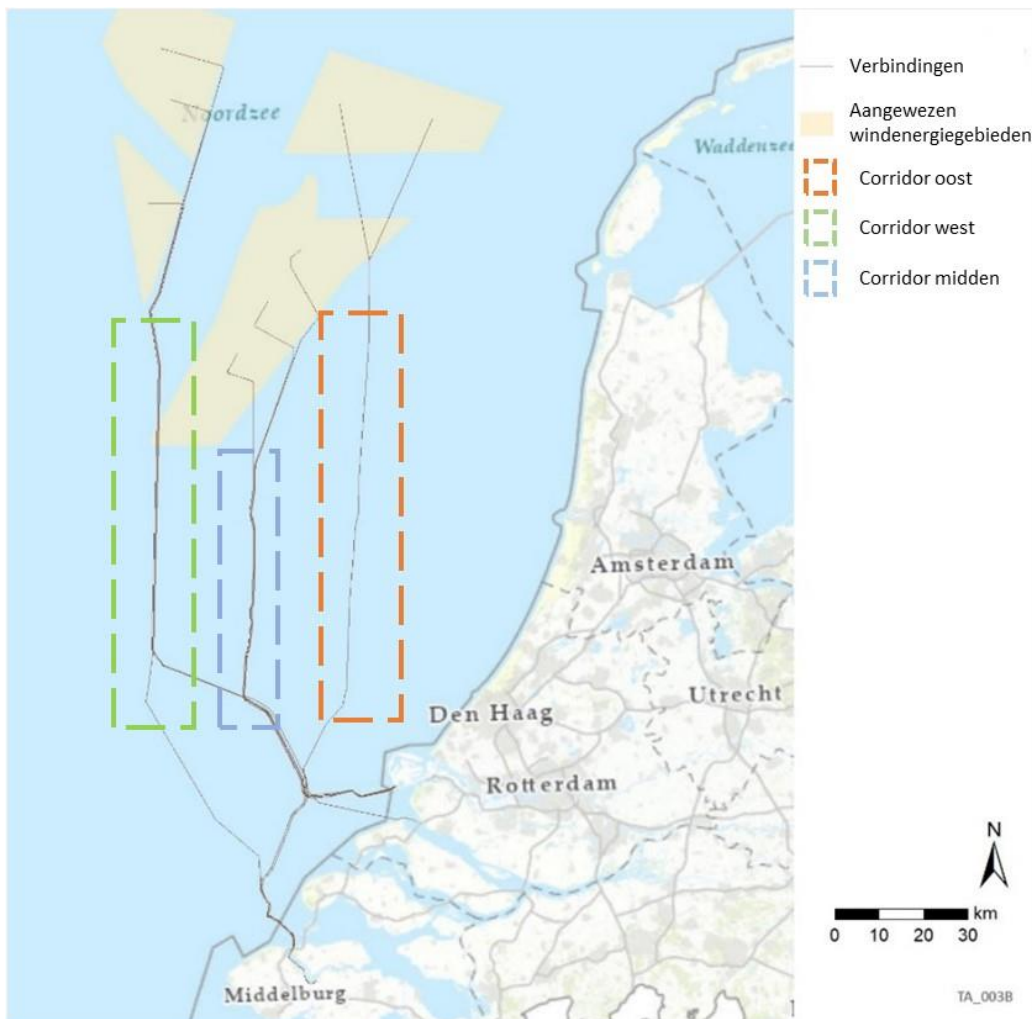
2.3.3 Corridors

Uit onder andere de Voorverkenning is gebleken dat corridorvorming voor meerdere parallelle verbindingen wenselijk is vanuit verschillende oogpunten. Het zorgt namelijk voor minder ruimtebeslag en dit kan zorgen voor minder (milieu)effecten. Ook is er meer efficiëntie mogelijk in de onderzoeken ten behoeve van de aanleg. Er zijn echter ook mogelijke risico's, bijvoorbeeld als meerdere parallelle verbindingen gelijktijdig of na elkaar worden aangelegd. Dit kan leiden tot cumulatieve milieueffecten, evenals risico's in de exploitatiefase bij bijvoorbeeld het ankeren. Voor elektrische verbindingen geldt dat bij het aanleggen van meerdere parallelle kabelsystemen in één corridor op zee, de onderlinge afstand tussen de kabelsystemen wordt bepaald door de faalkans van meer dan één systeem door één enkel incident, bijvoorbeeld het zinken van een schip op meer dan één kabelsysteem. Voor waterstofverbindingen geldt dat de aanleg van meerdere (parallelle) verbindingen in hetzelfde seizoen waarschijnlijk niet haalbaar is in verband met de capaciteit van de verbindingen.

Onder andere windenergiegebied Lagelander was onderdeel van een 'Thematische Analyse'⁵ die in 2022 is uitgevoerd in opdracht van TenneT. Deze Thematische Analyse is een verdieping op de uitkomsten van het Programma VAWOZ 2030 voor de onderwerpen ecologie, scheepvaart en toekomstvastheid. De project-overstijgende studie gaf extra informatie over de (cumulatieve) effecten van in totaal acht verbindingen vanuit windenergiegebieden IJmuiden Ver, Nederwiek en Lagelander naar de aansluitlocaties Borssele en de Maasvlakte of Moerdijk. Hiervoor zijn drie corridors onderzocht, oftewel plekken waar verbindingen gebundeld kunnen liggen (zie Figuur 2.6):

- Corridor oost: deze corridor loopt ten oosten van windenergiegebied Hollandse Kust (west) en daarna richting het zuiden.
- Corridor midden: de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma en Nederwiek 1, 2 en 3 zijn gepland in deze corridor.
- Corridor west: deze corridor loopt ten westen van windenergiegebied IJmuiden Ver, door de Bruine Bank.

⁵ De Thematische Analyse is gepubliceerd als bijlage van de Notities Reikwijdte en Detailniveau voor de Netten op zee Nederwiek 1 en 2, zie: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-01/Definitief-NRD-Net-op-zee-Nederwiek-1.pdf>.



Figuur 2.6 Corridors uit de thematische analyse (TA). Voor de zuidelijke aftakking van het tracé uit corridor west is in de TA gebleken dat deze minder kansrijk is in verband met kruisend scheepvaartverkeer.

De reeds onderzochte corridors worden meegenomen als mogelijke opties voor kansrijke oplossingsrichtingen (onderdeel ligging van kabeltracés) voor het Programma VAWOZ 2031-2040, daarnaast kunnen mogelijke opties voor andere corridors worden toegevoegd aan de kansrijke oplossingsrichtingen. NB: Het is geen voorwaarde dat routes in deze corridors liggen. In de kansrijke oplossingsrichtingen zitten ook routes buiten deze corridors.

2.3.4 Routes uit raakvlakprojecten

In een aantal lopende projecten wordt gekeken naar routes die mogelijk gebruikt kunnen worden in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040:

- **PAWOZ-Eemshaven:** zie beschrijving in paragraaf 1.3.3.
- **Net op zee Nederwiek 3:** voor de alternatieven naar Moerdijk wordt verkend of er ruimte is voor 1 of 2 extra DC-kabelroutes die mogelijk in het kader van het Programma VAWOZ 2031-2040 meegenomen kunnen worden (zie Figuur 2.7).

- **Delta Rhine Corridor (DRC)**⁶: bekeken wordt of het mogelijk is om 1-3 DC kabels in of naast de DRC te leggen. De haalbaarheid daarvan wordt onderzocht binnen de DRC. Binnen het Programma VAWOZ 2031-2040 wordt de aantakking tussen de DRC en de stations Tilburg, Maasbracht en Graetheide onderzocht (zie Figuur 2.7).



Figuur 2.7 Raakvlak routes Net op zee Nederwiek 3 en Delta Rhine Corridor

2.4 Onderzoeksopgaven vanuit voorverkenning

De resultaten van de voorverkenning zijn samengevat in paragraaf 2.3.2. In de volgende tabel worden de openstaande punten uit de voorverkenning samengevat. Tevens wordt aangegeven of er nieuwe inzichten en ontwikkelingen zijn, of uit welke trajecten deze inzichten gaan volgen.

⁶ De Delta Rhine Corridor vertegenwoordigt een infrastructuur met verschillende buisleidingen. De buizen komen voor het grootste deel in de grond die hiervoor is gereserveerd in de Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035. Voor een klein deel van de route is nog geen grond gereserveerd. Daarom zijn er twee aparte inpassingsprocedures opgestart onder de naam de Delta Rhine Corridor.

Tabel 2.3 Onderzoekopgaven vanuit de voorverkenning

Onderzoekopgave	Vervolg
Systeemintegratie	
In de regio Noord-Holland is voor de omgeving Kooyhaven, Kooypunt, NAM-terrein en Grote Keeten nader onderzoek nodig om vast te stellen of hier een 380kV-netwerk komt.	De regio heeft een vooronderzoek gepubliceerd waarin zoekgebieden zijn opgenomen voor de uitbreiding van het hoogspanningsnet.
Tata Steel – Nader onderzoek is nodig om te bepalen of een waterstofverbinding kan aansluiten op het terrein van Tata Steel, en of Tata deze waterstof gaat afnemen. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met de waterstofbackbone van Gasunie.	Maatwerkafspraken met Tata zouden hier input aan moeten geven. Belangrijk is om afhankelijkheden hierin tot een minimum te beperken voor aanlanding waterstof.
Op de Maasvlakte wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor koppeling van waterstofproductie en de warmtetransitie voor de gebouwde omgeving (Warmteling). Besteed in ieder geval aandacht aan de energetische winst, de businesscase van elektrolyse, ecologische effecten en draagvlak voor Warmteling	Dit aandachtspunt wordt besproken en eventueel meegenomen tijdens de ontwerpssessies.
Afstemming op de klimaatopgave gebouwde omgeving, met name waar het gaat om ruimteclaims naast weginfrastructuur (lopend OER-traject gaat deels over dezelfde gronden)	Dit aandachtspunt wordt besproken en eventueel meegenomen tijdens de ontwerpssessies.
Op het bestaande 380kV-station bij Bleiswijk (Zuid-Holland) is mogelijk nog 4 GW _e aansluitcapaciteit beschikbaar. Meer onderzoek is nodig naar de toekomstige stroomvraag van kassen.	Dit aandachtspunt wordt meegenomen in de systeemintegratie-analyse.
In de regio Noord-Brabant is voor de elektrische aansluitlocatie Tilburg onvoldoende informatie beschikbaar. Nader onderzoek is nodig naar mogelijke bundeling van elektriciteitskabels in de Delta Rhine Corridor.	In de Delta Rhine Corridor wordt een mogelijke bundeling onderzocht. Het Programma VAWOZ onderzoekt aftakkingen richting aansluitlocatie Tilburg.
Nader onderzoek is nodig om te bepalen of een elektrische aansluiting in de regio Maasbracht – Chemelot kansrijk is.	Input vanuit de Delta Rhine Corridor en nieuwe CES Chemelot.
Ruimtelijke en technische opgaven voor tracering op land	
Er is tevens meer informatie nodig over de regio Spaarndam en A10 Noord-Oost. Voor deze twee locaties is onvoldoende informatie beschikbaar op de andere thema's dan systeemintegratie (milieu, techniek, omgeving en economie). Deze locaties liggen in dichtbebouwd gebied, relatief ver van de Noordzee.	A10 Noordoost was onderdeel van het vooronderzoek van de regio (zie hierboven). Binnenkort is tevens extra informatie beschikbaar voor station A9-zuid (eerder Spaarndam genoemd). Locaties worden onderzocht als onderdeel van het Programma VAWOZ 2031-2040.
Onderzoek hoe aan te sluiten op de Ruimtelijke Puzzels die provincies op dit moment aan het leggen zijn (opdracht minister BZK). Het programma NOVEX geeft regie aan het leggen van de ruimtelijke puzzel in samenwerking met provincies, gemeenten en waterschappen. Voor 16 NOVEX-gebieden wordt een apart ontwikkelperspectief opgesteld, waaronder het Noordzeekanaalgebied, Rotterdamse Haven en North Sea Port District.	Ontwikkelingen op dit gebied worden besproken en meegenomen tijdens de ontwerpssessies.
Informatie verzamelen die samenhangen met de ontwerpprincipes die voortvloeien uit Kamerbrief Water en Bodem sturend. 25-11-2022, IenW/BSK-2022/283041 <ul style="list-style-type: none"> • Consequenties voor zoetwaterbeschikbaarheid waterstofproductie in beeld brengen en mogelijke alternatieven (ontziltingsinstallaties) onderzoeken • Onderzoek mogelijkheden voor koppelkansen voor biodiversiteit en klimaatadaptatie bij de ontwerpen van de benodigde gebouwen en terreinen (bijv. toepassing van grasdaken) 	Dit wordt afgestemd met RWS. Belangrijkste elementen kunnen opgenomen worden in het beoordelingskader.
Voor Maasvlakte-Europoort geldt dat aanvullend onderzoek dient te worden uitgevoerd voor Europoort naar onder andere de impact op milieu en de technische haalbaarheid van een elektrische verbinding naar deze locatie.	De locaties en overwegingen worden meegenomen in deze fase van het Programma VAWOZ (richting kansrijke oplossingsrichtingen).
Sinds de voorverkenning is onderzoek gestart naar 1 of 2 nieuwe kerncentrales in Borssele. Dit was niet meegenomen in het systeemintegratieonderzoek uit de voorverkenning.	De systeemintegratieanalyse die wordt uitgevoerd voor het Programma VAWOZ zal hier rekening mee houden.
Ruimtelijke en technische opgaven voor de tracering op zee en grote wateren	
Scheepvaartveiligheid op de Noordzee dient nader met de scheepvaartsector onderzocht te worden. Specifiek wordt gekeken naar de (on)mogelijkheden van de bufferzones.	Dit wordt onderdeel van de beoordeling voor het Programma VAWOZ.

Onderzoekopgave	Vervolg
Corridorvorming met gelijktijdige aanleg van kabels en leidingen is wenselijk vanuit meerdere oogpunten. Het is onduidelijk of het gelijktijdig aanleggen van meerdere kabels en leidingen een optie is voor de toekomst, en of dit ecologische en/of technische voordelen heeft ten opzichte van gespreide aanleg. Het betreft hier zowel de aanlegfase als de exploitatiefase.	Voor- en nadelen van bundelen van routes wordt besproken tijdens ontwerpessies en opgenomen in de beslislusnotitie kansrijke oplossingsrichtingen. Uit de MER'en voor de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma blijkt dat gelijktijdige aanleg van meerdere parallelle verbindingen geen grote ecologische effecten heeft.
De reserveringszone voor zandwinning voor de kust van Nederland wordt altijd doorkruist. Er dient nader onderzocht te worden of met de juiste diepteligging van een kabel/leiding doorkruising van zandwingsgebieden mogelijk is.	Dit wordt meegenomen tijdens de tracering. Nieuwe inzichten ten aanzien van omvang van de potentiële zandvoorraad leidt op termijn mogelijk tot tekorten voor kustsuppleties. Bij elke aanlandingslocatie – in het bijzonder de gehele kust voor Noord-Holland – dient onderzocht te worden op welke wijze de reserveringszone het beste doorkruist kan worden. Het dieper leggen van een kabel/leiding kan hierbij worden meegenomen of er kan gekeken worden naar de volgorde waarin zandwinning en aanleg van kabels/leidingen plaats kan vinden. Tracering door een zandwingsgebied (eventueel uitgeput) kan positiever zijn dan doorsnijding van het reserveringsgebied voor zandwinning waar de hoeveelheid beschikbaar zand groter is.
In de Voorverkenning is opgenomen dat in opdracht van TenneT een studie zou worden uitgevoerd waarin onderzoek wordt gedaan naar de invloed van de aanwezigheid van kabels tussen de vaarbaan en een windpark op het gedrag van kapiteins.	Uit een werksessie met kapiteins uitgevoerd in het kader van de procedures voor de Netten op zee Nederwiek 1, 2 en 3 blijkt unaniem het volgende: dat in de besluitvorming omtrent ankeren altijd voorrang gegeven wordt aan het vermijden van een aanvaring met bovengrondse objecten (zoals windturbines) ten opzichte van het ankeren in de omgeving van ondergrondse objecten (zeekabels). De veiligheid van bemanning staat voorop en mogelijke schade aan zeekabels of -leidingen is bijzaak in geval van een driftend schip. Een kapitein, ongeacht de aanwezigheid van één of meerdere zeekabels in de bufferzone, zal de voorkeur geven aan ankeren ten opzichte van het op drift raken in een windenergiegebied.
Een route naar Terneuzen zou via Westerschelde of via land moeten gaan. Vanuit de omgeving is er een voorkeur voor een route door water. Er dient nader onderzoek plaats te vinden naar een route via de zuidzijde van de Westerschelde, en naar een route via land.	Routes naar Terneuzen via de Westerschelde en via land zullen in deze fase (trechters naar kansrijke oplossingsrichtingen) opnieuw besproken en onderzocht worden. Kanttekening hierbij is dat een route door de Westerschelde uiterst complex is, hoge kosten zal hebben en dat dit voor Belgische autoriteiten niet de voorkeur heeft.
Voor aansluitlocatie Borsele is meer informatie nodig over de technische haalbaarheid van een extra aansluiting en beperkt beschikbare ruimte voor de aanleg van een derde kabel door de Veerse Gatdam en het Veerse Meer.	Uit een haalbaarheidsstudie van TenneT blijkt dat er vanuit technisch of ruimtelijk oogpunt geen showstopper zijn voor een kruising met de Veerse Gatdam en door het Veerse Meer. Echter zijn er mogelijk wel milieueffecten die een derde verbinding in het Veerse Meer kunnen belemmeren.

3 Traceringsuitgangspunten

3.1 Inleiding

In de NRD worden kansrijke oplossingsrichtingen vastgesteld, die in fase B worden omgezet naar alternatieven die worden beoordeeld in de IEA/planMER. Een generiek uitgangspunt is dat gestreefd wordt naar routes en locaties die hinder zo veel als mogelijk voorkomen. Dit betekent in theorie dat – daar waar mogelijk – een zo kort mogelijke route wordt nagestreefd. Ook vanuit het oogpunt van kosten, planning, energieverlies en circulariteit zijn korte routes vaak beter. In praktijk kan het echter voorkomen dat een zo kort mogelijke route niet haalbaar is in verband met het voorkomen van hinder voor andere belangen en functies. Overige uitgangspunten zijn hieronder per aansluitonderdeel benoemd. Bij het ontwikkelen van de kansrijke oplossingsrichtingen in de ontwerpessies zal zoveel mogelijk gestreefd worden naar het toepassen van de onderstaande uitgangspunten.

3.2 Traceringsuitgangspunten elektriciteit

3.2.1 Platform op zee

HVDC-station

- Uitgangspunt is de TenneT-standaard voor een 2 GW converter-platform op zee (zoals toegepast bij IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 1 en 2).
- Dit platform bestaat uit een jacket (constructie op en in zeebodem) en een topside (behuizing van de installaties op de jacket, boven water).
- Het oppervlak van het jacket op de zeebodem is circa 45x90 m. De topside heeft een afmeting van 80x110 m. De platformen zullen een helikopterdek bevatten.

Transformatorstation

- Uitgangspunt is een 700 MW platform op zee, zoals toegepast bij onder andere Net op zee Hollandse Kust (west Beta).
- Dit platform bestaat uit een jacket (constructie op en in zeebodem) en een topside. De topside heeft een afmeting van circa 45x25x20 meter.

3.2.2 Kabelroute op zee

Algemeen

- Het Programma VAWOZ 2031-2040 kijkt ca. 9 elektrische verbindingen tot 2040 en naar ca. 2 extra elektrische verbindingen tot 2050.
- Een zo kort mogelijke route tussen het platform en de aanlanding.
- Waar mogelijk dient gebruik gemaakt te worden van de aangewezen corridors, bijvoorbeeld bij het kruisen van zandwingebieden. Kabels liggen bij voorkeur parallel met andere tracés om ruimtebeslag beperkt te houden.

Routeontwerp

- Er wordt op zee gezocht naar een corridor met als breedte $1000 \text{ m} + (\text{aantal kabels} - 1) * 200 \text{ m}$, het tekenen van routes als lijnen moet worden vermeden in verband met latere micro-aanpassingen. Het ruimtebeslag van één 2GW DC-verbinding is 1000 m, het ruimtebeslag van een AC-verbinding is afhankelijk van hoeveel kabelsystemen nodig zijn.

- De afstand tussen parallelle kabels (van TenneT) dient 200 meter te zijn op zee.
- Binnen de eerste kilometer van de kust kunnen de kabels op 100 meter van elkaar ingepland worden.
- Bij lastige passages op zee waar ruimtegebrek is, kunnen de kabels van TenneT over een kortere afstand dicht bij elkaar worden gepland. Dit geldt niet voor de aan te houden afstand tot kabels en leidingen van derden.
- Bochten in de route op zee dienen een straal te krijgen van minimaal 1500 meter in verband met de aanlegmethoden die nu worden aangeboden, die het mogelijk maken om de omvang van het baggerwerk te beperken.
- In de kustzone dient rekening gehouden te worden met een minimum waterdiepte van 6 meter LAT. Er kan eventueel gebaggerd worden om toegang te verschaffen voor het kabelgeponton.
- Op open zee dient rekening gehouden te worden met een minimum waterdiepte van 14 meter LAT in verband met de diepgang van de nieuwste grote kabelschepen.
- Bij het platform dient de kabelroute over een afstand van minimaal 200 meter recht naar het platform te lopen. Dat hoeft niet haaks op het platform te zijn, maar wel recht naar het punt waar de kabel het platform in gaat, in verband met het intrekken van de kabel.

Ligging nabij scheepvaartroutes

- De kabels mogen niet in de lengtes van verkeersbanen of clearways liggen, kruisingen zijn daarvan uitgezonderd.
- Kruisen van scheepvaartroutes bij voorkeur haaks, maar uiteindelijk tot een hoek van ongeveer 30 graden. Exacte hoek is afhankelijk van de complexiteit van het vaargebied: bij complex en intensief bevaren water zo haaks mogelijk kruisen.
- De kabels liggen bij voorkeur aan de westzijde van een verkeersscheidingsstelsel (VSS) (bij N-Z ligging) in verband met de kleinere kans op nood-ankeren tijdens westerstorm.
- De kabelroutes mogen niet in de aanloopgebieden van zeehavens liggen, tenzij deze voldoende diep ingegraven liggen.
- De kabels mogen niet door ankergebieden gepland worden en ook niet door de 1000 meter zone om de ankergebieden.
- Kabels liggen bij voorkeur niet direct ten noordoosten, oosten en zuidoosten ankergebieden gezien de risico's met krabbende ankers bij noordwesterstorm.
- De kabelroutes mogen niet door scheidingsstelsels met eenrichtingverkeer gepland worden, tenzij dat onvermijdbaar blijkt, als bijvoorbeeld boven de Waddeneilanden.

Andere kabels en leidingen (technische uitgangspunten)

- Andere kabels en leidingen dienen zo veel mogelijk buiten de scheepvaartroutes gekruist te worden, tenzij dat tot een significant langere route leidt.
- In gebieden met zandgolven moeten de kruisingen met andere kabels en leidingen in de dalen van de zandgolven komen te liggen.
- Bij voorkeur worden andere kabels en leidingen onder een hoek van +/- 60 graden gekruist.
- Binnen 500 meter van de kruising kunnen bochtstralen van 200 meter worden toegestaan.
- De route dient aan weerszijden van de kruising voor minimaal 50 meter recht te zijn.
- De hoogte van het kruisingsbouwwerk inclusief alle uitvoeringsmarges mag conform de waterwetvergunning niet boven de lokale markeringsdiepte uitsteken. Daarom moeten kruisingen op een waterdiepte van minder dan LAT -15 m vermeden worden.
- Wanneer de route parallel aan andere kabels of leidingen worden gepland die niet in beheer zijn bij TenneT, dan moet de afstand tot die andere kabels of leidingen minimaal 500 meter zijn. Afstand tot

telecomkabels is 750 meter. Deze afstand kan uit oogpunt van efficiënt ruimtegebruik waar mogelijk worden verkleind.

Bekende obstakels, zoals die op de zeekaart zijn aangegeven

- De routes mogen niet over wrakken worden gepland zoals die op de zeekaart zijn aangegeven. Tot de wrakken dient een afstand van minimaal 100 meter aangehouden te worden. Omdat de locatie van de wrakken op de zeekaart niet erg precies is, dienen wrakken ruim vermeden te worden.
- De routes voor de kabels mogen niet over andere obstakels op het zeebed gepland worden, zoals (voormalige) olie en gas bronnen. Die objecten dienen met een afstand van minimaal 500 meter vermeden te worden.

Zandwingebieden

- De kabels mogen niet door zandwingebieden gepland worden die actief gebruikt worden of waarvoor een vergunning is afgegeven of zal worden afgegeven. De kabels kunnen wel door gesloten zandwingebieden gepland worden.
- Conform het Programma Noordzee 2022-2027 wordt bij het zoeken naar ruimte voor een kabel die de reserveringszone voor zandwinning doorkruist achtereenvolgens gekeken of:
 1. Een route mogelijk is door een voor zandwinning uitgeput gebied, zo niet of:
 2. Een route mogelijk is in de reeds aangewezen voorkeurstracés voor kabels en leidingen, zo niet of:
 3. Een route mogelijk is waarbij de nieuwe kabels en leidingen worden gebundeld met bestaande kabels en leidingen, zo niet of:
 4. Een route alleen mogelijk is door een potentieel zandwingebied. Als dat het geval is, moet de initiatiefnemer het Rijk compenseren voor de extra kosten die worden gemaakt omdat de zandwinning moet uitwijken naar een andere locatie.
 5. Voor gebieden met schaarse zandvoorraad (de kust van Katwijk tot Egmond, en de kust voor Texel, Vlieland, Terschelling, Walcheren en de Kop van Schouwen) biedt compensatie geen afdoende oplossing. Daarom zal in die gevallen in principe binnen de stappen 1 tot en met 3 een oplossing moeten worden gevonden.

Windparken

- De kabels liggen bij voorkeur aan de oostzijde van een windpark.
- Tussen scheepvaartroutes en grote offshore initiatieven ligt een bufferzone (Programma Noordzee). Een bufferzone wordt niet gebruikt voor kabels, tenzij er elders geen ruimte is en aan voorwaarden voor onder andere diepteligging kan worden voldoen (overeenkomstig de door EZK en DGLM gemaakte afspraak in oktober 2022).
- Om een windpark ligt ook een veiligheidszone van 500 meter breed. Als er elders geen ruimte is voor de kabels, kunnen ze gepland worden door de buitenste 350 meter van de veiligheidszone om de windparken. Mogelijkheden om de veiligheidszone rond een windpark dan dal een windpark zelf te benutten wordt in het Programma VAWOZ nader bekeken (behoudens de 150 meter die het dichtst bij het windpark ligt). Dit gebeurt in afstemming met de bevoegde gezagen, het ministerie van IenW en de eigenaren van de windparken.
- Indien er door een windpark wordt getraceerd, moet rekening gehouden worden met de onderhoudszone van de infieldkabels in een windpark (250 meter aan weerszijden van de kabel).
- Indien er in een bufferzone wordt getraceerd (noord-zuid), dan zo dicht mogelijk tegen de veiligheidszone van het windpark aan.

Andere speciale gebieden

- Kabels worden niet gepland in verboden gebieden, zoals munitiestortgebieden.
- De kabels mogen niet in de veiligheidszone van een mijnbouwplatform liggen.
- Kabels kunnen door loswallen aangelegd worden, als de initiatiefnemer het aanvaardbaar vindt dat de gronddekking op de kabel toeneemt. Het gebied moet ook als verspreidingsgebied bruikbaar kunnen blijven.
- Natuurgebieden dienen zo veel als mogelijk vermeden te worden. Beperken van milieueffecten zoals effecten op Natura 2000-gebieden en rekening houden met de KRM en KRW. Kabels worden niet gepland door gesloten gebieden in Natura 2000-gebieden zoals bodembeschermingsgebieden. Vermijden van rust- en liggebieden in Natura 2000-gebieden.

Morfologie

- Daar waar mogelijk dienen zandbanken vermeden te worden.
- Daar waar mogelijk dienen zandgolven vermeden te worden.
 - Als zandgolven onvermijdbaar zijn en de zandgolven parallel aan de route liggen, dan dienen de kabelroutes de dalen van de zandgolven te volgen.
 - Als de zandgolven onvermijdbaar zijn en de zandgolven gekruist moeten worden, dan dienen ze zo goed als dat gaat haaks gekruist te worden om de omvang van baggerwerk te beperken

3.2.3 Kabelroute aanlandingspunt

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

- Een zo kort mogelijke route, dat wil zeggen een rechte lijn tussen begin- en eindpunt van de kabels is het uitgangspunt.
- In stand houden van de stabiliteit van (primaire) waterkeringen.
- Zoveel mogelijk bebouwd gebied vermijden.
- Natura 2000-gebieden en andere beschermde gebieden (broed- en rustplaatsen bodembeschermingsgebied) zo veel mogelijk vermijden of zo kort mogelijk doorkruisen.
- Maximale lengte (HDD)-boringen: 1.000-1.200 meter.
- Aanwezige ruimte voor het realiseren van de moffenput op de overgang tussen land- en zeekabels.
- De aanlanding op de kust dient over een afstand van 500 meter haaks op de kust te zijn in verband met het intrekken.
- Ruimtebeslag gelijkstroom: open ontgraving 'zakelijk recht overeenkomst' (vanaf nu: ZRO) 7 meter (3 meter aan weerszijden) en boring 10,75 meter (5 meter aan weerszijden). Voor de Maasvlakte gelden andere waarden.
- Ruimtebeslag wisselstroom: open ontgraving ZRO 12 meter en boring ZRO 15 meter (2 circuits 380 kV). Dit is afhankelijk van de specifieke configuratie, en bij boringen is het altijd maatwerk.

3.2.4 Kabelroute door binnenwateren

- Voor een route door binnenwateren moet rekening gehouden worden met een onderhoudszone van 50 meter aan weerszijden van de route.
- Beperken van milieueffecten op Natura 2000-gebieden en voldoen aan de doelstellingen van de KRW.
- Verminderen van effecten/hinder op de (recreatie)scheepvaart.
- Rekening houden met gebieden waar maatregelen zijn uitgevoerd in relatie tot de KRW.

- Rekening houden met andere infrastructuur.
- Rekening houden met visserij percelen.
- Kabels mogen niet door munitiedumpgebieden of andere dumpgebieden van afval gepland worden.
- Gebieden waarvan bekend is dat de waterbodem ernstig is vervuild dienen te worden vermeden.
- Zo min mogelijk kruisen van andere functies, zoals baggerstortvakken.
- Een kabel wordt bij voorkeur niet door een scheepvaartroute getraceerd. Indien er geen andere ruimte is, wordt in overleg met RWS bekeken welk maatwerk er mogelijk is.
- Bij kruising of ligging in een vaargeul is er sprake van maatwerk qua diepteligging, bijvoorbeeld bij aanleggen van een kabel minimaal 3 meter onder de maximale onderhoudsdiepte van de vaargeul.
- Kabels worden niet door ankergebieden getraceerd.
- Bochten van routes door binnenwateren dienen een straal te krijgen van minimaal 1000 meter in verband met de aanlegmethoden die nu worden aangeboden.
- Ruimtelijke randvoorwaarden TenneT en beheerders van kunstwerken en kabels en leidingen, haaks kruisen van kunstwerken en bestaande kabels en leidingen.
- Route ligt bij voorkeur gebundeld of parallel langs bestaande (of geplande) infrastructuur.

3.2.5 Kabelroute op land

De belangrijkste uitgangspunten voor de tracering op land zijn:

- Indien mogelijk een zo kort mogelijke route.
- Ondergrondse aanleg.
- Zoveel mogelijk vermijden van bebouwd gebied. Bij de tracering van een ondergrondse wisselstroomverbinding dient zo veel als redelijkerwijs mogelijk voorkomen te worden dat bebouwing waar mensen langdurig verblijven binnen 50 meter van het tracé ligt.
- De kabels worden bij voorkeur niet gerealiseerd daar waar een hoge kans bestaat dat archeologische-, aardkundige- en/of cultuurhistorische waarden en monumenten aanwezig zijn.
- De kabels worden bij voorkeur niet gerealiseerd binnen een (toekomstige) beheerszone van (vaar)wegen van rijk / provincie / gemeente.
- De kabels worden bij voorkeur niet gerealiseerd op 25 meter of minder van (de inrichtingsgrens van de locaties waar) BRZO-inrichtingen waar explosiegevoelige stoffen en/of brandbare materialen aanwezig zijn.
- De kabels worden bij voorkeur niet gerealiseerd in waterwingebieden, zettingsgevoelige gebieden en gebieden waar (ernstige) verontreiniging aanwezig is.
- Zo veel als mogelijk natuurgebieden vermijden: Natura 2000-gebieden, Natuur Netwerk Nederland (NNN) en nationale parken.
- Waar mogelijk bundelen van bestaande kabel- en leidingeninfrastructuur. Wederzijdse beïnvloeding en bereikbaar- en onderhoudsbaarheid kabelverbinding zijn hierbij wel belangrijke aandachtspunten.
- Waar mogelijk aansluiten bij bestaande (water)weginfrastructuur.
- Bij voorkeur zo min mogelijk kruisingen met waterwegen/-gangen en overige infrastructuur. Als er andere infrastructuur gekruist moet worden, zoals wegen, spoor, waterkeringen en watergangen, dan bij voorkeur haaks kruisen. Percelen zo veel mogelijk aan de rand passeren (niet dwars door percelen heen).
- Vanwege de lagere kosten en minder complex onderhoud is aanleg van een route via open ontgraving het uitgangspunt. Wanneer noodzakelijk –bijvoorbeeld bij kruising van infrastructuur en/of beperkt beschikbare ruimte- dan is boren ook een mogelijkheid.

- Technische uitvoerbaarheid: aanlegstrook: ca. 30 meter; maximale lengte boringen: 1.000-1.200 meter; buigstraalbocht 50-100 meter.
- Ruimtebeslag 525kV-gelijkstroomkabels: open ontgraving ZRO 7 meter (3,5 meter aan weerszijden) en boring 11 meter (+/-5 meter aan weerszijden). Er is ook een werkterrein nodig.
- Ruimtebeslag wisselstroomkabels (uitgaande van twee kabelsystemen): een belemmerde zone 3m aan weerszijden bij een open ontgraving. Een belemmerende zone van 5m bij boringen. Welke ruimte zich daartussen bevindt hangt af van de configuratie en hoeveel kabelsystemen het betreft. Er is ook een werkterrein nodig.

3.2.6 Converter- of transformatorstation op land

Converterstation

De belangrijkste uitgangspunten voor een locatie van een converterstation zijn:

- Voor iedere 2 GW is er 1 converterstation noodzakelijk.
- Er wordt gezocht naar een locatie voor een converterstation binnen een straal van 6 km vanaf een 380kV-hoospanningsstation. Zo dichtbij mogelijk heeft de voorkeur. Bij meer dan 6 km afstand van het converterstation moeten er extra spoelen op de stations worden geplaatst.
- Er moet beschikbare ruimte zijn voor een converterstation. Daarbij wordt beschikbare ruimte beschouwd als er een bedrijventerrein met onbebouwde ruimte is of bij agrarisch grondgebruik. De ruimte moet ook beschikbaar zijn voor een nieuwe bestemming (d.w.z. geen concrete plannen in de nabije toekomst), dit moet gecheckt worden bij de beheerder van het terrein.
- Uitgangspunt is beperken van onnodig landgebruik (WBS).
- Benodigd oppervlak voor een converterstation is ca. 5,5 ha + 2 ha tijdelijk werkterrein. Dit geldt voor een converterstation van 2 GW, voor iedere 2 GW extra is ook 5,5 ha + 2 ha werkterrein nodig.
- Beschikbare ruimte voor de benodigde bovengrondse hoogspanningsverbindingen om hoogspanningsstations te verbinden met het landelijke net.
- Zoveel mogelijk beperken van effecten op andere functies en aspecten waaronder effecten op bebouwde omgeving, infrastructuur, landschap, archeologie, cultuurhistorie, recreatie, natuur en waterkeringen.

Transformatorstation

- Voor het transformatorstation gelden dezelfde uitgangspunten, echter voor de capaciteit en het ruimtebeslag geldt het volgende:
 - Voor iedere 700 MW is er 1 transformatorstation noodzakelijk.
 - Benodigd oppervlak voor een transformatorstation (700 MW) is 3,5 ha + 2 ha tijdelijk werkterrein, met een werkbare lengte-breedte verhouding.

3.3 Traceringsuitgangspunten elektrolyser op land

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd voor een **locatie** voor een elektrolyser:

- In de nabijheid van een hoogspanningsstation waar elektrische aansluiting van windparken op zee plaatsvindt. De maximale afstand van een elektrolyser tot het hoogspanningsstation is circa 6 km.
- In de nabijheid van het Waterstofnetwerk Nederland
- Ten behoeve van de vraag naar water: in de nabijheid van een groot oppervlaktewater, waaronder de zee, om lange waterbuisleidingentracé en het gebruik van grondwater / drinkwater te voorkomen.

- Zoveel mogelijk beperken van effecten op andere functies en aspecten waaronder effecten op bebouwde omgeving, landschap, archeologie, cultuurhistorie, externe veiligheid, watertemperatuur oppervlaktewater, natuur en waterkeringen.
- Er is voldoende **ruimte** beschikbaar voor een elektrolyser:
 - Het uitgangspunt voor benodigde oppervlak voor een elektrolyser van 20 hectare per 1 GW. Omdat ook grootschalige elektrolyse van minder dan 1GW interessant kan zijn vanuit het perspectief van netbalans gaat het programma VAWOZ vooralsnog uit van een oppervlakte van een locatie van 20 hectare⁷.
 - Een eventuele ontzilting, indien gebruik gaat worden gemaakt van zout water, past binnen de aanname van 20 hectare per 1 GW.
 - Hoogte van een elektrolyser hangt deels van het ontwerp. Uitgangspunt is een hoogte tussen de 18 – 40 meter. Waarbij voor de gebouwen van de elektrolyzers wordt uitgegaan van 18-20 meter en de maximale hoogte uiteindelijk bepaald wordt door de keuze voor het koelsysteem. Indien gebruik gemaakt wordt van koeltorens kunnen deze een hoogte hebben tot 40 meter.

Voor **waterverbruik** worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- In totaal is er circa 10 liter zuiver water (circa 15 liter drinkwater) nodig voor het produceren van 1 kilo hernieuwbare waterstof. Dit is het water voor zowel productie als voor koeling.⁸
- In lijn met het principe van Water en Bodem Sturend is het belangrijk om uit te gaan van een toekomstbestendige watervoorziening bij de uitrol van elektrolyse.
- Zeewater gebruiken voor de productie van waterstof zou op termijn een optie kunnen zijn. Wel blijft er zoutresidu over dat afgevangen moet worden of terug naar zee getransporteerd moet worden. Momenteel worden er testen gedaan voor de productie van hernieuwbare waterstof op zee met zout water.

Voor het zoeken naar een locatie voor grootschalige elektrolyse zijn de volgende **richtafstanden** van belang om voldoende ruimte te behouden tot de bebouwde omgeving:

- Elektrolyse is qua milieubelasting waarschijnlijk vergelijkbaar met bestaande industrie, maar toepassing van het wettelijk kader is nog niet uitgekristalliseerd. Verwachting is dat een elektrolyser een niveau van impact heeft dat vergelijkbaar is met activiteiten in milieucategorie 4 of 5 (deze categorisering is ontwikkeld voor VNG en wordt veelgebruikt bij milieuzonering in bestemmingsplannen onder het huidige RO-regime. Dit gaat veranderen onder de Omgevingswet). Richtafstanden tussen dit soort activiteiten en “rustige woonwijk of rustig buitengebied” liggen tussen de 200 meter (categorie 4.1) en 1.000 meter (categorie 5.3).
- Op grond van huidige wetgeving valt een elektrolyser niet onder het Bevi of BRZO. Op dit moment zal daarom een aanname gedaan moeten worden voor richtlijnen op basis van deze kaders. De TenneT-studie veiligheidsafstanden geeft aan dat elektrolyser waarschijnlijk in te delen zijn onder categorie E6 (Seveso-inrichtingen – gevaarlijke stof) en E12 (Andere insluitsystemen) onder Bijlage VII van het Besluit Kwaliteit Leefomgeving van de Omgevingswet. Daarvoor wordt een afstand van 150 meter gehanteerd.

⁸ Er loopt nog een actie om hier ook een orde grootte waterverbruik per jaar te onderbouwen. Zowel voor de effectbepaling als ook gezien de vragen die hier in de regionale werksessies over gesteld worden is het van belang daar beter zicht op te krijgen.

- Inpassing van elektrolyzers binnen de contouren van een industrieterrein, zal een stuk gemakkelijker zijn dan daarbuiten. Als een locatie buiten een dergelijke ruimtelijke aanwijzing valt, moet er meer onderzoek worden gedaan en maatregelen genomen worden.

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd voor **geluid**:

- De producers van geluid zijn de omvormers, transformatoren, elektrolyzers, compressoren, koelinstallaties en gasdrukstelsysteem.
- Voor een 1 GW elektrolyser is de grootste geluidsproducent het transformatorstation. Hoe kleiner de elektrolyser, hoe kleiner de trafo, hoe minder geluid. Gemiddeld gezien moet je denken aan een geluidszone zoals bij een 380 kV station.
- Geluidsreducerende maatregelen voor bijvoorbeeld transformatoren, elektrolyzers en compressoren kunnen worden gerealiseerd. De ervaring leert dat deze beperkt impact hebben op ruimte.
- Verder is de inpassing van het geluid afhankelijk van de zonering; welke eisen de vergunningverlener (voor elektrolyzers is dat in principe de provincie) stelt en welke geluidsruimte nog beschikbaar is.

3.4 Traceringsuitgangspunten waterstof

3.4.1 Verzamelhub en elektrolyser op zee

De belangrijkste uitgangspunten voor een locatie van een elektrolyser op zee of een verzamelhub zijn (getallen zijn indicatief en gebaseerd op een conceptontwerp van de North Sea Wind Power Hub⁹):

- Benodigd oppervlakte voor een elektrolyser. Oppervlakte is o.a. afhankelijk van fundatie en toegepaste elektrolysetechniek.
- Voor de platformoplossing geldt dat een platform (topside) met afmetingen van ongeveer 100 meter bij 75 meter-(l x b) ongeveer 400-600 MW_e elektrolysecapaciteit kan herbergen. Platformen kunnen gegroepeerd worden geplaatst en onderling worden verbonden wanneer nodig.
- Voor elektrolyse op de windturbine is geen additionele ruimte nodig; de elektrolyzers worden op het transition piece geplaatst.
- Voor de 'verzamelhub' is een apart platform nodig (afmeting onbekend, maar kleiner dan het elektrolyseplatform).

3.4.2 Waterstofleiding op zee

Algemeen

- Er wordt gezocht naar een zo kort mogelijke route tussen de verzamelhub/elektrolyser op zee en aanlanding.
- Het Programma VAWOZ 2031-2040 kijkt naar maximaal 2 leidingen tot 2040 en mogelijk 1 extra leiding voor de periode tot 2050.

Routeontwerp, ruimtebeslag en uitvoerbaarheid

- Er wordt voor leidingen rekening gehouden met een onderhoudszone van 500 m aan weerszijden van de leidingen. Het totale gebied voor de leiding is daardoor 1.000 m breed.
- Voor de offshore route wordt bij voorkeur een bochtstraal van 5.000 meter aangehouden, wanneer dit niet mogelijk is kan dit mogelijk gereduceerd worden tot 2.000 meter.

⁹ Bron: North Sea Wind Power Hub (NSWPB), 2022, "Grid-integrated offshore Power-to-Gas: A feasibility review review and discussion of power grid-integrated offshore Power-to-Gas. Discussion paper #1."

- De leiding moeten voldoende diep begraven zijn om blootspoeling (in dynamische zandgebieden) te voorkomen.
- Voor aanleg door een legschip op ankers is een minimale diepgang van 6 meter vereist (bestaand of door baggerwerk tijdelijk gecreëerd).
- Bundelingsprincipe: waar mogelijk bundelen van bestaande leidingeninfrastructuur om het ruimtebeslag te beperken.
- Bij parallelligging met leidingen geldt een onderlinge afstand van 100 m of zoveel afstand als noodzakelijk voor de aanlegmethode. Dit dient nog afgestemd te worden tussen Gasunie en de operators. Ook gelden de eisen van vergunningverlener en van andere eigenaren (NEN 3656).
- Het parallel lopen met hoogspanningskabels wordt vermeden. Indien dit niet mogelijk is, een minimumafstand van 500 m aanhouden.
- Bij parallelligging met elektriciteitskabels (met name wisselspanning) is een beïnvloedingsstudie noodzakelijk.

Ligging nabij scheepvaartroutes

- Leidingen mogen niet in de lengteas van verkeersbanen of clearways liggen, kruisingen zijn daarvan uitgezonderd.
- Kruisen van scheepvaartroutes bij voorkeur haaks, maar uiteindelijk tot een hoek van ongeveer 30 graden. Exacte hoek is afhankelijk van de complexiteit van het vaargebied: bij complex en intensief bevaren water zo haaks mogelijk kruisen.
- Leidingen liggen bij voorkeur aan de westzijde van een verkeersscheidingsstelsel (VSS) (bij N-Z ligging) in verband met de kleinere kans op nood-ankers tijdens westerstorm.
- Leidingen mogen niet in de aanloopgebieden van zeehavens liggen, tenzij deze voldoende diep ingegraven liggen.
- Leidingen mogen niet door ankergebieden gepland worden en ook niet door de 1000 meter zone om de ankergebieden.
- Leidingen liggen bij voorkeur niet direct ten noordoosten, oosten en zuidoosten ankergebieden gezien de risico's met krabbende ankers bij noordwesterstorm.

Obstakels en kruisingen met andere leidingen

- Er dient rekening gehouden te worden met archeologische waarden/objecten.
- Obstakels op de zeebodem moeten worden vermeden (andere leidingen, munitiedumps of scheepswrakken).
- Volg een glad zeebodemprofiel; het waar mogelijk vermijden van koraalgroei, ontsluitingen van rotsen, zachte of vloeibare bodems en andere obstakels op de zeebodem.
- Vermijden of minimaliseren van het aantal kruisingen van pijpleidingen waar mogelijk. Als er toch sprake is van een kruising van infrastructuur, dan bij voorkeur haaks kruisen.

Speciale gebieden

- Leidingen worden niet gepland door verboden gebieden, zoals munitiestortgebieden. Zo min mogelijk kruisen van verspreidingsvakken (loswallen voor stort baggerspecie). Leidingen kunnen door loswallen aangelegd worden, als de initiatiefnemer het aanvaardbaar vindt dat de gronddekking op de kabel toeneemt. Het gebied moet ook als verspreidingsgebied bruikbaar kunnen blijven.

- Beperken van milieueffecten zoals effecten op Natura 2000-gebieden rekening houden met de KRW en KRM. Leidingen worden niet gepland in gesloten gebieden binnen Natura 2000-gebieden (zoals een bodembeschermingsgebied).
- De leidingen mogen niet in de veiligheidszone van een mijnbouwinstallatie liggen.
- Bufferzones worden niet gebruikt voor leidingen, tenzij er elders geen ruimte is. Binnen het Programma VAWOZ zal worden bekeken of een leiding getraceerd kan worden door windparken dan wel de veiligheidszone van een windpark, waarbij de 150 meter het dichtst bij het windpark gelegen niet wordt benut. Zie ook paragraaf 3.2.2 Kabelroute op zee.
- De leidingen mogen niet in de veiligheidszone van 150 m langs de buitenrand van een windpark liggen. De leidingen liggen bij voorkeur aan de oostzijde van een windpark.
- De leidingen mogen niet door zandwingegebieden gepland worden die actief gebruikt worden of waarvoor een vergunning is afgegeven of zal worden afgegeven. De kabels kunnen wel door gesloten zandwingegebieden gepland worden.
- Conform het Programma Noordzee 2022-2027 wordt bij het zoeken naar ruimte voor een leiding die de reserveringszone voor zandwinning doorkruist achtereenvolgens gekeken of:
 1. Een route mogelijk is door een voor zandwinning uitgeput gebied, zo niet of:
 2. Een route mogelijk is in de reeds aangewezen voorkeustracés voor kabels en leidingen, zo niet of:
 3. Een route mogelijk is waarbij de nieuwe kabels en leidingen worden gebundeld met bestaande kabels en leidingen, zo niet of:
 4. Een route alleen mogelijk is door een potentieel zandwingegebied. Als dat het geval is, moet de initiatiefnemer het Rijk compenseren voor de extra kosten die worden gemaakt omdat de zandwinning moet uitwijken naar een andere locatie.
 5. Voor gebieden met schaarse zandvoorraad (de kust van Katwijk tot Egmond, en de kust voor Texel, Vlieland, Terschelling, Walcheren en de Kop van Schouwen) biedt compensatie geen afdoende oplossing. Daarom zal in die gevallen in principe binnen de stappen 1 tot en met 3 een oplossing moeten worden gevonden.

Als er sprake is van een leiding door binnenwateren, gelden dezelfde uitgangspunten als voor een elektrische verbinding (zie paragraaf 3.2.4).

3.4.3 Afsluiterlocatie

- Een afsluiterlocatie is bovengronds toegankelijk en bedienbaar. De afsluiters zelf bevinden zich in de leiding onder de grond.
- De locatie wordt afgescheiden van de omgeving middels een hekwerk.
- De oppervlakte van een afsluiterlocatie bedraagt naar verwachting enkele tientallen vierkante meters.

3.4.4 Waterstofleiding op land

Algemeen en ruimtebeslag

- Een zo kort mogelijke route. Dat wil zeggen een rechte lijn tussen begin- en eindpunt van de leiding is het uitgangspunt.
- Bundelingsprincipe: Waar mogelijk bundelen van bestaande leidingeninfrastructuur om het ruimtebeslag te beperken. Hierbij moet gezorgd worden voor voldoende afstand tot aangrenzend

hoogspanningssysteem conform NEN 3654. De NEN 3654 geldt alleen voor wisselspanning, niet voor gelijkspanning. Uiteindelijk moet aan alle (NEN) normen worden voldaan.

- Ruimtebeslag: de belemmeringenstrook (de ZRO) voor hogedrukleidingen is 5 meter aan weerszijden, dus in totaal 10 meter breed.
- Een leiding kan aangelegd worden in een open ontgraving, dit is het uitgangspunt. Bij een open ontgraving in kustgebied kan een dubbele damwand toegepast worden die de gemaakte sleuf open houdt gedurende de werkzaamheden.
- Een leiding kan ook gelegd worden met diverse sleufloze technieken. Sleufloze technieken worden voornamelijk toegepast bij het kruisen van gevoelige gebieden en andere infrastructuur. De volgende sleufloze technieken kunnen worden toegepast:
 - Een horizontaal gestuurde (HDD)-boring: deze techniek wordt gebruikt bij het kruisen van grote infrastructuur. Een HDD-boring heeft een maximale lengte van 1.5-2.0 km.
 - Persing: dit zijn relatief korte boringen met een maximale lengte van ca. 150 meter. Er zijn verschillende typen persingen.
- De werkstrook, de ruimte benodigd voor het aanleggen van infrastructuur, is afhankelijk van de aanlegmethode:
 - Open ontgraving: 30 tot 40 m.
 - HDD-boring: hiervoor is geen werkstrook nodig. Wel is een intrede en een uittredepunt nodig. Het intrede punt heeft een oppervlakte van ongeveer 40 m bij 70 m. Het uittredepunt ligt op de strook waarin de leiding wordt aangebracht.
- Minimale kromtestraal voor installatie op land volgens de richtlijn in NEN 3650.

Speciale gebieden

- Zoveel mogelijk vermijden van bebouwd gebied (en specifiek scholen en woningen), of planologische ontwikkelingen. Deze zijn van invloed op de voorgenomen route en/of ontwerp (bijvoorbeeld externe veiligheid).
- Bijzondere waardevolle natuurgebieden (Natura 2000-gebieden en NNN) dienen in principe zoveel mogelijk ontzien te worden of vragen speciale aanlegmethoden om milieueffecten te beperken.
- Cultuurhistorische en archeologische (beschermde) gebieden en/of elementen dienen zo veel mogelijk met rust gelaten te worden en als het niet anders kan, dient tijdens de aanleg hiermee rekening gehouden te worden. Streven is er op gericht objecten in-situ te behouden.
- Waterwingebieden worden in principe vermeden. Grondwaterbeschermingsgebieden en boringvrije zones zijn medebepalend voor het ontwerp van de route van een nieuwe leiding.
- Speciale agrarische toepassingen (bijvoorbeeld boomkwekerijen, kassen, etc.): bepaalde vormen van agrarisch gebruik kennen een meerjarencyclus. Het cultuurtechnisch herstel kan hierdoor onevenredig duur uitvallen waardoor alternatieve routes aantrekkelijk kunnen gaan worden. Aangepaste werkstrookbreedtes of sloop van bijvoorbeeld kassen zijn kostenverhogende oplossingen.
- Vermijden of minimaliseren van kruisingen van wegen, spoorwegen, nutsvoorzieningen en dijken.
- Geen negatieve effecten voor externe veiligheid (toegankelijk voor veiligheidsdiensten)
- Uitvoeringstechnische facetten: hieronder vallen overwegingen die voortkomen uit de kwaliteit van de ondergrond, verwachte grondwateronttrekking, mogelijke bodemverontreinigingen, toegankelijkheid van de route, etc.

3.4.5 Aanlandingsstation waterstof

Een aanlandingsstation is nodig om de offshore waterstofleiding te laten aansluiten op het Waterstofnetwerk Nederland. Het bevat een aantal noodzakelijke functies, zoals het uitvoeren van metering, drukreductie en -beveiliging en ontvangst van interne inspectietools.

De belangrijkste uitgangspunten voor een locatie van een aanlandingsstation zijn:

- Nabijheid van het Waterstofnetwerk Nederland.
- Benodigd oppervlakte voor een aanlandingsstation is circa 2 tot 5 hectare.
- Zoveel mogelijk beperken van effecten op andere functies en aspecten waaronder effecten op bebouwde omgeving, landschap, archeologie, cultuurhistorie, natuur en waterkeringen.

Bijlage C Systemintegratie wind op zee fase NRD

Systeemintegratie wind op zee

Fase NRD pVAWOZ 2031-2040



Datum: 17-11-2023

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	3
1 Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Fasering onderzoek systeemintegratie	5
1.3 Wat zijn de uitgangspunten voor de analyse?	6
1.4 Methodologie.....	8
1.5 Leeswijzer.....	10
2 Transportroutes windenergie naar eindgebruikers.....	11
2.1 Transport vanaf windpark naar kust.....	11
2.2 Transport vanaf kust naar eindgebruikers	13
3 Scenario's voor 2040.....	15
3.1 Introductie scenario's.....	15
3.2 Basisscenario's II3050	16
3.3 Nieuwe scenario's	20
3.4 Vergelijk scenario's met richtwaardes Nationaal Plan Energiesysteem	24
4 Rol flexibiliteit bij integratie wind op zee	26
4.1 Beschouwing rol flexibiliteitsbronnen bij integratie wind op zee.....	26
4.2 Relevante technieken.....	26
4.3 Vermogens flexibiliteitsbronnen per scenario.....	29
5 Benutting windenergie.....	31
5.1 Afwegingen efficiënte verhouding elektriciteit/waterstof	31
5.2 Inschatting verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, per scenario	33
5.3 Benutting windenergie.....	35
5.4 Gevoeligheidsanalyse systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen	36
6 Inpassing energiesysteem op land.....	40
6.1 Inpassing elektrische aanlanding	40
6.2 Inpassing waterstofaanlanding	48
7 Plaatsen ontwikkelingen in de tijd.....	50
7.1 Pad uitrol wind op zee periode 2031-2040.....	50
7.2 Doorkijk richting 2050.....	55
8 Conclusies en vervolg.....	57
8.1 Conclusies.....	57

8.2	Prioritering elektrische aanlandingen	60
8.3	Vergelijk resultaten met eerdere onderzoeken	62
8.4	Openstaande vragen	65
9	Referenties.....	66
Bijlage A Methodologie.....		67
A.1	Transportroutes windenergie naar eindgebruikers.....	68
A.2	Scenario's.....	68
A.3	Rol flexibiliteit bij inpassing wind op zee	68
A.4	Benutting windenergie.....	69
A.5	Inpassing energiesysteem op land.....	70
A.6	Terugkijken naar 2031 en vooruitkijken naar 2050	72
A.7	Integratie elektriciteit en waterstof.....	72
Bijlage B scenario Krimp industrie		73
Bijlage C scenario Doorvoer naar buitenland		74
Bijlage D Benutting windenergie.....		75
Bijlage E Integratie elektrische aanlanding.....		76

Samenvatting

Een startanalyse voor systeemintegratie van wind op zee

Dit onderzoek is onderdeel van het programma Verbindingen Aanlanding Wind op Zee 2031-2040 (pVAWOZ), waarin gezocht wordt naar verbindingen voor in totaal 50 GW wind op zee in 2040. Dit onderzoek geeft een overzicht van de eerste inzichten rondom systeemintegratie. Systeemintegratie is een belangrijk onderwerp bij aanlanding van wind op zee, maar zeker niet het enige relevante aspect. In deze fase kijken we nog niet naar de ruimtelijke effecten; dat komt later in het project samen.

In dit onderzoek is gekeken naar twee aspecten. Eerst is op nationaal niveau gekeken naar de integratie van 50 GW wind op zee in het energiesysteem en naar een efficiënte verhouding tussen aanlanding van elektriciteit en conversie naar waterstof. Vervolgens is ingezoomd op de verschillende regio's waar de energie moet aanlanden, om impact op (lokale) energie-infrastructuur in kaart te brengen en een inschatting te maken van een efficiënte verdeling over de verschillende aansluitlocaties.

De resultaten van dit onderzoek geven een eerste inschatting van de effecten van aanlanding van wind op zee op het energiesysteem, maar geven hier nog geen definitief uitsluitsel over. Hiervoor zijn verder diepgaande analyses in Fase IEA/plan-MER of andere programma's, zoals het Energie Infrastructuur Plan Noordzee (EIPN), noodzakelijk.

Een efficiënte verhouding tussen elektriciteit en waterstof is sterk afhankelijk van het scenario

In dit onderzoek is voor zes toekomstscenario's onderzocht wat een energetisch en economisch efficiënte verhouding kan zijn tussen elektrische aanlanding met kabels en aanlanding van waterstof met buisleidingen, voor de 50 GW wind op zee in 2040. Dit heeft als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (circa tien elektrisch, twee waterstof) en geeft inzicht in de afhankelijkheden, zoals ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen.

Hierbij zijn veel aspecten van belang. Om een globale inschatting te maken van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en directe omzetting naar waterstof te bepalen, is een versimpelde economische afweging gemaakt.

Uit de analyses volgt dat naar verwachting tussen 2031 en 2040 **in totaal minimaal twee extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario Decentraal – Krimp industrie) en **maximaal dertien extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario *Doorvoer naar buitenland*). De energie van de overige windparken wordt dan via buisleidingen in de vorm van waterstof aan land gebracht. Het gaat in de verschillende scenario's om één tot twee extra waterstofverbindingen.

De circa tien elektrische verbindingen waar binnen het programma naar gezocht wordt, zijn in de meeste scenario's voldoende, maar het is wel belangrijk om goed na te denken waar de elektriciteit voor gebruikt wordt, voordat er daadwerkelijk een keuze gemaakt wordt over het aantal elektrische verbindingen dat gerealiseerd gaat worden.

Een efficiënte verdeling over de aansluitlocaties is noodzakelijk voor zo min mogelijk uitbreidingen aan energie-infrastructuur op land

Voor clusters van aansluitlocaties is bepaald hoeveel extra elektrische aanlanding naar verwachting mogelijk is na 2031, voordat extra hoogspanningsverbindingen op land noodzakelijk zijn¹.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Er kunnen naar verwachting na 2031 minimaal twee extra verbindingen gerealiseerd worden in Groningen in elk scenario.
- Er kunnen naar verwachting na 2031 minimaal twee extra verbindingen gerealiseerd worden in Noord-Holland in elk scenario. Dit kan in het Noordzeekanaalgebied of de Kop van Noord-Holland gerealiseerd worden.
- Diepe aanlanding in Limburg, tot drie verbindingen, zorgt voor verminderde belasting op de bovengrondse hoogspanningsverbindingen vanaf de kust naar Limburg.
- Met inzet van flexibele bronnen, met name elektrolyse, kunnen naar verwachting na 2031 één tot twee extra verbindingen in Groningen en één tot twee extra verbindingen in Noord-Holland gerealiseerd worden. Dit is bovenop de eerdergenoemde twee verbindingen in beide regio's.
- Indien noodzakelijk kunnen mogelijk nog extra verbindingen gerealiseerd worden in Noord-Brabant, Zeeland en Rotterdam. Maar meer spreiding heeft naar verwachting de voorkeur, aangezien veel aanlanding in deze clusters naar verwachting leidt tot forse transportstromen vanaf de kust, via Noord-Brabant, naar Limburg.
- Bij realisatie van kernenergie in Rotterdam of Zeeland kan daar naar verwachting geen extra elektrische aanlanding gerealiseerd worden.
- Het is mogelijk om extra elektriciteit naar land te brengen, specifiek voor de doorvoer richting België en Duitsland. In dat geval is het realiseren van extra verbindingen bij een DC-hub in Zuidwest-Nederland een optie.

Onzekerheden methodologie

Om een goede inschatting te maken van de transportstromen over deze 380 kV-verbindingen en de impact van (elektrische) aanlanding van wind op zee, is een integrale doorrekening door TenneT noodzakelijk. In deze fase van het onderzoek zijn echter nog geen doorrekeningen uitgevoerd, aangezien het gaat om een eerste verkenning.

In deze eerste verkenning zijn enkele relevante factoren voor de belasting op de 380 kV-verbindingen niet meegenomen, zoals: de impact dieper op het net, transit-flows bij de clusters, de effecten van import/export van elektriciteit, transportcapaciteit in de periode van onderhoud en de inschatting wanneer uitbreidingen noodzakelijk zijn. Vanwege de bovenstaande beperkingen geeft de gekozen methodiek geen exacte inschatting van de belasting op de 380 kV-verbindingen. Maar deze benadering is goed genoeg voor het doel van deze fase van het onderzoek, namelijk richting geven voor de ruimtelijke analyses. In Fase IEA/plan-MER zal TenneT een integrale doorrekening doen om de effecten van (elektrische) aanlanding van wind op zee op de 380 kV-verbindingen beter in te schatten.

Bij waterstofaanlanding zijn met name de nabijheid van het landelijke waterstoftransport-net en de tijdige beschikbaarheid van aanvoerleidingen vanaf de aanlanding tot dit landelijke waterstofnet van belang. Gasunie doet momenteel onderzoek naar de tijdige beschikbaarheid van aanvoerleidingen op elk van deze locaties. Ook dit volgt in Fase IEA/plan-MER.

¹ De geplande uitbreidingen uit het investeringsplan van TenneT zijn reeds meegenomen als uitgangspositie.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Dit onderzoek is onderdeel van het programma Verbindingen Aanlanding Wind op Zee. Het onderzoek geeft een overzicht van de eerste inzichten rondom systeemintegratie. Systeemintegratie is een belangrijk onderwerp bij aanlanding van wind op zee, maar zeker niet het enige relevante aspect. Bij de uiteindelijke besluitvorming rondom aanlanding van wind op zee is een integrale afweging van verschillende relevante criteria noodzakelijk. Dit zal binnen het Programma VAWOZ bij de integrale effectenanalyse gebeuren.

Binnen dit onderzoek kijken we naar de mogelijkheden en afwegingen rondom aanlanding van wind op zee, puur vanuit het perspectief van systeemintegratie. We wegen op dit moment nog niet mee of de onderzochte opties ook daadwerkelijk ruimtelijk haalbaar zijn. Parallel wordt in het ruimtelijke spoor onderzoek gedaan wat ruimtelijk haalbaar is. Deze parallelle sporen komen daarnaast samen. De analyses voor systeemintegratie hebben daarnaast ook invloed op het ruimtelijke spoor. Het geeft richting aan de bandbreedtes van aantallen verbindingen die per gebied ruimtelijk onderzocht worden en helpt daarmee aan het gericht zoeken naar geschikte tracés voor verbindingen.

Het programma Verbindingen Aanlanding Wind op Zee staat niet op zichzelf, maar is nauw verbonden met programma's zoals het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE), het Energie-Infrastructuur Plan Noordzee (EIPN), het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) en het Nationaal Programma Verduurzaming Industrie (NPVI). In Fase IEA/plan-MER gaan we expliciet in op de plannen en ambities in deze programma's op de aanlanding van wind op zee.

1.2 Fasering onderzoek systeemintegratie

Bij de analyse van systeemintegratie wordt onderzocht welke configuratie aan aanlandingen (verhouding elektriciteit/waterstof op nationaal niveau en aansluiting in welke gebieden) wenselijk is vanuit het energiesysteem. De analyses rondom systeemintegratie bestaan uit twee niveaus.

- Er wordt eerst een algemene analyse voor systeemintegratie gedaan als input voor het bepalen van kansrijke oplossingsrichtingen. Deze analyses worden uitgevoerd tot de zomer van 2023 en beschrijven we hieronder. Dit is onderdeel van de **Fase NRD**.
- Na het bepalen van de kansrijke oplossingsrichtingen, volgt bij de beoordeling van de verschillende alternatieven in de IEA een beoordeling/toets van kansrijke alternatieven op het punt systeemintegratie, waarbij verder gedetailleerdere analyses gedaan worden. Deze analyses volgen in 2024 en is onderdeel van de **Fase IEA/plan-MER**. De precieze invulling bepalen we later.

In dit onderzoek, voor Fase NRD-systeemintegratie, bepalen we de overwegingen die vanuit het perspectief van systeemintegratie spelen bij de aanlandingen van wind op zee (elektrisch en waterstof) bij verschillende aansluitlocatie. Dit doen we voor meerdere scenario's voor 2040. De uitkomsten van Fase NRD worden in dit rapport besproken.

De resultaten van dit onderzoek geven een eerste inschatting van de effecten van aanlanding van wind op zee op het energiesysteem, maar geven hier nog geen definitief uitsluitsel over. Hiervoor zijn verder diepgaande analyses in de Fase IEA/plan-MER noodzakelijk.

1.3 Wat zijn de uitgangspunten voor de analyse?

Voor de analyses rondom systeemintegratie is het belangrijk om de uitgangspunten vooraf scherp te hebben. De belangrijkste uitgangspunten zijn de geplande aanlandingen van wind op zee tot 2031 en de aansluitlocaties die bekeken worden voor aanlanding van wind op zee tussen 2031 en 2040. De uitgangspuntennotitie is de basis hiervoor.

1.3.1 Geplande aanlandingen wind op zee tot 2031

Om te weten hoeveel elektriciteit aan kan landen op elke aansluitlocatie tussen 2031 en 2040 is het van belang hoeveel elektrische aanlanding van windparken op zee reeds gepland is per locatie tot 2031, in de routekaart windenergie op zee 2030 en de aanvullende routekaart windenergie op zee 2030/2031 vanuit VAWOZ 2030. In totaal zal tot 2031 ongeveer 21 GW wind op zee elektrisch aanlanden. Daarnaast zijn er voor 2030 plannen voor een grootschalige pilot met 500 MW offshore elektrolyse in het windgebied Ten noorden van de Waddeneilanden².

De tabel hieronder geeft een overzicht van de bestaande plannen voor aanlanding van wind op zee tot 2031. Een deel van deze plannen kunnen nog wijzigen, maar voor nu nemen we onderstaande mee als uitgangspunt voor de verdere analyses. In totaal is voor 23 GW aan ruimtelijke procedures opgestart tot 2031. Het is de verwachting dat hiervan 21 GW gerealiseerd zal worden tot en met 2031.

Tabel 1 – Geplande aanlandingen wind op zee tot 2031

Aansluitlocatie	Gerealiseerd en restant routekaart wind op zee	Aanvullende routekaart wind op zee
Maasvlakte	3,4 GW	4 GW
Eemshaven	0,7 GW	4,5 GW (4 GW elektrisch + pilot 0,5 GW waterstof)
Beverwijk	2,1 GW	0 GW
Borssele	3,4 GW	2 GW
Geertruidenberg/Moerdijk	0 GW	2 GW
Overig	0,4 GW	

1.3.2 Welke aansluitlocaties worden bekeken voor 2031-2040?

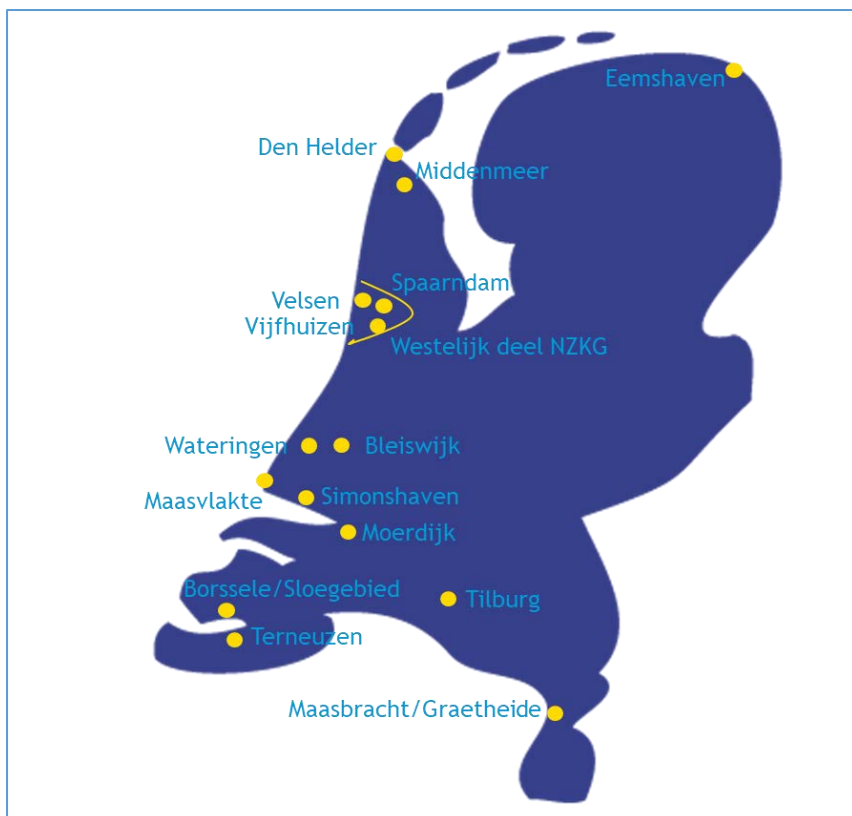
In de voorverkenning VAWOZ 2031-2040 is onderzoek gedaan naar mogelijke locaties voor aanlanding van wind op zee tussen 2031 en 2040, voor zowel elektrische aanlanding als aanlanding van waterstof. Tabel 2 geeft een overzicht van de potentiële aansluitlocaties die meegenomen worden in de analyses voor systeemintegratie. Deze aansluitlocaties zijn weergegeven in Figuur 1.

² [Windpark boven Groningen beoogd als 's werelds grootste waterstof op zee productie in 2031.](#)

Tabel 2 – Potentiële aansluitlocaties 2031-2040³

Aansluitlocatie	Type aanlanding	Toelichting
Middenmeer	Elektriciteit	Bij nieuw te bouwen 380 kV-station. Realisatie 380 kV-station en verbinding voorwaarde voor mogelijke aanlanding.
Den Helder	Elektriciteit	Nog geen 380 kV-station gepland. Realisatie 380 kV-station en verbinding voorwaarde voor mogelijke aanlanding.
	Waterstof	Verwachte toekomstige waterstofinfrastructuur nabij de kust (Waterstofnetwerk Nederland) en gebied goed ontsloten door bestaande gasinfrastructuur vanaf de Noordzee.
Vijfhuizen	Elektriciteit	Bij bestaand 380 kV-station vermoedelijk capaciteit.
Velsen	Elektriciteit	Maximaal 700 MW bij sluiting Vattenfall centrale Velsen (restgassen Tata Steel).
Spaarndam, A10 Noord-Oost, Weesp	Elektriciteit	Nieuw te bouwen 380 kV-stations.
Westelijk deel NZKG	Waterstof	Verwachte toekomstige waterstofinfrastructuur (Waterstofnetwerk Nederland) nabij de kust en naar verwachting forse waterstofvraag in toekomst.
Bleiswijk	Elektriciteit	Bij bestaand 380 kV-station vermoedelijk capaciteit.
Wateringen	Elektriciteit	Bij bestaand 380 kV-station vermoedelijk capaciteit.
Simonshaven	Elektriciteit	Bij bestaand 380 kV-station vermoedelijk capaciteit.
Maasvlakte/Europoort	Elektriciteit	Bij Europoort nieuw 380 kV-station gepland. Bij bestaande stations Maasvlakte geen ruimte meer, dus zou nieuw station moeten komen.
	Waterstof	Verwachte toekomstige waterstofinfrastructuur nabij de kust (Waterstofnetwerk Nederland) en naar verwachting forse waterstofvraag in toekomst. Hierbij wordt ook aanlanding via Delta Rhine Corridor gekeken.
Geertruidenberg	Elektriciteit	Bij bestaand 380 kV station.
Moerdijk	Elektriciteit	Bij nieuw te bouwen 380 kV-station.
Tilburg	Elektriciteit	Bij nieuw te bouwen 380 kV-station. Weinig onderzoek gedaan.
Maasbracht	Elektriciteit	Diepe aanlanding. Bestaand station met AC-interconnectie met Duitsland en België.
Graetheide	Elektriciteit	Diepe aanlanding. Nieuw te bouwen 380 kV-station.
Borssele/Sloegebied	Elektriciteit	Nieuw 380 kV-station nodig, beschikbare ruimte beperkt
Terneuzen	Elektriciteit	Bij nieuw te bouwen 380 kV-station. Realisatie 380 kV verbinding voorwaarde voor mogelijke aanlanding
	Waterstof	Verwachte toekomstige waterstofinfrastructuur (Waterstofnetwerk Nederland) nabij de kust en naar verwachting forse waterstofvraag in toekomst. Grote afstand tot windenergiegebieden.
Eemshaven	Elektriciteit	Wordt onderzocht in PAWOZ, maar nemen we op niveau systeemintegratie wel mee in pVAWOZ.
	Waterstof	

³ In dit onderzoek hebben we alle potentiële aansluitlocaties uit de voorverkenning meegenomen. Naar verwachting vallen er enkele locaties, zoals Bleiswijk, af voor verder onderzoek.



Figuur 1 – Potentiële aansluitlocaties 2031-2040

1.3.3 Geplande uitbreidingen energie-infrastructuur

De analyses voor systeemintegratie worden uitgevoerd voor het zichtjaar 2040, met een losse analyse voor het uitrolpad van 2031 tot 2040 (meer hierover in Bijlage AA.6). Op dit moment is er al veel energie-infrastructuur aanwezig en tot 2040 staan al veel investeringen voor nieuwe projecten op de planning. Zo worden veel uitbreidingen gedaan aan het 380 kV-net, worden de 150 kV- en 110 kV-netten op een andere manier ingericht (met een pocketstructuur) en wordt een landelijk waterstofnetwerk aangelegd. In de analyses van dit rapport zijn de huidige situatie en de geplande investeringen de uitgangssituatie. Dit betekent dat aangenomen wordt dat de geplande investeringen in ieder geval gerealiseerd worden. Alleen investeringen die opgenomen zijn in het investeringsplan van netbeheerders of waar een investeringsbeslissing, worden meegenomen⁴.

1.4 Methodologie

Het hoofddoel van de analyses in Fase 1 is om input te leveren voor het ontwerpproces van kansrijke aanlandingen. Daarvoor bepalen we de overwegingen die vanuit het perspectief van systeemintegratie spelen bij de aanlandingen van wind op zee (elektrisch en waterstof) bij verschillende aansluitlocatie. Dit doen we voor meerdere scenario's voor 2040.

⁴ Het Waterstofnetwerk Nederland is niet opgenomen in investeringsplannen, maar nemen we wel mee aangezien hier wel al een uitrolplan voor ligt.

Als startpunt van de analyses hebben we verschillende transportroutes vanaf windparken op zee naar de eindgebruikers in kaart gebracht. Voor elk van deze transportroutes hebben we ook de energieverliezen in de transportketen in kaart gebracht.

Het bepalen van de overwegingen vanuit het perspectief van systeemintegratie gebeurt in twee stappen:

- **Benutting van windenergie.** Eerst hebben we een globale inschatting gemaakt van een energetisch en economisch efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en elektrolyse op zee en aanlanding in de vorm van waterstof in 2040, gegeven de verwachte ontwikkeling van de energievraag en productie van overige bronnen. Dit doen we voor elk van de scenario's. De analyses in deze stap van het onderzoek hebben als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (10 elektrisch, 2 waterstof). Daarnaast geeft de analyse inzicht in de afwegingen rondom de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof en de afhankelijkheid van ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen (zoals kernenergie).
- **Inpassing energiesysteem op land.** Vervolgens hebben we onderzocht hoe de elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen (volgend uit de vorige stap) zo efficiënt mogelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem op land, zodat zo min mogelijk extra energie-infrastructuur op land noodzakelijk is. Hierbij kijken we afzonderlijk naar elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen, aangezien voor beide opties andere afwegingen spelen. Voor deze stap kijken we afzonderlijk naar de ontwikkeling van vraag en aanbod van energie per cluster van aansluitlocaties (meer hierover in Bijlage A.5). Ook dit doen we voor elk scenario.

Bij de bovenstaande analyses is expliciete aandacht besteed aan de wisselwerking tussen het elektriciteitssysteem en het waterstofsysteem. Het is de verwachting dat een deel van de windenergie omgezet zal worden in waterstof door middel van elektrolyse, waarbij zowel elektrische infrastructuur als waterstofinfrastructuur noodzakelijk is. Daarom is het van belang om deze systemen in samenhang te bekijken, zowel voor het gehele energiesysteem als voor specifieke locaties.

Daarnaast hebben we gekeken naar de impact van flexibiliteitsbronnen op de integratie van wind op zee. Richting 2040 zal inzet van flexibiliteitsbronnen, zoals batterijen en elektrolyzers, noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Inzet van flexibiliteitsbronnen, op land maar ook op zee door het verbinden van elektriciteit en waterstof middels hybride verbindingen, draagt bij aan de integratie van wind op zee.

Bovenstaande analyses zijn uitgevoerd voor de situatie in 2040, maar in pVAWOZ wordt gekeken naar de uitrol van wind op zee gedurende de periode 2031-2040. Daarom hebben we vanuit de situatie in 2040 teruggekeken naar 2031. Daarnaast hebben we vooruitgekeken naar een klimaatneutraal eindbeeld in 2050. Dit geeft inzicht welke aanlandingen nodig zijn na de zichtperiode van pVAWOZ en geeft daarmee inzicht of de aanlandingen tussen 2031 en 2040 in lijn liggen met het eindbeeld in 2050.

Een uitgebreide omschrijving van de methodologie is te vinden in Bijlage Bijlage A.

1.5 Leeswijzer

Het rapport bevat de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2 bevat een omschrijving van mogelijke transportroutes van windenergie naar de eindgebruikers.
- Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de gehanteerde scenario's.
- Hoofdstuk 4 geeft een beschouwing van de rol van flexibiliteit bij integratie van wind op zee.
- Hoofdstuk 5 bevat de uitkomsten van de analyses naar de benutting van windenergie.
- Hoofdstuk 6 bevat de uitkomsten van de analyses naar de inpassing van wind op zee in het energiesysteem op land.
- Hoofdstuk 7 plaatst de uitkomsten uit de eerdere hoofdstukken in de tijd.
- Hoofdstuk 8 bevat de conclusies en de openstaande vragen voor het vervolg van pVAWOZ.

Naast dit hoofdrapport zijn er vier separate bijlages met verdere detaillering op enkele punten. Het gaat om de Bijlages *Scenario Krimp Industrie*, *Scenario Doorvoer naar Buitenland*, *Benutting Windenergie* en *Integratie elektrische aanlanding*. In de hoofdtekst verwijzen we naar deze bijlages.

2 Transportroutes windenergie naar eindgebruikers

Windenergie opgewekt op zee kan op verschillende manieren aanlanden, over land getransporteerd worden en op land gebruikt worden. Er zijn meerdere aspecten die afgewogen moeten worden bij de keuzes voor aanlanding van wind op zee. In dit hoofdstuk brengen we mogelijke transportroutes van windenergie naar de eindgebruikers in kaart. Daarbij maken we onderscheid tussen transport over zee (vanaf het windpark tot de kust) en over land (vanaf de kust tot bij de eindgebruikers). Daarbij bespreken we ook de afwegingen tussen mogelijke transportroutes.

2.1 Transport vanaf windpark naar kust

Bij het transport over zee, vanaf de windparken tot aan de kust, zijn de volgende afwegingen relevant:

- HVDC of HVAC;
- Energiehubs of platforms;
- Waterstof- of elektrische aanlanding.

2.1.1 HVDC of HVAC

Elektriciteit kan als wisselstroom (HVAC) of als gelijkstroom (HVDC) getransporteerd worden. HVAC heeft lagere investeringskosten dan HVDC, maar de transportverliezen zijn voor HVAC groter. De afstand tot de kust is een bepalende factor bij de kostenafweging. Op kortere afstand zijn de kosten voor HVAC lager en de verliezen beperkt. Op langere afstand worden HVAC-verliezen hoger en wegen zwaarder dan de lagere investeringskosten, waardoor HVDC beter uit het kostenplaatje komt.

Bij aansluiting van steeds grotere windparken, die verder uit de kust liggen wordt de keuze voor HVDC door de langere kabellengtes steeds aantrekkelijker. Het precieze omslagpunt wordt bepaald door de specifieke projectgegevens.

In Nederland worden de windparken op zee die nu gerealiseerd worden en die nog dicht bij de kust liggen, aangesloten met gestandaardiseerde 700 MW HVAC-offshore netaansluitingen. Naarmate de windparken verder weg liggen wordt de omslag gemaakt naar gestandaardiseerde 2 GW HVDC-platforms. IJmuiden Ver wordt het eerste windpark op zee dat TenneT via een HVDC-platform aansluit. De windparken op zee die tussen 2031 en 2040 gerealiseerd worden zullen naar verwachting vooral met 2 GW HVDC-kabels worden aangesloten. Mogelijk wordt een enkel windpark met een 700 MW HVAC-kabel aangesloten.

2.1.2 Configuraties energie-infrastructuur op zee

Om windenergie aan land te brengen zijn naast windparken en kabels ook andere systeemonderdelen nodig. De groei en schaalvergroting van windparken op zee zal meer stations vereisen en in de toekomst zal naar verwachting ook elektrolyse op zee plaatsvinden.

Stations – transformatoren voor HVAC of vermogenselektronica voor HVDC – en andere componenten worden momenteel op platforms geplaatst. Een platform is een metalen constructie van beperkte grootte, met een typische oppervlakte kleiner dan 0,5 ha. Er zijn zowel bemenste als onbemenste platforms. TenneT heeft voor aansluiting van windparken op zee standaardconcepten

ontwikkeld voor zowel HVAC- als HVDC-aansluitingen op platforms (TenneT, 2022b). Vanaf deze platforms worden elektrische verbindingen richting de kust aangelegd. Dit zijn zogeheten radiale aansluitingen. Ook voor aanlanding van waterstof zijn radiale aansluitingen mogelijk. In dat geval wordt elektrolyse direct bij een windpark toegepast

Na 2030 is het voor windgebied 6/7 een mogelijkheid om energiehubs te realiseren waarbij meerdere kabels op zee samenkomen bij een energiehub waar vervolgens elektrolyse toegepast wordt. Vanaf deze energiehub wordt vervolgens elektriciteit en waterstof richting de kust getransporteerd. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Door het realiseren van een energiehub vindt systeemintegratie op zee plaats en kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof al geoptimaliseerd worden waardoor de elektrische verbindingen een hogere benuttingsgraad hebben. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Er zijn nog andere concepten voor hubs op zee denkbaar, bijvoorbeeld ook voor uitwisseling met het buitenland en andere energiehubs.

Door het realiseren van een energiehub kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof al geoptimaliseerd worden waardoor de elektrische verbindingen een hogere benuttingsgraad hebben. Hierdoor kan, ten opzichte van radiale aansluitingen, meer elektriciteit richting de kust getransporteerd met een gelijk aantal verbindingen, met name op momenten met weinig productie van windparken op zee.

Voor de keuze tussen radiale aansluitingen en hybride aansluitingen moet een integrale afweging gemaakt worden, onder meer op kosten en impact op milieu en ruimte. In dit onderzoek gaan we niet in op deze afweging. In het EIPN wordt hier verder onderzoek naar gedaan en wordt ook gekeken naar andere soorten hubs.

In de analyses in Hoofdstuk 5 en 6 gaan we uit van radiale aansluitingen, maar we doen gevoeligheidsanalyses om de impact van energiehubs en hybride aansluitingen in te schatten.

2.1.3 Waterstof- of elektrische aanlanding

Windenergie kan rechtstreeks als elektriciteit aan land gebracht worden of tussentijds omgezet worden in waterstof. Om energie als waterstof aan land te brengen moet elektriciteit in waterstof omgezet worden in een elektrolyser en vervolgens, na compressie, via een buisleiding naar land getransporteerd worden.

Bij omzetting van elektriciteit naar waterstof gaat een deel van de energie verloren. Een voordeel van elektrolyse op zee is dat de transportkosten van waterstof per hoeveelheid energie naar verwachting fors lager liggen dan de transportkosten van elektriciteit, zeker als hiervoor bestaande aardgasleidingen gebruikt kunnen worden (Guidehouse & Berenschot, 2021). Uiteindelijk is het van belang dat er een maatschappelijk gunstige verhouding is tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Daarbij zijn ook hybride aansluitingen, door middel van systeemintegratie op zee, mogelijk.

In Hoofdstuk 5 gaan we in op de afwegingen voor een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding.

2.2 Transport vanaf kust naar eindgebruikers

Bij het transport over land, vanaf de kust tot aan de eindgebruiker, zijn de volgende afwegingen relevant:

- waterstofproductie op land;
- HVDC of HVAC op land;
- relatie met het buitenland.

2.2.1 Waterstofproductie op land

Een deel van de windenergie kan op zee omgezet worden in waterstof en als waterstof naar land worden getransporteerd. Daarnaast kan een deel van de windenergie die als elektriciteit aan land komt vervolgens op land alsnog in waterstof omgezet worden. Vanuit systeemperspectief is het efficiënt om zoveel mogelijk van de elektriciteit die aan land komt direct als elektriciteit te benutten. Op piekmomenten zullen de windparken die (deels) elektrisch aanlanden overschotten aan elektriciteit op land opleveren. Met inzet van flexibiliteitsbronnen, zoals vraagsturing en opslag kan een deel van deze overschotten alsnog direct benut worden als elektriciteit. Daarnaast kan mogelijk een deel van de overschotten geëxporteerd worden. Naar verwachting zal het overige deel van de overschotten aan elektriciteit alsnog op land omgezet worden in waterstof, zodat deze overschotten nuttig ingezet worden.

Bij aanlandingspunten van wind op zee zijn de meeste overschotten van elektriciteit. In het Programma Energiehoofdstructuur is vastgesteld dat elektrolyzers zoveel mogelijk bij aansluitlocaties geplaatst zullen worden, zodat een deel van de overschotten niet getransporteerd hoeft te worden met het hoogspanningsnet, waardoor deze minder belast worden dan wanneer elektrolyzers verder in het binnenland geplaatst worden.

Elektrolyzers bij aansluitlocaties kunnen, in sommige gevallen, ook extra knelpunten door afname van elektriciteit veroorzaken. Dit komt doordat elektrolyzers ook op momenten met weinig aanbod van wind op zee ingezet zullen worden, op momenten dat er veel productie is van zon-pv.

2.2.2 HVDC of HVAC op land

Het elektriciteitssysteem in Nederland is aangelegd als een wisselstroomsysteem, waarbij hoogspanningskabels (220 kV en 380 kV) HVAC-verbindingen vormen. Transport van elektriciteit via HVDC-kabels heeft minder verliezen dan via HVAC. Echter, omzetten van HVDC-stroom in HVAC-stroom of omgekeerd zorgt voor conversieverliezen. Bij gemengde HVDC/HVAC-systemen treden de meeste verliezen dus op bij conversie, bovendien zijn de convertorstations ook relatief duur.

Het is erg kostbaar om tussenliggende aftakkingen van HVDC-infrastructuur te maken naar het HVAC-net omdat convertorstations erg duur zijn. Brede toepassing van HVDC-kabels op land ter vervanging van het HVAC-net lijkt daarom niet reëel. In de inrichtingsprincipes voor de aanleg van elektriciteitsinfrastructuur uit het ontwerp Programma Energiehoofdstructuur (PEH is daarom ook opgenomen dat nieuwe hoogspanningsverbindingen in beginsel als wisselstroomverbinding aangelegd worden (Rijksoverheid, 2023).

Diepe aanlanding via HVDC zien we wel als reële optie: windenergie die aanlandt als HVDC-stroom wordt verder landinwaarts via HVDC-kabels getransporteerd zonder tussentijdse aftakkingen.

Diepe aanlanding van wind op zee met HVDC-kabels heeft als potentieel voordeel dat de aanlanding van wind op zee meer verspreid over het land plaatsvindt. Bij diepe aanlanding in Limburg (Maasbracht of Graetheide), waar in pVAWOZ naar gekeken wordt, kan beter aangesloten worden bij de lokale vraag en de potentiële export naar Duitsland en België op momenten met veel productie van windparken op zee. Hiermee kan de belasting op de bovengrondse HVAC vanaf de kust, via Noord-Brabant, naar Limburg verminderd worden.

Indien HVDC-kabels uitbreidingen aan het reguliere HVAC-hoogspanningsnet kunnen voorkomen, dan heeft dit verminderde ruimtelijke en visuele impact als voordeel doordat deze kabels ondergronds worden aangelegd. Naar verwachting levert diepe aanlanding daarentegen wel hogere kosten op ten opzichte van transport via het reguliere HVAC-hoogspanningsnet (Pondera Consult & CE Delft, 2023).

2.2.3 Doorvoer naar het buitenland

Nederland kan richting 2050 kiezen voor een sterker verbondenheid met het buitenland, waarbij de overschotten windenergie in de vorm van elektriciteit (en mogelijk waterstof) exporteert, en mogelijk synthetische brandstoffen importeert.

De relatie met het buitenland heeft ook invloed op opslagvereisten, leveringszekerheid en flexibiliteit van het energiesysteem in Nederland. In hoeverre Nederland ervoor wil kiezen om zo onafhankelijk mogelijk te zijn, en eigen leveringszekerheid en flexibiliteit verzekeren, zijn politieke en meer nog geopolitieke overwegingen die breder zijn dan alleen de aanlanding van wind op zee, en waarbinnen windenergie een puzzelstuk is. In Hoofdstuk 5 *Benutting windenergie* gaan we hier verder op in.

3 Scenario's voor 2040

3.1 Introductie scenario's

Er zijn scenario's opgesteld om de hoekpunten van de mogelijke ontwikkelingen van het energiesysteem richting 2040, en de impact daarvan op de aanlanding van wind op zee, in te schatten.

De meest relevante ontwikkelingen zijn:

- **Omvang energie-intensieve industrie in Nederland**⁵. Er is nog veel onzekerheid rondom de toekomst van (een deel van) de Nederlandse energie-intensieve industrie in Nederland. Het is de verwachting dat er gebieden zijn in de wereld waar in de toekomst een stuk goedkoper CO₂-vrije energie geproduceerd kan worden. Dit kan er mogelijk toe leiden dat industrie waarbij energie de grootste kostenpost is vertrekt uit Nederland, al is hierover nog veel onzeker. De ontwikkeling van de energie-intensieve industrie heeft veel impact op de binnenlandse energievraag en daarmee op de benodigde hoeveelheid elektriciteit en waterstof vanuit wind op zee.
- **Uitwisseling stroom met Duitsland en België**. Duitsland en België hebben veel minder potentie voor hernieuwbare elektriciteitsproductie dan Nederland en een grote industriële sector die ook zal elektrificeren. Bij direct gebruiken van elektriciteit treden minder energieverliezen op, in vergelijking met het (met conversieverliezen) omzetten van elektriciteit in waterstof. Daarom kan overwogen worden om een deel van de productie van wind op zee in te zetten voor doorvoer naar Duitsland en België. De windenergie moet dan vanaf de Noordzee richting Duitsland en België getransporteerd worden. Hier zijn verschillende opties voor. Om te bepalen of doorvoer van elektriciteit een goed idee is moet niet alleen naar de energieverliezen gekeken worden, maar is een integrale afweging nodig. In dit onderzoek gaan we daar niet op in, we onderzoeken alleen de mogelijke effecten op de aanlanding van wind op zee.
- **Ontwikkeling kernenergie**. De grootschalige ontwikkeling van kerncentrales heeft effect op de hoeveelheid windenergie die nuttig ingezet kan worden in de vorm van elektriciteit, en daarmee op de gewenste verhouding tussen aanlanding van wind op zee in de vorm van elektriciteit en aanlanding als waterstof. Daarnaast heeft kernenergie in Borsele en op de Maasvlakte impact op de hoeveelheid wind op zee die kan aanlanden in Zeeland en mogelijk Rotterdam.
- **Verhouding tussen vraag naar verschillende energiedragers**. Het is nog onzeker hoe het energiesysteem zich richting 2050 gaat ontwikkelen. Sommige dingen zijn zeker, bijvoorbeeld dat elektrificatie in een groot deel van de sectoren de meest logische verduurzamingsoptie is en dat er daardoor fors meer elektriciteitsvraag gaat komen. Maar in sommige sectoren is het nog onduidelijk hoe de verduurzaming eruit gaat zien. Gaan bedrijven vooral inzetten op elektrificatie of gaat waterstof een grote rol spelen? Dit heeft impact op de energievraag per energiedrager en daarmee op de aanlanding van wind op zee.

Voor het onderzoek naar systeemintegratie van pVAWOZ zijn de ontwikkelingen tot 2040 in zes verschillende scenario's uitgewerkt. De basis hiervoor zijn de vier 2040 scenario's van de tweede

⁵ In het beleid van de rijksoverheid wordt ingezet op verduurzaming van de bestaande industrie in Nederland. Maar het is geen zekerheid dat alle energie-intensieve industrie daadwerkelijk blijft. Daarom hebben we dit scenario wel als mogelijk hoekpunt meegenomen. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes, maar zijn puur bedoeld om de impact van mogelijke ontwikkelingen op de aanlanding van wind op zee in te schatten.

versie van I13050 (Netbeheer Nederland, 2023). Daarnaast zijn twee nieuwe scenario's toegevoegd: Krimp Industrie en Doorvoer naar Buitenland. Deze scenario's zijn respectievelijk gebaseerd op de I13050-scenario's Decentrale Initiatieven en Nationaal Leiderschap en zijn toegevoegd als extra potentiële hoekpunten van het speelveld. Met het scenario *Krimp Industrie* onderzoeken we de effecten van krimp van de energie-intensieve industrie in Nederland als gevolg van de transitie naar een CO₂-vrije industrie⁶. Met het scenario *Doorvoer naar Buitenland* onderzoeken we het realiseren van extra elektrisch aanlanding van wind op zee voor export van elektriciteit naar België en Duitsland. Voor elk scenario zijn de vermogens voor wind op zee aangepast ten opzichte van de oorspronkelijke (meer hierover in Paragraaf 3.2.6).

De zes scenario's geven de hoekpunten van het speelveld aan voor 2040. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes. Het toekomstige energiesysteem zal vermoedelijk ergens in het midden tussen de scenario's liggen⁷.

Voor elk van de scenario's onderzoeken we de benutting van de windenergie (Hoofdstuk 5) en de inpassing van wind op zee in het energiesysteem op land (Hoofdstuk 6). Het doel van het gebruik van scenario's om de hoekpunten van het toekomstige energiesysteem te bepalen is tweeledig. Enerzijds geeft dit inzicht in robuuste aanlandingen, die in elk van de scenario's mogelijk zijn. Daarnaast geven de verschillen tussen de scenario's inzicht in de onzekerheden rondom de integratie van wind op zee in het energiesysteem tussen 2031 en 2040 en de keuzes die gemaakt kunnen worden.

In dit hoofdstuk worden eerst de basisscenario's van I13050 kort toegelicht, met bijbehorende kengetallen en aanpassingen voor pVAWOZ. Vervolgens zullen de twee nieuwe scenario's worden toegelicht.

3.2 Basisscenario's I13050

3.2.1 Decentrale Initiatieven

In dit scenario streeft Nederland naar regionale actie door de particuliere businesscase van klimaatneutrale technieken te ondersteunen. Burgers en lokale gemeenschappen hebben een hoge mate van autonomie en maken eigen keuzes binnen de opgave. Sommige burgers kiezen voor de goedkoopste oplossingen, terwijl bij andere burgers ideële motieven meespelen. Via diverse prikkels worden duurzame keuzes van consumenten en bedrijven ondersteund. Lokale overheden doen dit bijvoorbeeld met kennis en financiële stimulansen. Er ontstaat een groot aantal lokale initiatieven van vooruitstrevende burgercollectieven en bedrijven. Hierdoor worden lokale bronnen optimaal benut. Zonne- en windenergie op land zijn stevig gegroeid. De industrie transformeert naar meer gebruik van bio-based en circulaire grondstoffen. Maar omdat duurzame energie vooral als variabel aanbod op grote schaal beschikbaar is, de acceptatie van CCS beperkt en er verder beperkt sturing

⁶ In het beleid van de rijksoverheid wordt ingezet op verduurzaming van de bestaande industrie in Nederland. Maar het is geen zekerheid dat alle energie-intensieve industrie daadwerkelijk blijft. Daarom hebben we dit scenario wel als mogelijk hoekpunt meegenomen. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes, maar zijn puur bedoeld om de impact van mogelijke ontwikkelingen op de aanlanding van wind op zee in te schatten.

⁷ In het Nationaal Plan Energiesysteem is aangekondigd dat de rijksoverheid in de toekomst uitgaat van de scenario's met de hoogste vraag en haar beleid en investeringen daarop aanpast. In dit scenario onderzoeken we echter alle hoekpunten.

op is, verdwijnt een deel van de energie-intensieve basisindustrie uit Nederland. De warmteoplossingen voor de gebouwde omgeving bestaan uit een mix van technieken (waaronder in mindere mate warmtenetten) en worden gevoed door diverse lokale beschikbare bronnen, zoals geothermie, warmtepompen, wko, groene waterstof en groengas (Netbeheer Nederland, 2023).

3.2.2 Nationaal Leiderschap

Nederland streeft in dit scenario naar een energetisch zo efficiënt mogelijk systeem binnen de Nederlandse mogelijkheden en stuurt nationaal sterk op de invulling van de energiemix. Overheden maken daarbij keuzes over de technieken die in Nederland gebruikt gaan worden. Hiervoor maakt de overheid verplichtend beleid en regulering en participeert zij financieel in projecten van nationaal belang. De overheid bevordert de ontwikkeling van nieuwe industrieën (onder andere synthetische brandstofproductie) en stimuleert elektrificatie van de bestaande industrie. In de gebouwde omgeving zorgt regie (verplichtende wijkaanpakken) voor de ontwikkeling van warmtenetten, gevoed door hoofdzakelijk restwarmte, geothermie en flexibele elektrische bronnen (zoals power-to-heat). Voor het energieaanbod komen grootschalige nationale projecten tot stand, zoals wind op zee en enkele flexibele kerncentrales. Groene waterstof speelt een belangrijke rol voor het balanceren van het elektriciteitssysteem, voor de levering van hogetemperatuurwarmte in de industrie en als grondstof (Netbeheer Nederland, 2023).

3.2.3 Europese Integratie

Nederland streeft in dit scenario naar een integraal en efficiënt Europees energiesysteem: landen stemmen hun energiebeleid onderling af en maken daarbij gebruik van elkaars bronnen. Europa werkt aan gezamenlijk energiebeleid en wil meer onafhankelijk zijn. Groengas wordt in Europa op grote schaal geproduceerd en wordt daarom in diverse sectoren ingezet. Er is een stevige groei van zonne- en windenergie in combinatie met een toename tot 8 GW aan kernenergie. De industrie verduurzaamt dankzij elektrificatie en de inzet van Europese biomassa en waterstof, als brandstof en grondstof. CCS wordt grootschalig toegepast, onder meer voor productie van energie met negatieve emissies (BECCS) en voor de productie van blauwe waterstof. Ook CO₂ uit omliggende landen wordt in Nederland opgeslagen. Wijkaanpakken staan centraal in de verduurzaming van de gebouwde omgeving en er is sterke regie op de ontwikkeling van bovenregionale warmtenetten. De combinatie van warmtenetten en hybride warmtevoorziening in gebouwen geeft een gematigde elektriciteitspiekvraag. Een Europees netwerk van laadinfrastructuur en uitbreiding van het HSL-netwerk zorgen voor verregaande elektrificatie van de mobiliteit (Netbeheer Nederland, 2023).

3.2.4 Internationale Handel

Nederland streeft in dit scenario naar ontwikkeling van de eigen economie door maximaal in te zetten op de internationale wereldwijde energie- en grondstoffenketens. Nederland is een 'multinational' die strategisch gebruik maakt van de internationale energie- en grondstoffenmarkten. Er wordt daarom op de wereldmarkt gezocht naar opties met de laagste kosten. Internationale vrijhandel speelt een belangrijke rol. De markt wordt geholpen door ondersteunende algemene prikkels, subsidies en CO₂-beprijzing (mede daardoor dragen ook Nederlandse bedrijven hun steentje bij om de keten te verduurzamen). Waterstof en andere klimaatneutrale energiedragers worden geïmporteerd uit landen waar deze relatief gunstig te produceren zijn. Nederland wordt een doorvoerland voor waterstof. In de gebouwde omgeving wordt ingezet op individuele transitiepaden: er is daarbij minder inzet van groengas, maar wel veel hybride warmtevoorziening in combinatie met waterstof. De industrie verduurzaamt dankzij elektrificatie en inzet van waterstof

(ook als grondstof). Door de wereldwijde handelsketens verdwijnt een deel van de energie-intensieve industrie naar het buitenland. In plaats daarvan worden meer halffabricaten geïmporteerd, die in Nederland verder worden verwerkt. Tevens zet Nederland in op de productie van groene waterstof, direct gekoppeld aan wind op zee. (Netbeheer Nederland, 2023).

3.2.5 Kerncijfers basisscenario's I13050 2040

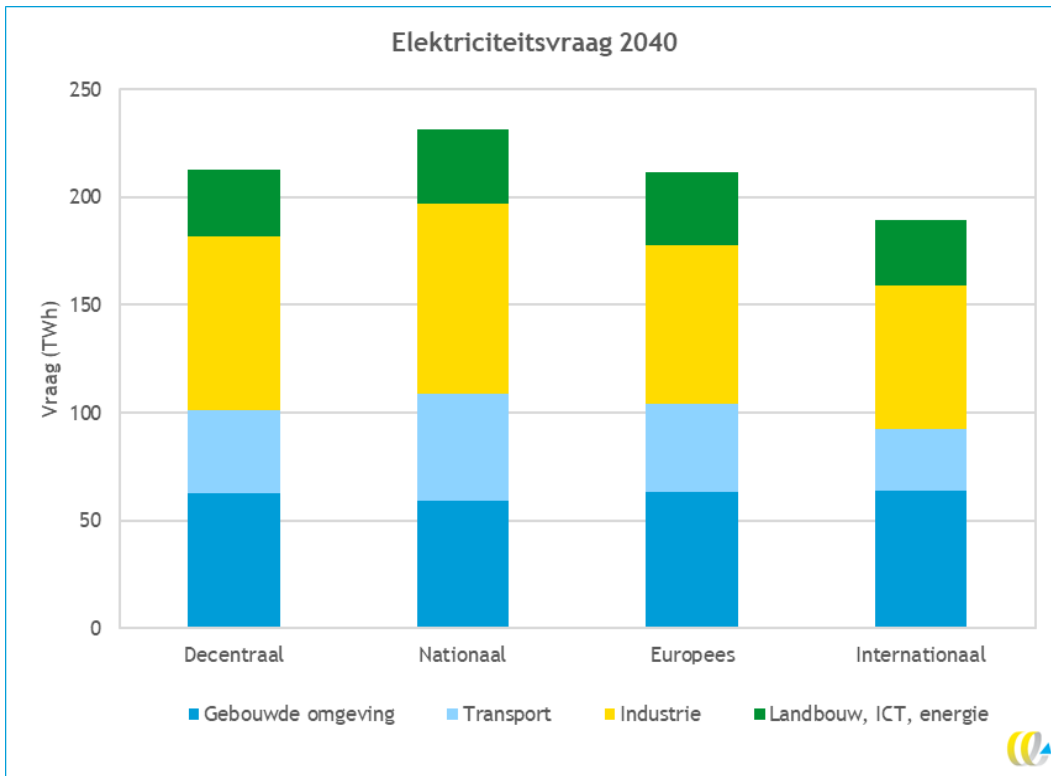
Tabel 3 geeft een overzicht van de meest relevante kerncijfers van de vier verschillende scenario's van I13050 voor 2040. De onderstaande getallen vormen de basis voor de scenario's die door-gerekend zijn voor de systeemintegratie van pVAWOZ.

De kerncijfers voor de productie van windenergie op zee (zowel elektrisch als in waterstof) zijn hieronder niet meegenomen, omdat we deze wijzigen ten opzichte van I13050 (zie ook Paragraaf 3.2.6). De vermogens voor flexibiliteitsbronnen voor elektriciteit, zoals batterijen en elektrolyzers, zijn afhankelijk van de invulling van wind op zee. Deze wijken in de gehanteerde scenario's daardoor ook af ten opzichte van de I13050-scenario's en zijn daarom niet opgenomen in Tabel 3. De vermogens van flexibiliteitsbronnen in elk van de scenario's worden gegeven in Paragraaf 4.3.

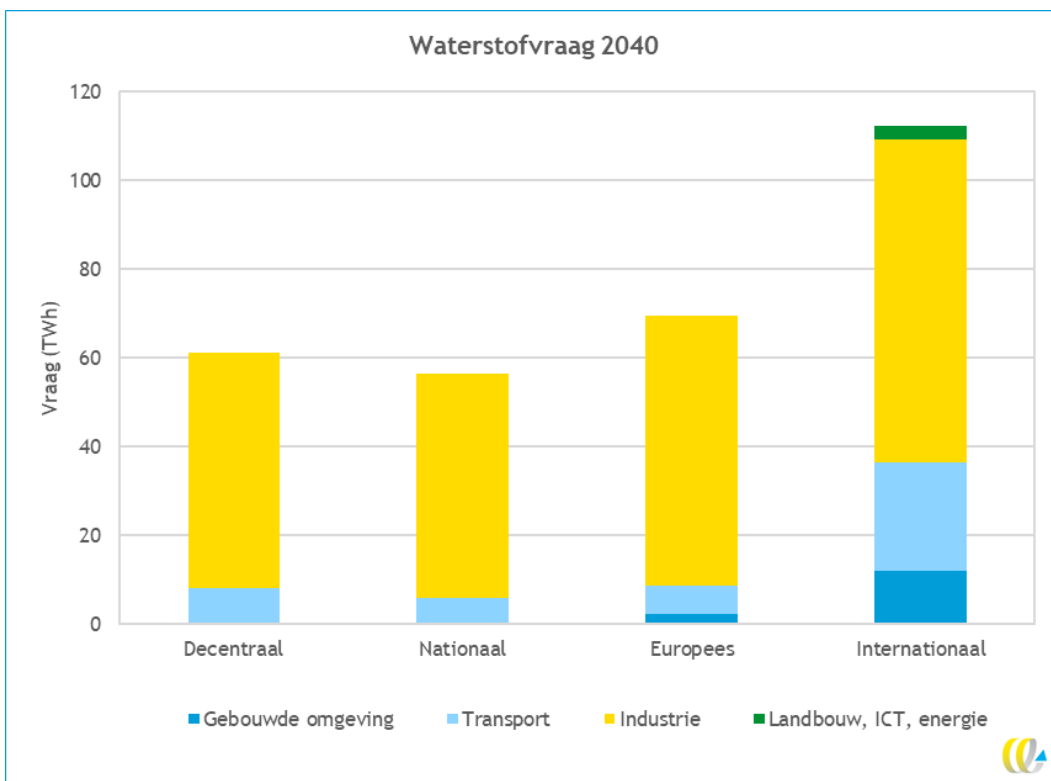
Tabel 3 – Overzicht voornaamste kengetallen scenario's I13050 voor 2040

		Decentrale Initiatieven	Nationaal Leiderschap	Europese Integratie	Internationale Handel	Eenheid
Vraag	Elektriciteitsvraag (excl. flex)	212	231	211	190	TWh
	Methaanvraag	85	72	116	81	TWh
	Waterstofvraag	87	78	92	142	TWh
Productie	Zon-pv	126	123	93	68	GW
	Wind op land	12	15	9	9	GW
	Overig hernieuwbaar	0,3	0,3	0,5	0,5	GW
	Groengas	32	22	58	27	GW
	Waterstof blauw	33	33	43	37	TWh
	Nucleair	0	1,5	4,0	0	GW
	Gas (aard-/groen) en waterstof centrales	17	15	14	15	GW

Voor de elektriciteitsvraag en waterstofvraag zijn voor elk scenario aparte uitsplitsingen gemaakt voor de categorieën gebouwde omgeving, transport, industrie en landbouw, ICT en energie gezamenlijk in respectievelijk Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 2 – Uitgesplitste elektriciteitsvraag in 2040 op basis van I13050-scenario's (Netbeheer Nederland, 2023)



Figuur 3 - Uitgesplitste waterstofvraag in 2040 op basis van I13050-scenario's (Netbeheer Nederland, 2023)

3.2.6 Aanpassing aanlanding wind op zee

We gebruiken de inschatting van vraag en aanbod van energie van de 2040 scenario's van I13050, met uitzondering van het aanbod van wind op zee. De aannames van de I13050-scenario's rondom wind op zee komen namelijk niet in alle gevallen overeen met de gestelde ambitie van 50 GW wind op zee in 2040 van pVAWOZ. In elk van de PVAWOZ-scenario's gaan we daarom uit van realisatie van 50 GW wind op zee in 2040. De verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding als waterstof wordt verder toegelicht in Hoofdstuk 5. De productie van zon-pv, wind op land, groengas en overig hernieuwbaar zijn in de gehanteerde scenario's voor pVAWOZ wel gelijk aan de scenario's van I13050.

De cijfers voor flexibiliteit (vermogen en inzet) zijn voor de aangepaste scenario's opnieuw bepaald om te zorgen dat vraag en aanbod van energie wel op elk moment van het jaar in balans zijn. De vermogens van flexibiliteitsbronnen in elk van de scenario's worden gegeven in Paragraaf 4.3.

Balans in scenario's

In elk van de scenario's gaan we uit van realisatie van 50 GW wind op zee, terwijl in een deel van de I13050-scenario's van minder wind op zee in 2040 uitgegaan wordt. De overige aannames rondom opwek en vraag blijven elk gelijk. Het eenzijdig toevoegen van extra wind op zee leidt ertoe dat de scenario's 'uit balans' raken waardoor extra elektrische opwekoverschotten ontstaan en als een resultaat meer elektriciteit van de windparken op zee (onshore of offshore) wordt omgezet in waterstof. Het is de vraag of realisatie van 50 GW wind op zee in deze scenario's economisch haalbaar is, de additionele overschotten daadwerkelijk alleen voor de productie van waterstof gebruikt zouden worden en of realisatie van 50 GW wind op zee in de praktijk niet zou leiden tot minder realisatie van overige (hernieuwbare) opwekbronnen of meer directe elektrificatie aan de vraagkant.

Echter, gezien de ambitie van pVAWOZ en de lijn die gekozen is in het Nationaal Plan Energiesysteem (maximaal inzetten op ontwikkelen aanbod) is in dit onderzoek gekozen om scenario's door te rekenen met 50 GW wind op zee en in de scenario's geen wijzigingen door te voeren voor de productie van andere bronnen of de elektrische vraag.

3.3 Nieuwe scenario's

Voor de analyses systeemintegratie van pVAWOZ zijn twee extra scenario's toegevoegd. Deze scenario's zijn een aanvulling op de scenario's van I13050, aangezien enkele potentiële ontwikkelingen richting 2040 onvoldoende terugkomen in de scenario's van I13050 en de vier I13050-scenario's daarmee niet het volledige speelveld omspannen.

Het scenario *Krimp Industrie* is gebaseerd op het scenario Decentrale Initiatieven en behandelt een aanzienlijke krimp van de energie-intensieve industrie in Nederland. Voor de andere categorieën van vraag en aanbod zijn de cijfers in *Krimp Industrie* gelijk aan Decentrale Initiatieven. Een kleinere energievraag van de industrie heeft ook impact op bijvoorbeeld de inzet van flexibiliteit. Om een scenario op te stellen dat in balans is hebben we een nieuw ETM-scenario gemaakt. Hierbij is naast de wijziging van de vraag van de industrie ook de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding van wind op zee ingeschat voor het nieuwe scenario (zie Hoofdstuk 5) en is een nieuwe inschatting gemaakt van de inzet van flexibiliteit.

Het scenario *Doorvoer naar Buitenland* is gebaseerd op het scenario Nationale Sturing, maar heeft extra elektrische aanlanding specifiek bedoeld voor de export van elektriciteit. De overige cijfers in

dit scenario zijn gelijk aan het scenario Nationaal Leiderschap. Een toelichting en motivatie voor de nieuwe scenario's volgt in de onderstaande paragrafen. Een uitgebreide toelichting van de scenario's is te vinden in de bijlages *Scenario Krimp Industrie* en *Scenario Doorvoer België en Duitsland*.

3.3.1 Krimp Industrie

Beschrijving scenario

Welke industrie in de toekomst naar Nederland komt en/of in Nederland blijft, heeft een grote impact op de benodigde hoeveelheid duurzame opwek, flexibiliteitsmiddelen en infrastructuur en dus de wijze waarop we het klimaat neutrale energiesysteem tot aan 2050 moeten vormgeven. Voor het scenario *Krimp Industrie* gaan we uit van een extreem scenario voor de Nederlandse industrie. Het doel van dit scenario is dus niet om het meest waarschijnlijke toekomstbeeld te schetsen, maar een potentieel hoekpunt van de ontwikkeling van het energiesysteem.

De concurrentiepositie voor de Nederlandse industrie verandert wezenlijk door de transitie naar fossielvrij. In een wereld waarin alles hernieuwbaar is, is elektriciteit en waterstof in Nederland kostbaar ten opzichte van landen met meer zon- en/of winduren. Daarmee zal er in Nederland vooral plek zijn voor industrieën die veel toegevoegde waarde leveren aan de economie per gebruikte eenheid energie, terwijl energie-intensieve industrieën moeilijker hun toekomst kunnen veiligstellen. In het scenario *Krimp Industrie* wordt er daarom vanuit gegaan dat zeer energie-intensieve processen voor een deel verplaatsen naar regio's waar duurzame energie goedkoper is richting 2050. Het is de verwachting dat in 2040 deze processen nog deels actief zijn, aangezien nog niet alle bestaande installaties tegen die tijd afgeschakeld zijn. De sectoren die in Nederland blijven focussen zich op energiebesparing en volledige elektrificatie.

Sectoren

Het scenario *Krimp Industrie* is gebaseerd op het scenario Decentrale Initiatieven uit I13050 waarbij de elektriciteits- en waterstofvraag van de industrie aangepast zijn. Deze aanpassingen zijn gebaseerd op inzichten uit de studie Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037 (CE Delft, 2023). Binnen de scenario's van I13050 wordt onderscheid gemaakt tussen acht sectoren.

Voor de sectoren staal, chemie, raffinage en kunstmest hanteren we voor 2040 een krimpfactor van 25% ten opzichten van een verduurzaamde industrie. De verwachting is dat richting 2050 deze sectoren hun elektriciteits- en waterstofvraag nog verder gekrompen zijn door het nog verder verplaatsen van zeer energie-intensieve stappen naar het buitenland. Binnen de energie-intensieve industrie zullen hoogwaardige processen wel in Nederland blijven bestaan. Zo zal de verwerking van halffabricaten naar eindproducten in deze sectoren nog wel in Nederland plaatsvinden, aangezien dit minder energie-intensieve processen zijn. De focus in Nederland verschuift hiermee van basisindustrie naar (nieuwe) industrieën op het gebied van circulariteit en hoogwaardige productie.

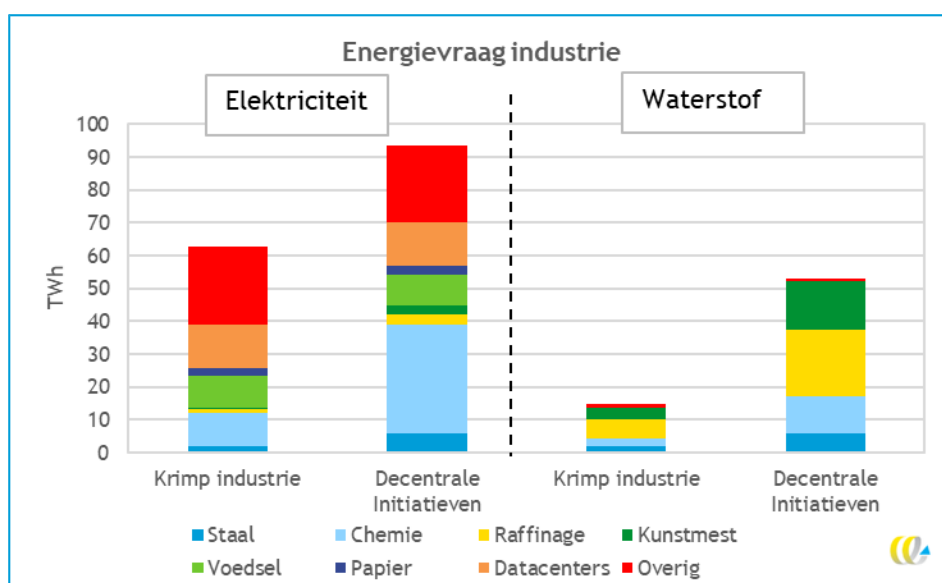
De sectoren voedsel, papier, datacenters en overig⁸ zullen volledig verduurzamen richting 2050 en in Nederland blijven. Deze sectoren hebben weinig energie-intensieve processen, zoals in de papier- en voedselindustrie, of hebben hoge transportkosten voor hun energie-intensieve producten, zoals in

⁸ Onder de categorie 'overig' valt recycling van aluminium, overige metalen (o.a. de secundaire staalproductie, de productie van zink via elektrolyse of (ijzer)gieterij), bouw(materialen), machinerie, niet-metallische mineralen (glas, keramiek en asfalt), textiel, transportmiddelen en houtbewerking.

de keramische- en glasindustrie. Daardoor is het voor bedrijven in deze sectoren gunstiger om in Nederland gevestigd te blijven. Voor het scenario *Krimp Industrie* verwachten we ook geen krimp in datacenters, aangezien dit een industrie is die hier voornamelijk is gevestigd vanwege de gunstige data-infrastructuur en een stabiel vestigingsklimaat.

Totale vraag industrie

De totale elektriciteitsvraag van de industrie daalt in het scenario Krimp Industrie met ruim 30% ten opzichte van het oorspronkelijke scenario Decentrale Initiatieven van 94 TWh naar 63 TWh, zie ook Figuur 4. De waterstofvraag van de industrie daalt met ruim 70% ten opzichte van het oorspronkelijke scenario Decentrale Initiatieven, als gevolg van krimp in de sectoren staal, chemie, raffinage en kunstmest.



Figuur 4 – Vergelijking energie- en waterstofvraag industrie scenario Krimp Industrie met origineel scenario Decentrale Initiatieven

3.3.2 Doorvoer naar Buitenland

Beschrijving scenario

In 2050 moet 70 GW wind op zee gerealiseerd zijn. TenneT voorziet in de recente studie Target Grid dat hiervan 38 GW als elektriciteit nodig is om aan de Nederlandse elektriciteitsvraag te voldoen (TenneT, 2023). Het resterende deel van de energie van de windparken op zee kan gebruikt worden voor productie van waterstof, maar een deel van de elektriciteit zal ook doorgevoerd worden richting het buitenland.

Bij direct gebruik van elektriciteit vinden minder energieverliezen plaats in vergelijking met het (met conversieverliezen) omzetten van elektriciteit in waterstof. Duitsland en België hebben minder potentie voor hernieuwbare elektriciteitsproductie dan Nederland. Daarnaast hebben ze ook een grote industriële sector die zal elektrificeren. Door export van elektriciteit naar deze landen kan naar verwachting op sommige momenten voorkomen worden dat deze landen voor hun eigen energievoorziening flexibiliteit uit bijvoorbeeld waterstofcentrales moeten inzetten om van waterstof

elektriciteit te maken (met aanzienlijke conversieverliezen), terwijl we op hetzelfde moment in Nederland waterstof maken van elektriciteit (ook met aanzienlijke conversieverliezen).

In het scenario *Doorvoer naar Buitenland* wordt daarom gekeken naar de doorvoer van een deel van de Nederlandse elektriciteitsproductie van wind op zee naar België en Duitsland. Om te bepalen of doorvoer van elektriciteit een goed idee is moet niet alleen naar de energieverliezen gekeken worden, maar is een integrale afweging nodig. In dit onderzoek gaan we niet in op deze afweging, we onderzoeken alleen de effecten op de aanlanding van wind op zee.

Om doorvoer van elektriciteit naar het buitenland te faciliteren moet extra energie van windparken op zee in de vorm van elektriciteit aan land gebracht, specifiek voor doorvoer richting België en Duitsland. Zo kan deze energie mogelijk direct worden ingezet als elektriciteit en wordt dus minder overtollige elektriciteit omgezet in waterstof waardoor minder energieverliezen plaatsvinden. Het aan land brengen van extra elektriciteit heeft ook voor Nederland zelf voordelen, aangezien een deel van de aan land gebrachte stroom dan in Nederland gebruikt kan worden voor invulling van de elektriciteitsvraag en daardoor ook hier minder inzet van waterstofcentrales noodzakelijk is. Het scenario *Doorvoer naar Buitenland* is gebaseerd op het scenario Nationaal Leiderschap waarbij alleen de extra elektrische aanlanding en export aangepast zijn.

Import en export in I13050

In de verschillende scenario's van I13050 wordt er rekening gehouden met doorvoer van elektriciteit naar het buitenland als deel van flexibiliteit. Het vergroten van de interconnectiecapaciteit tussen landen geeft de mogelijkheid om op elkaar terug te vallen bij tekorten en overschotten. Naarmate productie- en vraagprofielen tussen landen sterker van elkaar verschillen, kan interconnectie meer bijdragen aan directe benutting van elektriciteit van hernieuwbare bronnen en zo leiden tot lagere kosten voor het energiesysteem omdat minder energieverliezen optreden. In de I13050-scenario's wordt de interconnectiecapaciteit tot en met 2040 sterk uitgebreid naar bijna 15 GW en voor een groot deel van het jaar gebruikt voor import en export van elektriciteit. De uitwisseling van elektriciteit met het buitenland is afhankelijk van de relatieve elektriciteitsprijzen in Nederland ten opzichte van de buurlanden.

In het scenario *Doorvoer naar Buitenland* zal, naast deze import en export voor balancering, extra elektriciteit van windparken op zee aan land gebracht worden voor doorvoer richting het buitenland.

Invulling scenario

Het doel van dit scenario is om zoveel mogelijk opgewekte stroom direct te gebruiken als elektriciteit, aangezien dit energetisch het meest efficiënt is. Door de doorvoer van elektriciteit naar deze landen kan worden voorkomen dat deze landen voor hun eigen elektriciteitsvoorziening waterstofcentrales moeten inzetten.

Voor het scenario *Doorvoer naar Buitenland* nemen we aan dat 12 GW (59 TWh) extra elektrische aanlanding van wind op zee gerealiseerd zal worden, deels voor de invulling van de binnenlandse elektriciteitsvraag maar voornamelijk voor export van elektriciteit naar België en Duitsland in 2040. We gaan uit van 6 GW extra elektrische aanlanding bij een DC-hub in Limburg (export naar België en Duitsland) en 6 GW bij een DC-hub in Zuidwest Nederland (export naar België).

Op jaarbasis zijn de tekorten in België en Noordrijn-Westfalen groter dan deze 59 TWh (verder toelichting in bijlage *Doorvoer naar buitenland*). Echter, om deze tekorten in te kunnen vullen met Nederlandse wind op zee is ook de tijdsfactor van belang. Een groot deel van de tekorten zullen

plaatsvinden op momenten met weinig wind op zee in België en Duitsland en ook in Nederland zal er op die momenten weinig wind zijn op de Noordzee. Op die momenten zal daardoor maar een zeer beperkte hoeveelheid export van elektriciteit plaatsvinden. Het is onduidelijk of er op de momenten met veel productie van wind op zee, en dus met veel export, ook tekorten zijn in België en Duitsland aangezien daar dan naar verwachting ook veel wind is.

Integrale doorrekeningen van TenneT in recente onderzoeken, zoals Target Grid (TenneT, 2023), de eerste iteratie van I13050 (Netbeheer Nederland, 2021) en de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur (Pondera Consult & CE Delft, 2023) laten echter zien dat er op momenten met veel wind op zee veel doorvoer van stroom richting België en Duitsland plaatsvindt, aangezien de elektriciteitsprijzen in Nederland op die momenten lager zijn. Dit geeft een indicatie dat in ieder geval een deel van de geëxporteerde elektriciteit op momenten met veel productie van wind op zee in Nederland in het buitenland benut kan worden voor het invullen van de elektriciteitsvraag. Verder onderzoek is nodig om te bepalen welk deel van de doorgevoerde stroom in het buitenland daadwerkelijk direct benut wordt voor het invullen van de elektriciteitsvraag.

12 GW extra aanlanding voor doorvoer is conform de redeneerlijn van Target Grid. Target Grid kijkt vooral naar de periode 2040-2050 voor de doorvoer van 12 GW extra elektrische aanlanding (TenneT, 2023). Het is echter nuttig om ook al in de periode 2031-2040 elektrische aanlanding te kijken naar doorvoer. Dit aangezien windparken in de periode 2040-2050 verder van de kust af komen.

Voor de periode na 2040 kan eventueel ook nog overwogen worden om nog meer Nederlandse windenergie door te voeren, aangezien België en Duitsland tekorten aan elektriciteit zullen blijven hebben. Dit valt echter buiten de scope van pVAWOZ.

3.4 Vergelijk scenario's met richtwaardes Nationaal Plan Energiesysteem

De zes scenario's die in dit onderzoek gehanteerd zijn geven de hoekpunten van het speelveld aan voor 2040. Dit zijn dus de verwachte uitersten van het energiesysteem. Echter, in het recent gepubliceerde (concept-)Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) zijn richtwaardes voor de ontwikkeling van vraag en aanbod van energie richting de toekomst gepubliceerd (Ministerie van EZK, 2023). Dit geeft een beeld richting welk scenario het energiesysteem zich naar verwachting zal ontwikkelen en daarmee inzicht over de resultaten van welk scenario het meest relevant zijn.

Er zijn in het NPE geen richtwaardes opgenomen voor 2040. Daarom vergelijken we de richtwaardes van het NPE voor 2050 met de 2050 scenario's van I13050. Aangezien de nieuwe scenario's (Krimp industrie en Doorvoer naar buitenland) alleen voor 2040 uitgewerkt zijn kunnen deze niet vergeleken worden met de richtwaardes van het NPE.

Tabel 4 geeft een vergelijking van de belangrijkste kerncijfers van het NPE en de I13050-scenario's. Wat betreft aanbod en (directe) vraag van elektriciteit liggen de richtwaardes van het NPE het meest in de buurt van de scenario's Nationaal Leiderschap en Europese Integratie. Maar het aanbod van overige bronnen van elektriciteit (exclusief wind op zee) is bij de richtwaardes van het NPE hoger dan in deze beide scenario's, aangezien maximaal ingezet wordt op zowel hernieuwbare opwek op land als op nucleair. Wat betreft waterstofvraag liggen de richtwaardes van het NPE het meest in de buurt van het scenario Internationale Handel.

Tabel 4 – Vergelijk richtwaardes NPE 2050 met scenario's I13050

		Richt- waardes NPE 2050	Decentrale Initiatieven	Nationaal Leider- schap	Europese Integratie	Internationale Handel	Eenheid
Vraag	Elektriciteits- vraag (excl. flex)	275	245	290	255	220	TWh
	Waterstofvraag (incl. inzet in andere ketens)	195	100	160	115	175	TWh
Productie	Zon-pv	170	185	170	125	100	GW
	Wind op land	17	15	20	10	10	GW
	Nucleair	7	0	3	8	0	GW

4 Rol flexibiliteit bij integratie wind op zee

Richting 2040 zal inzet van flexibiliteitsbronnen, zoals batterijen en elektrolyzers, noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van het energiesysteem. Maar inzet van flexibiliteitsbronnen heeft ook impact op de aanlanding van wind op zee. In dit hoofdstuk geven we een beschouwing op de rol van flexibiliteit bij aanlanding van wind op zee. Eerst geven we een algemene beschouwing op de rol van flexibiliteitsbronnen op de integratie van wind op zee en vervolgens beschrijven we hoe verschillende flexibiliteitstechnieken aan de integratie van wind op zee kunnen bijdragen. De kwantitatieve inschatting van de impact van flexibiliteitsbronnen op de benutting van wind op zee en de inpassing van wind op zee in het energiesysteem op land volgen in Hoofdstuk 5 en 6.

4.1 Beschouwing rol flexibiliteitsbronnen bij integratie wind op zee

De inzet van flexibiliteitsbronnen kan ervoor zorgen dat meer windenergie efficiënt benut kan worden. Bij directe benutting van elektriciteit vinden minder energieverliezen plaats. Maar in 2040 kan slechts een beperkt deel van de windenergie direct gebruikt worden voor de invulling van de elektriciteitsvraag. Enerzijds komt dit doordat de totale omvang van de energieproductie van de windparken op zee in 2040 groter is dan de elektriciteitsvraag, maar dit komt ook voor een belangrijk deel door ongelijktijdigheid van productie en vraag.

Inzet van flexibiliteitsbronnen kunnen ervoor zorgen dat de productie van de windparken op zee beter matchen met de elektriciteitsvraag, door flexibele vraag of opslag van elektriciteit. Zo kan meer windenergie gebruikt worden in de vorm van elektriciteit. De resterende overschotten van de windparken op zee kunnen omgezet worden in waterstof met elektrolyse, op zee of op land. Zo kan deze elektriciteit ook nog nuttig benut worden om waterstof te produceren die nodig is om bijvoorbeeld de industrie of zwaar transport te verduurzamen.

Indien flexibiliteitsbronnen geplaatst worden op de aansluitlocaties, dan kunnen deze ervoor zorgen dat meer elektriciteit direct op die locaties benut worden. Overschotten van elektriciteit worden hierdoor direct op de aansluitlocaties gebruikt en hoeven niet verder getransporteerd te worden via hoogspanningsverbindingen. Zo zorgen flexibiliteitsbronnen dat meer elektrische aanlanding mogelijk is op aansluitlocaties, voordat uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur noodzakelijk zijn.

Inzet van elektrolyse op zee kan, indien het gecombineerd wordt met hybride aansluitingen (combinatie elektrisch en waterstof), ook zorgen dat meer elektriciteit direct benut kan worden op de locaties doordat het leidt tot een hogere bedrijfstijd van de elektrische aansluiting.

4.2 Relevante technieken

Voor de modellering van de inzet van deze technieken sluiten we aan bij de gehanteerde methodiek van I13050 (Netbeheer Nederland, 2023). Bij I13050 is de inzet van flexibiliteitsbronnen bepaald in het Energietransitiemodel (ETM). Aangezien de gehanteerde scenario's op bepaalde punten afwijken van de oorspronkelijke I13050-scenario's bepalen we de inzet van flexibiliteitsbronnen voor elk van deze scenario's opnieuw met het ETM. Dit betekent dat de inzet van de flexibiliteitsbronnen in onze scenario's afwijkt van de oorspronkelijke I13050-scenario's (hoeveel MW inzet per uur), maar dat de

wijze waarop deze flexibiliteitsbronnen ingezet worden in het energiesysteem (bv elektrolyse voor langdurige overschotten) gelijk is.

Er zijn verschillende flexibiliteitsbronnen die kunnen bijdragen aan de integratie van wind op zee. Hieronder bespreken we belangrijkste technieken. Voor elk van deze technieken bespreken we hoe deze kunnen bijdragen aan de integratie van wind op zee.

4.2.1 Curtailment

Bij voorkeur worden overschotten van elektriciteit nuttig benut, bijvoorbeeld met vraagsturing, batterijen of elektrolyse. Maar voor de hoogste pieken van de productie is dit niet rendabel. Daarom zal in de toekomst een deel van de hernieuwbare elektriciteit gecurtailed worden, wat inhoudt dat de capaciteit van windmolens (of zonneparken) tijdelijk wordt teruggeschroefd, door de windmolens stil te zetten. Het aftoppen van de grootste pieken van de productie van wind op zee zorgt voor minder grote lokale overschotten van elektriciteit waardoor minder transport via het hoogspanningsnet noodzakelijk is.

4.2.2 Vraagsturing en power-to-heat industrie

De energie-intensieve industrie opereert voornamelijk op vollast. Dit betekent dat zij het hele jaar constant draaien. Bij vraagsturing worden de productievolumes op- of afgeschroefd op basis van de beschikbare elektriciteit van wind op zee. Bij power-to-heat wordt extra warmte geproduceerd en opgeslagen in buffers. Bij beide opties wordt extra elektriciteitsvraag gegenereerd op momenten met veel productie van wind op zee. Zo kan een groter deel van de windenergie nuttig benut worden in de vorm van elektriciteit. Daarnaast kan een groter deel van de elektriciteit direct benut worden op de aansluitlocatie, waardoor minder transport van overschotten via het hoogspanningsnet noodzakelijk is.

4.2.3 Interconnectie

Het Nederlandse elektriciteitssysteem staat niet op zichzelf, maar is verbonden met de buurlanden. Het is de verwachting dat de interconnectiecapaciteit met het buitenland zal toenemen richting de toekomst. De uitwisseling van elektriciteit met het buitenland is afhankelijk van de relatieve elektriciteitsprijzen in Nederland ten opzichte van de andere landen. Op het moment met overschotten van elektriciteit van wind op zee worden de prijzen in Nederland laag en zal naar verwachting met name export plaatsvinden, behalve als in nabijgelegen landen nog meer overschotten van elektriciteit hebben. Door export op momenten met veel productie van wind op zee in Nederland, kunnen de overschotten van elektriciteit deels in het buitenland benut worden in de vorm van elektriciteit. Bij het scenario *Doorvoer elektriciteit buitenland* wordt hiervoor extra elektrische aanlanding gerealiseerd en gaat het om grote volumes elektriciteit die doorgevoerd worden, maar ook in de andere scenario's is sprake van uitwisseling van elektriciteit met het buitenland.

Daarnaast kan interconnectie impact hebben op de integratie van wind op zee op de aansluitlocaties. Bij aansluitlocaties Rotterdam, de Eemshaven en Maasbracht zijn interconnecties aanwezig. Bij Rotterdam is een DC-interconnectie aanwezig met Groot-Brittannië en bij de Eemshaven zijn DC-interconnecties aanwezig met Denemarken en Noorwegen. Bij Maasbracht zijn AC-interconnecties aanwezig met Duitsland en België. Daarnaast zijn er op andere locaties in Nederland AC-interconnecties die impact kunnen hebben op de transportstromen.

Via interconnecties kunnen overschotten van wind op zee in potentie afgevoerd worden richting andere landen, maar het kan ook zo zijn dat er juist sprake is van import op momenten met veel productie van wind op zee. Dit is afhankelijk van de relatieve elektriciteitsprijzen in Nederland ten opzichte van de andere landen. Het effect van interconnectie kan dus zowel positief als negatief zijn. De inzet van DC-interconnecties (bij Rotterdam en Eemshaven) is meegenomen in de analyses. Voor de inzet van deze interconnecties is aangesloten bij de modellering van I13050. De inzet van AC-interconnecties (onder andere bij Maasbracht) is niet meegenomen omdat hiervoor een integrale doorrekening van TenneT noodzakelijk is.

4.2.4 Batterijen

Batterijen kunnen elektriciteit opslaan op momenten van overschotten en deze elektriciteit weer invoeden op momenten van tekorten. Batterijen kunnen ervoor zorgen dat een groter deel van de windenergie nuttig benut kan worden als elektriciteit, door overschotten op te slaan en later weer in te voeden op momenten dat de elektriciteitsvraag niet volledig ingevuld wordt door wind op zee, wind op land en zon-pv.

Als batterijen geplaatst worden op aansluitlocaties, dan kunnen deze een deel van de lokale overschotten opslaan en er daarmee voor zorgen dat minder overschotten getransporteerd hoeven te worden via het elektriciteitsnet.

Er worden verschillende soorten batterijen meegenomen in de modellering. Er worden zowel flowbatterijen als Li-ion batterijen meegenomen. Flowbatterijen zijn geschikter dan Li-ion voor de integratie van wind op zee, aangezien flowbatterijen voor langere periodes elektriciteit kunnen opslaan en de overschotten van wind op zee doorgaans langere tijd aanhouden (uren of dagen, soms nog langer).

4.2.5 Elektrolyzers

Elektrolyse, het omzetten van elektriciteit, heeft twee doelen. Enerzijds kan het ingezet worden voor de balancerende van het elektriciteitssysteem door overschotten van elektriciteit op te vangen. Daarnaast kan middels elektrolyse waterstof geproduceerd nodig zijn voor de verduurzaming van delen van de industrie en mobiliteit.

Elektrolyse wordt tot en met 2030 vooral op land geplaatst. Het is de verwachting dat voor de periode 2031-2040 ook elektrolyse op zee mogelijk wordt. De windenergie wordt in dat geval als waterstof aan land gebracht. Er zijn hierin verschillende configuraties mogelijk, zoals radiale aansluitingen of hybride aansluitingen met een offshore energiehub (zie Paragraaf 2.1.2).

De belangrijkste configuraties voor elektrolyse op zee zijn:

- **Radiale aansluiting.** Elektrolyzers op zee zullen worden in dit geval direct gekoppeld aan windparken. De volledige productie van dit windpark op zee wordt dan omgezet in waterstof (voor bulkproductie van waterstof) en getransporteerd richting de kust.
- **Systeemintegratie op zee/hybride aansluitingen.** In dit geval wordt de elektriciteit van meerdere windparken samengebracht bij een energiehub. Bij die hub wordt een deel van de elektriciteit omgezet in waterstof en een deel via elektrische verbindingen richting de kust getransporteerd. Vanaf deze energiehub wordt vervolgens elektriciteit en waterstof richting de kust getransporteerd. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Door het realiseren van een energiehub kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof geoptimaliseerd worden.

Elektrolyzers op land of zee zullen worden ingezet om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Bij radiale aansluitingen zullen er naar verwachtingen zowel op zee als op land elektrolyzers geplaatst worden. Een deel van de windenergie wordt in dat geval wel eerst als elektriciteit aan land gebracht, aangezien een deel van de windenergie wel direct benut kan worden als elektriciteit, maar wordt op land alsnog gedeeltelijk omgezet in waterstof. Bij hybride aansluitingen worden elektrolyzers op zee al flexibel ingezet en zijn naar verwachting minder elektrolyzers op land noodzakelijk. In dit onderzoek gaan we niet verder in op de afwegingen tussen elektrolyse op land en elektrolyse op zee. In de analyses in Hoofdstuk 5 en 6 gaan we uit van radiale aansluitingen en dus van directe koppeling van windparken en elektrolyse op zee en flexibele inzet van elektrolyzers op land. Wel doen we gevoeligheidsanalyses naar de impact van hybride aansluitingen.

Indien elektrolyzers op land geplaatst worden dan heeft het de voorkeur om deze bij de aansluitlocaties te plaatsen. In dat geval kunnen deze worden ingezet om direct op locatie overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Hierdoor hoeven deze overschotten niet verder getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet, waardoor er minder belasting is op het hoogspanningsnet.

Elektrolyzers bij aansluitlocaties kunnen, in sommige gevallen, ook extra knelpunten door afname van elektriciteit veroorzaken. Dit komt doordat elektrolyzers ook op momenten met weinig aanbod van wind op zee ingezet zullen worden, op momenten dat er veel productie is van zon-pv.

4.3 Vermogens flexibiliteitsbronnen per scenario

Tabel 5 geeft een overzicht van de vermogens voor bovenstaande flexibiliteitsbronnen, per scenario. De inzet van flexibiliteitsbronnen verschilt van de oorspronkelijke I13050 door de wijzigingen in vraag en aanbod (zie Hoofdstuk 3). Voor sommige flexibiliteitsbronnen, batterijen en elektrolyzers op land, wijzigt zowel het vermogen als de inzet. Voor andere bronnen, zoals interconnectie en vraagsturing, wijzigt alleen de inzet.

Naast het vermogen van de verschillende flexibiliteitsbronnen geven we ook de elektriciteitsvraag. Dit is alleen relevant voor technieken die zorgen voor extra vraag, zoals power-to-heat en elektrolyse. Bij vraagsturing en batterijen is sprake van verschuiving van vraag- en/of productie en geen structurele vraag⁹. Bij interconnectie geven we de netto-export van elektriciteit (positief is netto-export, negatief netto-import).

De tabel laat zien dat de scenario's Nationaal Leiderschap en Doorvoer naar buitenland de grootste vermogens aan flexibiliteitsbronnen hebben. In elk scenario nemen elektrolyzers op land de grootste volumes aan overschotten van elektriciteit op. Daarnaast is te zien dat grote vermogens aan pieken gecurtailed worden, maar dat de totale hoeveelheid elektriciteit die gecurtailed wordt beperkt is.

⁹ Met uitzondering van energieverliezen.

Tabel 5 – Vermogens en elektriciteitsvraag belangrijkste flexibiliteitsbronnen per scenario

	Decentrale initiatieven	Nationaal Leiderschap	Europese Integratie	Internationale Handel	Krimp Industrie	Doorvoer naar buitenland
Curtailement	43,3 GW 8 TWh	40,1 GW 5 TWh	35,7 GW 6 TWh	32,4 GW 7 TWh	43,3 GW 8 TWh	40,1 GW 5 TWh
Vraagsturing	4,7 GW	5,1 GW	2,6 GW	2,5 GW	4,7 GW	5,1 GW
Power-to-heat	9,9 GW 11 TWh	10,0 GW 11 TWh	4,5 GW 4 TWh	3,7 GW 3 TWh	9,9 GW 11 TWh	10,0 GW 11 TWh
Interconnectie	14,8 GW 13 TWh	14,8 GW 5 TWh	14,8 GW 6 TWh	14,8 GW 7 TWh	14,8 GW 13 TWh	14,8 GW ¹⁰ 64 TWh
Batterijen inclusief EV	42,4 GW	42,0 GW	29,2 GW	24,7 GW	42,4 GW	42,0 GW
Elektrolyzers op land	17,9 GW 70 TWh	20,2 GW 76 TWh	13,9 GW 53 TWh	11,1 GW 40 TWh	19,3 GW 67 TWh	20,2 GW 76 TWh

¹⁰ Naar verwachting is meer interconnectiecapaciteit nodig voor de export van grote volumes elektriciteit richting België en Duitsland, maar dit is nu niet onderzocht.

5 Benutting windenergie

In 2040 moet 50 GW wind op zee gerealiseerd zijn. Tot 2031 wordt het overgrote deel van de windparken met kabels aangesloten op het energiesysteem op land. Maar richting 2040 wordt zoveel energie geproduceerd met de windparken op zee, dat het niet meer efficiënt om al deze energie als elektriciteit aan land te brengen. Een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding in de vorm van waterstof is noodzakelijk om de energieverliezen, de systeemkosten en de impact op de omgeving te minimaliseren. In dit hoofdstuk gaan we hier op in.

Eerst bespreken we welke factoren van belang zijn voor de afweging tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Vervolgens maken we voor elk scenario inschatting van een economisch/energetisch efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Op basis van deze verhouding rekenen we het energiesysteem door en maken we een inschatting hoe de 50 GW wind op zee in 2040 benut wordt, in elk van de scenario's. Een uitgebreide omschrijving van de methodiek en resultaten van dit onderdeel is te vinden in de bijgevoegde bijlage *Benutting Windenergie*.

De analyses in deze stap van het onderzoek hebben als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (circa tien elektrisch, twee waterstof). Daarnaast geeft de analyse inzicht in de afwegingen rondom de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof en de afhankelijkheid van ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen (zoals wind op land en kern-energie).

De uitgevoerde analyses geven een globale eerste inschatting van een efficiënte verhouding. Voor de uiteindelijke keuze voor de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof zijn verdere analyses en onderzoek nodig. Deze keuze wordt gemaakt in het Energie Infrastructuur Plan Noordzee (EIPN).

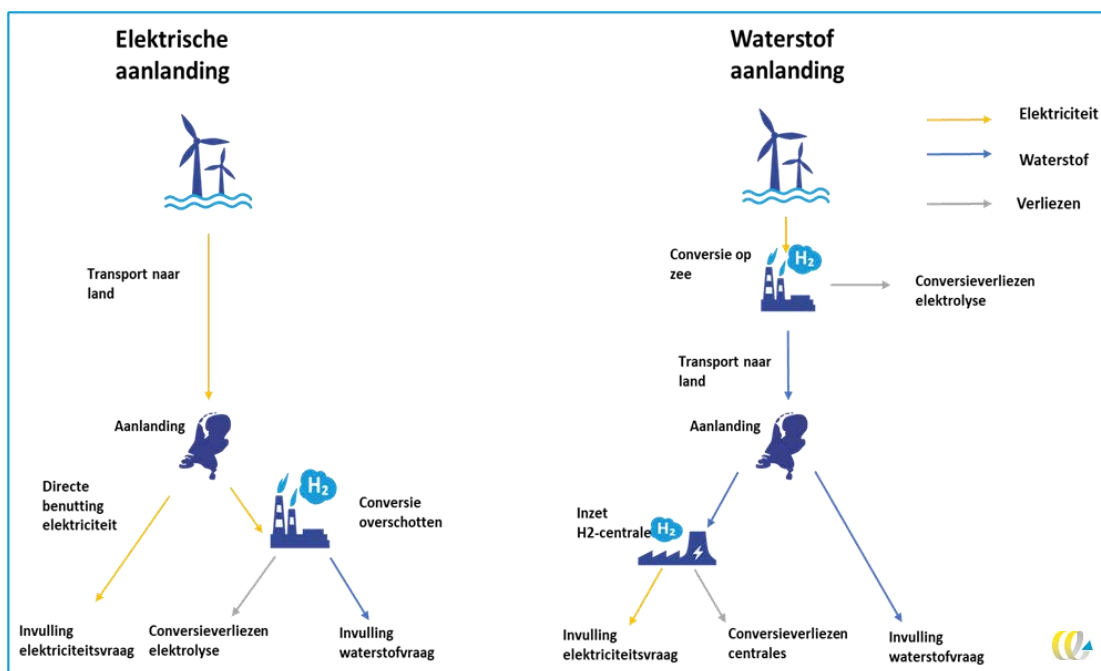
5.1 Afwegingen efficiënte verhouding elektriciteit/waterstof

Bij het bepalen van een maatschappelijk wenselijke verhouding tussen aanlanding van elektriciteit en waterstof zijn vele aspecten van belang. Energie-efficiëntie, en daarmee het minimaliseren van energieverliezen, is een belangrijke factor maar zeker niet de enige. Kosten zijn naast energie-efficiëntie ook een belangrijke factor. Daarbij zijn niet alleen naar de kosten voor opwek van belang, maar ook de kosten voor transport en opslag zijn hierbij van belang. Daarnaast zijn de ontwikkelingen rondom waterstof, de ruimtelijke mogelijkheden en de effecten van de aanlandingen (elektrisch of waterstof) op de omgeving van belang. Voor een goede afweging dienen al deze aspecten integraal gewogen te worden. In die afweging moet ook de verschillende mogelijke configuraties op zee, zoals energiehubs, afgewogen worden (zie Paragraaf 2.1.2).

Bovenstaande aspecten zorgen ervoor dat het bepalen van een maatschappelijk gunstige verhouding tussen elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen een zeer complexe puzzel is. Het kraken van deze volledige complexe puzzel gaat voorbij de scope van dit onderzoek. Om toch een globale inschatting te maken van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en directe omzetting naar waterstof te bepalen is een versimpelde economische afweging gemaakt op basis van de directe benutting van elektriciteit bij (extra) elektrische aanlanding enerzijds en de

meerkosten voor elektrische aanlanding ten opzichte van waterstofaanlanding anderzijds. Om de analyse behapbaar en transparant te houden focussen we alleen op de belangrijkste economische en energetische aspecten en gaan we alleen uit van radiale aansluitingen. Wel doen we een gevoeligheidsanalyse (Paragraaf 5.4).

Bij direct gebruiken van elektriciteit treden minder energieverliezen op. Als windenergie in de vorm van elektriciteit aan land gebracht wordt, dan kan op land een keuze gemaakt worden hoe deze elektriciteit benut wordt. Een deel van de windenergie wordt gebruikt voor de invulling van de elektriciteitsvraag. Flexibiliteitsbronnen zoals vraagsturing of batterijen kunnen ervoor zorgen dat zo veel mogelijk elektriciteit direct benut kan worden. Hier zit echter een grens aan, dus een deel van de windenergie die als elektriciteit aan land komt zal naar verwachting op land omgezet worden in waterstof. Wanneer windenergie op zee omgezet wordt in waterstof en in die vorm aan land gebracht wordt verlies je die flexibiliteit. Dan is er bij voorbaat al een keuze gemaakt om al deze elektriciteit om te zetten in waterstof en dan kan deze elektriciteit niet meer direct gebruikt worden voor de invulling van de elektriciteitsvraag. Dit wordt in Figuur 5 geïllustreerd. Bij hybride aansluitingen (combinatie elektrisch en waterstof) kan de hoeveelheid elektriciteit die naar land verder geoptimaliseerd worden, maar zoals eerder benoemd nemen we dit in deze analyses niet mee.



Figuur 5 – Illustratie energiestromen elektrische aanlanding en waterstof aanlanding, bij radiale aansluitingen¹¹

Als windenergie in de vorm van elektriciteit naar land gebracht wordt, dan kan een maximale hoeveelheid elektriciteit direct benut worden en wordt alleen elektriciteit omgezet naar waterstof als er sprake is van overschotten. Hiermee worden conversieverliezen van energie geminimaliseerd. Het transport van windenergie naar de kust in de vorm van elektronen is echter een stuk duurder dan transport naar de kust in de vorm van moleculen (Guidehouse & Berenschot, 2021)

¹¹ Bij systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen ziet de situatie er anders uit, maar dit is niet meegenomen in deze figuur aangezien we in de analyse uitgegaan zijn van radiale aansluitingen.

(kostenberekening te vinden in bijgevoegde bijlage *Benutting Windenergie*). Bij een lage marginale benutting van de elektriciteit weegt het voordeel van extra directe benutting van elektriciteit niet meer op tegen de hogere transportkosten. De cruciale vraag is waar het omslagpunt zit. Om een inschatting te maken bij welke marginale benutting de hogere directe benutting van elektriciteit niet meer opweegt tegen de extra transportkosten is een versimpelde kostenberekening gemaakt voor de **marginale situatie** met aanlanding van één extra windpark. Voor beide transportroutes uit Figuur 5 is voor deze marginale situatie een inschatting gemaakt van de totale kosten voor transport en de kosten gerelateerd aan de energieverliezen.

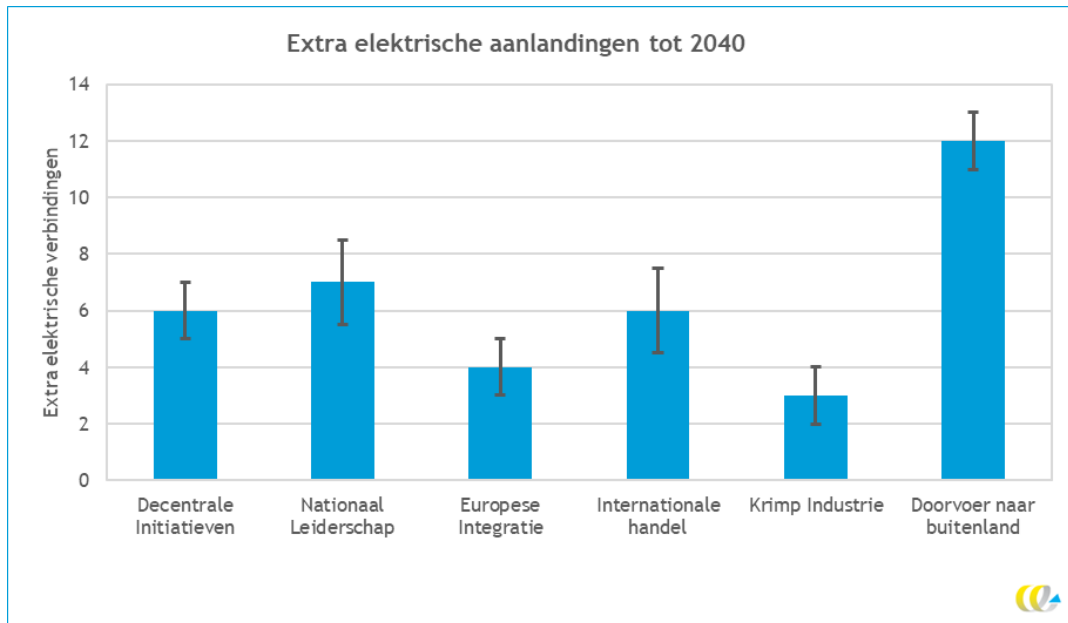
Uit de kostenanalyse volgt dat dit omslagpunt naar verwachting bij een marginale benutting van elektriciteit tussen de 15 en 20% zit. Dit betekent dat het bij deze benadering nuttig is om elektrisch aan te landen, totdat de directe benutting van elektriciteit van het laatste windpark onder de 15 tot 20% komt. Vanaf dat punt is het, volgens onze analyse, economisch gunstiger om de windenergie op zee om te zetten in waterstof en via een buisleiding naar land te brengen.

5.2 Inschatting verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, per scenario

Voor elk van de zes scenario's is een inschatting gemaakt van de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Voor elk van de scenario's wordt uitgegaan van in totaal 50 GW wind op zee in 2040, conform de opgave van pVAWOZ. Voor de inschatting van de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding is, op basis van de voorgaande analyse, aangenomen dat tot een marginale benutting van 15-20% windenergie in de vorm van elektriciteit aan land gebracht wordt. Bij de rest van de windparken wordt de windenergie op zee omgezet in waterstof. Bij het scenario Doorvoer naar buitenland nemen we aan dat 12 GW extra elektrische aanlanding gerealiseerd wordt, voornamelijk voor doorvoer. Voor deze 12 GW extra elektrische aanlanding hebben we niet specifiek naar de kostenafweging gekeken.

Voor het bepalen van de marginale benutting van de windenergie worden de volledige elektriciteitsvoorziening en waterstofvoorziening doorgerekend. De elektriciteitsvoorziening rekenen we door op uurbasis. Dit is noodzakelijk om de ongelijktijdigheid van vraag en productie goed mee te nemen.

Figuur 6 geeft een overzicht van de hoeveelheid extra elektrische aanlandingen tot 2040, volgend uit bovenstaande analyse. De figuur laat zien dat er een flinke bandbreedte zit in de hoeveel extra elektrische aanlanding efficiënt is per scenario. Dit is afhankelijk van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in Nederland, de uitrol van andere energiebronnen (zoals wind op land en kernenergie) en het wel of niet elektrisch aanlanden van windenergie voor doorvoer richting het buitenland.



Figuur 6 – Totaal extra elektrische verbindingen per scenario

Uit de uitkomsten kan geconcludeerd worden dat het in 2040 **in totaal**, ten opzicht van 2031, gaat het om **minimaal twee extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario Decentraal – Krimp industrie) en **maximaal dertien extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario doorvoer België/Duitsland).

De richtwaardes van het NPE liggen, wat betreft vraag en aanbod van elektriciteit, het meest in de buurt van de scenario's Nationaal Leiderschap en Europese Integratie. Dus het aantal elektrische verbindingen dat, volgens de gehanteerde methodiek, efficiënt is bij deze richtwaardes ligt naar verwachting tussen de vier en zeven (plus onzekerheid).

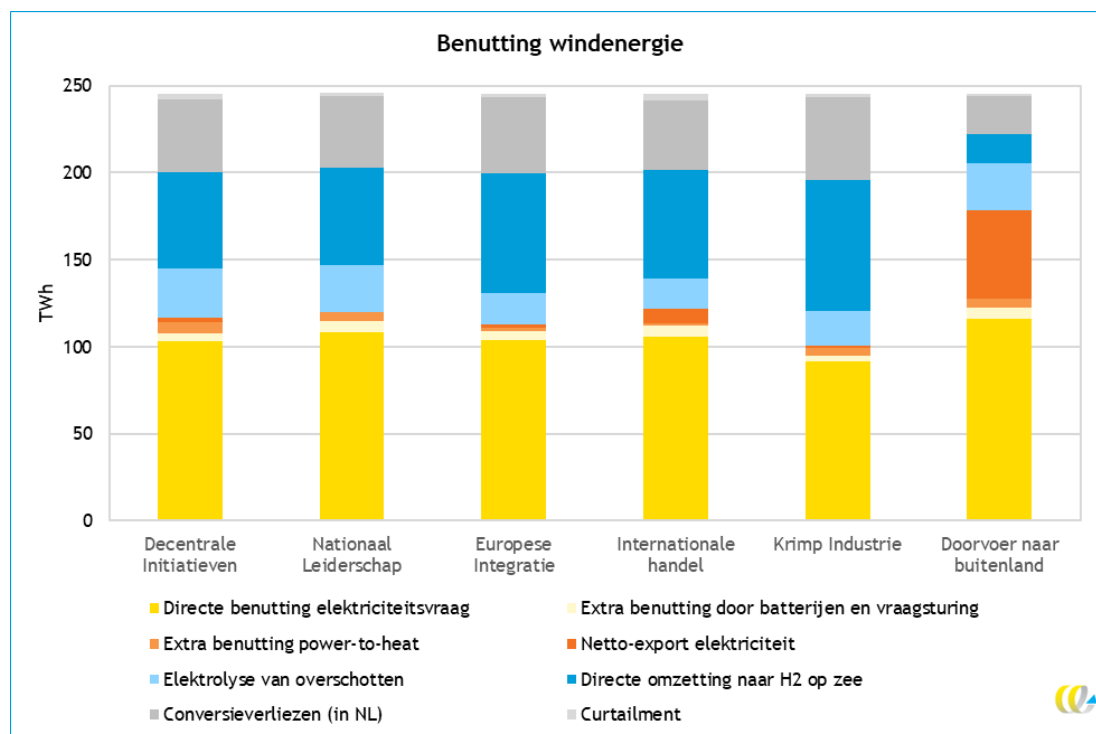
De tien elektrische verbindingen die onderzocht worden in pVAWOZ vallen binnen de bandbreedte van de scenario's. In het scenario *Doorvoer naar buitenland* zijn meer dan tien extra verbindingen nodig. In de overige scenario's zijn minder dan tien extra verbindingen van 2 GW nodig (twee tot zeven). Dit betekent dat de tien extra verbindingen waarnaar gezocht wordt in de meeste gevallen voldoende zijn, maar dat het wel belangrijk is om goed na te denken waar de elektriciteit voor gebruikt wordt voordat er daadwerkelijk een keuze gemaakt wordt over het aantal elektrische verbindingen dat gerealiseerd gaat worden.

De energie van de overige windparken wordt met waterstofaanlanding aan land gebracht. Dit betekent dat de geproduceerde elektriciteit offshore omgezet wordt in waterstof en in die vorm via buisleiding naar land getransporteerd wordt). Het gaat in de verschillende scenario's om **minimaal 3 GW (één verbinding) waterstofaanlanding** (bij het scenario doorvoer België/Duitsland) en **maximaal 25 GW (twee verbindingen) waterstofaanlanding** (bij het scenario Decentraal – Krimp industrie).

5.3 Benutting windenergie

Voor elk van bovenstaande scenario's is, met de bepaalde verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding in de vorm van waterstof¹², het energiesysteem doorgerekend volledig doorgerekend met het energiemodel. Hierin is ook de inzet van flexibiliteit meegenomen, zoals gemodelleerd in het ETM¹³. Op basis van de modellering van de scenario's is voor elk van de scenario's bepaald waar de windenergie voor gebruikt wordt

Figuur 7 geeft een overzicht van de benutting van windenergie voor elk van de scenario's.



Figuur 7 - Benutting windenergie per scenario

Uit deze figuur kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Tussen de 35 en 45% van de windenergie kan direct gebruikt worden voor invulling van de elektriciteitsvraag in Nederland. Met inzet van verschillende flexibiliteitsbronnen (batterijen, vraagsturing, power-to-heat) kan tussen de 40 en 50% van de windenergie benut worden in de vorm van elektriciteit in Nederland.
- In elk scenario wordt ongeveer 1% van de totale productie van de windparken op zee gecurtailed omdat het niet rendabel is om flexibiliteit te realiseren voor het benutten van deze energie.
- In het scenario *Doorvoer naar buitenland* wordt een deel van de extra 12 GW elektrische aanlanding benut voor het invullen van de elektriciteitsvraag in Nederland, waardoor het aandeel directe benutting in Nederland iets hoger ligt dan bij de andere scenario's.

¹² Hierbij gaan we uit van de ondergrens van de range voor de elektrische aanlanding per scenario.

¹³ Er zijn nieuwe scenario's gemaakt met aangepaste (elektrische) vermogens wind op zee om de juiste inzet van flexibiliteit te bepalen.

- In het scenario *Doorvoer naar buitenland* vindt aanzienlijke export van elektriciteit plaats. Deze elektriciteit kan in het buitenland naar verwachting in ieder geval deels direct benut worden (meer hierover in Paragraaf 3.3.1).
- Het overige deel van de windenergie wordt omgezet in waterstof. Een deel van de windenergie wordt wel aan land gebracht in de vorm van elektriciteit en daar omgezet naar waterstof op momenten van overschotten van elektriciteit. Daarnaast wordt in elk scenario een deel van de windenergie direct omgezet naar waterstof op zee. In het scenario *Doorvoer naar buitenland* wordt 15% van de windenergie direct op zee omgezet in waterstof. In de overige scenario's tussen de 40 en 50%.
- In het scenario *Doorvoer naar buitenland* wordt het kleinste aandeel van de geproduceerde elektriciteit omgezet in waterstof in Nederland, waardoor dat scenario de minste conversieverliezen in Nederland heeft. Mogelijk zijn er wel conversieverliezen in het buitenland, als niet alle geëxporteerde elektriciteit in het buitenland direct benut kan worden.

Zoals eerder benoemd hebben we voor elk van de scenario's de volledige elektriciteitsvoorziening en waterstofvoorziening integraal doorgerekend. Daarbij nemen we dus niet alleen de energie van windparken op zee mee, maar ook van andere bronnen zoals zon-pv, kernenergie en wind op land. Hieruit volgt dat Nederland in vijf van de zes scenario's is Nederland netto-exporteur van energie in de vorm van elektriciteit en waterstof is. Alleen in het scenario Internationale Handel is Nederland er sprake van een kleine netto-import. In het scenario *Doorvoer naar buitenland* is het vooral export van elektriciteit, in de overige scenario's vooral export van waterstof.

Het is wel belangrijk om te benoemen dat dit kan veranderen richting 2050 doordat een aanzienlijk deel van de energievraag in 2040 nog fossiel is. Hierdoor ontstaat tussen 2040 en 2050 nog extra elektriciteits- en waterstofvraag. Deze ontwikkelingen worden verder beschreven in Paragraaf 7.2.

5.4 Gevoeligheidsanalyse systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen

Na 2030 is het een mogelijkheid om energiehubs te realiseren waarbij meerdere kabels op zee samenkomen bij een hub waar vervolgens elektrolyse toegepast wordt. Vanaf deze energiehub wordt vervolgens elektriciteit en waterstof richting de kust getransporteerd. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Door het realiseren van een energiehub vindt systeemintegratie op zee plaats, en kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof al geoptimaliseerd worden waardoor de elektrische verbindingen een hogere benuttingsgraad hebben. Voor de keuze tussen radiale aansluitingen en hybride aansluitingen moet een integrale afweging gemaakt worden, onder meer op kosten en impact op milieu en ruimte. In dit onderzoek gaan we niet in op deze afweging. In het EIPN wordt hier verder onderzoek naar gedaan en wordt ook gekeken naar andere soorten hubs.

We kijken hier wel naar de impact van hybride aansluitingen op de resultaten van dit hoofdstuk. Systeemintegratie op zee heeft impact op de afweging rondom de verhouding elektrische verbindingen en waterstofverbindingen, onder meer doordat de benuttingsgraad van elektrische verbindingen hoger wordt.

In de bovenstaande analyses zijn we uitgegaan van radiale verbindingen. Systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen kunnen in potentie effect hebben op de volgende aspecten:

- **Kostenafweging tussen elektrische verbinding en waterstofverbinding.** In bovenstaande analyses hebben we door middel van een versimpelde economische analyse, een afweging

gemaakt van de kostenafweging. Op basis daarvan hebben we een inschatting gemaakt bij welke marginale benutting de hogere directe benutting van elektriciteit niet meer opweegt tegen de extra transportkosten. Doordat bij hybride aansluitingen de configuratie van de energie-infrastructuur op zee verandert, veranderen ook de kosten.

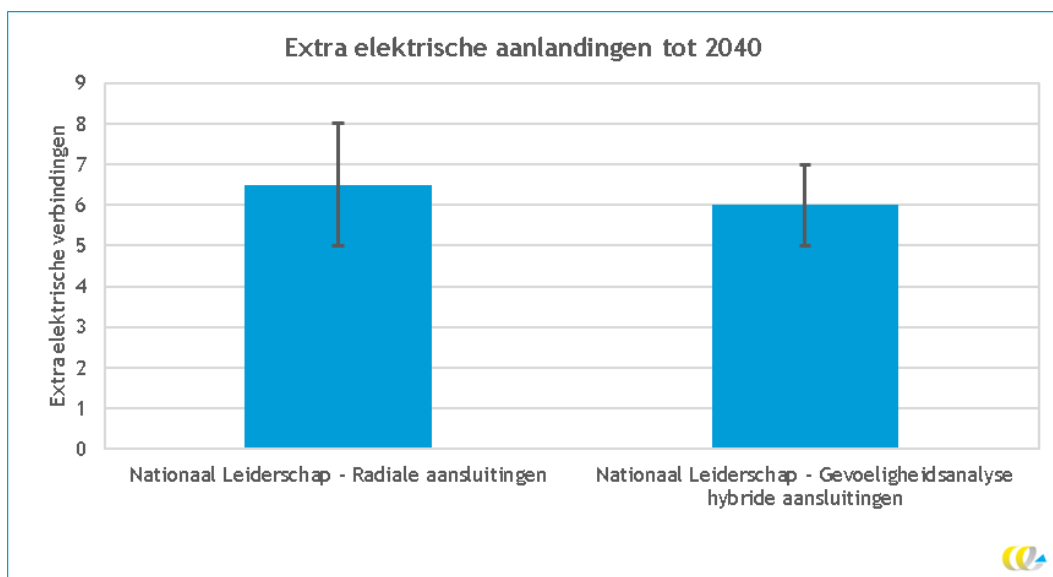
- Hierdoor verandert de economische afweging en mogelijk het omslagpunt tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Om hier een goede inschatting van te maken is een integrale kostenvergelijking tussen de verschillende configuraties nodig. Dit is niet gedaan in dit onderzoek.
- **Marginale benutting van elektriciteit als functie van extra elektrische verbindingen.** In de bovenstaande analyse onderzoeken we de marginale benutting van elektriciteit bij een toenemend aantal extra elektrische verbindingen, voor de verschillende scenario's. Hiermee is een inschatting gemaakt van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding (op basis van de versimpelde economische afweging).
- Door systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen neemt de benuttingsgraad van elektrische verbindingen richting de kust toe, wat ook impact heeft op de marginale benutting en mogelijk op de bepaling van een efficiënte verhouding tussen elektrische verbindingen en waterstofverbindingen. Hiervoor hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, voor het scenario Nationaal Leiderschap (volgt hieronder).
- **Benutting windenergie.** Voor de verschillende scenario's hebben we een inschatting gemaakt van de benutting van de windenergie, bij de ingeschatte efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Systeemintegratie op zee en de hogere benuttingsgraad van elektrische verbindingen heeft impact op de hoeveelheid elektriciteit die direct benut kan worden. Ook dit is meegenomen in de gevoeligheidsanalyse voor het scenario Nationaal Leiderschap.

Om het effect van hybride aansluitingen op een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding en de benutting van windenergie te bepalen hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Bij deze gevoeligheidsanalyse gaan we uit dat de economische afweging tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding (bij 15-20% marginale benutting omslagpunt) nog steeds geldig is. Maar bepalen we opnieuw tot welke verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding dit leidt. Voor deze verhouding maken we een inschatting van de benutting van de windenergie.

Voor de gevoeligheidsanalyse hebben we aangenomen dat alle extra verbindingen na 2030 hybride aansluitingen zijn. We gaan uit van één 2 GW elektrische verbinding per 4 GW aan windparken, dus een verhouding 1:2. Hierdoor gaat de benuttingsgraad van de verbinding richting de kust omhoog van 55% (4.900 vollasturen per jaar) naar 75% (6.600 vollasturen per jaar). Deze gevoeligheidsanalyse hebben we gedaan voor het scenario Nationaal Leiderschap.

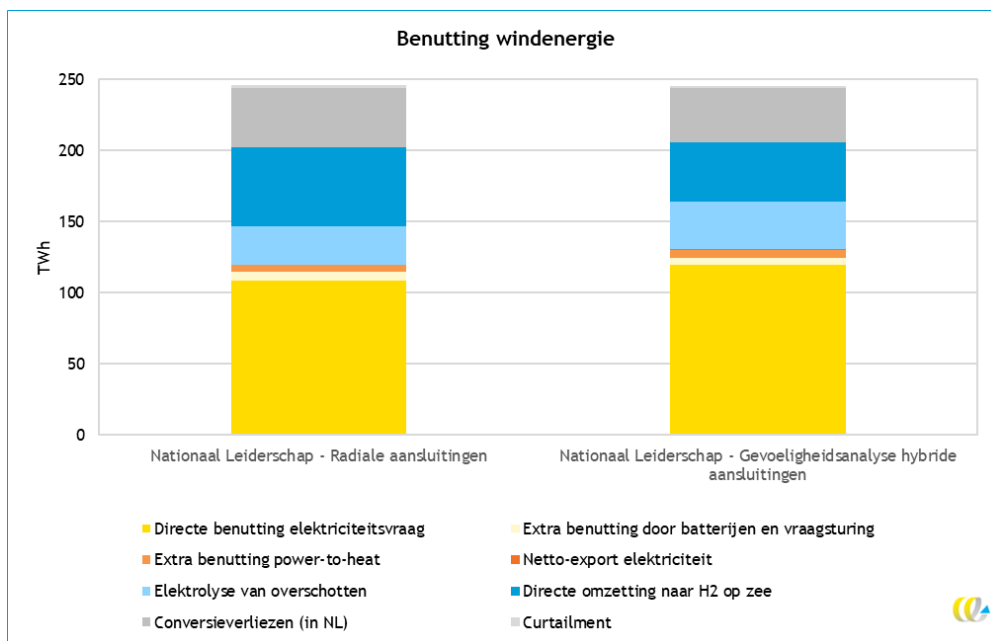
Het is niet direct te redeneren wat de impact van hybride aansluitingen op de marginale benutting van elektriciteit bij een toenemend vermogen aan elektrische verbindingen en een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen is. Enerzijds zorgen hybride aansluitingen voor een hogere benuttingsgraad en daarmee een vlakker productieprofiel wat beter aansluit bij de vraag, waardoor een groter aandeel van de stroom benut kan worden (hogere marginale benutting). Anderzijds zijn minder elektrische verbindingen nodig om een groot deel van de elektriciteitsvraag in te vullen, waardoor de marginale benutting sneller afneemt bij een hoger aantal elektrische verbindingen.

Figuur 8 geeft een overzicht van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse, voor het scenario Nationaal Leiderschap. Uit deze gevoeligheidsanalyse volgt dat het bij hybride aansluitingen naar verwachting efficiënter is om iets minder elektrische verbindingen richting de kust te realiseren, maar het verschil is klein (5-8 bij radiale aansluitingen, 5-7 bij hybride aansluitingen). Bij de hybride aansluitingen gaat het wel om een groter vermogen aan windparken op zee, aangezien we uitgaan van één 2 GW elektrische verbinding per 4 GW aan windparken.



Figuur 8 - Totaal extra elektrische verbindingen – gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

Hybride aansluitingen zorgen ervoor dat meer elektriciteit naar land getransporteerd wordt per verbinding, aangezien we uitgaan van één 2 GW elektrische verbinding per 4 GW aan windparken. Vooral op uren met weinig productie van wind op zee neemt het transport van elektriciteit richting de kust toe (aangezien meerdere windparken aangesloten zijn op één verbinding). Op die uren kan daardoor meer windenergie gebruikt worden voor directe benutting van de elektriciteitsvraag. Figuur 9 laat zien dat daardoor een groter deel van de productie op zee gebruikt wordt voor directe benutting van de elektriciteitsvraag, waardoor er ook minder conversieverliezen zijn.



Figuur 9 - Benutting windenergie – gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

6 Inpassing energiesysteem op land

In het vorige hoofdstuk hebben we voor elk scenario een inschatting gemaakt hoe de windenergie van de extra windparken op zee tussen 2031 en 2040 benut kan worden, en welke verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding efficiënt is. In dit hoofdstuk bespreken we hoe de elektrische aanlanding en waterstofaanlanding zo efficiënt mogelijk ingepast kan worden in het energiesysteem op land, zodat zo min mogelijk extra energie-infrastructureur op land noodzakelijk is. Hierbij kijken we afzonderlijk naar elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen, aangezien voor beide opties andere afwegingen spelen.

6.1 Inpassing elektrische aanlanding

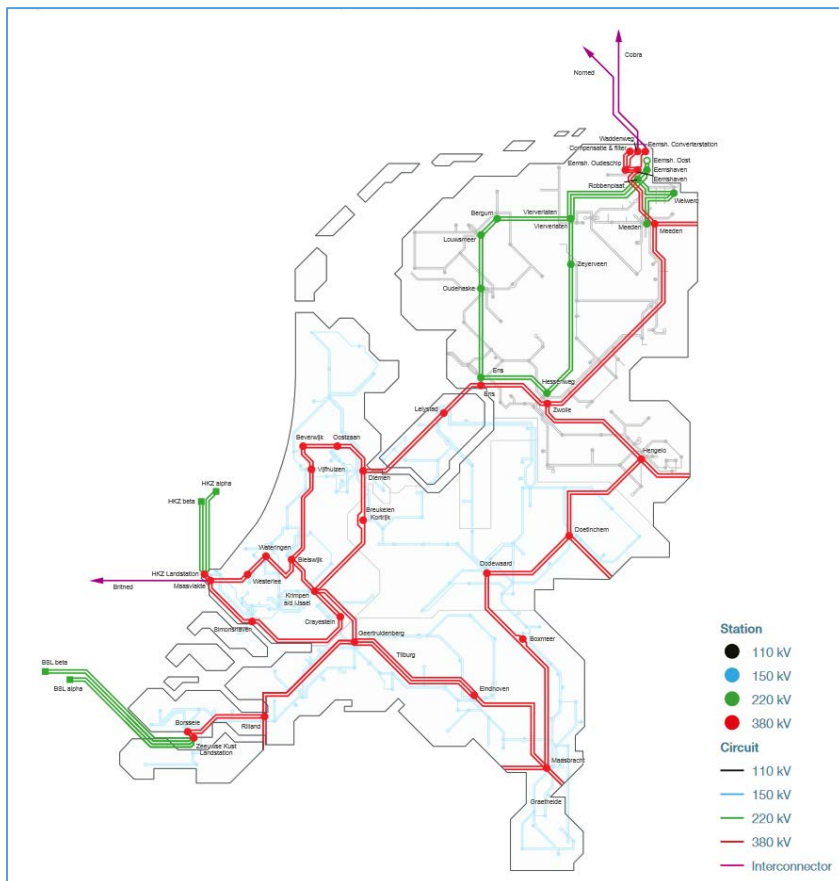
Een fors deel van de geproduceerde elektriciteit van windparken op zee zal met kabels naar land gebracht worden (meer hierover in Paragraaf 5.2). Deze elektriciteit wordt op een van de mogelijke aansluitlocaties aangesloten aan de hoogspanningsinfrastructuur op land. Op deze locaties moet de kabel vanaf zee aangesloten worden op een 380 kV-station. De potentiële aansluitlocaties voor elektrische aanlanding zijn Den Helder, Middenmeer, Vijfhuizen, Velsen, Spaarndam/A10 Noord-Oost/Weesp, Westelijk deel NZKG, Bleiswijk, Wateringen, Simonshaven, Maasvlakte/Europoort, Borssele/Sloegebied, Terneuzen, Eemshaven, Moerdijk, Tilburg en Maasbracht/Graetheide.

Tot en met 2031 wordt al 21 GW elektrische aanlanding gerealiseerd, op enkele van deze locaties (zie Tabel 1). In onderstaande analyse hebben we onderzocht hoe extra elektrische aanlanding **bovenop de plannen tot en met 2031** efficiënt ingepast kan worden. Voor deze analyses gaan we uit van realisatie van de plannen voor uitbreiding van de hoogspanningsinfrastructuur op land uit het meest recente investeringsplan van TenneT, het IP2022 (TenneT, 2022c).

In de paragrafen hieronder bespreken we de belangrijkste afwegingen rondom inpassing van elektrische aanlandingen, de methodiek die gehanteerd is voor de analyses en de uitkomsten van de analyses. Een uitgebreide omschrijving hiervan is te vinden in de losse bijlage *Integratie elektrische aanlanding*.

6.1.1 Afwegingen elektrische aanlandingen

Additionele elektrische aanlanding van wind op zee heeft een forse impact op het elektriciteits-systeem op land. Elektrische aanlanding van wind op zee zal plaatsvinden op enkele aansluitlocaties, die voornamelijk aan de kust liggen. Op deze aansluitlocaties zal een deel van de elektriciteit direct gebruikt worden, door de lokale energievragers en flexibiliteitsbronnen, maar een groot deel zal doorgevoerd worden richting de rest van Nederland. Er zullen dus forse hoeveelheden elektriciteits-transport noodzakelijk zijn vanaf de aansluitlocaties (met name aan de kust) richting de rest van Nederland. Hiervoor is voldoende **transportcapaciteit** nodig van de hoogspanningsverbindingen. Figuur 10 geeft een overzicht van de huidige hoogspanningsverbindingen, **exclusief geplande uitbreidingen uit het IP2022**.



Figuur 10 – Huidige hoogspanningsverbindingen

Een efficiënte verdeling van de elektrische aanlanding over de verschillende aansluitlocaties is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat zo min mogelijk uitbreidingen aan de hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn, bovenop de geplande uitbreidingen uit het IP2022 van TenneT. Hierbij zijn de volgende zaken van belang:

- **Elektrische aanlanding tot en met 2031.** Op enkele aansluitlocaties wordt al elektrische aanlanding gerealiseerd tot en met 2031. Dit heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die na 2031 nog mogelijk is.
- **Directe benutting elektriciteit bij aansluitlocatie**, met name vanuit de industrie. Hoe meer elektriciteit direct benut kan worden, hoe minder afgevoerd hoeft te worden met de hoogspanningsinfrastructuur. Hierbij is zowel de omvang van de elektriciteitsvraag en productie als de (on)gelijktijdigheid van belang.
- **Inzet flexibiliteit op aansluitlocatie** voor het opvangen van overschotten van elektriciteit. Indien deze overschotten op de aansluitlocatie zelf opgevangen worden, met bijvoorbeeld elektrolyzers, vraagsturing of batterijen, dan hoeft minder elektriciteit afgevoerd te worden met de hoogspanningsinfrastructuur.
- **Productie overige elektriciteitsbronnen bij aansluitlocatie.** Forse productie van andere (niet regelbare) bronnen, zoals kernenergie of hernieuwbare opwek op land, in de nabijheid van de aansluitlocatie heeft impact op de lokale overschotten aan elektriciteit die ontstaan en daarmee op de benodigde afvoer van elektriciteit via het hoogspanningsnet.
- **Locatie aansluitlocatie in hoogspanningsinfrastructuur op land.** Een deel van de (potentiële) aansluitlocaties aan de kust liggen op uitlopers van de 380 kV infrastructuur. Het gaat dan om de

kop van Noord-Holland, Zeeland, Groningen en Rotterdam. Indien er dan lokaal overschotten zijn, dan moeten deze afgevoerd worden, en indien er tekorten zijn moeten deze aangevoerd worden. De situatie is wezenlijk anders indien de aansluitlocatie niet op een uitloper van het 380 kV-net op land ligt. Dan kan er zowel aanvoer als afvoer van elektriciteit zijn vanaf de aansluitlocatie of afvoer van elektriciteit in meerdere richtingen.

- **Transportcapaciteit hoogspanningsverbindingen (huidig en gepland).** Hoe meer capaciteit de hoogspanningsverbindingen bij een aansluitlocatie hebben, hoe meer elektriciteit kan worden afgevoerd zonder dat nieuwe uitbreidingen noodzakelijk zijn. Bepalend is dan de reeds aanwezige/geplande aanlanding van de windparken tot 2031.

De kabels vanaf windparken op zee moeten aangesloten worden op het hoogspanningsnet op land bij hoogspanningsstations. Hier is **aansluitcapaciteit** voor nodig. Indien een station vol is, moet een nieuw station gerealiseerd worden voor extra aansluitingen van wind op zee en voor mogelijke flexibiliteitsbronnen. In principe is er vanuit het energiesysteem geen beperking op het aantal stations dat gerealiseerd kan worden op aansluitlocaties en dus op de maximale aansluitcapaciteit. Maar er moet wel voldoende ruimte beschikbaar zijn voor een nieuw station en de aanleg van een nieuw station kost veel tijd (7-10 jaar). Daarnaast moeten nieuwe stations aangekoppeld worden met bovengrondse verbindingen, wat ook een forse ruimtelijke impact heeft.

Additionele elektrische aanlanding van wind op zee heeft indirect ook impact op de waterstof-infrastructuur op land. Op de aansluitlocaties zullen naar verwachting elektrolyzers gerealiseerd worden. De waterstof die geproduceerd wordt door deze elektrolyzers moet direct benut of getransporteerd worden. Dit is geen doorslaggevende factor bij de elektrische aanlanding van wind op zee.

6.1.2 Methodologie integratie elektrische aanlanding

Figuur 11 geeft een weergave van de energiestromen van elektriciteit bij elektrische aanlanding bij een uitloper van het 380 kV-net aan de kust^{14,15}. De kabel van de elektrische aanlanding van wind op zee, grootschalige overige productiebronnen, grootschalige flexibiliteitsbronnen en grootschalige afnemers moeten worden aangesloten op een hoogspanningsstation. Hier is aansluitcapaciteit op dit station voor nodig. Daarnaast is transportcapaciteit van hoogspanningsverbindingen nodig om lokale overschotten af te voeren.

We hebben voor de potentiële aansluitlocaties onderzocht hoeveel wind op zee elektrisch kan aanlanden bij elke aansluitlocatie voordat verzwaringen aan de achterliggende energie-infrastructuur op land noodzakelijk is. Hierbij hebben we alleen gekeken naar de impact op de elektriciteitsinfrastructuur, aangezien de impact op de waterstofinfrastructuur minder relevant is voor de afweging bij elektrische aanlanding.

¹⁴ Niet alle producenten, afnemers en flexibiliteitsbronnen hoeven direct aangesloten te zijn op het hoogspanningsstation. Ze kunnen ook op lagere netvlakken aangesloten zijn. Maar dan komen deze energiestromen alsnog samen bij het hoogspanningsstation.

¹⁵ Op sommige uren, met weinig wind op zee, zal sprake zijn van aanvoer van elektriciteit via het hoogspanningsnet. Echter, de focus van dit onderzoek ligt op de vraag hoeveel elektrische aanlanding van wind op zee mogelijk is en daarvoor zijn de momenten met afvoer van elektriciteit van belang. De aanvoer van elektriciteit, en mogelijke knelpunten die daardoor ontstaan, is wel van belang bij de plaatsing van elektrolyzers aangezien deze mogelijk ook aan staan op momenten met weinig productie van wind op zee.

Om te bepalen hoeveel elektrische aanlanding per locatie mogelijk is, hebben we bepaald hoeveel wind op zee elektrisch kan aanlanden bij clusters van aansluitlocaties voordat de transportcapaciteit onvoldoende is en nieuwe hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn. Hierbij maken we onderscheid tussen clusters die op een uitloper van het 380 kV-net liggen en clusters waarvoor dit niet het geval is. Naast de aansluitlocaties uit Tabel 2 hebben we ook gekeken naar de mogelijkheid voor realisatie van een DC-hub in zuidwest Nederland, voor elektrische aanlanding specifiek voor doorvoer richting België (scenario *Doorvoer naar buitenland*).

De bovenstaande analyses voeren we uit voor een situatie zonder inzet van flexibiliteitsbronnen en een situatie met inzet van flexibiliteitsbronnen.

Onzekerheden methodologie

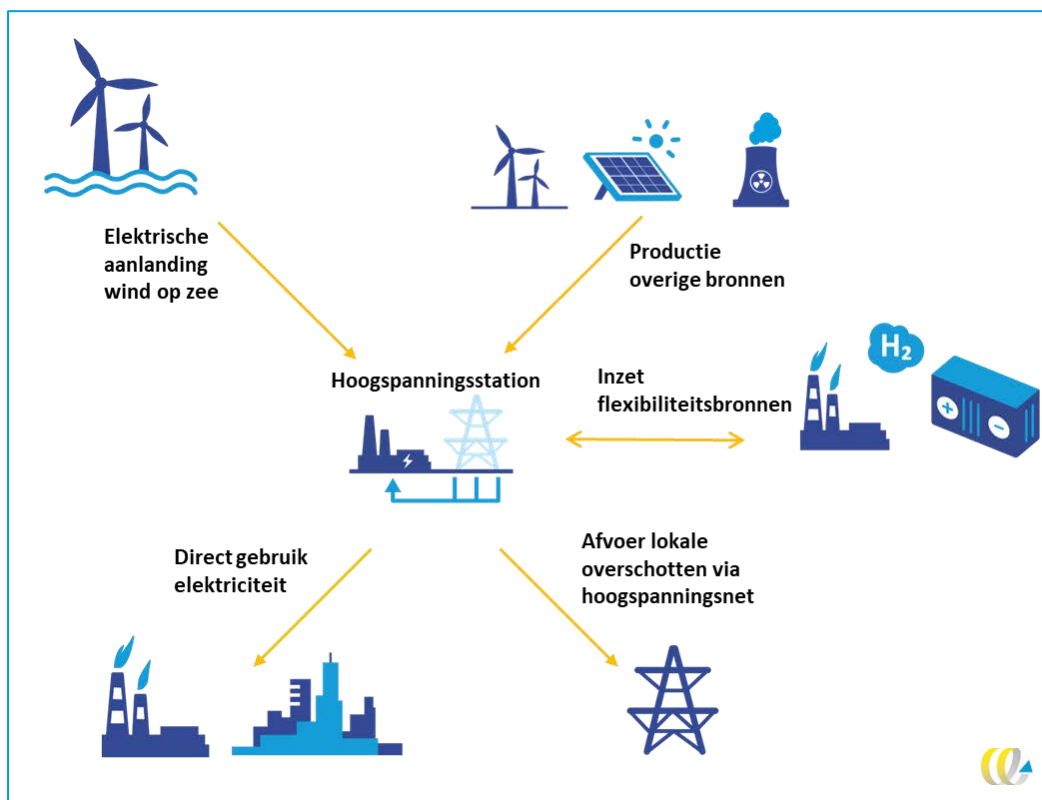
Om een goede inschatting te maken van de transportstromen over deze 380 kV-verbindingen en de impact van (elektrische) aanlanding van wind op zee is een integrale doorrekening door TenneT noodzakelijk. In deze fase van het onderzoek zijn echter nog geen doorrekeningen uitgevoerd, aangezien het gaat om een eerste verkenning. Daarom is gekozen voor de beschreven alternatieve benadering.

Er zijn echter enkele relevante factoren voor de belasting op de 380 kV-verbindingen die bij de gekozen methodiek niet meegenomen worden:

- Impact dieper op het net. Met de gekozen methodiek kan alleen een inschatting gemaakt worden voor de afvoerende transportverbindingen in de directe omgeving van de aanlandclusters. Echter, aanlanding van wind op zee heeft ook impact dieper op het net, op de ring van het 380 kV-net. Er zit een onderlinge samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, dus de elektrische aanlanding in één cluster heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is in een ander cluster. De impact dieper op het net kan alleen bepaald worden met een integrale doorrekening door TenneT.
- Transit-flows bij clusters. De belangrijkste beperking van de analyse is dat aangenomen is dat de meeste clusters op een uitloper van het 380 kV-net liggen en dat er geen doorvoer van elektriciteit is. Echter, in de praktijk zal dit alleen het geval zijn voor de kop van Noord-Holland en mogelijk Zeeland. In de andere gebieden zal in de praktijk ook doorvoer van elektriciteit plaatsvinden. Zo zal er bijvoorbeeld bij de Eemshaven naar verwachting doorvoer van elektriciteit zijn door import vanaf Duitsland bij Meeden. Het niet meenemen van de transit-flows heeft als implicatie dat de hoeveelheid (elektrische) aanlanding die mogelijk is per cluster overschat wordt.
- Effecten import/export elektriciteit. De impact van import en export van elektriciteit via DC-interconnectoren is meegenomen in de analyses. De impact van AC-interconnectoren niet, aangezien hiervoor een integrale doorrekening van TenneT met marktmodellering nodig is. Er zijn geen AC-interconnectoren bij de aanlandingslocaties, maar dit heeft wel impact op mogelijke transit-flows (zie voorgaand punt).
- Transportcapaciteit in periode van onderhoud. Het hoogspanningsnet moet bij normaal gebruik N-1 uitgelegd zijn. Echter, in periodes van onderhoud is ook N-1 redundantie noodzakelijk doordat in die periodes minder transportcapaciteit beschikbaar is. Om dit mee te nemen is een correctie uitgevoerd op de beschikbare transportcapaciteit per cluster (uitgegaan van N-1,5), maar deze aanname is een versimpeling van de werkelijke
- Relatie ENT en uitbreiding. In de analyse is aangenomen dat bij een ENT (Energy Not Transported) van meer dan 0,5 TWh per jaar redispatch te duur wordt en nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Maar in de praktijk is dit projectafhankelijk en is het onzeker in hoe zich dit ontwikkelt richting de toekomst. Er is een gevoeligheidsanalyse gedaan (Paragraaf 6.1.5) voor een lagere grens om inzicht te geven in de effecten van deze onzekerheid.

Vanwege de bovenstaande beperkingen geeft de gekozen methodiek geen exacte inschatting van de belasting op de 380 kV-verbindingen. Maar deze benadering is goed genoeg voor het doel van dit onderzoek, namelijk richting geven voor de ruimtelijke analyses. Het is de verwachting dat in de Fase IEA/plan-MER wel een integrale doorrekening van TenneT uitgevoerd zal worden, om de effecten van (elektrische) aanlanding van wind op zee op de 380 kV-verbindingen beter in te schatten.

In de analyses houden we nu geen rekening met de beschikbare aansluitcapaciteit, aangezien we aannemen dat in alle gevallen richting 2040 nieuwe stations, en daarmee extra aansluitcapaciteit, gerealiseerd kunnen worden. Uiteindelijk zal per locatie een inschatting gemaakt moeten worden of aansluitcapaciteit beschikbaar is of dat er ruimte is voor aanleg van uitbreiding van een bestaand of aanleg van een nieuw station.



Figuur 11 - Illustratie energiestromen elektrische aanlanding bij uitloper aan de kust

6.1.3 Maximale elektrische aanlanding per aansluitlocatie, per scenario

Voor clusters van aansluitlocaties is bepaald hoeveel extra elektrische aanlanding mogelijk is na 2031, voordat extra hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn. De resultaten zijn te vinden in Tabel 6. Er is aangegeven hoeveel extra verbindingen van 2 GW mogelijk zijn. Naast de aansluitlocaties uit Tabel 2 hebben we ook gekeken naar de mogelijkheid voor realisatie van een DC-hub in zuidwest Nederland, voor elektrische aanlanding specifiek voor doorvoer richting België (Scenario *Doorvoer naar buitenland*).

Tabel 6 - Totaaloverzicht inschatting mogelijke extra verbindingen, per cluster, met en zonder inzet flexibilitetsbronnen

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibilitetsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibilitetsbronnen)
Groningen	Twee tot drie extra verbindingen	Drie tot vier extra verbindingen
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee tot drie extra verbindingen	Vier extra verbindingen
Rotterdam	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot twee extra verbindingen
Zeeland	Nul tot één extra verbindingen	Nul tot twee extra verbindingen

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibiliteitsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibiliteitsbronnen)
(Zeeuws Vlaanderen + Sloegebied)		
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Maximaal drie verbindingen	Maximaal drie verbindingen
DC Hub Zuidwest Nederland	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul
Totaal	Acht tot elf extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)	Tien tot achttien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In Groningen, Noord-Holland en Limburg is het aantal extra elektrische aansluitingen dat mogelijk zijn vrij robuust in de verschillende scenario's.
- In Rotterdam en Zeeland is de hoeveelheid extra elektrische aansluiting die mogelijk is erg afhankelijk van met name de ontwikkeling van de industrie en het wel of niet plaatsen van kerncentrales.
- De tabel laten zien dat het totaal aantal verbindingen dat mogelijk groter is dan het totaal aan extra elektrische verbindingen dat nodig is in de verschillende scenario's (zie Paragraaf 5.2). Dit impliceert dat het, zonder inachtneming van de ruimtelijke beperkingen, de aansluitcapaciteit en de effecten dieper op het net (meer hierover in volgende alinea), in principe mogelijk is om alle extra elektrische aansluiting tot 2040 te faciliteren zonder dat extra 380 kV-verbindingen noodzakelijk zijn bovenop de geplande uitbreidingen.

Echter, het is in de praktijk niet mogelijk om simpelweg de mogelijke aansluiting per cluster op te tellen. Er zit een onderlinge samenhang tussen aansluitingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, dus de elektrische aansluiting in één cluster heeft impact op de hoeveelheid elektrische aansluiting die mogelijk is in een ander cluster. Uit verschillende studies blijkt dat er knelpunten kunnen ontstaan op de 380 kV-verbindingen door Noord-Brabant door transport van wind op zee richting Limburg (Pondera Consult & CE Delft, 2023) (TenneT, 2023). De afgevoerde windstroom vanuit aansluitingen in Zeeland, Rotterdam en Noord-Brabant komt hier samen.

Dit betekent dat de hoeveelheid elektrische aansluiting die mogelijk is op deze locaties mogelijk verder beperkt wordt door de beschikbare transportcapaciteit in Noord-Brabant en Limburg. Daarom is het de verwachting dat spreiding van aansluitingen voordelig kan zijn, al moet dat ook in samenhang met vraagontwikkeling in de clusters en het hele netwerk gezien worden. Om de impact van aansluiting van wind op zee dieper op het 380 kV-net goed in te schatten zijn integrale doorrekeningen door TenneT noodzakelijk.

Haalbaarheid doelstelling 33% aansluiting in Groningen

Er is toegezegd dat van de nog aan te leggen capaciteit richting 2050 tenminste 33% in de provincie Groningen zal worden aangeland. Voorwaarden voor deze aansluiting zijn een goede ruimtelijke inpassing en de uitkomsten van het lopende onderzoek naar aansluitingsmogelijkheden in Eemshaven (Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven).

Tot 2040 kunnen, met inzet van flexibiliteitsbronnen, vanuit het perspectief van systeemintegratie drie tot vier extra elektrische verbindingen (6-8 GW) gerealiseerd worden (zie Tabel 6). Inclusief de bestaande plannen (zie Tabel 1) gaat het dan om in totaal 10,7 tot 12,7 GW in 2040. Richting 2040 kan mogelijk nog extra elektrische aansluiting gerealiseerd worden.

Daarnaast zijn er plannen voor de ontwikkeling van pilot voor 500 MW offshore elektrolyse, waarvan de

geproduceerde waterstof aan zal landen in de Eemshaven. De buisleiding voor waterstofaanlanding bij de Eemshaven zal overgedimensioneerd worden. Deze buisleiding zal naar verwachting een capaciteit krijgen van minimaal 10-15 GW waterstof. Dit betekent dat na 2031 nog andere windparken in combinatie met offshore elektrolyse aan kunnen takken op deze buisleiding. Uitgaande van een efficiëntie van 67% (Netbeheer Nederland, 2023) worden 15 tot 22 GW aan windparken aangesloten op zo'n buisleiding.

Samen is dit veel meer dan de 23 GW aanlanding die overeenkomt met 33% van de totale energie van 70 GW windparken op zee in 2050. Dus vanuit het perspectief van systeemintegratie lijkt dit besluit haalbaar te zijn. Verder onderzoek zal noodzakelijk zijn om in te schatten of dit ook ruimtelijk haalbaar is.

6.1.4 Impact flexibiliteit op integratie elektrische aanlanding

In totaal kunnen door de inzet van flexibiliteitsbronnen naar verwachting tussen de twee en zeven extra verbindingen gerealiseerd worden tot 2040, afhankelijk van het scenario. Dit benadrukt de belangrijke rol van flexibiliteitsbronnen bij het integreren van elektriciteit van windparken op zee in het energiesysteem op land. Het is daarom nodig, vanuit het perspectief van systeemintegratie, om er op te sturen dat de flexibiliteitsbronnen die noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit gerealiseerd worden bij aansluitlocaties. Dit geldt met name voor elektrolyzers, indien deze op land geplaatst worden. Het is ook mogelijk dat flexibele elektrolyse op zee toegepast wordt en hybride aansluitingen (combinatie elektrisch en waterstof) gerealiseerd worden

Inzet van batterijen levert een beperkte bijdrage aan het integreren van elektriciteit van windparken op zee. Al kunnen er andere overwegingen zijn om batterijen op deze locaties te plaatsen, zoals de grote hoeveelheid transportcapaciteit op deze locaties.

Elektrolyzers bij aansluitlocaties kunnen ook extra knelpunten door afname van elektriciteit veroorzaken. Dit komt doordat elektrolyzers ook op momenten met weinig aanbod van wind op zee ingezet zullen worden, op momenten dat er veel productie is van zon-pv. Bij andere flexibele bronnen, zoals batterijen, kan dit ook gebeuren maar leidt dit naar verwachting niet tot extra knelpunten. Bij de gehanteerde aannames in de scenario's kan inzet van elektrolyzers op momenten met weinig wind op zee bij de Rotterdam en in mindere mate bij Zeeland tot knelpunten door afname leiden. De knelpunten waren in alle gevallen echter niet zo erg nieuwe uitbreidingen nodig zijn richting 2040 (ENT kleiner dan 0,5 TWh). Echter, bij het plaatsen van grotere vermogens aan elektrolyzers en bij extra elektrificatie tussen 2040 en 2050 kan dit wel het geval zijn. Dit is een aandachtspunt bij de realisatie van elektrolyzers op de aansluitlocaties.

6.1.5 Gevoeligheidsanalyses

Lagere ENT grens

In de bovenstaande analyses is aangenomen dat bij een ENT (Energy Not Transported) van meer van 0,5 TWh per jaar redispatch te duur wordt en nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Maar in de praktijk is dit projectafhankelijk en is het onzeker in hoe zich dit ontwikkelt richting de toekomst. Daarnaast moet er in de omgeving van de overbelaste verbinding ook voldoende regelbaar vermogen zijn om redispatch te kunnen toepassen en leidt redispatch in de praktijk vaak tot curtailment en mogelijk meer CO₂-uitstoot. Daarnaast is het wenselijk om de kosten voor redispatch zo laag mogelijk te houden.

Daarom hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij we de bovenstaande analyses uitvoeren voor een maximale ENT van 0,1 TWh per jaar in plaats van 0,5 TWh per jaar. Tabel 7 geeft de uitkomsten hiervan weer.

Tabel 7 - Totaaloverzicht inschatting mogelijke extra verbindingen per cluster, met en zonder inzet flexibiliteitsbronnen – gevoeligheidsanalyse maximale ENT 0,1 TWh per jaar

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibiliteitsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibiliteitsbronnen)
Groningen	Twee extra verbindingen	Twee tot drie extra verbindingen
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee extra verbindingen	Drie tot vier extra verbindingen
Rotterdam	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot één extra verbindingen
Zeeland (Zeeuws Vlaanderen + Sloegebied)	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot één extra verbindingen
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Maximaal drie verbindingen	Maximaal drie verbindingen
DC Hub Zuidwest Nederland	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul
Totaal	Zeven tot tien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)	Acht tot vijftien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)

Hybride aansluitingen

Na 2030 is het een mogelijkheid om energiehubbs te realiseren waarbij meerdere kabels op zee samenkomen bij een energiehub waar vervolgens elektrolyse toegepast wordt. Vanaf deze energiehub wordt vervolgens elektriciteit en waterstof richting de kust getransporteerd. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Door het realiseren van een energiehub vindt systeemintegratie op zee plaats en kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof al geoptimaliseerd worden waardoor de elektrische verbindingen een hogere benuttingsgraad hebben. Voor de keuze tussen radiale aansluitingen en hybride aansluitingen moet een integrale afweging gemaakt worden, onder meer op kosten en impact op milieu en ruimte. In dit onderzoek gaan we niet in op deze afweging. In het EIPN wordt hier verder onderzoek naar gedaan en wordt ook gekeken naar andere soorten hubs.

We kijken hier wel naar de impact van hybride aansluitingen op de resultaten van dit hoofdstuk. Een hogere benuttingsgraad van de elektrische verbindingen richting de kust heeft impact op de elektriciteit die afgevoerd moet worden vanaf de aansluitlocaties en daarmee mogelijk ook op de hoeveelheid elektrische verbindingen die per cluster gerealiseerd kunnen worden.

In de bovenstaande analyses zijn we uitgegaan van radiale verbindingen. Om het effect van hybride aansluitingen op de hoeveelheid elektrische verbindingen die mogelijk zijn per cluster hebben te onderzoeken hebben we een gevoeligheidsanalyse gedaan. Bij deze gevoeligheidsanalyse hebben we aangenomen dat alle extra verbindingen na 2030 hybride aansluitingen zijn. We gaan uit van één 2 GW elektrische verbinding per 4 GW aan windparken, dus een verhouding 1:2. Hierdoor gaat de benuttingsgraad van de verbinding richting de kust omhoog van 55% (4.900 vollasturen per jaar) naar 75% (6.600 vollasturen per jaar). Deze gevoeligheidsanalyse hebben we gedaan voor het scenario Nationaal Leiderschap.

De uitkomsten laten zien dat er iets minder extra verbindingen mogelijk zijn per cluster, indien hybride aansluitingen toegepast worden. Daartegenover staat dat er naar verwachting in totaal minder nieuwe elektrische verbindingen richting de kust nodig zijn in dat geval, aangezien per

verbinding meer elektriciteit richting de kust getransporteerd wordt (meer hierover in Paragraaf 5.2).

6.2 Inpassing waterstofaanlanding

Een deel van de windenergie kan offshore met elektrolyse omgezet worden in waterstof. De op zee geproduceerde waterstof wordt via buisleidingen getransporteerd naar de kust. Deze buisleidingen moeten op een bepaald punt aantakken op waterstofinfrastructuur op land. Dit zijn de aansluitlocaties.

Voor 2031 zijn er reeds plannen voor een grootschalige pilot met 500 MW offshore elektrolyse in het windgebied Ten noorden van de Waddeneilanden¹⁶. De geproduceerde waterstof zal richting de Eemshaven getransporteerd worden. Het is de verwachting dat later nog windparken met offshore elektrolyse kunnen aantakken op deze buisleiding. De focus ligt daarom op het vinden van een geschikte locatie voor een tweede waterstofaanlanding.

De potentiële aansluitlocaties voor waterstof zijn Den Helder/kop van NH, Westelijk NZKG, Rotterdam (Maasvlakte, DRC) en Zeeland (zie Tabel 2).

6.2.1 Afwegingen voor locaties waterstofaanlandingen

Om de geproduceerde waterstof bij de afnemers op land te krijgen, moet de waterstof aan land in het nationale waterstofnetwerk ingevoerd worden. Het is de verwachting dat het landelijke waterstoftransportnet tijdig op alle locaties voldoende capaciteit heeft om de geproduceerde waterstof te transporteren. Dit betekent dat dit hier naar verwachting weinig rekening mee gehouden hoeft te worden bij de keuze voor aansluitlocaties. Voor nu nemen we dit niet mee, maar in de Fase IEA/plan-MER gaan we hier nog verder naar kijken.

Wel zijn er transportleidingen op zee en aanvoerleidingen vanaf de aansluitlocaties richting het landelijke waterstofnet noodzakelijk vanaf de aansluitlocaties. Idealiter zijn zo min mogelijk nieuwe waterstofleidingen noodzakelijk. Hierbij zijn de volgende zaken van belang:

- **Afstand tot landelijke waterstoftransportnet.** Hoe dichter de aanlanding, hoe minder afstand overbrugd hoeft te worden met aanvoerleidingen. Alle potentiële aansluitlocaties liggen in de buurt van het landelijke waterstoftransportnet.
- **Mogelijkheid gebruik bestaande aardgasleidingen op land.** Idealiter worden bestaande aardgasleidingen gebruikt als aanvoerleiding vanaf de aansluitlocatie naar het landelijke waterstofnetwerk. Alle potentiële aansluitlocaties hebben een bestaande aardgasleiding die in potentie gebruikt kan worden als aansluitleiding naar het nationale waterstofnetwerk. Of deze leidingen ook daadwerkelijk gebruikt kunnen worden als aansluitleiding hangt af van de technische staat van de aardgasleidingen, de capaciteit van deze leiding (is dit voldoende voor de benodigde transportvolumes) en anderzijds het beschikbaar komen van de leiding (wanneer is deze niet meer nodig voor aardgastransport). Er moet een nieuwe aansluitleiding gerealiseerd worden, indien geen bestaande aardgasleiding gebruikt kan worden.
- **Afstand vanaf elektrolyser tot aanlanding.** Daarnaast is bij de aanlanding van windenergie in de vorm van waterstof de afstand van de benodigde buisleiding over zee van belang. Hoe korter de afstand tussen de elektrolyser op zee en de aanlandlocatie, hoe korter de afstand van de

¹⁶ [Windpark boven Groningen beoogd als 's werelds grootste waterstof op zee productie in 2031.](#)

benodigde buisleiding. Dit is bij de aanlanding van waterstof meer van belang dan bij elektrische aanlanding, aangezien het landelijke waterstofnetwerk op land naar verwachting in alle gevallen voldoende capaciteit heeft. Dit betekent dat het efficiënter is om zo snel mogelijk aan te takken op dit landelijke waterstofnetwerk.

- **Mogelijkheid gebruik bestaande aardgasleidingen op zee.** Bij de aanlanding van windenergie in de vorm van waterstof speelt daarnaast ook nog de afweging in hoeverre bestaande buisleidingen op zee gebruikt kunnen worden voor het transport van waterstof tot de kust. Deze onderzoekopgave ligt bij het Energie Infrastructuur Plan Noordzee (EIPN).

Op dit moment is het nog onduidelijk of bestaande aardgasleidingen die potentieel gebruikt kunnen worden als aanvoerleiding richting het landelijke waterstofnet op tijd beschikbaar komen. Deze zaken worden de komende periode verder onderzocht door Gasunie.

7 Plaatsen ontwikkelingen in de tijd

De voorgaande hoofdstukken zijn allemaal ingegaan op de situatie in 2040. Maar voor pVAWOZ is het ook noodzakelijk om te kijken naar het tijdspad van de ontwikkelingen. Het is belangrijk om te weten wanneer bepaalde verbindingen gerealiseerd kunnen worden in de periode 2031-2040. En daarnaast is het belangrijk dat de ontwikkelingen tot 2040 in lijn liggen met het eindbeeld van een klimaatneutraal Nederland in 2050. In dit hoofdstuk plaatsen we daarom de ontwikkelingen rondom wind op zee in de tijd.

7.1 Pad uitrol wind op zee periode 2031-2040

Hieronder geven we inzicht in relevante aspecten voor het uitrolpad tussen 2031 en 2040. We gaan in op de ontwikkeling van de vraag, het aanbod, en de tijdige realisatie van de energieinfrastructuur. We geven daarnaast een beschouwing van de impact van deze ontwikkelingen op het mogelijke uitrolpad voor wind op zee in de periode 2031-2040.

7.1.1 Ontwikkeling vraag, aanbod en flexibiliteit tussen 2031 en 2040

Voor de korte termijn (tot 2035) zijn scenario's uitgewerkt voor de investeringsplannen: de scenario's Klimaatakkoord, Nationale drijfveer en Internationale ambitie. Voor de lange termijn (na 2035) zijn in I13050-scenario's uitgewerkt. Het gaat het om de scenario's Decentrale initiatieven, Nationaal leiderschap, Europese integratie en Internationale handel. In de periode tussen 2030 en 2040 ligt het omslagpunt tussen de scenario's van de investeringsplannen en de I13050-scenario's.

Tabel 8 geeft een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen van vraag en aanbod van energie tussen 2030 en 2040. Als we door de oogbaren heen naar het gemiddelde van alle scenario's van I13050 kijken, stijgen de elektriciteitsvraag en -productie vrij constant tussen 2030 en 2040. Deze globale trend geldt voor elk van de sectoren. De waterstofvraag in haar geheel stijgt ook vrij constant tussen 2031 en 2040. Echter, daarbij vlakt de groei van de waterstofvraag van de industrie in de I13050-scenario's na 2030 af (zie ook kader gevolgen REDIII voor ontwikkelpaden). De groei van waterstofcentrales en piekketels begint juist pas na 2030, waar het tot voor 2030 vrijwel nihil was, wat leidt tot een toename van de waterstofvraag.

Tabel 8 – Verwachte ontwikkelingen vraag en aanbod 2030-2040

	2030	2035	2040
Elektriciteitsvraag (excl. flexbronnen)	135 - 170 TWh	160 – 215 TWh	190 - 230 TWh
<i>Waarvan industrie</i>	50 - 65 TWh	55 – 80 TWh	65 - 90 TWh
Waterstofvraag	50 – 60 TWh	65 – 110 TWh	80 – 140 TWh
Wind op land	8 – 10 GW	8 – 12 GW	9 – 15 GW
Kernenergie	0.5 GW	0.5 GW	0 – 4 GW
Zon-pv	40 – 75 GW	50 – 100 GW	70 – 125 GW

Gevolg Fit-for-55 en de REDIII

De Europese Commissie heeft als onderdeel van het Fit-for-55-pakket een amendement voorgesteld voor de Richtlijn hernieuwbare energie (Renewable Energy Directive, REDIII). Het voorstel vereist dat tegen 2030 42% van het waterstofverbruik in de industrie voldaan wordt met groene waterstof. Het voorstel is nog niet aangenomen, maar als het aangenomen wordt zal het grote gevolgen hebben voor de Nederlandse industrie en de vraag naar (groene) waterstof.

De huidige waterstofvraag in de industrie is ongeveer 45-50 TWh. Hiervan is ongeveer 60% afkomstig is uit aardgas en 40% uit aardolieraffinage. Als toepassing wordt zo'n 17 TWh aan waterstof gebruikt voor kunstmestproductie en ongeveer 18 TWh voor chemische processen in de olieraffinage (Weeda & Segers, 2020). De energetische waterstofvraag in de industrie is momenteel verwaarloosbaar. Er zijn verschillende varianten mogelijk voor de realisatie van de REDIII-vereiste, die afhankelijk zijn van de precieze formulering van de REDIII als het voorstel aangenomen wordt. De vraag naar groene waterstof in 2030 in de industrie varieert daarbij tussen de 19 TWh en 30 TWh (CE Delft & TNO, 2022).

De REDIII betekent dat er in 2030 al een forse vraag is naar groene waterstof en dat tussen nu en 2030 sterk ingezet moet worden op de realisatie van ketens voor groene waterstof. Tot 2031 zal windenergie vanaf zee bijna uitsluitend aanlanden als elektriciteit. Dat betekent dus dat waterstofproductie op land zal plaatsvinden of dat groene waterstof geïmporteerd moet worden.

De doelstelling van de REDIII is zeer ambitieus en niet vanzelfsprekend haalbaar voor de Nederlandse industrie. Een uitstel van de deadline voor het halen van de doelstelling ligt binnen de mogelijkheden, waardoor het niet in 2030, maar begin de jaren '30 valt.

Met de groei van variabele, niet-stuurbare opwek zoals wind op zee zal de rol van flexibiliteitsbronnen steeds belangrijker worden in de jaren '30. Tot 2030 zijn de opgestelde vermogens voor elektrolyse en batterijen en de rol van vraagsturing naar verwachting nog relatief bescheiden, en tot 2030 wordt er ook geen noemenswaardige elektrolyse op zee verwacht. Maar na 2030 zal er naar verwachting een forse versnelling plaatsvinden in de rol van flexibiliteitsbronnen. Dit zal ook impact hebben op de integratie van wind op zee, zoals eerder besproken in Hoofdstuk 5. Voor een grote rol voor waterstof in het energiesysteem met offshore elektrolyse en waterstofaanlanding is daarnaast realisatie van grootschalige opslag van waterstof noodzakelijk.

Globaal bewegen de scenario's tussen 2030 en 2040 allemaal richting een toename van de elektriciteitsvraag, de waterstofvraag en de inzet van flexibiliteitsbronnen. Er zijn echter belangrijke verschillen tussen de scenario's. Dit geldt met name voor de ontwikkeling van de omvang van de industrie, de waterstofvraag en de ontwikkeling van wind op land, zon-pv en kernenergie. Op dit moment liggen alle opties nog open. De bandbreedte van de ontwikkeling tot 2030 zijn daarbij een stuk kleiner dan de bandbreedte van de mogelijke ontwikkelingen richting 2040. Naar verwachting zullen de jaren '30 beslissend zijn voor de richting van de ontwikkeling van het energiesysteem. En deze jaren zullen dus ook bepalend zijn voor de ontwikkeling van wind op zee.

Het is geen gegeven dat de ontwikkelingen van het energiesysteem vanaf nu richting 2040 in een rechte lijn lopen. Het is mogelijk dat Nederland richting 2030 voorsorteert richting de scenario's met meer elektrificatie en eigen opwek (scenario Klimaatakkoord, Nationale Drijfveer), maar dat vanaf 2030 de toepassing van groene waterstof een vlucht neemt en dat Nederland richting 2040 naar scenario's met meer waterstof en import beweegt (Europese Integratie, Internationale Handel). Of juist andersom. Indien de ontwikkelingen in een rechte lijn lopen zal er naar verwachting een stabiele groei zijn van de elektriciteits- en waterstofvraag. Maar als er sprake is van een omslagpunt kan dit betekenen dat de groei van de waterstofvraag of de elektriciteitsvraag in de jaren '30 een flinke vlucht neemt of juist afremt. Dit kan impact hebben op het uitrolopad van wind op zee

7.1.2 Ontwikkeling infrastructuur 2031-2040

De verzwaring en uitbreiding van het elektriciteitsnet zijn van groot belang voor de mogelijkheden voor de aanlanding van wind op zee. Daarnaast is ook de ontwikkeling van het waterstofnet belangrijk. Voor 2030 wordt er een deel van het aardgasnet omgezet in de Waterstofnetwerk Nederland. Dit nieuwe waterstofnet zal naar verwachting genoeg capaciteit hebben voor de voorziene waterstofaanlanding in de scenario's tot 2040. Wel zijn op bepaalde locaties aanvoeringen nodig naar het Waterstofnetwerk Nederland (zie ook Paragraaf 6.2.1). Aangezien het elektriciteitsnet daarmee voor grotere uitdagingen staat, focussen we in dit stuk daarom op de elektriciteitsinfrastructuur.

Paragraaf 1.3.2 geeft een overzicht van de potentiële aanlandlocaties. In Tabel 9 geven we een overzicht van de relevante ontwikkelingen in de elektriciteitsinfrastructuur die relevant zijn voor aanlanding van wind op zee.

Tabel 9 – Overzicht ontwikkelen elektriciteitsinfrastructuur relevant voor aanlanding wind op zee¹⁷

Aansluitlocatie	Relevante ontwikkelingen elektriciteitsinfrastructuur
Kop van Noord-Holland	De netverzwaring en omzetting naar 380 kV in de Kop van Noord-Holland is verwacht voor na 2031. Daarmee is de elektrische aanlanding van wind op zee in de kop van Noord-Holland sterk afhankelijk van de timing van de realisatie van deze verzwaring. Als het projectbesluit volgens planning in 2029 valt ¹⁸ , kan de realisatie begin van de jaren '30 klaar zijn. Verwachte datum van ingebruikname (IBN) is echter nog onzeker. Nabij Middenmeer wordt hierbij een nieuw 380 kV-station gerealiseerd, voor een nieuw station bij Den Helder zijn er nog geen plannen, dus aanlanding in Den Helder begin de jaren '30 is weinig waarschijnlijk.
Vijfhuizen	Bij bestaand 380 kV-station is er vermoedelijk capaciteit. Dit moet nog verder onderzocht worden.
Velsen	Bij Velsen is er momenteel enkel een 150 kV-station, en zijn er geen plannen voor een 380-kV station. Er kan maximaal 700 MW aanlanden bij sluiting van de Vattenfall centrale Velsen. Deze centrale maakt gebruik van restgassen van Tata Steel en zal sluiten als Tata Steel overstapt van een hoogoven proces naar een Direct Reduced Iron (DRI) proces. Het is onduidelijk of en wanneer dit gebeurt, maar in ieder geval niet voor 2030.
Spaarndam, A10 Noord-Oost, Weesp	Zowel bij Spaarndam als bij Weesp worden nieuwe 380 kV-stations gerealiseerd. Beide moeten tussen 2029 en 2031 gereed zijn. De projecten zijn nu nog in studiefase, dus de IBN is onzeker.
Bleiswijk	Bij bestaand 380 kV-station is er vermoedelijk capaciteit. Dit moet nog verder onderzocht worden.
Wateringen	Bij bestaand 380 kV-station is er vermoedelijk capaciteit. Dit moet nog verder onderzocht worden. Bovendien wordt het nieuw te realiseren 380 kV-station Europoort (zie hieronder) opgenomen in de bestaande 380 kV-circuits Maasvlakte – Westerlee – Wateringen.
Simonshaven	Bij bestaand 380 kV-station is er vermoedelijk capaciteit. Dit moet nog verder onderzocht worden. Bovendien wordt het bestaande 380 kV-station uitgebreid met een tweede 380/150 kV-transformator. Geplande IBN is tussen 2027 en 2029.
Maasvlakte/Europoort	Momenteel wordt er een nieuw 380 kV-station op de Maasvlakte gerealiseerd: het 380 kV-station Amaliahaven. Geplande IBN is 2026. De geplande aansluitcapaciteit bij station Amaliahaven is echter al volledig vergeven.

¹⁷ In dit onderzoek hebben we alle potentiële aansluitlocaties uit de voorverkenning meegenomen. Naar verwachting vallen er enkele locaties, zoals Bleiswijk, af voor verder onderzoek.

¹⁸ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/380-kv-netuitbreiding-nhn>

Aansluitlocatie	Relevante ontwikkelingen elektriciteitsinfrastructuur
	Daarnaast wordt er een nieuw 380 kV-station in de Europoort gerealiseerd. De geplande IBN ligt tussen 2030 en 2032. Het project bevindt zich in studiefase, daarom is de IBN nog onzeker.
Moerdijk	Er wordt een nieuw gecombineerd 380/150 kV-station Moerdijk gerealiseerd. Dit wordt opgenomen in de 380 kV-circuits tussen Rilland en Geertruidenberg. De geplande IBN ligt tussen 2029 en 2031.
Tilburg	De geplande IBN van het 380 kV-station bij Tilburg is 2027.
Maasbracht	Bij bestaand 380 kV-station is er vermoedelijk capaciteit. Dit moet nog verder onderzocht worden.
Graetheide	Bij Graetheide wordt een nieuw 380 kV-station gerealiseerd, daarnaast wordt de huidige 150 kV-verbinding tussen Maasbracht en Graetheide opgewaardeerd naar 380 kV. De geplande IBN van het project ligt tussen 2030 en 2032 gerealiseerd. Er loopt een studie naar een derde circuit tussen Maasbracht en Graetheide. De geplande IBN ligt in 2031 en is nog onzeker. Daarnaast moet verder onderzocht worden of de bestaande interconnecties met België en Duitsland voldoende capaciteit hebben voor doorvoer van elektriciteit bij diepe aanlanding. Er is onzekerheid rondom de IBN, wat betekent dat de kans bestaat dat diepe aanlanding bij Graetheide begin jaren '30 nog niet mogelijk is.
Borssele/Sloegebied	De geplande IBN van een nieuwe 380 kV-station in het Sloegebied ligt tussen 2028 en 2030. Daarnaast loopt er ook een RCR-traject voor de verbinding tussen Borssele en Tilburg. De bouw van een nieuw 380 kV-station bij Rilland (gereed in 2020) maakt het mogelijk om een 380 kV-verbinding tussen Borssele en Tilburg aan te leggen. Dat gebeurt in twee fasen: Borssele-Rilland (Zuid-West West, IBN in 2023) en Rilland-Tilburg (Zuid-West Oost, geplande IBN 2032). Door deze verbinding is het mogelijk om meer productie vanuit Zeeland af te voeren naar de landelijke ring bij Tilburg. Dit is naar verwachting mogelijk tussen 2030 en 2032.
Terneuzen	Bij Terneuzen wordt een nieuw 380 kV-station gerealiseerd. Daarnaast wordt de huidige 150 kV-verbinding tussen Borssele en Terneuzen opgewaardeerd naar 380 kV. Het project is in studiefase en de geplande IBN ligt na 2031, maar is nog onzeker. Voor elektrische aanlanding in Terneuzen is ook de realisatie van de 380 kV-verbinding tussen Borssele en Tilburg noodzakelijk, die hierboven benoemd wordt.
Eemshaven	Voor de Eemshaven lopen een aantal belangrijke trajecten: <ul style="list-style-type: none"> — Het RCR-traject Noord-West 380 kV is belangrijk voor de locatie Eemshaven. Het gaat hierbij om uitbreiding van de capaciteit tussen Eemshaven en Diemen. Dit project is opgesplitst in twee fasen. Fase 1 is de verbinding tussen Eemshaven-Oudeschip en Vierverlaten. Deze fase is naar verwachting in 2024 gereed. Voor Fase 2 tussen Vierverlaten en Ens zal het projectbesluit in 2027 gepubliceerd worden¹⁹. De geplande IBN voor het project is begin de jaren '30 klaar, maar is nog onzeker. — Voor de verbinding tussen Ens en Diemen, met name de uitbreiding van de transportcapaciteit tussen Ens, Lelystad en Diemen loopt een separaat traject. Deze uitbreiding staat na 2031 gepland. De vaststelling van de voorkeursbeslissing is gepland voor begin 2025, de verbinding wordt na 2027²⁰ gebouwd en de geplande IBN is begin de jaren '30 klaar, maar is nog onzeker. — Tussen Ens en Zwolle wordt de bestaande 380 kV-verbinding beter benut. Dit kan op de huidige verbinding en het risico op uitloop is minimaal. — Ten slotte wordt een nieuw een nieuw 380 kV-station in regio Eemshaven gerealiseerd. De IBN staat gepland tussen 2029 en 2031, maar is nog onzeker.

¹⁹ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hsv-380-kv-vierverlaten-ens>

²⁰ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/hsv-380-kv-diemen-lelystad-en-ens>

7.1.3 Impact op uitrolpad wind op zee in periode 2031-2040

De belangrijkste overwegingen rondom de uitrol voor wind op zee in de periode 2031-2040, gebaseerd op bovenstaande analyses, zijn:

- Naar verwachting zullen de jaren '30 beslissend zijn voor de richting van de ontwikkeling van het energiesysteem. Dit heeft impact op de gewenste verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Daarom is het belangrijk dat er snel duidelijkheid is over de ontwikkeling van het energiesysteem richting 2040. Met name rondom het gebruik van elektriciteit en waterstof, toepassing van kernenergie en de omvang industrie.
- In elk van de scenario's is extra elektrische aanlanding nodig tot 2040. Het is belangrijk dat deze uitrol in de pas loopt met de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag. Als er tot 2031 al veel elektrificatie is dan is het wenselijk om begin jaren '30 al extra elektrische aanlanding te realiseren. Als elektrificatie pas in de jaren '30 sterk toeneemt is het mogelijk wenselijker om in de tweede helft van de jaren '30 pas extra elektrische aanlanding te realiseren.
- Tot 2040 wordt voor elk scenario waterstofaanlanding voorzien. Tot en met 2031 wordt vooral elektrische aanlanding gerealiseerd. Door de eis van de REDIII is er in 2030 al wel een forse groene waterstofvraag. Tot 2031 moet dit vooral ingevuld worden met elektrolyse op land en zal naar verwachting ook waterstofimport nodig waarschijnlijk. Door de groene waterstofvraag die er in 2031 al is, en gezien de noodzaak om ook de overige grijze waterstofvraag te vergroenen, is vanaf begin jaren '30 al offshore elektrolyse en aanlanding van waterstof wenselijk. De snelheid van de uitrol van waterstof in de jaren '30 is afhankelijk van de ontwikkeling van de waterstofvraag in dit decennium. Al is dit minder kritisch dan bij elektriciteit aangezien de grote hoeveelheid grijze waterstof die nog vergroend moet worden en aangezien het makkelijker is om waterstof te exporteren.
- De rol van flexibiliteitsbronnen zal toenemen in de jaren '30. Indien er in de jaren '30 geen forse inzet is op de ontwikkeling van flexibiliteitsbronnen, kan windenergie in steeds meer uren niet benut worden. In dat geval verliezen windparken op zee hun businesscase, en zijn er tegelijk problemen met leveringszekerheid op uren met weinig wind- en zonproductie. Daarnaast heeft de uitrol van flexibiliteitsbronnen in de periode 2031-2040 impact op hoeveel elektrische aanlanding ingepast kan worden (zie Hoofdstuk 0). Hierbij zijn met name elektrolyzers van belang, maar ook de uitrol van andere flexibiliteitsbronnen die kunnen bijdragen aan inpassing, zoals vraagsturing en batterijen, is belangrijk. Het is belangrijk om op tijd duidelijke keuzes te maken voor de locaties van de flexibiliteitsbronnen.
- Voor 2030 wordt er een deel van het aardgasnet omgezet in het Waterstofnetwerk Nederland. Dit nieuwe waterstofnet zal naar verwachting genoeg capaciteit hebben voor de waterstofaanlanding in elk van scenario's tot 2040. Wel zijn aanvoerleidingen noodzakelijk. In hoeverre bestaande aardgasleidingen hiervoor (tijdig) gebruikt kunnen worden, wordt verder onderzocht door Gasunie. Als dit niet mogelijk is aanleg van nieuwe aanvoerleidingen noodzakelijk.
- Tijdige realisatie van de geplande uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur is cruciaal voor de inpassing van extra elektrische aanlanding na 2031. Bij een deel van de aansluitlocaties zijn uitbreidingen van de hoogspanningsinfrastructuur noodzakelijk waarvan realisatie eind jaren '20 of begin jaren '30 voorzien wordt. Uitloop van deze projecten zal ertoe leiden dat op die locaties geen elektrische aanlanding mogelijk is begin jaren '30. De grootste risico's lijken aanwezig bij de kop van Noord-Holland, Maasbracht, Borssele/Slogebied, Terneuzen en bij de Eemshaven. Het is wenselijk om eerst elektrische aanlandingen te realiseren in gebieden waar geen risico bestaat dat de benodigde hoogspanningsinfrastructuur niet op tijd gerealiseerd is.

7.2 Doorkijk richting 2050

In de voorgaande hoofdstukken is de situatie in 2040 onderzocht, aangezien dit het einde van de tijdshorizon van PVAWOZ is. Maar voor de afweging rondom aanlanding van wind op zee tussen 2031 en 2040 is een doorkijk naar een klimaatneutraal eindbeeld in 2050 noodzakelijk. Het is namelijk belangrijk dat de ontwikkelingen van wind op zee tussen 2031 en 2040 in lijn liggen met het eindbeeld in 2050 en dat geen keuzes gemaakt worden die vanuit het langere termijn perspectief niet efficiënt blijken te zijn. De twee hoofdvragen bij de doorkijk richting 2050 zijn:

- Zijn de aanlandingen die je realiseert richting 2040 nog steeds nodig in 2050 en dus toekomst vast?
- Zijn andere keuzes voor 2040 mogelijk, als je terugkijkt vanaf het eindbeeld in 2050?

7.2.1 Toekomstvastheid

Om een inschatting te maken de toekomstvastheid richting 2050 is het belangrijk om te kijken naar de verwachte ontwikkelingen tussen 2040 en 2050. Voor de aanlanding van wind op zee zijn met name de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, de waterstofvraag en productie van overige energiebronnen (met name wind op land en kernenergie). Tabel 10 geeft een overzicht van de verwachte ontwikkelingen tussen 2040 en 2050 voor de vier IJ3050-scenario's (Netbeheer Nederland, 2023)²¹.

Tabel 10 – Verwachte ontwikkelingen energiesysteem 2040-2050

	2040	2050
Elektriciteitsvraag (excl. flexbronnen)	190 – 230 TWh	220 – 290 TWh
Waarvan industrie	65 - 90 TWh	70 – 140 TWh
Waterstofvraag	80 – 140 TWh	100 – 175 TWh
Wind op land	9 – 15 GW 28 – 48 TWh	10 – 20 GW 33 – 66 TWh
Kernenergie	0 – 4 GW 0 – 25 TWh	0 – 8 GW 0 – 55 TWh
Zon-pv	70 – 125 GW 70 - 110 TWh	100 – 185 GW 85 – 145 TWh

In de bovenstaande tabel is te zien dat zowel de elektriciteitsvraag naar verwachting toeneemt tussen 2040 en 2050. Dit komt doordat in 2040 nog een deel van de energievraag ingevuld wordt met fossiele brandstoffen. De productie van overige bronnen van elektriciteitsproductie (wind op land, zon, kernenergie) neemt echter ook toe. Maar het is de verwachting dat de hoeveelheid elektrische aanlanding die we in dit onderzoek voorzien voor 2040, ook in 2050 nog nodig is. Voor enkele scenario's is na 2040 nog extra elektrische aanlanding nodig voor de invulling van de binnenlandse elektriciteitsvraag.

Hetzelfde geldt voor waterstof. In elk scenario neemt de waterstofvraag toe, terwijl de waterstofproductie vanuit andere bronnen dan wind op zee (bijvoorbeeld blauwe waterstof) niet significant toeneemt. Dit betekent dat de hoeveelheid waterstofaanlanding die voor 2040 voorzien is minimaal ook voor 2050 robuust is.

Daarnaast is het ook nog relevant om te kijken naar de ontwikkelingen per cluster van aansluitlocaties. Het is de verwachting dat de elektriciteitsvraag in elk van de clusters van aansluitlocaties stijgt tussen 2040 en 2050, aangezien de totale elektriciteitsvraag en de elektriciteitsvraag van de

²¹ We hebben de twee toegevoegde scenario's (zie Paragraaf 3.3) niet uitgewerkt voor 2050.

industrie in Nederland in elk van de scenario's stijgt. Dit betekent dat de hoeveelheid elektrische aanlanding die per cluster mogelijk in 2040, in ieder geval ook in 2050 mogelijk is. Mogelijk kan in sommige clusters tussen 2040 en 2050 nog extra elektrische aanlanding gerealiseerd worden (bovenop het maximum voor 2040) door een toename van de elektriciteitsvraag.

7.2.2 Terugkijken vanaf 2050

De ambitie van de rijksoverheid is om in 2050 70 GW aan windparken op zee gerealiseerd te hebben. Voor de keuzes rondom de aanlanding van deze windparken is het belangrijk om keuzes te maken rondom de benutting van deze windenergie. In 2050 is naar verwachting 38 GW elektrische aanlanding noodzakelijk voor de invulling van de binnenlandse elektriciteitsvraag²², en bij grootschalige uitrol van kernenergie of krimp van de industrie naar verwachting minder. De grote vraag is waar de overige energie van de windparken op zee voor gebruikt gaat worden. Het is een mogelijkheid om hier waterstof van te maken, voor de invulling van de binnenlandse waterstofvraag of voor export. Maar het is ook mogelijk om een deel van deze energie te gebruiken voor de invulling van de elektriciteitsvraag in onze buurlanden en om daarmee verduurzaming in die landen te stimuleren (zoals onderzocht in het scenario *Doorvoer naar buitenland*). Om richting 2040 efficiënte keuzes te maken voor de aanlanding van wind op zee is het noodzakelijk om al ruim voor 2040 de strategische keuzes rondom de benutting van de 70 GW wind op zee in 2050 te maken.

Zo kan het mogelijk wenselijk zijn om richting 2040 al zoveel mogelijk elektrische aanlanding te realiseren, aangezien de windparken die tussen 2040 en 2050 gerealiseerd zullen worden op grotere afstand van de kust liggen, waardoor het kostenvoordeel per km van waterstof-aanlanding ten opzichte van elektrische aanlanding een grotere rol gaat spelen. Daarom kan het een overweging zijn om richting 2040 al alle elektrische aanlanding die we in 2050 nodig denken te hebben te realiseren, ook als een deel van deze elektrische aanlandingen vanuit de vraag in 2040 nog niet noodzakelijk zijn. Dit betekent dat de keuze of we als Nederland extra elektrische aanlandingen willen realiseren voor de doorvoer naar onze buurlanden idealiter ruim voor 2040 genomen moet worden en dat er ook ruim voor 2040 duidelijkheid moet zijn over de ontwikkeling van de industrie en potentiële verdere toename van het aantal kerncentrales.

Daarnaast is het voor de dimensionering van de energie-infrastructuur op zee die ontwikkeld wordt tot 2040 ook al wenselijk om een eindbeeld te hebben voor 2050. Zo kunnen efficiëntere keuzes gemaakt worden, bijvoorbeeld voor de aanleg van buisleidingen voor transport van waterstof, de aanleg van energie-eilanden of corridors van kabels waar na 2040 nog meer windparken op kunnen aanhaken.

²² Dit volgt uit analyses van Target Grid, waarbij het scenario Nationaal Leiderschap met de grootste elektriciteitsvraag onderzocht is.

8 Conclusies en vervolg

8.1 Conclusies

Voor het onderzoek naar systeemintegratie van PVAWOZ zijn de ontwikkelingen tot 2040 in zes verschillende scenario's uitgewerkt. De basis hiervoor zijn de vier 2040 scenario's van de tweede versie van II3050 (Netbeheer Nederland, 2023). Daarnaast zijn twee nieuwe scenario's toegevoegd: Krimp Industrie en Doorvoer naar Buitenland. In elk van de scenario's gaan we uit van realisatie van 50 GW wind op zee in 2040, conform de doelstelling van PVAWOZ.

De zes scenario's geven de hoekpunten van het speelveld aan voor 2040. Dit zijn dus de verwachte uitersten van het energiesysteem. De scenario's schetsen expliciet geen wensbeeld hoe het energiesysteem er in de toekomst uit moet zien en ze zijn ook niet bedoeld als keuzes. Het toekomstige energiesysteem zal vermoedelijk ergens in het midden tussen de scenario's liggen.

Elk van de scenario's gaat uit van een fors vermogen aan verschillende flexibilitetsbronnen, zoals elektrolyzers (op land of op zee) en batterijen. Deze bronnen zijn nodig voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit, en kunnen dus ook bijdragen aan de inpassing van wind op zee in het energiesysteem.

8.1.1 Benutting windenergie: hoeveel extra elektrische verbindingen efficiënt in Nederland?

Voor elk van de scenario's is onderzocht wat een energetisch en economisch efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding met kabels en aanlanding van waterstof met buisleidingen kan zijn, voor de 50 GW wind op zee in 2040. De analyses in deze stap van het onderzoek hebben als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (tien elektrisch, twee waterstof). Daarnaast geeft de analyse inzicht in de afwegingen rondom de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof en de afhankelijkheid van ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen (zoals wind op land en kernenergie).

Om een globale inschatting te maken van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en directe omzetting naar waterstof te bepalen is een versimpelde economische afweging gemaakt op basis van de directe benutting van elektriciteit bij (extra) elektrische aanlanding enerzijds en de meerkosten voor elektrische aanlanding ten opzichte van waterstofaanlanding anderzijds.

Uit de uitkomsten kan geconcludeerd worden dat het in 2040 **in totaal**, ten opzicht van 2031, gaat het om **minimaal twee extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario Decentraal – Krimp industrie) en **maximaal dertien extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario doorvoer België/Duitsland). De energie van de overige windparken wordt middels waterstofaanlandingen aan land gebracht. Het gaat in de verschillende scenario's om één tot twee extra waterstofverbindingen.

In het scenario *Doorvoer naar buitenland* zijn meer dan tien extra verbindingen nodig. In de overige scenario's zijn minder dan tien extra verbindingen van 2 GW nodig (twee tot zeven). Dit betekent dat de tien extra verbindingen waarnaar gezocht wordt in de meeste gevallen voldoende zijn, maar dat het wel belangrijk is om goed na te denken waar de elektriciteit voor gebruikt wordt voordat er

daadwerkelijk een keuze gemaakt wordt over het aantal elektrische verbindingen dat gerealiseerd gaat worden.

8.1.2 Inpassing energiesysteem op land: hoeveel extra elektrische verbindingen mogelijk per cluster?

Een efficiënte verdeling van de elektrische aanlanding over de verschillende aansluitlocaties is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat zo min mogelijk uitbreidingen aan de hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn. Voor clusters van aansluitlocaties is bepaald hoeveel extra elektrische aanlanding mogelijk is na 2031, voordat extra hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn. De resultaten zijn te vinden in Tabel 11. Hierin is bepaald welk deel van de aangevoerde elektriciteit direct lokaal benut kan worden en hoeveel elektriciteit dan afgevoerd moet worden (en bij hoeveel extra verbindingen de transportcapaciteit dan niet meer voldoende is). Naast de aansluitlocaties uit Tabel 2 hebben we ook gekeken naar de mogelijkheid voor realisatie van een DC-hub in zuidwest Nederland, voor elektrische aanlanding specifiek voor doorvoer richting België (scenario *Doorvoer naar buitenland*).

Onzekerheden methodologie

Om een goede inschatting te maken van de transportstromen over deze 380 kV-verbindingen en de impact van (elektrische) aanlanding van wind op zee is een integrale doorrekening door TenneT noodzakelijk. In deze fase van het onderzoek zijn echter nog geen doorrekeningen uitgevoerd, aangezien het gaat om een eerste verkenning.

Er zijn in deze eerste verkenning enkele relevante factoren voor de belasting op de 380 kV-verbindingen die niet meegenomen worden zoals, de impact dieper op het net, transit-flows bij de clusters, de effecten van import/export elektriciteit, transportcapaciteit in periode van onderhoud en de inschatting wanneer uitbreidingen noodzakelijk zijn. Vanwege de bovenstaande beperkingen geeft de gekozen methodiek geen exacte inschatting van de belasting op de 380 kV-verbindingen. Maar deze benadering is goed genoeg voor het doel van deze fase van het onderzoek, namelijk richting geven voor de ruimtelijke analyses. In de Fase IEA/plan-MER zal TenneT een integrale doorrekening doen, om de effecten van (elektrische) aanlanding van wind op zee op de 380 kV-verbindingen beter in te schatten.

Tabel 11 – Totaaloverzicht extra elektrische aanlanding mogelijk per cluster, met inzet flexibiliteitsbronnen

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibiliteitsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibiliteitsbronnen)
Groningen	Twee tot drie extra verbindingen	Drie tot vier extra verbindingen
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee tot drie extra verbindingen	Vier extra verbindingen
Rotterdam	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot twee extra verbindingen
Zeeland (Zeeuws Vlaanderen + Sloegebied)	Nul tot één extra verbindingen	Nul tot twee extra verbindingen
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Maximaal drie verbindingen	Maximaal drie verbindingen
DC Hub Zuidwest Nederland	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders 0	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders 0
Totaal	Acht tot elf extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)	Tien tot achttien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)

Uit de analyses rondom inpassing van elektrische aanlanding kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In Groningen, Noord-Holland en Limburg zijn de vermogens voor extra elektrische aanlanding die mogelijk zijn vrij robuust in de verschillende scenario's.
- In Rotterdam en Zeeland is de hoeveelheid extra elektrische aanlanding die mogelijk is erg afhankelijk van met name de ontwikkeling van de industrie en het wel of niet bouwen van kerncentrales.
- In totaal kan door de inzet van flexibiliteitsbronnen tussen twee en zeven extra elektrische verbindingen gerealiseerd worden tot 2040, afhankelijk van het scenario. Dit benadrukt de belangrijke rol van flexibiliteitsbronnen bij het integreren van elektriciteit van windparken op zee in het energiesysteem op land. Dit geldt met name voor elektrolyzers.
- De tabel laten zien dat de som van het vermogen aan elektrische aanlanding dat mogelijk is per cluster groter is dan het totaal aan extra elektrische aanlandingen dat nodig is in de verschillende scenario's (zie Paragraaf 8.1.1). Dit impliceert dat het, zonder inachtneming van de ruimtelijke beperkingen, de aansluitcapaciteit en de effecten dieper op het net (zie volgend punt), in principe mogelijk is om alle extra elektrische aanlanding tot 2040 te faciliteren zonder dat extra 380 kV-verbindingen noodzakelijk zijn bovenop de geplande uitbreidingen.
- In de praktijk is het niet mogelijk om simpelweg de mogelijke aanlanding per cluster op te tellen. Er zit een onderlinge samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, bijvoorbeeld in Noord-Brabant (waar elektriciteit uit aanlanding in Zeeland, Rotterdam en Noord-Brabant samenkomen). Daarom is het de verwachting dat spreiding van aanlandingen voordelig kan zijn, al moet dat ook in samenhang met vraagontwikkeling in de clusters en de belasting op het hele netwerk gezien worden. Een integrale doorrekeningen door TenneT is noodzakelijk om hier uitsluitsel over te geven.

Bij waterstofaanlanding zijn met name de realisatie en nabijheid van het landelijke waterstofnet en de tijdige beschikbaarheid van aanvoerleidingen vanaf de aanlanding tot dit landelijke waterstofnet van belang. De potentiële aanlandingslocaties Den Helder/kop van NH, Westelijk NZKG, Rotterdam (Maasvlakte/Simonshaven) en Zeeland liggen allen in de buurt van het landelijke waterstofnetwerk. Gasunie doet momenteel onderzoek naar de tijdige beschikbaarheid van aanvoerleidingen op elk van deze locaties.

8.1.3 Plaatsen ontwikkelingen in de tijd

De bovenstaande analyses zijn uitgevoerd voor het zichtjaar 2040. Maar voor PVAWOZ is het ook noodzakelijk om te weten wanneer bepaalde verbindingen gerealiseerd kunnen worden in de periode 2031-2040. Hiervoor is de tijdige realisatie van geplande uitbreidingen aan het hoogspanningsnet rondom aansluitlocaties en de ontwikkeling van de energievraag in dit decennium van belang. Een deel van de benodigde uitbreidingen aan het hoogspanningsnet zijn op dit moment in studiefase. Voor deze uitbreidingen wordt ingebruikname in de eerste helft van de jaren '30 voorzien, al is dit nog onzeker. Dit zal naar verwachting een belemmering zijn voor de uitrol van elektrische aanlanding van wind op zee tot 2035.

Daarnaast is het belangrijk dat de ontwikkelingen van wind op zee tussen 2031 en 2040 in lijn liggen met het eindbeeld in 2050. Uit analyses van de ontwikkelingen van het energiesysteem tussen 2040 en 2050 kan geconcludeerd worden dat de aanlandingen die we in dit onderzoek voorzien voor 2040, ook in 2050 nog nodig is en dus toekomstvast zijn.

Om richting 2040 efficiënte keuzes te maken voor de aanlanding van wind op zee is het noodzakelijk om al ruim voor 2040 de strategische keuzes rondom de benutting van de 70 GW wind op zee in 2050 te maken. Zo kan het mogelijk wenselijk zijn om richting 2040 al zoveel mogelijk elektrische aanlanding te realiseren aangezien de windparken die tussen 2040 en 2050 gerealiseerd zullen worden op grotere afstand van de kust liggen, waardoor het kostenvoordeel per km van waterstof-aanlanding ten opzichte van elektrische aanlanding een grotere rol gaat spelen. In dat geval is het noodzakelijk om voor 2040 te weten hoeveel elektrische aanlandingen gerealiseerd moeten worden.

8.2 Prioritering elektrische aanlandingen

Voor elk van de scenario's is onderzocht hoeveel elektrische aanlanding efficiënt zijn is in 2040 (zie Hoofdstuk 5) en hoeveel elektrische aanlanding na 2031 extra mogelijk is per cluster van aansluitlocaties, voordat verzwaringen aan de hoogspanningsinfrastructuur noodzakelijk zijn (zie Hoofdstuk 6).

Hoeveel elektrische aanlanding in totaal noodzakelijk is na 2031 is met name afhankelijk van onderstaande ontwikkelingen:

- **Omvang industrie.** Bij een krimp van de industrie is de elektriciteitsvraag in Nederland kleiner en is minder elektrische aanlanding noodzakelijk.
- **Kernenergie.** Bij het bouwen van extra kerncentrales is minder elektrische aanlanding noodzakelijk.
- **Invulling energievraag.** Hoe groter de rol van elektriciteit in de toekomstige energievraag, hoe meer elektrische aanlanding nodig is.
- **Doorvoer stroom naar buitenland.** Bij doorvoer van elektriciteit richting België en Duitsland is meer elektrische aanlanding noodzakelijk.

Uit de analyses in Hoofdstuk 5 en 6 volgt dat niet alle aansluitingen die in de verschillende clusters mogelijk zijn, gerealiseerd hoeven te worden in elk van de scenario's. Daarom is het wenselijk om ook een prioritering te bepalen voor de elektrische aanlandingen, vanuit het perspectief van systeemintegratie. Dit behandelen we in deze paragraaf.

8.2.1 Afwegingen prioritering

Bij de prioritering van elektrische aanlandingen zijn de volgende aspecten van belang (niet in volgorde van relevantie):

- **Elektrische aanlanding tot en met 2031.** Dit heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlandingen dat nog mogelijk is in een cluster na 2031.
- **Robuustheid.** De zekerheid dat extra elektrische aanlandingen na 2031 mogelijk zijn.
- **Zo min mogelijk redispatch.** Met redispatch kan voorkomen worden dat uitbreidingen aan hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn, indien de knelpunten op de verbindingen niet te zwaar zijn (ENT lager dan 0,5 TWh per jaar). Redispatch levert echter wel maatschappelijke kosten op. Daarom is het wenselijk om voor een verdeling over de aansluitlocaties te gaan die tot zo min mogelijk redispatch leidt.
- **Noodzaak ontwikkeling en gunstige inzet flexibilitetsbronnen.** Inzet van flexibilitetsbronnen kan ervoor zorgen dat meer elektrische aanlanding gerealiseerd kan worden bij de clusters van aansluitlocaties (zie Hoofdstuk 5). Maar bij prioritering is het wenselijk om eerst te kiezen waar ook zonder de ontwikkeling en gunstige inzet van flexibilitetsbronnen op de aansluitlocatie elektrische aanlanding mogelijk is.

- **Impact op verbindingen dieper in het hoogspanningsnet.** Er zit een samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, bijvoorbeeld in Noord-Brabant waar elektriciteit uit aanlanding in Zeeland, Rotterdam en Noord-Brabant samenkomen. Daarom is het de verwachting dat spreiding van aanlandingen voordelig kan zijn.

Daarnaast is de beschikbare aansluitcapaciteit van belang, maar hier wordt in deze fase van het onderzoek nog niet naar gekeken.

Hoeveel waterstofaanlanding noodzakelijk is verschilt per scenario. Bij het scenario *Doorvoer naar buitenland* is één waterstofaanlanding voldoende, terwijl in andere scenario's naar verwachting twee waterstofaanlandingen noodzakelijk zijn. Er is een waterstofaanlanding gepland richting de Eemshaven. De tweede waterstofaanlanding komt bij Den Helder, Rotterdam of in Zeeland.

8.2.2 Uitwerking prioritering

De uitwerking van bovenstaande aspecten en de resultaten van Hoofdstuk 6 levert de volgende mogelijke prioritering voor elektrische aanlanding op:

- Er kunnen naar verwachting, ook zonder inzet van flexibiliteitsbronnen en redispatch, na 2031 nog twee extra verbindingen gerealiseerd worden in Groningen in elk scenario.
- Er kunnen naar verwachting, ook zonder inzet van flexibiliteitsbronnen en redispatch, na 2031 nog twee extra verbindingen gerealiseerd worden in Noord-Holland in elk scenario. Dit kan in het NZKG of de kop van Noord-Holland gerealiseerd worden.
- Diepe aanlanding in Limburg, tot drie verbindingen, zorgt voor verminderde belasting op de bovengrondse hoogspanningsverbindingen vanaf de kust naar Limburg.
- Met inzet van flexibiliteitsbronnen, met name elektrolyse, kunnen naar verwachting na 2031 één tot twee extra verbindingen in Groningen en één tot twee extra verbindingen in Noord-Holland gerealiseerd worden. Dit is bovenop de eerder genoemde twee verbindingen in elke regio.
- Indien noodzakelijk kunnen mogelijk nog extra verbindingen gerealiseerd worden in Noord-Brabant, Zeeland en Rotterdam, maar meer spreiding heeft naar verwachting de voorkeur aangezien veel aanlanding in deze clusters naar verwachting tot forse transportstromen vanaf de kust, via Noord-Brabant, naar Limburg leidt²³.
- Bij realisatie van kernenergie in Rotterdam of Zeeland kan in die regio's tussen 2031 en 2040 naar verwachting geen extra elektrische aanlanding gerealiseerd worden.

Op basis van de bovenstaande prioritering is een inschatting gemaakt van een mogelijke optimale verdeling van elektrische aanlandingen, bij verschillende ontwikkelingen van het energiesysteem. Dit wordt weergegeven in Figuur 12.

Het gaat hier expliciet om een mogelijke prioritering vanuit systeemintegratie. De effecten van aanlanding op de 380 kV-verbindingen, en dan met name op het dieperliggende net, nog verder onderzocht dienen te worden met een integrale doorrekening van TenneT. Daarnaast is het nog onduidelijk of er voldoende aansluitcapaciteit beschikbaar is op deze locaties.

De richtwaarden van het NPE gaan, wat betreft vraag en aanbod van elektriciteit, uit van maximale elektrificatie van de industrie en toepassing van kernenergie. In dat geval is dus de prioritering bij de

²³ Of hierdoor ook mogelijk extra uitbreidingen aan het 380 kV-net nodig zijn is nog onbekend. Hiervoor zijn integrale doorrekeningen van TenneT noodzakelijk.

vierde kolom (zonder extra doorvoer naar BE/DE) of de zesde kolom (met extra doorvoer naar BE/DE) van toepassing.

Krimp industrie	x						
Kernenergie		x		x		x	
Maximale elektrificatie				x	x	x	x
Bij (meer) doorvoer elektriciteit naar BE/DE						x	x
Aantal extra elektrische verbindingen na 2031	2 tot 4	3 tot 5	4 tot 7	4 tot 7	5 tot 8	9 tot 11	11 tot 13
Groningen	1	2	2	3	2	4	3
Limburg	2	2	2	2	2	3	3
Noord Holland	1	1	2	2	2	2	2
Rotterdam/Brabant	-	-	-	-	1	-	2
Zeeland	-	-	1	-	1	-	-
DC-hub Zuidwest NL	-	-	-	-	-	2	3

Figuur 12 – Prioritering elektrische aanlanding na 2031, bij verschillende ontwikkelingen

8.3 Vergelijk resultaten met eerdere onderzoeken

Er zijn eerder onderzoeken gedaan naar systeemintegratie van wind op zee na 2031. De meest relevante onderzoeken zijn de eerdere studie naar systeemintegratie wind op zee 2030-2040 (Guidehouse & Berenschot, 2021), Target Grid (TenneT, 2023) en de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur (Pondera Consult & CE Delft, 2023) en het onderzoek naar de energievraag van de industrie door Kalavasta. De uitkomsten van dit onderzoek vergelijken we in deze paragraaf met de resultaten van deze onderzoeken.

8.3.1 Systeemintegratie wind op zee

In het eerdere onderzoek naar systeemintegratie van wind op zee in de periode 2030-2040 (Guidehouse & Berenschot, 2021) is onderzoek gedaan naar een efficiënte verdeling van de elektrische aanlanding over de verschillende aanlandingslocaties. Er is een situatie met 30 GW elektrische aanlanding in 2040 en een situatie met 38 GW elektrische aanlanding in 2040 geanalyseerd. In het onderzoek van Guidehouse en Berenschot is geen inschatting gemaakt van een efficiënte verdeling tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding voor heel Nederland (Paragraaf 8.1.1).

Enkele conclusies uit het onderzoek van Guidehouse en Berenschot zijn:

- In combinatie met elektrolyse op land is elektrisch aanlanden van ± 31 GW mogelijk zonder uitbreidingen aan het hoogspanningsnet, 38,5 GW aanlanden vergt een beperkt aantal extra verzwaringen van het elektriciteitsnet. Uit ons onderzoek volgt dat er in totaal tien tot achttien extra verbindingen (20 tot 36 GW) gerealiseerd kunnen worden na 2031, dus in totaal 41 tot 57 GW in 2040 (zie Tabel 6). Maar in ons onderzoek zijn de effecten dieper op het hoogspanningsnet niet meegenomen, wat een beperkende factor is. Daarnaast is in ons onderzoek 12 GW extra elektrische aanlanding voor doorvoer naar België en Duitsland meegenomen, wat niet meegenomen is in het onderzoek van Guidehouse en Berenschot.
- Er kan minimaal 10 GW elektrische aanlanding gerealiseerd worden bij de Eemshaven. Uit onze analyses volgt ook dat er na 2031 fors veel extra elektrische aanlanding in de Eemshaven

mogelijk is, namelijk 6 tot 8 GW extra na 2031 en 10,5 tot 12,5 GW in totaal. De resultaten van de twee onderzoeken liggen dus met elkaar in lijn.

- Er kan niet veel extra elektrische aanlanding bij de Maasvlakte gerealiseerd worden. Volgens het onderzoek kan, zonder inzet van elektrolyse, ongeveer 7,5 GW elektrische aanlanding bij de Maasvlakte gerealiseerd worden. Tot 2031 wordt al 7,5 GW elektrische aanlanding gerealiseerd. Ook uit onze analyses volgt dat zonder inzet van flexibiliteitsbronnen weinig of geen extra elektrische aanlanding mogelijk is na 2031, tussen de 0 en 2 GW en tussen de 7,5 en 9,5 GW in totaal.
- Maximaal 6 GW elektrische aanlanding in Noord-Holland. Volgens het onderzoek ontstaan bij meer elektrische aanlanding zware knelpunten op het hoogspanningsnet. Uit onze analyses volgt dat, zonder inzet van elektrolyzers, tussen de 4,7 GW en 6 GW extra elektrische aanlanding na 2031 mogelijk is en tussen de 7 GW en 8,3 GW in totaal. Dit ligt iets hoger dan de 6 GW uit het onderzoek van Guidehouse en Berenschot. Waar dit verschil vandaan komt is niet duidelijk.
- Tot 8,7 GW elektrische aanlanding mogelijk in Zeeland. Uit onze analyses volgt dat, zonder inzet van flexibiliteitsbronnen, tussen 0 en 2 GW extra elektrische aanlanding na 2031 mogelijk is en tussen de 5,5 en 7,5 GW in totaal. De reden dat de range in ons onderzoek veel groter is komt doordat in onze scenario's inzet van kernenergie en krimp van industrie (wat ertoe leidt dat minder elektrische aanlanding mogelijk is in Zeeland).
- Overbelasting tracé Tilburg-Eindhoven-Maasbracht. Uit de doorrekeningen van het onderzoek volgt dat in elk van de configuraties zware knelpunten ontstaan op het hoogspanningsnet tussen Tilburg en Maasbracht. Dit is de reden dat we in ons onderzoek kijken naar diepe aanlanding in Limburg. Dit wordt ook als optie benoemd in het onderzoek van Guidehouse en Berenschot.
- Impact elektrolyzers op belasting hoogspanningsnet. Uit het onderzoek van Guidehouse en Berenschot volgt dat er meerdere manieren zijn waarop elektrolyzers ingezet kunnen worden. Inzet van elektrolyzers bij de aansluitlocaties kan zorgen voor minder belasting op het hoogspanningsnet. Dit volgt ook uit onze analyses.

8.3.2 Target Grid

In Target Grid is door TenneT een visie ontwikkeld op de ontwikkeling van het hoogspanningsnet richting 2045 (TenneT, 2023). De aanlanding van wind op zee heeft een belangrijke impact op deze ontwikkeling. De belangrijkste conclusies van Target Grid, in relatie tot de aanlanding van wind op zee, zijn:

- Nederland heeft 38 GW elektrische aanlanding van wind op zee nodig voor het invullen van de binnenlandse elektriciteitsvraag. Uit onze analyses volgt dat in 2040 tussen de 25 GW en 37 GW elektrische aanlanding nodig is voor de binnenlandse elektriciteitsvraag. De grotere range in onze analyses komt doordat in ons onderzoek naar meer scenario's gekeken is. Bij Target Grid wordt uitgegaan van het scenario Nationale Sturing. Voor dit scenario wordt in ons onderzoek 31-37 GW elektrische aanlanding voorzien. Het verschil met Target Grid komt vermoedelijk vooral doordat wij in ons onderzoek naar 2040 kijken, waarbij nog niet de volledige energievraag verduurzaamd is.
- Extra elektrische aanlanding wind op zee voor doorvoer elektriciteit naar België en Duitsland via Zeeland en Limburg. In de visie van Target Grid vindt 14 GW elektrische aanlanding plaats voor doorvoer van elektriciteit naar andere landen in West Europa. Hiervoor voorzien ze aanlanding bij Energiehubs in Maasbracht en Zeeland. Deze ideeën zijn overgenomen in het scenario *Doorvoer naar buitenland* in ons onderzoek.
- Veel elektriciteitstransport van West-Nederland naar Zuid-Oost Nederland door wind op zee. Dit is de reden dat we in ons onderzoek kijken naar diepe aanlanding in Limburg.

8.3.3 Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur

In de Integrale Effectenanalyse (IEA) van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) is onderzoek gedaan naar de benodigde hoogspanningsinfrastructuur bij verschillende scenario's met verschillende configuraties voor wind op zee. De belangrijkste conclusies vanuit de IEA van het PEH, met betrekking op wind op zee, zijn:

- Relatief veel elektrische aanlanding bij de Eemshaven en Zeeland in plaats van clustering van aanlanding bij Zuid-Holland en Noord-Holland zorgt ervoor dat minder uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur noodzakelijk zijn. Uit de analyses in dit onderzoek volgt ook dat relatief veel elektrische aanlanding bij de Eemshaven gerealiseerd kan worden en dat na 2031 weinig extra elektrische aanlanding in Zuid-Holland mogelijk is.
- Diepe aanlanding van wind op zee bij Maasbracht kan zorgen voor minder belasting op de hoogspanningsverbindingen tussen de Maasvlakte en Maasbracht.
- Plaatsen van elektrolyzers bij aansluitlocaties zorgt voor minder belasting op het hoogspanningsnet. Dit volgt ook uit onze analyses. Dit is de reden dat we in ons onderzoek kijken naar diepe aanlanding bij Maasbracht.

8.3.4 Onderzoek vraagarticulatie industrie voor VAWOZ en programma Kernenergie (voor werkgroep P2I)

In een onderzoek van Kalavasta voor de werkgroep Power-to-Industry (P2I) is de ontwikkeling van de elektriciteits- en waterstofvraag voor de industrie onderzocht, op nationaal niveau en per industriecluster. Hiervoor zijn prognoses van verschillende onderzoeken en trajecten, zoals I13050, CES en de routekaart Elektrificatie Industrie, in kaart gebracht. Dit zijn meer scenario's dan dat in dit onderzoek meegenomen zijn.

Tabel 12 – Belangrijkste verschillen scenario's

Belangrijkste verschillen	Impact verschillen
Bovengrens directe elektriciteitsvraag industrie voor heel NL hoger bij onderzoek P2I studie	Impact op verhouding E/H ₂ voor aanlanding. Bij meer directe elektriciteitsvraag is meer elektrische aanlanding wenselijk. De impact wordt in de Fase IEA/plan-MER nog verder onderzocht in een verschillen- en gevoeligheidsanalyse.
Bovengrens waterstofvraag industrie voor heel NL hoger bij P2I studie	Impact op import/export balans waterstof. Geen directe impact op verhouding E/H ₂ voor aanlanding, aangezien daar in eerste instantie gefocust wordt op invullen elektriciteitsvraag.
Bovengrens directe elektriciteitsvraag industrie per locatie hoger bij P2I studie	Bij een hogere elektriciteitsvraag op een locatie kan meer elektrische aanlanding gerealiseerd worden, voordat verzwaringen aan het hoogspanningsnet noodzakelijk zijn. De impact wordt in de Fase IEA/plan-MER nog verder onderzocht in een verschillen- en gevoeligheidsanalyse.

Daarnaast is in het onderzoek van Kalavasta ook onderzoek gedaan naar de relatie tussen de ontwikkeling van de energievraag van de industrie en de aanlanding van wind op zee en de impact van flexibele vraag op aanlanding wind op zee, net als in ons onderzoek. Maar de scope van het onderzoek van Kalavasta verschilde daarin (transportcapaciteit is buiten beschouwing gelaten en alleen flexibiliteit van industrie is beschouwd). Daarom kunnen de resultaten niet vergeleken worden.

In het onderzoek van Kalavasta is verder nog gekeken naar de relatie tussen zon op zee en aanlanding van wind op zee en de relatie tussen SMR's en aanlanding wind op zee. Dit is niet behandeld in ons onderzoek.

8.4 Openstaande vragen

Dit onderzoek, Fase NRD systeemintegratie, is een eerste stap in het proces van pVAWOZ en dient als input voor het onderzoeken van kansrijke tracés. Met dit onderzoek zijn dus nog niet alle vragen beantwoord. In de Fase IEA/plan-MER zal verdere verdieping plaatsvinden. De belangrijkste openstaande vragen op het gebied van systeemintegratie zijn:

- Welke aansluitcapaciteit voor elektrische aanlandingen is beschikbaar op elke aansluitlocatie? En welke (ruimtelijke) mogelijkheden zijn er voor het realiseren van extra aansluitcapaciteit middels een nieuwe 380 kV-station?
- Wat zijn de effecten van transit-flows, import/export en andere aspecten die niet meegenomen zijn in onze analyse op de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is per cluster?
- Wat zijn de effecten van verschillende configuraties aan elektrische aanlandingen op het 380 kV-net landinwaarts, waar stromen vanuit verschillende clusters met aansluitlocaties samen kunnen komen?
- Welke capaciteit hebben potentiële aanvoerleidingen van waterstof vanaf de aansluitlocaties richting het landelijke waterstofnetwerk? En wanneer worden beschikbaar voor waterstoftransport?
- Wat zijn de effecten van plannen/prognoses van parallelle trajecten, zoals NPVI, NPE en EIPN, op de overwegingen rondom systeemintegratie van wind op zee?

Daarnaast spelen de vragen welke elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen ruimtelijk gezien haalbaar zijn en wat de effecten zijn van kansrijke aanlandingen op andere belangrijke afwegingscriteria zoals kosten en milieu. Dit wordt parallel aan de analyses rondom systeemintegratie onderzocht, waarbij nauwe afstemming plaatsvindt. Uiteindelijk moeten al deze bevindingen samenkomen om een integrale afweging rondom de aanlanding van wind op zee tussen 2032 en 2040 te maken.

Tot slot is een verder onderzoek met een integrale analyse nodig naar de optimale configuratie op zee en de efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Maar dit is geen onderdeel van pVAWOZ. Dit volgt onder meer in het EIPN.

9 Referenties

- CE Delft. (2023). *Verkenning van een fossielvrij industrie*.
<https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/Verkenning-van-een-fossielvrije-industrie-CE-Delft-juni-2023.pdf>
- Guidehouse, & Berenschot. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-39a57614254aef46d047e1de1a9fd6c48938f50b/pdf>
- Ministerie van EZK. (2023). *Concept-Nationaal plan energiesysteem*.
- Netbeheer Nederland. (2022). *Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050*. Netbeheer Nederland.
<https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/integrale-infrastructuurverkenning-2030-2050>
- Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de II3050-scenario's*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7219ac2558977a6050ac4db764d2ddeb156df32/pdf>
- Pondera Consult, & CE Delft. (2023). *Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur*.
<https://open.overheid.nl/documenten/af2a7ff5-9640-4f87-88f3-c2282653fac6/file>
- Rijksoverheid. (2023). *Ontwerp-Programma Energiehoofdstructuur - Ruimte voor een klimaatneutraal energiesysteem van nationaal belang*.
<https://open.overheid.nl/documenten/b788594f-1818-414a-9861-fe509161d1ea/file>
- TenneT. (2022a). *Investeringsplan net op land 2022-2031*. <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/investeringsplannen>
- TenneT. (2022b). *Investeringsplan Net op zee 2022-2031*.
- TenneT. (2022c). *Investeringsplannen 2022 Net op land*. <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/investeringsplannen>
- TenneT. (2023). *Target Grid*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/04/13/target-grid>

Bijlage A Methodologie

Het hoofddoel van de analyses in Fase 1 is om input te leveren voor het ontwerpproces van kansrijke aanlandingen. Daarvoor bepalen we de overwegingen die vanuit het perspectief van systeem-integratie spelen bij de aanlandingen van wind op zee (elektrisch en waterstof) bij verschillende aansluitlocatie. Dit doen we voor meerdere scenario's voor 2040.

Als startpunt van de analyses hebben we verschillende transportroutes vanaf windparken op zee naar de eindgebruikers in kaart gebracht. Voor elk van deze transportroutes hebben we ook de energieverliezen in de transportketen in kaart gebracht.

Het bepalen van de overwegingen vanuit het perspectief van systeemintegratie gebeurt in twee stappen:

1. **Benutting van windenergie.** Eerst hebben we een globale inschatting gemaakt van een energetisch en economisch efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en elektrolyse op zee en aanlanding in de vorm van waterstof in 2040, gegeven de verwachte ontwikkeling van de energievraag en productie van overige bronnen. Dit doen we voor elk van de scenario's. De analyses in deze stap van het onderzoek hebben als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (tien elektrisch, twee waterstof). Daarnaast geeft de analyse inzicht in de afwegingen rondom de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof en de afhankelijkheid van ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen (zoals kernenergie).
2. **Inpassing energiesysteem op land.** Vervolgens hebben we onderzocht hoe de elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen (volgend uit de vorige stap) zo efficiënt mogelijk ingepast kunnen worden in het energiesysteem op land, zodat zo min mogelijk extra energie-infrastructuur op land noodzakelijk is. Hierbij kijken we afzonderlijk naar elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen, aangezien voor beide opties andere afwegingen spelen. Voor deze stap kijken we afzonderlijk naar de ontwikkeling van vraag en aanbod van energie per cluster van aansluitlocaties (meer hierover in Bijlage A.5). Ook dit doen we voor elk scenario.

Bij de bovenstaande analyses is expliciete aandacht besteed aan de wisselwerking tussen het elektriciteitssysteem en het waterstofsysteem. Het is de verwachting dat een deel van de windenergie omgezet zal worden in waterstof door middel van elektrolyse, waarbij zowel elektrische infrastructuur als waterstofinfrastructuur noodzakelijk is. Daarom is het van belang om deze systemen in samenhang te bekijken, zowel voor het gehele energiesysteem als voor specifieke locaties.

Daarnaast hebben we gekeken naar de impact van flexibiliteitsbronnen op de integratie van wind op zee. Richting 2040 zal inzet van flexibiliteitsbronnen, zoals batterijen en elektrolyzers, noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Inzet van flexibiliteitsbronnen, op land maar ook op zee door het verbinden van elektriciteit en waterstof middels hybride verbindingen, draagt bij aan de integratie van wind op zee.

Bovenstaande analyses zijn uitgevoerd voor de situatie in 2040, maar in pVAWOZ wordt gekeken naar de uitrol van wind op zee gedurende de periode 2031-2040. Daarom hebben we vanuit de situatie in 2040 teruggekeken naar 2031. Daarnaast hebben we vooruitgekeken naar een

klimaatneutraal eindbeeld in 2050. Dit geeft inzicht welke aanlandingen nodig zijn na de zichtperiode van pVAWOZ en geeft daarmee inzicht of de aanlandingen tussen 2031 en 2040 in lijn liggen met het eindbeeld in 2050.

A.1 Transportroutes windenergie naar eindgebruikers

De elektriciteit die opgewekt wordt bij de windparken op zee moet getransporteerd worden naar de afnemers. Er zijn hiervoor verschillende transportroutes mogelijk. In deze stap hebben we een overzicht gemaakt van verschillende transportroutes en de afweging tussen deze routes. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen transport vanaf het windpark naar de kust en het transport vanaf de kust naar de eindgebruiker.

A.2 Scenario's

Om de onzekerheid in de ontwikkelingen tot 2040 op te vangen hebben we verschillende scenario's voor 2040 uitgewerkt. Dit geeft inzicht in de impact van bepaalde onzekerheden op de integratie van wind op zee in het energiesysteem. De scenario's van de tweede versie van I13050 zijn de basis voor de scenario's die we uitwerken voor 2040 (Netbeheer Nederland, 2023).

De aannames voor de ontwikkeling van vraag en aanbod van energie van de 2040 scenario's van I13050 zijn overgenomen, met uitzondering van de aannames voor wind op zee. De aannames van de I13050-scenario's rondom wind op zee komen namelijk niet overeen met de gestelde ambitie van 50 GW wind op zee in 2040. In alle scenario's gaan we uit van realisatie van 50 GW wind op zee in 2040. Er wordt een inschatting gemaakt van een energetische en economische efficiënte verhouding tussen elektrische aanlandingen en conversie op zee. (zie Bijlage A.4).

Niet alle mogelijke ontwikkelingen richting 2040 komen voldoende terug in de vier I13050-scenario's. Daarom zijn twee nieuwe scenario's uitgewerkt, als aanvulling op de I13050-scenario's. In totaal hebben we dus zes scenario's opgesteld. De twee nieuwe scenario's zijn:

1. **Decentrale Initiatieven met forse krimp energie-industrie.** In het scenario Regionale Initiatieven is reeds een krimp van de energie-intensieve industrie meegenomen, maar deze krimp is in onze ogen beperkt. Daarom is deze krimp in dit scenario nog verder opgerekt naar wat we als maximaal mogelijk achten zodat dit echt een uithoek van het speelveld is. Behalve de industriële vraag zijn alle andere vraagontwikkelingen gelijk aan scenario Decentrale Initiatieven van I13050.
2. **Nationaal Leiderschap met doorvoer stroom richting Duitsland en België.** Dit is het scenario waarbij extra elektrische aanlanding wordt gerealiseerd voor doorvoer richting Duitsland en België. De overige invulling van het scenario is gelijk aan het scenario Nationaal Leiderschap van I13050.

De opgestelde scenario's zullen worden gebruikt voor de analyses in Bijlage A.4 en Bijlage A.5. Al deze scenario's worden uitgewerkt voor 2040.

A.3 Rol flexibiliteit bij inpassing wind op zee

Richting 2040 zal flexibiliteit, zoals batterijen, elektrolyzers en interconnectie, noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Maar inzet van flexibiliteitsbronnen heeft ook impact op de aanlanding van wind op zee. Efficiënte inzet van flexibiliteitsbronnen en het zo veel

mogelijk direct gebruiken van windenergie op de aansluitlocatie, zorgt voor een reductie van de impact op de energie-infrastructuur op land.

We hebben de belangrijkste bronnen van flexibiliteit die kunnen bijdragen aan de integratie van wind op zee in kaart gebracht. Voor elk van deze bronnen hebben we omschreven op welke manier deze kunnen bijdragen aan de integratie van wind op zee in het energiesysteem. Bij toepassing van systeemintegratie op zee en het realiseren van hybride aansluitingen (meer hierover in paragraaf 2.1) wordt flexibiliteit geleverd door elektrolyzers op zee. Hier gaan we ook op in.

De impact van deze flexibiliteitsbronnen op de optimale benutting van windenergie en het verminderen van de impact op de energie-infrastructuur op land is in kaart gebracht bij de onderdelen *Benutting windenergie* (zie Paragraaf A.4) en *Inpassing energiesysteem op land* (zie Paragraaf A.5).

A.4 Benutting windenergie

Voor dit aspect is een energetisch en economisch efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof onderzocht, gegeven de ontwikkeling van de energievraag en productie andere energiebronnen.

De analyses in deze stap van het onderzoek hebben als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (tien elektrisch, twee waterstof). Daarnaast geeft de analyse inzicht in de afwegingen rondom de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof en de afhankelijkheid van ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen (zoals wind op land en kernenergie).

Het bepalen van een maatschappelijk gunstige verhouding tussen elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen is een zeer complexe puzzel. Om toch een globale inschatting te maken van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en directe omzetting naar waterstof te bepalen is een versimpelde economische afweging gemaakt op basis van de directe benutting van elektriciteit bij (extra) elektrische aanlanding enerzijds en de meerkosten voor elektrische aanlanding ten opzichte van waterstofaanlanding anderzijds. Om de analyse behapbaar en transparant te houden focussen we alleen op de belangrijkste economische en energetische aspecten en gaan we alleen uit van radiale aansluitingen. Wel geven we een kwalitatieve beschouwing op de mogelijke impact van hybride aansluitingen (verdere toelichting over deze concepten volgt in Paragraaf 2.1.2).

Op basis van deze verhouding rekenen we het energiesysteem door en maken we een inschatting hoe de 50 GW wind op zee in 2040 benut wordt, in elk van de scenario's. Een uitgebreide omschrijving van de methodiek en resultaten van dit onderdeel is te vinden in de bijgevoegde bijlage *Benutting Windenergie*.

A.5 Inpassing energiesysteem op land

Bij deze stap hebben we onderzocht hoe de elektrische aanlanding en waterstofaanlanding zo efficiënt mogelijk ingepast kan worden in het energiesysteem op land, zodat zo min mogelijk extra energie-infrastructuur op land noodzakelijk is. Hiervoor kijken we afzonderlijk naar de ontwikkelingen per regio en hebben we zowel voor elektriciteit als waterstof onderzocht hoeveel kan aanlanding bij elke aansluitlocatie mogelijk is voordat verzwaringen aan de achterliggende energie-infrastructuur op land noodzakelijk zijn.

Elektriciteit

Om een goede inschatting te maken van de impact van aanlanding van wind op zee op de hoogspanningsinfrastructuur is in principe een integrale doorrekening van de scenario's op uurbasis door TenneT noodzakelijk. Maar er is al veel informatie beschikbaar is uit eerdere doorrekeningen die gedaan zijn in het Programma Energiehoofdstructuur (Pondera Consult & CE Delft, 2023), I13050 I13050 en de studie systeemintegratie wind op zee 2030-2040 (Guidehouse & Berenschot, 2021) en doorrekeningen kosten veel tijd. Er is daarom gekozen om voor de Fase NRD van het onderzoek voor systeemintegratie geen nieuwe doorrekening door TenneT te laten uitvoeren. In de Fase IEA/plan-MER zullen naar verwachting wel doorrekeningen gedaan worden, onder meer om de meest recente inzichten mee te kunnen nemen.

In plaats van nieuwe doorrekeningen is per aansluitlocatie een inschatting gemaakt van de effecten van elektrische aanlanding op zee op basis van gegevens van de lokale elektriciteitsvraag en de productie van overige hernieuwbare bronnen (op uurbasis) en de afvoercapaciteit van het hoogspanningsnet. Met deze analyses is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid windenergie die elektrisch kan aanlanden per aansluitlocatie voordat forse knelpunten ontstaan op het achterliggende hoogspanningsnet. Hierbij zijn we uitgegaan van realisatie van de plannen uit het investeringsplan IP2022 van TenneT (TenneT, 2022a). Naast de aansluitlocaties uit Tabel 2 hebben we ook gekeken naar de mogelijkheid voor realisatie van een DC-hub in zuidwest Nederland, voor elektrische aanlanding voor doorvoer richting België.

Deze analyse is uitgevoerd voor de situatie met én zonder inzet van flexibiliteitsbronnen, aangezien of deze bronnen op aansluitlocaties gerealiseerd worden en het nog onzeker is in hoeverre ze gaan bijdragen aan het verminderen van de lokale netbelasting²⁴.

Onzekerheden methodologie

Om een goede inschatting te maken van de transportstromen over deze 380 kV-verbindingen en de impact van (elektrische) aanlanding van wind op zee is een integrale doorrekening door TenneT noodzakelijk. In deze fase van het onderzoek zijn echter nog geen doorrekeningen uitgevoerd, aangezien het gaat om een eerste verkenning. Daarom is gekozen voor de beschreven alternatieve benadering.

Er zijn echter enkele relevante factoren voor de belasting op de 380 kV-verbindingen die bij de gekozen methodiek niet meegenomen worden:

- Impact dieper op het net. Met de gekozen methodiek kan alleen een inschatting gemaakt worden voor de afvoerende transportverbindingen in de directe omgeving van de aanlandclusters. Echter, aanlanding van wind op zee heeft ook impact dieper op het net, op de ring van het 380 kV-net. Er zit een onderlinge samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, dus de

²⁴ Het is wel al zeker dat flexibiliteitsbronnen op nationaal niveau noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Maar de impact op de lokale situatie is onzekerder.

elektrische aanlanding in één cluster heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is in een ander cluster. De impact dieper op het net kan alleen bepaald worden met een integrale doorrekening door TenneT.

- Transit-flows bij clusters. De belangrijkste beperking van de analyse is dat aangenomen is dat de meeste clusters op een uitloper van het 380 kV-net liggen en dat er geen doorvoer van elektriciteit is. Echter, in de praktijk zal dit alleen het geval zijn voor de kop van Noord-Holland en mogelijk Zeeland. In de andere gebieden zal in de praktijk ook doorvoer van elektriciteit plaatsvinden. Zo zal er bijvoorbeeld bij de Eemshaven naar verwachting doorvoer van elektriciteit zijn door import vanaf Duitsland bij Meeden. Het niet meenemen van de transit-flows heeft als implicatie dat de hoeveelheid (elektrische) aanlanding die mogelijk is per cluster overschat wordt.
- Effecten import/export elektriciteit. De impact van import en export van elektriciteit via DC-interconnectoren is meegenomen in de analyses. De impact van AC-interconnectoren niet, aangezien hiervoor een integrale doorrekening van TenneT met marktmodellering nodig is. Er zijn geen AC-interconnectoren bij de aanlandingslocaties, maar dit heeft wel impact op mogelijke transit-flows (zie voorgaand punt).
- Transportcapaciteit in periode van onderhoud. Het hoogspanningsnet moet bij normaal gebruik N-1 uitgelegd zijn. Echter, in periodes van onderhoud is ook N-1 redundantie noodzakelijk doordat in die periodes minder transportcapaciteit beschikbaar is. Om dit mee te nemen is een correctie uitgevoerd op de beschikbare transportcapaciteit per cluster (uitgegaan van N-1,5), maar deze aanname is een versimpeling van de werkelijke
- Relatie ENT en uitbreiding. In de analyse is aangenomen dat bij een ENT (Energy Not Transported) van meer van 0,5 TWh per jaar redispatch te duur wordt en nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Maar in de praktijk is dit projectafhankelijk en is het onzeker in hoe zich dit ontwikkelt richting de toekomst. Daarnaast moet er in de omgeving van de overbelaste verbinding ook voldoende regelbaar vermogen zijn om redispatch te kunnen toepassen en leidt redispatch in de praktijk vaak tot curtailment en mogelijk meer CO₂-uitstoot. Er is een gevoeligheidsanalyse gedaan (Paragraaf 6.1.5) voor een lagere grens om inzicht te geven in de effecten van deze onzekerheid.

Vanwege de bovenstaande beperkingen geeft de gekozen methodiek geen exacte inschatting van de belasting op de 380 kV-verbindingen. Maar deze benadering is goed genoeg voor het doel van dit onderzoek, namelijk richting geven voor de ruimtelijke analyses. Het is de verwachting dat in de Fase IEA/plan-MER wel een integrale doorrekening van TenneT uitgevoerd zal worden, om de effecten van (elektrische) aanlanding van wind op zee op de 380 kV-verbindingen beter in te schatten.

Waterstof

Op dit moment is er nog geen landelijk dekkende waterstofinfrastructuur. Dit zal in de periode tot 2030 gerealiseerd moeten worden. We nemen aan dat het Waterstofnetwerk Nederland tijdig op alle locaties voldoende capaciteit heeft om de geproduceerde waterstof te transporteren. Dit betekent dat dit hier naar verwachting weinig rekening mee gehouden hoeft te worden bij de keuze voor aansluitlocaties (Pondera Consult & CE Delft, 2023). Voor nu nemen we dit niet mee, maar in de Fase IEA/plan-MER gaan we hier nog dieper op in.

Wel zijn er aanvoerleidingen vanaf de aansluitlocaties richting het landelijke waterstofnet noodzakelijk. Op dit moment is het nog onduidelijk in hoeverre bestaande aardgasleidingen voldoende capaciteit hebben om als aanvoerleiding richting het landelijke waterstofnet en of deze op tijd beschikbaar komen. Deze zaken worden de komende periode verder onderzocht door Gasunie. Daarom wordt voor nu een kwalitatieve beschouwing gegeven van de afwegingen per aansluitlocatie.

A.6 Terugkijken naar 2031 en vooruitkijken naar 2050

De bovenstaande analyses worden uitgevoerd voor de situatie in 2040. Maar voor pVAWOZ is het ook noodzakelijk om te weten wanneer bepaalde verbindingen gerealiseerd kunnen worden in de periode 2031-2040. Om hiervan een inschatting van te maken is een analyse gedaan naar de ontwikkeling van de vraag van energie, per energiedrager en per regio voor aanlanding, tussen 2031 en 2040. Hierbij is specifiek gekeken naar plannen voor de verduurzaming van de industrie, bijvoorbeeld met maatwerkafspraken, in de CES'sen en het Nationaal Plan Verduurzaming Industrie.

Daarnaast is een doorkijk naar een klimaatneutraal eindbeeld in 2050 gedaan. Het is namelijk belangrijk dat de ontwikkelingen van wind op zee tussen 2031 en 2040 in lijn liggen met het eindbeeld in 2050.

A.7 Integratie elektriciteit en waterstof

In de toekomst wordt integratie tussen het elektriciteitssysteem en het nog te realiseren waterstofsysteem in toenemende mate van belang. Deze systemen zullen naar verwachting gekoppeld zijn, enerzijds door productie van waterstof met elektriciteit door elektrolyzers (bij overschotten van elektriciteitsproductie uit zon en wind) en anderzijds door productie van elektriciteit met waterstof door waterstofcentrales (bij een hogere vraag dan productie uit zon en wind). Daarom is in het onderzoek expliciet aandacht besteed aan de integratie van elektriciteit en waterstof.

Dit wordt geen aparte stap in het onderzoek, maar de wisselwerking tussen elektriciteit en waterstof is in elk van de voorgaande stappen meegenomen. Bij de analyses voor de inpassing van wind op zee met het energiesysteem op land zijn de waterstof- en elektriciteitsinfrastructuur integraal beschouwd.

Bijlage B scenario Krimp industrie

Systeemintegratie wind op zee

Fase NRD pVAWOZ 2031-2040

Bijlage Scenario Krimp Industrie



Datum: 17-11-2023

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

1	Motivatie scenario Krimp Industrie	2
2	Het scenario Decentrale Initiatieven van I13050.....	2
2.1	Industrie in Decentrale Initiatieven	2
2.1.1	Energievraag per subsector in 2040	3
3	Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037	3
3.1	Bevindingen studie.....	4
3.2	Energievraag per subsector in 2040	5
4	Invulling scenario Krimp Industrie	6
4.1	Energievraag industrie	6
4.2	Opstellen compleet scenario	7
4.3	Doorkijk naar 2050.....	8
5	Referenties.....	8

In deze bijlage worden de aannames voor het scenario Krimp Industrie voor Fase NRD van de analyses systeemintegratie van pVAWOZ 2031-2040 toegelicht. Allereerst volgt een motivatie voor het meenemen van dit scenario in de analyses voor systeemintegratie. Vervolgens wordt een omschrijving gegeven van het scenario. De invulling van het scenario is gebaseerd op twee scenario's, het scenario Decentrale Initiatieven van I13050 (Netbeheer Nederland, 2023) en het scenario uit de Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037 (CE Delft, 2023). Deze studies worden toegelicht, waarna een omschrijving voor het scenario Krimp Industrie voor Fase NRD systeemintegratie pVAWOZ 2031-2040 volgt.

1 Motivatie scenario Krimp Industrie

Welke industrie in de toekomst naar Nederland komt en/of in Nederland blijft, heeft een grote impact op de benodigde hoeveelheid duurzame opwek, flexibiliteitsmiddelen en infrastructuur en dus de wijze waarop we het klimaat neutrale energiesysteem tot aan 2050 vorm moeten geven. Voor het scenario Krimp Industrie gaan we uit van een extreem scenario voor de Nederlandse industrie. Het doel van dit scenario is dus niet om het meest waarschijnlijke toekomstbeeld te schetsen, maar een potentieel hoekpunt van de ontwikkeling van het energiesysteem.

De concurrentiepositie voor de Nederlandse industrie verandert wezenlijk door de transitie naar fossielvrij. In een wereld waarin alles hernieuwbaar is, is elektriciteit en waterstof in Nederland kostbaar ten opzichte van landen met meer zon- en/of winduren. Daarmee zal er in Nederland vooral plek zijn voor industrieën die veel toegevoegde waarde leveren aan de economie per gebruikte eenheid energie, terwijl energie-intensieve industrieën moeilijker hun toekomst kunnen veiligstellen. In het scenario Krimp Industrie wordt er daarom vanuit gegaan dat zeer energie-intensieve processen voor een deel verplaatsen naar regio's waar duurzame energie goedkoper is.

2 Het scenario Decentrale Initiatieven van I13050

In het scenario Decentrale Initiatieven van I13050 streeft Nederland naar regionale actie door de particuliere businesscase van klimaat neutrale technieken te ondersteunen. Burgers en lokale gemeenschappen hebben een hoge mate van autonomie en maken eigen keuzes binnen de opgave. Via diverse prikkels worden duurzame keuzes van consumenten en bedrijven ondersteund. Lokale overheden doen dit bijvoorbeeld met kennis en financiële stimulansen. Er ontstaat een groot aantal lokale initiatieven van vooruitstrevende burgercollectieven en bedrijven. Hierdoor worden lokale bronnen optimaal benut. Zonne- en windenergie op land zullen stevig groeien.

2.1 Industrie in Decentrale Initiatieven

De industrie transformeert naar meer gebruik van bio-based en circulaire grondstoffen. Doordat duurzame energie vooral als variabel aanbod op grote schaal beschikbaar is, de acceptatie van CCS beperkt is en er verder beperkt sturing op de ontwikkeling van de industrie is, verdwijnt een beperkt deel van de energie-intensieve basisindustrie uit Nederland. Duurzame energie is ruim beschikbaar maar niet in een goedkope basislast, mede waardoor de energie-intensieve industrie gedeeltelijk uit Nederland wegtrekt, naast dat de overheid in dit wereldbeeld weinig gerichte sturing geeft om de basisindustrie specifiek hier te behouden.

De industriebedrijven die in Nederland blijven zullen elektrificeren in dit scenario. Daardoor stijgt de elektriciteitsvraag van de industrie alsnog fors in dit scenario, van 41 TWh in 2019 naar een ruime verdubbeling van bijna 93 TWh elektriciteitsvraag van de hele industrie in 2050. Naast sterke

elektrificatie wordt er ook waterstof gebruikt in de industrie (47 TWh). Ter vergelijking, het scenario Nationaal Leiderschap, waarin uitgegaan wordt van nagenoeg geen krimp van de industrie, voorziet in 2050 een elektriciteitsverbruik van 140 TWh en een waterstofverbruik van 113 TWh. Alhoewel het scenario Decentrale Initiatieven dus een krimp voorspelt, is deze nog relatief beperkt. Dit aangezien in 2050 de meeste sectoren nog wel actief zullen zijn in Nederland, op de raffinage en chemie na.

2.1.1 Energievraag per subsector in 2040

Tabel 1 geeft per sector aan hoe deze sector zich heeft ontwikkeld in 2040.

Tabel 2 geeft vervolgens de totale elektriciteits- en waterstofvraag per sector voor 2040 weer. Onder 'overig' vallen uiteenlopende subsectoren: gaswinning, aluminium, overige metalen (o.a. de secundaire staalproductie, de productie van zink via elektrolyse of (ijzer)gieterij), bouw(materialen), machinerie, niet-metallische mineralen (glas, keramiek en asfalt), textiel, transportmiddelen en houtbewerking. Voor gaswinning is aangenomen dat deze sector krimpt en in 2050 niet meer bestaat. De overige sectoren zullen elektrificeren.

Tabel 1 – Aannames voor de industrie in 2040 op basis van scenario Decentrale Initiatieven

Sector	Aannames voor 2040
Staal	Alle hoogovens zijn omgebouwd, DRI voornamelijk op methaan en aanvullend waterstof.
Chemie	Krimp van stoomkrakers, grotendeels elektrificatie.
Raffinage	Lichte krimp van raffinagesector en in 2050 zal er een sterke krimp zijn en is er geen productie van synfuels.
Kunstmest	Lichte krimp, weinig ammoniakimport, waterstofproductie nog met aardgas.
Voedsel	Substitutie van aardgas voor elektriciteit, 1,4% toename efficiëntie per jaar door warmtepomp, afbouw hybride warmte.
Papier	Substitutie van aardgas voor elektriciteit, 1,8% toename efficiëntie per jaar door warmtepomp, afbouw hybride warmte.
Datacenters	Een dynamische groei van hernieuwbare elektriciteitsproductie en dalende stroomprijzen zorgen ervoor dat het aantrekkelijk blijft om ICT- en datacenterdiensten in Nederland te vestigen.
Overig	Algemeen: krimp energieverbruik door afname gaswinning, verregaande elektrificatie, aanvullend aardgas en waterstof. Het aandeel gerecycled aluminium is groter dan primaire productie, verregaande elektrificatie, aanvullend aardgas en waterstof.
Sector	Aannames voor 2040.
Staal	Alle hoogovens zijn omgebouwd, DRI voornamelijk op methaan en aanvullend waterstof.

Tabel 2 – Verwachte elektriciteits- en waterstofvraag in 2040 uitgesplitst per sector, scenario Decentrale Initiatieven

Sector	Elektriciteitsvraag (TWh)	Waterstofvraag (TWh)
Staal	5,9	5,8
Chemie	33,1	11,4
Raffinage	3,0	20,1
Kunstmest	2,8	14,8
Voedsel	9,6	0,0
Papier	2,5	0,0
Datacenters	13,2	0,0
Overig	23,6	0,9
Totaal	93,5	52,9

3 Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037

De Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037, die CE Delft opgesteld heeft in opdracht van Natuur & Milieu, stelt een toekomstbeeld op van een fossielvrije Nederlandse industrie in 2037

(CE Delft, 2023). Dit toekomstbeeld heeft als doel inzicht te geven in welke industrie kansrijk is in Nederland binnen een fossielvrije wereld, en welke aanpassingen daarvoor nodig zijn. De studie is nadrukkelijk een visiedocument, een verkenning van de transitie naar fossielvrij voor de energie-intensieve industrie in Nederland. De verkenning gaat niet in op de maatschappelijk consequenties van de veranderingen.

3.1 Bevindingen studie

Het onderzoek laat zien dat een fossielvrije industrie in Nederland met bepaalde aanpassingen mogelijk is. De focus verschuift van basisindustrie naar nieuwe industrie en hoogwaardige productie. Nederland beschikt over hoogwaardige kennis en infrastructuur, een gunstige ligging en institutionele en staatsrechtelijke stabiliteit. De industriële processen die kansrijk zijn in Nederland zijn volgens deze studie gericht op energiebesparing, circulariteit en directe elektrificatie. Er is gekeken naar de economische toegevoegde waarde per energie en grondstoffenverbruik. De toegevoegde waarde is laag indien industrieën relatief veel energie- en grondstoffen gebruiken, terwijl de bijdrage aan de economie beperkt is t.o.v. dit gebruik. Een deel van bestaande processen in Nederland zijn daardoor minder kansrijk, omdat deze processen waarschijnlijk elders economisch gunstiger zijn door lokale goedkopere grondstoffen en energie (biomassa, elektriciteit en waterstof).

De nieuwe industrie waarvoor in de verkenning kansen naar voren komen zijn:

- **industrie voor levensduurverlenging** (bijvoorbeeld reparatie- en service-industrie);
- **recycling industrie**; waaronder **mechanische en hoogwaardige chemische recycling van kunststoffen**;
- **voedingsmiddelenindustrie**; bijvoorbeeld de verwerking van plantaardig voedsel;
- **maakindustrie** (bijvoorbeeld machinebouw, toeleverancier auto-industrie, fabrieken voor zonnepanelen en batterijen);
- **biobased producten en -brandstoffen** (in beperkte mate).

Een groot deel van de industrie zal in Nederland kunnen blijven bestaan in haar huidige vorm, mits de productie-installaties worden omgebouwd zodat het proces fossielvrij wordt. Dit geldt voor de volgende sectoren:

- **Groene waterstofproductie** (naast beperkte import).
- **Verwerking van energie-intensieve halffabricaten naar eindproducten**.
- Elektrificatie van **sectoren die relatief weinig energie-intensief zijn**. Voorbeelden zijn de papier- en voedselindustrie, of midden-klein-bedrijven zoals bijvoorbeeld drukkerijen, metaalbedrijven of producenten van plastic.
- Elektrificatie van **sectoren die wél energie-intensief zijn, maar hoge transportkosten hebben**. Voorbeelden zijn de keramische industrie (bakstenen, straatstenen, stoeptegels) en de glasindustrie (verpakkingen).

De productie van bepaalde halffabricaten, zoals bijvoorbeeld ruwijzer en aluminium kan (gemiddeld over een jaar) te duur worden in Nederland. Het is dan economisch voordeliger om halffabricaten te importeren. De minder energie-intensieve verwerking van halffabricaat tot eindproduct kan wel competitief blijven in Noordwest-Europa. Het gaat om de volgende producten: **aluminium en zink; ruwijzer; ammoniak en methanol; synthetische brandstoffen en polymeren**.

Voor de **fossiele organische basischemie** veranderen de grondstoffen en processen zo, dat een groot deel van de productie naar verwachting naar het buitenland verplaatst. Nederland zal wel

eigen secundaire grondstoffen en duurzame biomassa gebruiken voor de productie van hoogwaardige (biobased) materialen en daarnaast hernieuwbare grondstoffen importeren.

Fossiele raffinage verdwijnt naar verwachting uit Nederland omdat de huidige installaties niet geschikt zijn om de nieuwe biobased producten te produceren. De fossiele raffinage zal naar verwachting gedeeltelijk vervangen worden door bioraffinage (op beperkte schaal) en import van biobrandstoffen en synthetische brandstoffen.

3.2 Energievraag per subsector in 2040

De studie schetst een scenario voor de toekomst van verschillende industriële sectoren richting 2037, passend bij een fossielvrije en markt gestuurde industriële sector in Nederland. Het gaat hier om sectoren die voornamelijk een elektriciteitsvraag hebben en niet zo zeer een sterke waterstofvraag. Dit aangezien waterstof elders goedkoper geproduceerd kan worden.

Het onderzoek naar een fossielvrije industrie kwantificeert niet hoe het energiegebruik van de verschillende sectoren er in de toekomst uitziet. Voor dit scenario zijn daarom aannames gemaakt in overeenstemming met de auteurs van het rapport. Deze aannames zijn te vinden in Hoofdstuk 4.

De sectoren die behouden blijven in Nederland, zullen een gelijkblijvende energiebehoefte houden, al zal de energievraag ingevuld worden met andere energiedragers (met name elektriciteit). De sectoren die (deels) vertrekken zullen een krimp van de energievraag hebben. Tabel 3 geeft per sector de beoogde ontwikkeling op basis van de studie Verkenning van een fossielvrije industrie. Naast de bestaande sectoren zullen ook nieuwe sectoren ontstaan.

Tabel 3 – Huidige (2019) en toekomstige (2040) energiebehoefte van verschillende industriële sectoren. Het gaat hier om de vraag naar energie en niet om de grondstoffenvraag

Sector	Ontwikkeling sector richting 2037
Staal	Forse krimp en uitsluitend nog bewerking van staal & recycling.
Organische basischemie	Huidige industrie verdwijnt nagenoeg vanwege goedkope grondstoffen elders. Er ontstaat op kleine schaal productie van bioplastics.
Raffinage	Huidige industrie verdwijnt nagenoeg. Er ontstaat op kleine schaal productie van hernieuwbare brandstoffen.
Industriële gassen	Productie van luchtgassen (zuurstof, stikstof en argon) en koolmonoxide krimpt met de basischemie en raffinage mee.
Kunstmest	Forse krimp en alleen nog omzetting van ammoniak in kunstmest.
Voedsel	Substitutie naar elektrische voedingsmiddelenindustrie.
Papier	Substitutie naar elektrische papierindustrie
Non-ferro metalen	Forse krimp en uitsluitend nog bewerking aluminium & recycling.
Keramische industrie	Substitutie naar elektrisch steenfabrieken.
Glasindustrie	Substitutie naar elektrische glasfabrieken.

4 Invulling scenario Krimp Industrie

4.1 Energievraag industrie

Het is de verwachting dat deze industriële sectoren in 2040 nog deels actief zijn, aangezien nog niet alle bestaande installaties tegen die tijd afgeschakeld zijn. Daarnaast zal een deel van de processen in deze sectoren, met name de hoogwaardige processen, in Nederland blijven.

Het scenario Krimp Industrie voor de systeemintegratie van pVAWOZ is een extreem scenario voor krimp van de industrie in Nederland, gebaseerd op marktwerking en de beschikbaarheid van goedkope grondstoffen elders. Een groot deel van de industrie in Nederland is oorspronkelijk gevestigd vanwege de beschikbaarheid van goedkoop gas. Met de transitie naar een klimaat neutrale industrie in 2050 gaat dit argument niet meer op, wat voor verschuivingen in de industrie zorgt. Processen die niet kansrijk in Nederland worden geacht, omdat ze elders economisch gunstiger zijn vanwege lokale goedkopere grondstoffen zoals elektriciteit, waterstof en biomassa, zullen in dit scenario deels verdwijnen. De focus in Nederland verschuift hiermee van basisindustrie naar (nieuwe) industrieën op het gebied van circulariteit en hoogwaardige productie. De sectoren die in Nederland blijven focussen zich op energiebesparing en volledige elektrificatie.

Het scenario Krimp Industrie is een combinatie van de inzichten uit Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037 en het scenario Decentrale Initiatieven uit I13050. Het scenario Krimp Industrie is een aanpassing op het originele scenario Decentrale Initiatieven van I13050, waarbij de elektriciteits- en waterstofvraag van de industrie aangepast wordt. Voor deze aanpassing baseren wij ons op de krimp en groei aannames van Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037. Het is onze verwachting dat de industrie in 2040 nog niet volledig ontwikkeld is richting een fossielvrije industrie. Daarnaast zullen hoogwaardigere en minder energie-intensieve processen ook bij een forse krimp van de industrie in Nederland blijven. Daarom hanteren wij voor het Krimp Industrie scenario een krimpfactor van 25% ten opzichten van een verduurzaamde industrie, voor de sectoren die nagenoeg verdwijnen volgens Verkenning van een fossielvrije industrie in 2037. De verwachting vanuit het scenario Krimp Industrie is vervolgens wel dat richting 2050 deze sectoren alsnog nagenoeg verdwenen zijn, uitgaande van een volledig markt gestuurde industrie in Nederland. Met uitzondering van hoogwaardige processen en verwerking van halffabricaten tot eindproducten. De verdere invulling van het scenario Krimp Industrie is volledig identiek aan het scenario Decentrale Initiatieven uit I13050.

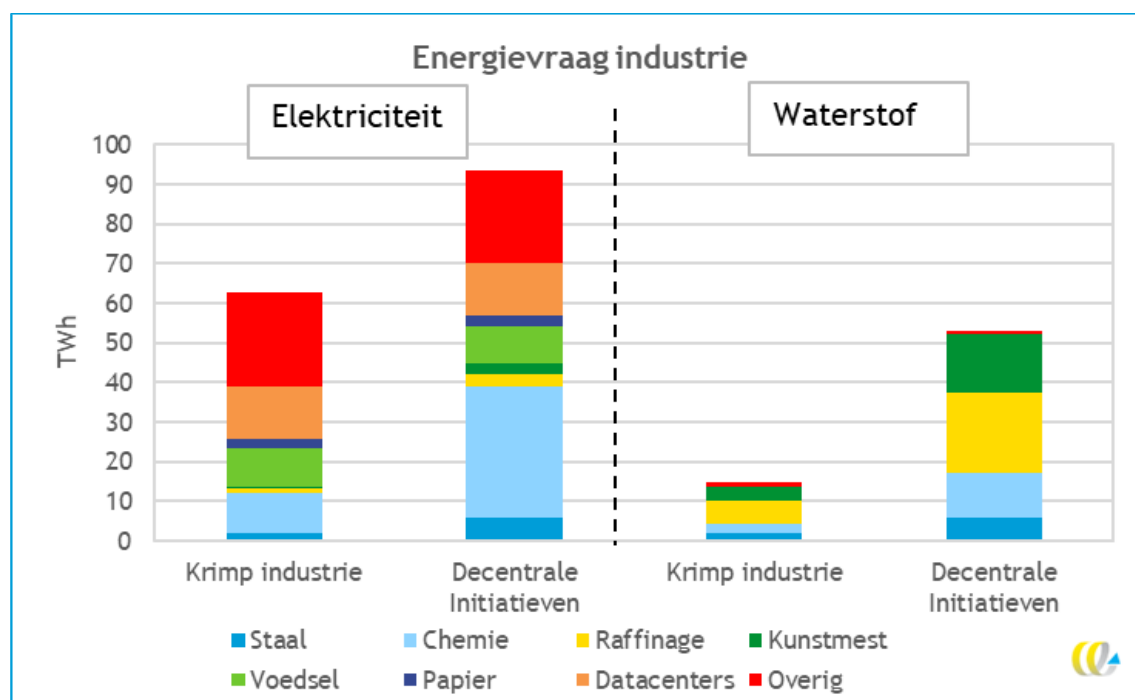
Voor de inschatting van de elektriciteits- en waterstofvraag van de industrie in dit scenario is gebruik gemaakt van de cijfers van de I13050-scenario's. In deze scenario's is het effect van verduurzaming van de industrie op de energie- en waterstofvraag van verschillende sectoren al meegenomen. Daardoor hoeft alleen een correctie uitgevoerd te worden voor een krimp van de omvang van de industrie. De krimpfactor van verschillende sectoren, zoals gegeven in Tabel 3, zijn toegepast op de cijfers van de energie- en waterstofvraag van de industriële sectoren van het scenario Decentrale Initiatieven. Indien er in het scenario Decentrale Initiatieven al een krimp van de omvang van de sectoren aangenomen is maken we gebruik van de cijfers van het scenario Nationaal Leiderschap, die geen krimp van de industrie heeft en waarin de energievraag van de industrie ook voornamelijk elektrificeert. Dit om te voorkomen dat de krimp van de industrie dubbel meegenomen wordt.

De elektriciteits- en waterstofvraag van de industrie voor 2040 voor het scenario Krimp Industrie zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 – Verwachte elektriciteits- en waterstofvraag in 2040 uitgesplitst per sector

Sector	Elektriciteitsvraag (TWh)	Waterstofvraag (TWh)	Verkleiningsfactor t.o.v. II3050
Staal	1,8	1,7	0,25
Chemie	10,3	2,6	0,25
Raffinage	1,0	5,7	0,25
Kunstmest	0,7	3,7	0,25
Voedsel	9,6	0,0	1
Papier	2,5	0,0	1
Datacenters	13,2	0,0	1
Overig	23,6	0,9	1
Totaal	62,6	14,6	

De elektriciteitsvraag daalt met ruim 30% ten opzichte van het oorspronkelijke scenario Decentrale Initiatieven (zie figuur 1) van 93,5 TWh naar 62,6 TWh. De waterstofvraag van de industrie daalt met ruim 70% ten opzichte van het oorspronkelijke scenario.



Figuur 1 – Vergelijking energievraag industrie scenario Krimp Industrie met origineel scenario Decentrale Initiatieven

4.2 Opstellen compleet scenario

Een kleinere energievraag van de industrie heeft ook impact op de rest van het energiescenario, bijvoorbeeld op de inzet van flexibiliteit. Om een scenario op te stellen dat in balans is hebben we een nieuw ETM-scenario gemaakt. Hierbij is naast de wijziging van de vraag van de industrie ook de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding van wind op zee ingeschat voor het nieuwe scenario (zie bijlage *Benutting windenergie*) en is een nieuwe inschatting gemaakt van de inzet van flexibiliteit.

4.3 Doorkijk naar 2050

Het bovenstaande scenario is opgesteld voor het jaar 2040. De industrie zal dan nog niet volledig verduurzaamd zijn en verdere elektrificatie zal nog plaatsvinden. Dit zorgt voor een toename van de elektriciteits- en waterstofvraag. Daartegenover staat de verdere krimp van de energie-intensieve sectoren richting 2050 in dit scenario.

5 Referenties

CE Delft. (2023). *Verkenning van een fossielvrij industrie*.

<https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/Verkenning-van-een-fossielvrije-industrie-CE-Delft-juni-2023.pdf>

Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de II3050-scenario's*.

<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7219ac2558977a6050ac4db764d2ddebb156df32/pdf>

Bijlage C scenario Doorvoer naar buitenland

Systeemintegratie wind op zee

Fase NRD pVAWOZ 2031-2040

Bijlage Scenario Doorvoer naar Buitenland



Datum: 17-11-2023

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

1	Motivatatie scenario Doorvoer naar buitenland	2
2	Ontwikkeling vraag en aanbod in buurlanden.....	3
2.1	België.....	3
2.1.1	Ontwikkeling elektriciteitsvraag	3
2.1.2	Ontwikkeling hernieuwbare opwek.....	3
2.2	Duitsland	4
2.2.1	Ontwikkeling elektriciteitsvraag	4
2.2.2	Ontwikkeling hernieuwbare opwek.....	4
2.2.3	Ontwikkelingen Noordrijn-Westfalen.....	5
2.3	Inschatting tekorten.....	6
3	Invulling scenario	7
4	Referenties.....	7

In deze bijlage worden de aannames voor het scenario *Doorvoer naar buitenland* voor Fase NRD van de analyses systeemintegratie van pVAWOZ 2031-2040 toegelicht. Allereerst volgt een motivatie voor het meenemen van dit scenario in de analyses voor systeemintegratie. Vervolgens wordt een omschrijving gegeven van het scenario. De invulling van het scenario is gebaseerd op het onderzoek Target Grid van TenneT (TenneT, 2023).

1 Motivatie scenario Doorvoer naar buitenland

In 2050 moet 70 GW aan windparken op zee gerealiseerd zijn op de Noordzee. TenneT voorziet in de recente studie Target Grid dat hiervan 38 GW als elektriciteit zal aanlanden om aan de Nederlandse elektriciteitsvraag te voldoen (TenneT, 2023). Het resterende deel van de energie van de windparken op zee kan gebruikt worden voor productie van waterstof, maar het is ook mogelijk om een deel te gebruiken voor doorvoer van elektriciteit richting het buitenland.

Bij direct gebruik van elektriciteit vinden minder energieverliezen plaats in vergelijking met het (met conversieverliezen) omzetten van elektriciteit in waterstof. Duitsland en België hebben, ten opzichte van hun energievraag, relatief minder potentie voor hernieuwbare elektriciteitsproductie dan Nederland. Daarnaast hebben ze ook een grote industriële sector die zal elektrificeren. Door doorvoer van elektriciteit naar deze landen kan naar verwachting op sommige momenten voorkomen worden dat deze landen voor hun eigen energievoorziening waterstofcentrales moeten inzetten om van waterstof elektriciteit te maken (met aanzienlijke conversieverliezen), terwijl we op hetzelfde moment in Nederland waterstof maken van elektriciteit (ook met aanzienlijke conversieverliezen).

In het scenario *Doorvoer naar Buitenland* wordt daarom gekeken naar de doorvoer van een deel van de Nederlandse elektriciteitsproductie van wind op zee naar België en Duitsland. Om te bepalen of doorvoer van elektriciteit een goed idee is moet niet alleen naar de energieverliezen gekeken worden, maar is een integrale afweging nodig. In dit onderzoek gaan we niet in op deze afweging, we onderzoeken alleen de effecten op de aanlanding van wind op zee.

In de verschillende scenario's van I13050 wordt al rekening gehouden met doorvoer van elektriciteit naar het buitenland als deel van flexibiliteit. Het vergroten van de interconnectiecapaciteit tussen landen geeft de mogelijkheid om op elkaar terug te vallen bij tekorten en overschotten. Naarmate productiemiddelen en vraagprofielen tussen landen sterker van elkaar verschillen, is er een grotere flexibiliteitspotentie. In de scenario's worden tot en met 2050 de interconnectoren sterk uitgebreid naar 18-28 GW en voor een groot deel van het jaar gebruikt voor import en export van elektriciteit. In elk van de scenario's vindt import en export plaats van elektriciteit voor de balancering van vraag en aanbod. Maar de aanlanding van wind op zee, en de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, wordt geoptimaliseerd voor binnenlands gebruik.

Voor het scenario *Doorvoer naar buitenland* kijken we specifiek naar de optie waarbij extra windenergie van de Noordzee als elektriciteit naar land wordt gebracht, specifiek voor export naar België en Duitsland. Het aan land brengen van extra elektriciteit heeft ook voor Nederland zelf voordelen, aangezien een deel van de aan land gebrachte stroom dan in Nederland gebruikt kan worden voor invulling van de elektriciteitsvraag en daardoor ook hier minder inzet van waterstofcentrales noodzakelijk is.

Voor dit scenario kijken we alleen naar doorvoer van elektriciteit voor directe inzet van elektriciteit in België en Duitsland. We nemen geen export van elektriciteit naar Duitsland en België voor

productie van moleculen in die landen mee, aangezien het doel van dit scenario is om zoveel mogelijk opgewekte stroom direct te gebruiken als elektriciteit. Doorvoer van elektriciteit naar België en Duitsland met het doel om deze elektriciteit daar vervolgens om te zetten in moleculen ligt daarnaast ook niet voor de hand. In het geval van omzetting naar moleculen is het logischer om de elektriciteit in Nederland om te zetten in moleculen en de energie in de vorm van moleculen door te voeren naar Duitsland en België.

Om na te gaan of er daadwerkelijk vraag is vanuit het buitenland naar doorvoer, wordt in Hoofdstuk 2 in kaart gebracht wat de toekomstige elektriciteitsvraag en -opwek naar verwachting zullen zijn in België en Duitsland. Hierbij is niet alleen de totale jaarlijkse omvang van vraag en opwek van belang, maar ook de tijdsfactor.

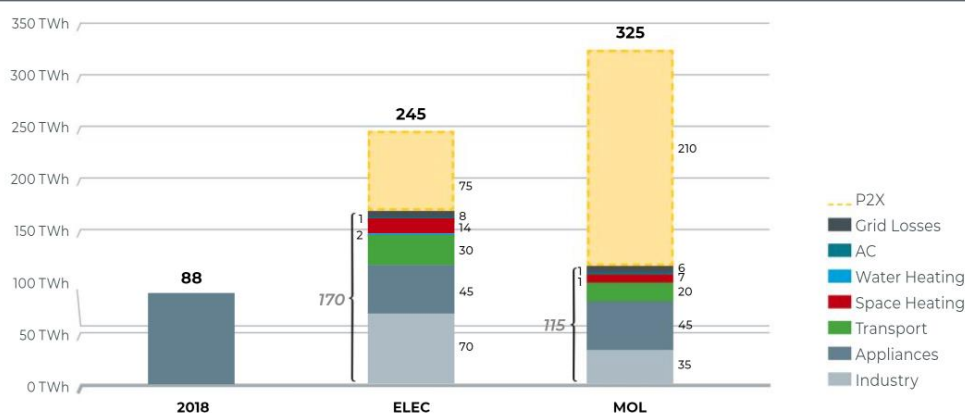
2 Ontwikkeling vraag en aanbod in buurlanden

2.1 België

2.1.1 Ontwikkeling elektriciteitsvraag

De jaarlijks elektriciteitsvraag van België in 2050 wordt door Elia geschat op 170 TWh, zie Figuur 1 - Elektriciteitsvraag België 2050 (Elia Group, 2021). Dit is louter elektriciteit voor de vraag naar elektriciteit en dus niet elektriciteit voor de productie van duurzame moleculen (Elia Group, 2021).

FIGURE 33: TOTAL 2050 ANNUAL ELECTRICITY DEMAND OF BELGIUM IN TWh. P2X DENOTES THE INDIRECT ELECTRICITY DEMAND NEEDED FOR THE PRODUCTION OF GREEN MOLECULES

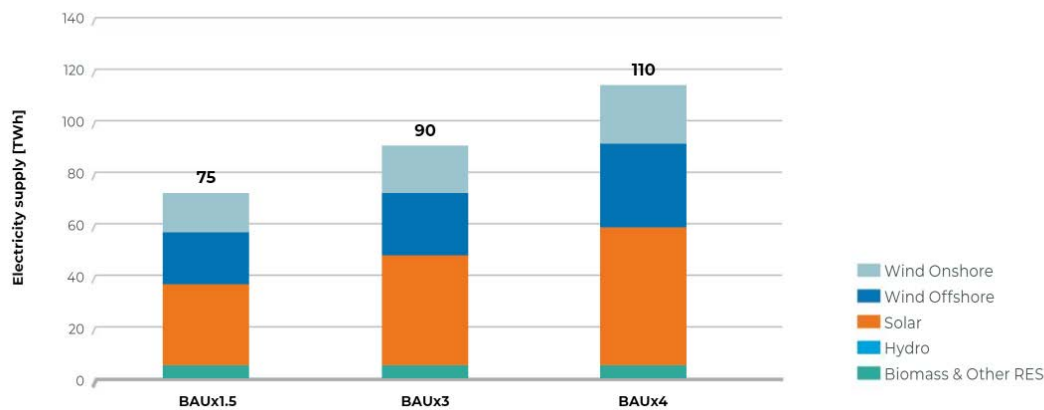


Figuur 1 - Elektriciteitsvraag België 2050 (Elia Group, 2021).

2.1.2 Ontwikkeling hernieuwbare opwek

De *Roadmap to net zero* van Elia veronderstelt drie scenario's voor de uitrol van duurzame energie. De scenario's weerspiegelen een versnelling van de business as usual rate (BAU) van wind- en zonne-energie met respectievelijk 50% (BAUx1.5), 200% (BAUx3) en met 300% (BAUx4) voor elk jaar tot 2050. De business as usual is gebaseerd op de gemiddelde jaarlijkse uitbreiding van Europese duurzame energie gedurende de laatste vijf jaar. De scenario's vertegenwoordigen niet de technische potentieel, maar nemen praktische beperkingen mee en houden rekening met bijbehorende uitdagingen. De scenario's voorspellen respectievelijk een aanbod van elektriciteit van 75, 90 en 110 TWh in België in 2050, zie ook Figuur 2 (Elia Group, 2021).

FIGURE 37: BELGIAN ELECTRICITY SUPPLY IN 2050 IN TWh IN SCENARIOS BAU x1.5, x3 AND x4



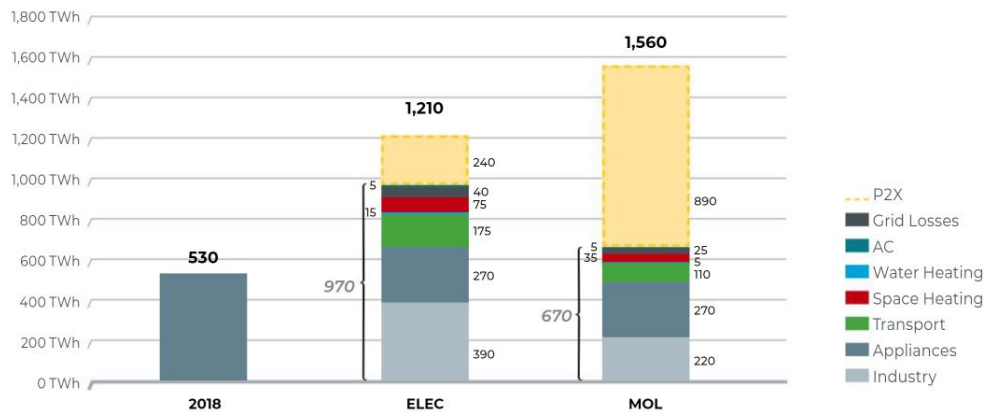
Figuur 2 - Aanbod van elektriciteit in België in 2050 voor drie scenario's (Elia Group, 2021).

2.2 Duitsland

2.2.1 Ontwikkeling elektriciteitsvraag

De jaarlijks elektriciteitsvraag van Duitsland in 2050 wordt door Elia geschat op 970 TWh, zie Figuur 3. Dit is louter elektriciteit voor de vraag naar elektriciteit en dus niet elektriciteit voor de productie van duurzame moleculen (Elia Group, 2021).

FIGURE 35: TOTAL ANNUAL ELECTRICITY DEMAND OF GERMANY IN TWh. P2X DENOTES THE INDIRECT ELECTRICITY DEMAND NEEDED FOR THE PRODUCTION OF GREEN MOLECULES

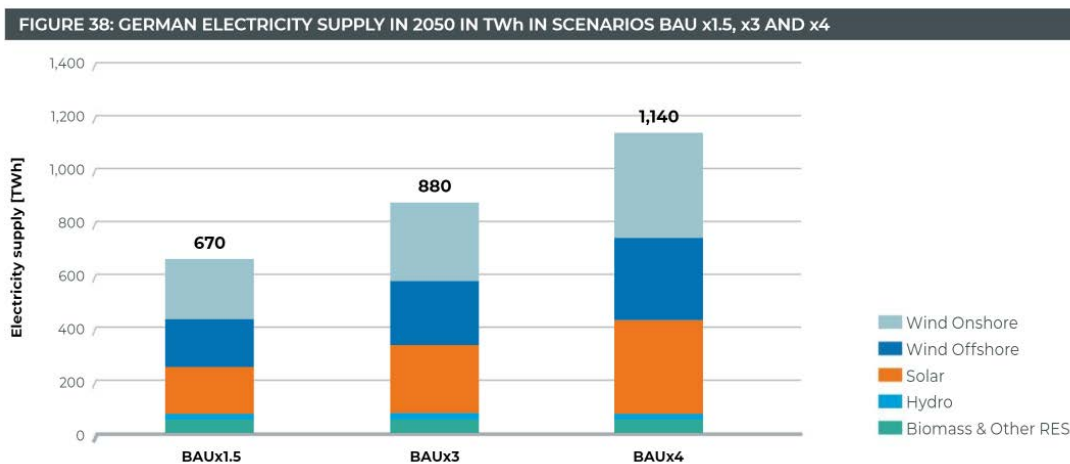


Figuur 3 – Elektriciteitsvraag Duitsland 2050 (Elia Group, 2021).

2.2.2 Ontwikkeling hernieuwbare opwek

De *Roadmap to net zero* van Elia veronderstelt drie scenario's voor de uitrol van duurzame energie. De scenario's weerspiegelen een versnelling van de business as usual rate (BAU) van wind- en zonne-energie met respectievelijk 50% (BAUx1.5), 200% (BAUx3) en met 300% (BAUx4) voor elk jaar tot 2050. De business as usual is gebaseerd op de gemiddelde jaarlijkse uitbreiding van Europese duurzame energie gedurende de laatste vijf jaar. De scenario's vertegenwoordigen niet de technische potentieel, maar nemen praktische beperkingen mee en houden rekening met

bijbehorende uitdagingen. De scenario's voorspellen respectievelijk een aanbod van elektriciteit van 670, 880 en 1.140 TWh in Duitsland in 2050, zie ook Figuur 4 (Elia Group, 2021).



Figuur 4 - Aanbod van elektriciteit in Duitsland in 2050 voor drie scenario's (Elia Group, 2021).

2.2.3 Ontwikkelingen Noordrijn-Westfalen

Toepassing van elektriciteit van Nederlandse windparken op de Noordzee in Duitsland is met name kansrijk voor de regio Noordrijn-Westfalen. Noordrijn-Westfalen bevat het Ruhrgebied en is daarmee een van de meest geïndustrialiseerde regio's in Europa. Daardoor hebben ze een forse elektriciteitsvraag en deze elektriciteitsvraag zal door elektrificatie in de industrie alleen maar verder toenemen. Daarnaast grenst Noordrijn-Westfalen direct aan Nederland (vanaf Zuid-Limburg tot Twente).

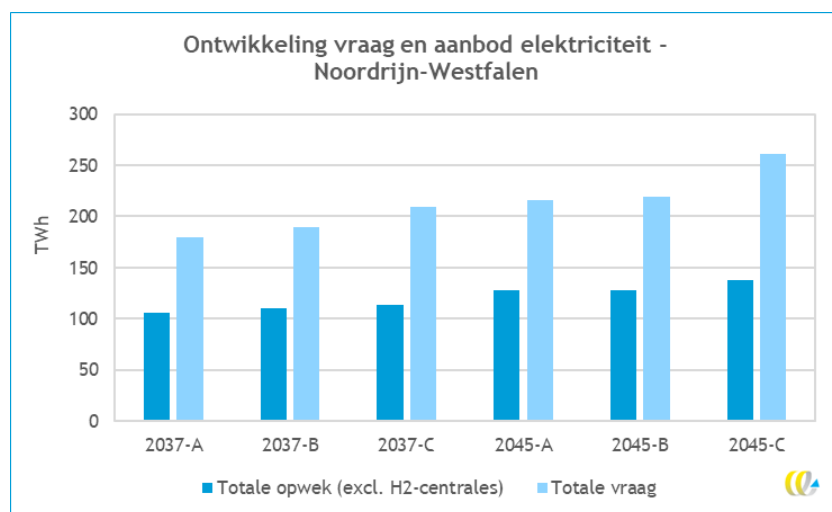
Momenteel wordt de elektriciteitsvraag van deze industrie voornamelijk ingevuld met elektriciteitscentrales die draaien op bruinkool en steenkool. Deze kolencentrales moeten uiterlijk in 2038 gesloten zijn. Daarom zijn nieuwe, hernieuwbare, elektriciteitsbronnen nodig. De potentie voor hernieuwbare elektriciteitsbronnen is echter beperkt in deze regio. Er kan wat zon-pv en wind op land komen en er wordt voorzien dat een deel van de offshore wind van Duitsland hier aanlandt, maar dit is ruim onvoldoende om aan de totale elektriciteitsvraag te voorzien.

Het tekort aan stroom in Noordrijn-Westfalen kan aangevoerd worden vanuit andere regio's in Duitsland, bijvoorbeeld vanuit het noorden waar forse overschotten van elektriciteit zijn. Maar het is maar de vraag of er in andere regio's in Duitsland voldoende hernieuwbare energiebronnen zijn om ook in de elektriciteitsvraag van Noordrijn-Westfalen te voorzien, zoals geïllustreerd is in de vorige paragrafen¹. Daarnaast ontstaan er nu al forse congestieproblemen in Duitsland door het transport vanaf het noorden van Duitsland met forse hernieuwbare opwek naar het zuiden, waar het grootste deel van de elektriciteitsvraag zit. Daarom is het een optie om een deel van het tekort van elektriciteit in Noordrijn-Westfalen in te vullen met elektriciteit van windparken op zee uit Nederland.

In het meest recente Netzenwicklungsplan van de gezamenlijke Duitse TSO's zijn scenario's gemaakt voor de ontwikkeling van vraag en aanbod van elektriciteit in Noordrijn-Westfalen in 2037 en 2045

¹ De hernieuwbare productie in het gemiddelde scenario (BAUx3) ligt een stuk lager dan de totale vraag.

(Amprion GmbH et al., 2023). Figuur 5 geeft het overzicht hiervan. Deze figuur laat zien dat er in 2037 een tekort van 75 tot 95 TWh aan elektriciteit en in 2045 een tekort van 90 tot 125 TWh in deze regio is. Dit komt overeen met de productie van 15-20 GW wind op zee in Nederland voor het tekort in 2037 en 18-25 GW wind op zee in Nederland voor het tekort in 2045.



Figuur 5 – Ontwikkeling vraag en aanbod elektriciteit (exclusief waterstofcentrales) (Amprion GmbH et al., 2023)

2.3 Inschatting tekorten

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de tekorten aan elektriciteit in België en Noordrijn-Westfalen. We gaan voor België uit van scenario BAUx3, waarin de gemiddelde versnelling voor de uitrol van duurzame opwek plaatsvindt. BAU3x voorspelt een groei van 300% ten opzichten van de situatie over de afgelopen vijf jaar. Voor Duitsland kijken we specifiek naar de regio Noordrijn-Westfalen, aangezien deze regio met name kansrijk is voor doorvoer van elektriciteit van Nederlandse windparken op de Noordzee. Alhoewel de tekorten in de studies bepaald zijn voor respectievelijk 2050 en 2045 worden er in dezelfde orde van omvang tekorten verwacht in 2040, het zichtjaar van het scenario dat we opstellen.

Tabel 1 – Vraag en aanbod van elektriciteit voor België (2050) en Duitsland (2045)

	België (TWh)	Noordrijn-Westfalen (TWh)
Vraag	170	220-260
Aanbod	90	130-135
Tekort	80	90-125

Op jaarbasis zijn de tekorten in België en Noordrijn-Westfalen 170-205 TWh, wat fors minder is dan de hoeveelheid windstroom die Nederland zou kunnen doorvoeren. Echter, om deze tekorten in te kunnen vullen met Nederlandse wind op zee is ook de tijdsfactor van belang. Een groot deel van de tekorten zullen plaatsvinden op momenten met weinig wind op zee in België en Duitsland en ook in Nederland zal er op die momenten weinig wind zijn op de Noordzee. Op die momenten zal daardoor maar een zeer beperkte hoeveelheid export van elektriciteit plaatsvinden. Het is onduidelijk of er op de momenten met veel productie van wind op zee, en dus met veel export, ook tekorten zijn in België en Duitsland aangezien daar dan naar verwachting ook veel wind is.

Integrale doorrekeningen van TenneT in recente onderzoeken, zoals Target Grid (TenneT, 2023), de eerste iteratie van I13050 (Netbeheer Nederland, 2022) en de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur (Pondera Consult & CE Delft, 2023) laten echter zien dat er op momenten met veel wind op zee veel doorvoer van stroom richting België en Duitsland plaatsvindt, aangezien de elektriciteitsprijzen in Nederland op die momenten lager zijn. Dit geeft een indicatie dat in ieder geval een deel van de geëxporteerde elektriciteit op momenten met veel productie van wind op zee in Nederland in het buitenland benut kan worden voor het invullen van de elektriciteitsvraag. Verder onderzoek is nodig om te bepalen welk deel van de doorgevoerde stroom in het buitenland daadwerkelijk direct benut wordt voor het invullen van de elektriciteitsvraag.

3 Invulling scenario

Het scenario *Doorvoer naar buitenland* is gebaseerd op het scenario Nationaal Leiderschap uit I13050. Voor het scenario *Doorvoer naar Buitenland* nemen we aan dat 12 GW (59 TWh) extra elektrische aanlanding van wind op zee gerealiseerd zal worden, deels voor de invulling van de binnenlandse elektriciteitsvraag maar voornamelijk voor export van elektriciteit naar België en Duitsland in 2040. We gaan uit van 6 GW extra elektrische aanlanding bij een DC-hub in Limburg (export naar België en Duitsland) en 6 GW bij een DC-hub in Zuidwest-Nederland (export naar België). De rest van het scenario zal volledig gelijk zijn aan het I13050-scenario Nationaal Leiderschap.

12 GW extra aanlanding voor doorvoer is conform de redeneerlijn van Target Grid. Target Grid kijkt vooral naar de periode 2040-2050 voor de doorvoer van 12 GW extra elektrische aanlanding (TenneT, 2023). Het is echter nuttig om ook al in de periode 2031-2040 elektrische aanlanding te kijken naar doorvoer. Dit aangezien windparken in de periode 2040-2050 verder van de kust af komen.

Voor de periode na 2040 kan eventueel ook nog overwogen worden om nog meer Nederlandse winderenergie door te voeren, aangezien België en Duitsland tekorten aan elektriciteit zullen blijven hebben. Dit valt echter buiten de scope van pVAWOZ.

4 Referenties

- Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, & GmbH, H. T. (2023). *Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045, Version 2023*.
- Elia Group. (2021). *Roadmap to Net Zero*. https://www.elia.be/en/news/press-releases/2021/11/20211119_elia-group-publishes-roadmap-to-net-zero
- Netbeheer Nederland. (2022). *Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050*. Netbeheer Nederland. <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/integrale-infrastructuurverkenning-2030-2050>
- Pondera Consult, & CE Delft. (2023). *Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur*. <https://open.overheid.nl/documenten/af2a7ff5-9640-4f87-88f3-c2282653fac6/file>
- TenneT. (2023). *Target Grid*. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/04/13/target-grid>

Bijlage D Benutting windenergie

Systemintegratie wind op zee

Fase NRD pVAWOZ 2031-2040

Bijlage Benutting Windenergie



Datum: 17-11-2023

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding.....	2
2	Afwegingen efficiënte verhouding elektriciteit/waterstof	3
2.1	Welke factoren bepalen een efficiënte verhouding?	3
2.2	Waar zit het omslagpunt?.....	4
3	Methodiek.....	6
3.1	Inschatting verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, per scenario.....	6
3.2	Energetische uitwerking scenario's	7
3.3	Gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen.....	7
4	Resultaten	10
4.1	Inschatting verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, per scenario.....	10
4.2	Benutting windenergie.....	11
4.3	Gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen.....	12
5	Referenties.....	14
	Bijlage 1 Versimpelde kostenafweging omslagpunt	15
	Bijlage 2 Energiemodel	18
	Bijlage 3 Uitgebreide uitkomsten	20

1 Inleiding

In 2040 moet 50 GW wind op zee gerealiseerd zijn. Tot 2031 wordt het overgrote deel van de windparken met kabels aangesloten op het energiesysteem op land en dus als elektriciteit naar land gebracht. Maar richting 2040 wordt zoveel energie geproduceerd met de windparken op zee, dat het niet meer efficiënt om al deze energie als elektriciteit aan land te brengen. Een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding in de vorm van waterstof is noodzakelijk om de energieverliezen, de systeemkosten en de impact op de omgeving te minimaliseren. In deze bijlage gaan we hierop in.

De analyses in deze stap van het onderzoek hebben als doel om verdere onderbouwing te geven van het aantal verbindingen waar binnen pVAWOZ naar gezocht wordt voor de periode 2031-2040 (circa tien elektrisch, twee waterstof). Daarnaast geeft de analyse inzicht in de afwegingen rondom de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof en de afhankelijkheid van ontwikkelingen van vraag en aanbod van overige energiebronnen (zoals wind op land en kern-energie).

De uitgevoerde analyses geven een globale eerste inschatting van een efficiënte verhouding. Voor de uiteindelijke keuze voor de verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding van waterstof zijn verdere analyses en onderzoek nodig. Deze keuze wordt gemaakt in het Energie Infrastructuur Plan Noordzee (EIPN).

Eerst bespreken we welke factoren van belang zijn voor de afweging tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Vervolgens maken we voor elk scenario inschatting van een economisch/energetisch efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Op basis van deze verhouding rekenen we het energiesysteem door en maken we een inschatting hoe de 50 GW wind op zee in 2040 benut wordt, in elk van de scenario's. Een uitgebreide omschrijving van de methodiek en resultaten van dit onderdeel is te vinden in de bijgevoegde bijlage Benutting Windenergie.

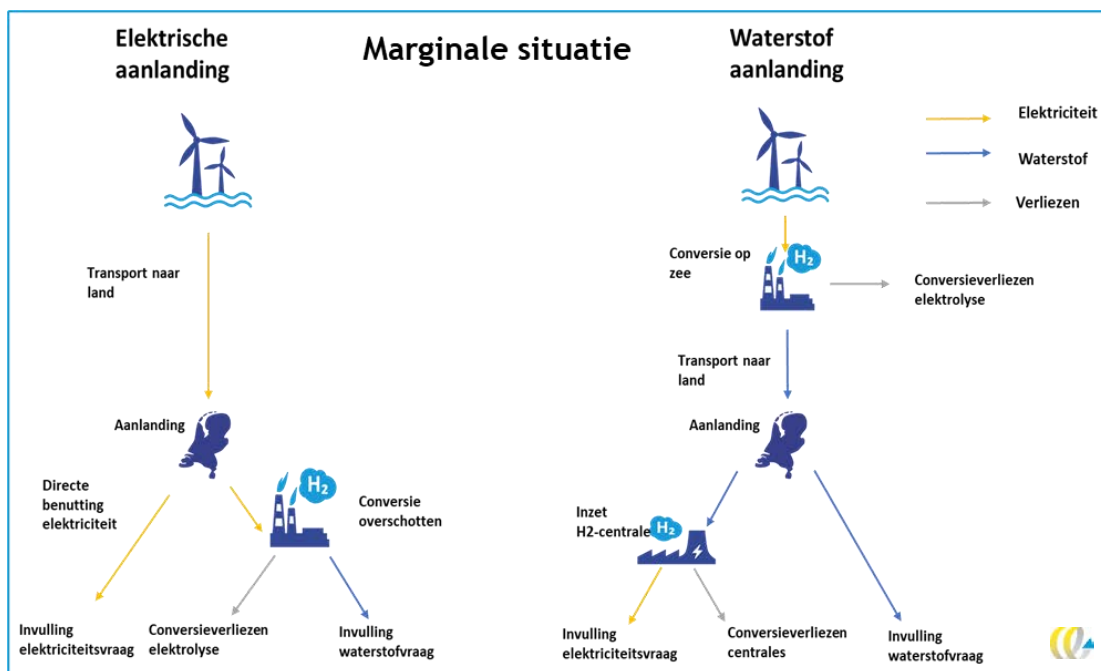
2 Afwegingen efficiënte verhouding elektriciteit/waterstof

2.1 Welke factoren bepalen een efficiënte verhouding?

Bij het bepalen van een maatschappelijk wenselijke verhouding tussen aanlanding van elektriciteit en waterstof zijn vele aspecten van belang. Energie-efficiëntie, en daarmee het minimaliseren van energieverliezen, is een belangrijke factor maar zeker niet de enige (en wordt richting een klimaat-neutraal energiesysteem ook minder cruciaal). Kosten zijn naast energie-efficiëntie ook een belangrijke factor. Daarbij zijn niet alleen naar de kosten voor opwek van belang, maar ook de kosten voor transport en opslag zijn hierbij van belang. Daarnaast zijn de ontwikkelingen rondom waterstof, de ruimtelijke mogelijkheden en de effecten van de aanlandingen (elektrisch of waterstof) op de omgeving van belang. Voor een goede afweging dienen al deze aspecten integraal gewogen te worden. In die afweging moet ook de verschillende mogelijke configuraties op zee, zoals energiehub, afgewogen worden.

Bovenstaande aspecten zorgen ervoor dat het bepalen van een maatschappelijk gunstige verhouding tussen elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen een zeer complexe puzzel is. Het kraken van deze volledige complexe puzzel gaat voorbij de scope van dit onderzoek. Om toch een globale inschatting te maken van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en directe omzetting naar waterstof te bepalen is een versimpelde economische afweging gemaakt op basis van de directe benutting van elektriciteit bij (extra) elektrische aanlanding enerzijds en de meerkosten voor elektrische aanlanding ten opzichte van waterstofaanlanding anderzijds. Om de analyse behapbaar en transparant te houden focussen we alleen op de belangrijkste economische en energetische aspecten en gaan we alleen uit van radiale aansluitingen. Wel doen we een gevoeligheidsanalyse (zie Paragrafen 3.3 en 4.3).

Bij direct gebruiken van elektriciteit treden minder energieverliezen op. Als windenergie in de vorm van elektriciteit aan land gebracht wordt, dan kan op land een keuze gemaakt worden hoe deze elektriciteit benut wordt. Een deel van de windenergie wordt gebruikt voor de invulling van de elektriciteitsvraag. Flexibiliteitsbronnen zoals vraagsturing of batterijen kunnen ervoor zorgen dat zo veel mogelijk elektriciteit direct benut kan worden. Hier zit echter een grens aan, dus een deel van de windenergie die als elektriciteit aan land komt zal naar verwachting op land omgezet worden in waterstof. Wanneer windenergie op zee omgezet wordt in waterstof en in die vorm aan land gebracht wordt verlies je die flexibiliteit. Dan is er bij voorbaat al een keuze gemaakt om al deze elektriciteit om te zetten in waterstof en dan kan deze elektriciteit niet meer direct gebruikt worden voor de invulling van de elektriciteitsvraag. Dit wordt in Figuur 1 geïllustreerd. Bij hybride aansluitingen kan de hoeveelheid elektriciteit die naar land verder geoptimaliseerd worden, maar zoals eerder benoemd nemen we dit in deze analyses niet mee.



Figuur 1 – Illustratie energiestromen elektrische aanlanding en waterstof aanlanding

Als windenergie in de vorm van elektriciteit naar land gebracht wordt, dan kan een maximale hoeveelheid elektriciteit direct benut worden en wordt alleen elektriciteit omgezet naar waterstof als er sprake is van overschotten. Hiermee worden conversieverliezen van energie geminimaliseerd. Het transport van windenergie naar de kust in de vorm van elektronen is echter een stuk duurder dan transport naar de kust in de vorm van moleculen, ongeveer een Factor 10 keer zo duur (Guidehouse & Berenschot, 2021).

Dit betekent dat de vraag rondom elektrische aanlanding of aanlanding in de vorm van waterstof in essentie neerkomt op een afweging tussen hogere directe benutting van elektriciteit (bij elektrische aanlanding) en lagere transportkosten vanaf de windparken naar de kust (bij waterstof aanlanding). Bij een lage marginale benutting van de elektriciteit weegt het voordeel van extra directe benutting van elektriciteit niet meer op tegen de hogere transportkosten. De cruciale vraag is waar het omslagpunt zit.

Een andere afwegingen rondom het aan land brengen van de windenergie kan ook zijn om de elektriciteit direct te kunnen benutten in het buitenland. Het is een optie om te kiezen voor extra elektrische aanlanding om in export van elektriciteit naar het buitenland te voorzien. Deze optie beschouwen we in het scenario Doorvoer naar buitenland. Bij de overige scenario's kijken we naar optimale benutting van de windenergie binnen Nederland.

2.2 Waar zit het omslagpunt?

Om een inschatting te maken bij welke marginale benutting de hogere directe benutting van elektriciteit niet meer opweegt tegen de extra transportkosten is een versimpelde kostenberekening gemaakt voor de **marginale situatie** met aanlanding van één extra windpark. Dit komt overeen met de situatie in Figuur 1.

Voor beide transportroutes is een inschatting gemaakt van de totale energieverliezen. Bij elektrische aanlanding kan een deel van de aangelande elektriciteit direct gebruikt worden voor invulling van de elektriciteitsvraag, de marginale benutting. Hierbij nemen we inzet van vraagsturing mee, aangezien dit zorgt voor extra directe benutting van elektriciteit. We nemen hierbij geen overige flexibiliteitsbronnen mee, aangezien we aannemen dat er bij de afweging niet gekozen wordt om extra elektrische aanlanding te realiseren voor opslag, conversie op land of export (met uitzondering van het scenario *Doorvoer naar buitenland*).

Voor een eerlijke vergelijking gaan we bij aanlanding van waterstof uit van een gelijke hoeveelheid elektriciteitsvraag die ingevuld moet worden met dit windpark. Hiervoor moet een deel van de aangelande waterstof omgezet worden in elektriciteit in waterstofcentrales. Doordat er bij aanlanding in de vorm van waterstof meer energieverliezen zijn is de hoeveelheid waterstof die overblijft voor de invulling van de waterstofvraag niet gelijk bij beide opties.

De energieverliezen bij beide transportroutes, en de verschillen daartussen, zijn afhankelijk van hoeveel elektriciteit direct benut kan worden. De economische waarde van de energieverliezen van beide routes is bepaald op basis van de Levelised Cost of Electricity (LCOE) van wind op zee¹. Daarnaast zijn voor beide transportroutes de kosten voor het transport van energie naar land bepaald. Vervolgens is bepaald bij welke marginale benutting het omslagpunt tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding zit.

Uit de kostenanalyse volgt dat dit omslagpunt naar verwachting bij een marginale benutting van elektriciteit tussen de 15 en 20% zit. Dit betekent dat het bij deze benadering nuttig is om elektrisch aan te landen, totdat de directe benutting van elektriciteit van het laatste windpark onder de 15 tot 20% komt. Vanaf dat punt is het, volgens onze analyse, economisch gunstiger om de windenergie op zee om te zetten in waterstof en via een buisleiding naar land te brengen. De berekeningen van dit omslagpunt is te vinden in Bijlage 1.

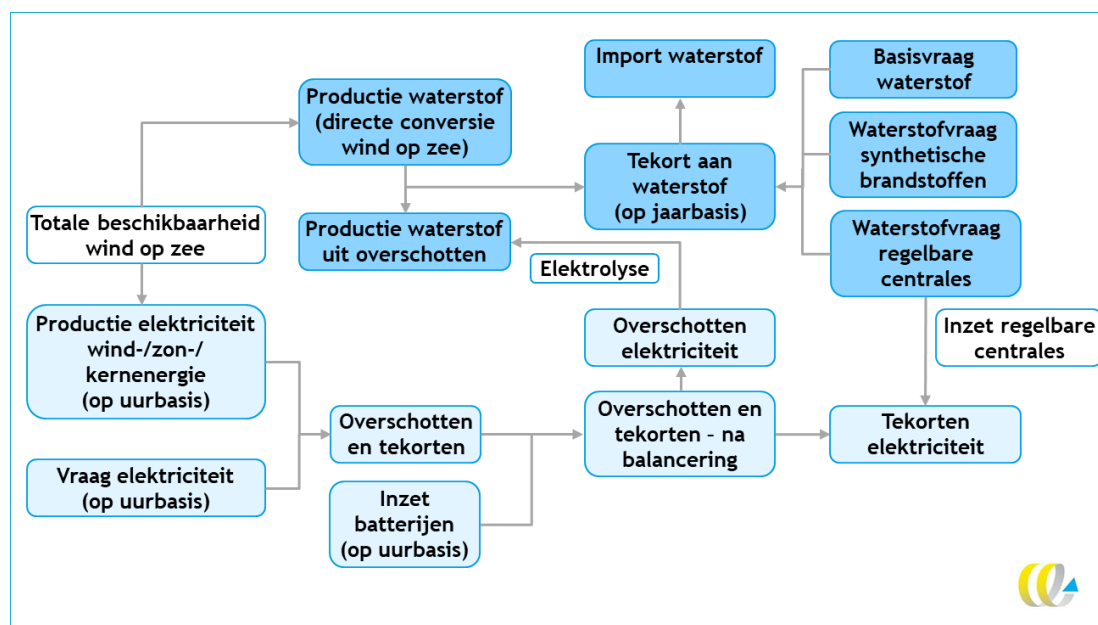
¹ De Levelised Costs of Electricity is een maat voor de gemiddelde kosten voor productie van elektriciteit gedurende de volledige levensduur.

3 Methodiek

3.1 Inschatting verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, per scenario

Voor elk van de zes scenario's is een inschatting gemaakt van de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Voor elk van de scenario's wordt uitgegaan van in totaal 50 GW wind op zee in 2040, conform de opgave van pVAWOZ. Voor de inschatting van de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding is, op basis van de voorgaande analyse, aangenomen dat tot een marginale benutting van 15-20% windenergie in de vorm van elektriciteit aan land gebracht wordt. Bij het resterende gedeelte van de windparken wordt de geproduceerde elektriciteit op zee omgezet naar waterstof en via buisleidingen getransporteerd naar de kust.

Voor het bepalen van de marginale benutting van de windenergie worden de elektriciteitsvoorziening en waterstofvoorziening integraal doorgerekend met het integrale CE-energiemodel. Figuur 2 geeft een schematische weergave van de modellering van de elektriciteitsvoorziening en de waterstofvoorziening. De elektriciteitsvoorziening rekenen we door op uurbasis. Dit is noodzakelijk om de ongelijktijdigheid van vraag en productie en de effecten daarvan op de inzet van waterstofcentrales en elektrolyzers goed mee te nemen. Een uitgebreide omschrijving van het model is te vinden in bijlage 2.



Figuur 2 – Schematische weergave integrale CE-energiemodel

Voor elk van de zes scenario's voor 2040 is de vraag naar elektriciteit op uurbasis bepaald. Hiervoor zijn de uitwerkingen van de II3050-scenario's in het Energietransitiemodel (ETM) gebruikt. Voor de twee extra scenario's (*Krimp Industrie* en *Doorvoer naar buitenland*) zijn nieuwe scenario's in het ETM opgesteld. Voor elk van de zes scenario's is ook de inzet van overige niet-regelbare energiebronnen (zon-pv, wind op land en kernenergie) op uurbasis bepaald. Vervolgens wordt bij een opnemend vermogen aan elektrische aanlanding van windparken op zee de marginale benutting bepaald, startend bij de startsituatie in 2031 met 21 GW elektrische aanlanding.

Bij de optimalisatie van wind op zee kijken we dus naar de **marginale benutting** van de elektriciteitsproductie. Bij de marginale benutting bepalen we welk deel van de productie van de laatste elektrische verbinding (de marginale verbinding) gebruikt kan worden voor invulling van de elektriciteitsvraag. Hierbij nemen we inzet van vraagsturing mee, aangezien dit zorgt voor extra directe benutting van elektriciteit. We nemen hierbij geen overige flexibiliteitsbronnen mee, aangezien we aannemen dat er bij de afweging niet gekozen wordt om extra elektrische aanlanding te realiseren voor opslag, conversie op land of export (met uitzondering van het scenario *Doorvoer naar buitenland*).

Het overige deel van de additionele productie is overschot en kan worden weggegooid, opgeslagen in batterijen of omgezet worden in waterstof. Voor de inschatting van de verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding is, op basis van de voorgaande analyse, aangenomen dat tot een marginale benutting van 15%-20% windenergie in de vorm van elektriciteit aan land gebracht wordt. Bij het resterende gedeelte van de windparken wordt de geproduceerde elektriciteit op zee omgezet naar waterstof en via buisleidingen getransporteerd naar de kust.

Bij het scenario *Doorvoer naar buitenland* nemen we aan dat 12 GW extra elektrische aanlanding gerealiseerd wordt voor doorvoer. Voor deze 12 GW extra elektrische aanlanding hebben we niet specifiek naar de kostenafweging gekeken.

3.2 Energetische uitwerking scenario's

Voor elk van bovenstaande scenario's is, met de bepaalde verhouding tussen elektrische aanlanding en aanlanding in de vorm van waterstof², het energiesysteem doorgerekend volledig doorgerekend met het energiemodel. Hierin is ook de inzet van flexibiliteit meegenomen, zoals gemodelleerd in het ETM³. Op basis van de modellering van de scenario's is voor elk van de scenario's bepaald waar de windenergie voor gebruikt wordt. Daarnaast is de nationale energiebalans (alleen elektriciteit en waterstof) bepaald voor elk van de scenario's. Deze inzichten kunnen gebruikt worden bij de afweging hoe de windenergie benut moet worden en daarmee hoeveel windenergie elektrisch aan land wordt gebracht.

3.3 Gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

Na 2030 is het een mogelijkheid om energiehub's te realiseren waarbij meerdere kabels op zee samenkomen bij een hub waar vervolgens elektrolyse toegepast wordt. Vanaf deze energiehub wordt vervolgens elektriciteit en waterstof richting de kust getransporteerd. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Door het realiseren van een energiehub vindt systeemintegratie op zee plaats, en kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof al geoptimaliseerd worden waardoor de elektrische verbindingen een hogere benuttingsgraad hebben. Systeemintegratie op zee heeft impact op de afweging rondom de verhouding elektrische verbindingen en waterstofverbindingen, onder meer doordat de benuttingsgraad van elektrische verbindingen hoger wordt.

² Hierbij gaan we uit van de ondergrens van de range voor de elektrische aanlanding per scenario.

³ Er zijn nieuwe scenario's gemaakt met aangepaste (elektrische) vermogens wind op zee om de juiste inzet van flexibiliteit te bepalen.

In de bovenstaande analyses zijn we uitgegaan van radiale verbindingen. Systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen kunnen in potentie effect hebben op de volgende aspecten:

- **Kostenafweging tussen elektrische verbinding en waterstofverbinding.** In de analyses van paragraaf 3.1 hebben we door middel van een versimpelde economische analyse, een inschatting gemaakt van de kostenafweging. Op basis daarvan hebben we een inschatting gemaakt bij welke marginale benutting de hogere directe benutting van elektriciteit niet meer opweegt tegen de extra transportkosten. Doordat bij hybride aansluitingen de configuratie van de energie-infrastructuur op zee verandert, veranderen ook de kosten. Hierdoor verandert de economische afweging en mogelijk het omslagpunt tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Om hier een goede inschatting van te maken is een integrale kostenvergelijking tussen de verschillende configuraties nodig. Dit is niet gedaan in dit onderzoek.
- **Marginale benutting van elektriciteit als functie van extra elektrische verbindingen.** In de bovenstaande analyse onderzoeken we de marginale benutting van elektriciteit bij een toenemend aantal extra elektrische verbindingen, voor de verschillende scenario's. Hiermee is een inschatting gemaakt van een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding (op basis van de versimpelde economische afweging). Door systeemintegratie op zee en hybride aansluitingen neemt de benuttingsgraad van elektrische verbindingen richting de kost toe, wat ook impact heeft op de marginale benutting en mogelijk op de bepaling van een efficiënte verhouding tussen elektrische verbindingen en waterstofverbindingen. Hiervoor hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, voor het scenario Nationaal Leiderschap (volgt hieronder).
- **Benutting windenergie.** Voor de verschillende scenario's hebben we een inschatting gemaakt van de benutting van de windenergie, bij de ingeschatte efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding. Systeemintegratie op zee en de hogere benuttingsgraad van elektrische verbindingen heeft impact op de hoeveelheid elektriciteit die direct benut kan worden. Ook dit is meegenomen in de gevoeligheidsanalyse voor het scenario Nationaal Leiderschap.

Het is niet direct te redeneren wat de impact van hybride aansluitingen op de marginale benutting van elektriciteit bij een toenemend vermogen aan elektrische verbindingen en een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlandingen en waterstofaanlandingen is. Enerzijds zorgen hybride aansluitingen voor een hogere benuttingsgraad en daarmee een vlakker productieprofiel wat beter aansluit bij de vraag, waardoor een groter aandeel van de stroom benut kan worden (hogere marginale benutting). Anderzijds zijn minder elektrische verbindingen nodig om een groot deel van de elektriciteitsvraag in te vullen, waardoor de marginale benutting sneller afneemt bij een hoger aantal elektrische verbindingen.

Om het effect van hybride aansluitingen op een efficiënte verhouding tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding en de benutting van windenergie te bepalen hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Voor de gevoeligheidsanalyse hebben we aangenomen dat alle extra verbindingen na 2030 hybride aansluitingen zijn. We gaan uit van één 2 GW elektrische verbinding per 4 GW aan windparken, dus een verhouding 1:2. Hierdoor gaat de benuttingsgraad van de verbinding richting de kust omhoog van 55% (4.900 vollasturen per jaar) naar 75% (6.600 vollasturen per jaar). Deze gevoeligheidsanalyse hebben we uitgevoerd voor het scenario Nationaal Leiderschap.

Bij deze gevoeligheidsanalyse gaan we uit dat de economische afweging tussen elektrische aanlanding en waterstofaanlanding (bij 15-20% marginale benutting omslagpunt) nog steeds geldig is. De verdere analyse is daardoor gelijk aan de methodiek beschreven in Paragraaf 3.1. Wederom hebben we bij een opnemend vermogen aan elektrische aanlanding van windparken op zee de marginale benutting van elektriciteit bepaald, startend bij de startsituatie in 2031 met 21 GW elektrische aanlanding en tot het punt waar de marginale benutting van elektriciteit onder de 15-20% komt.

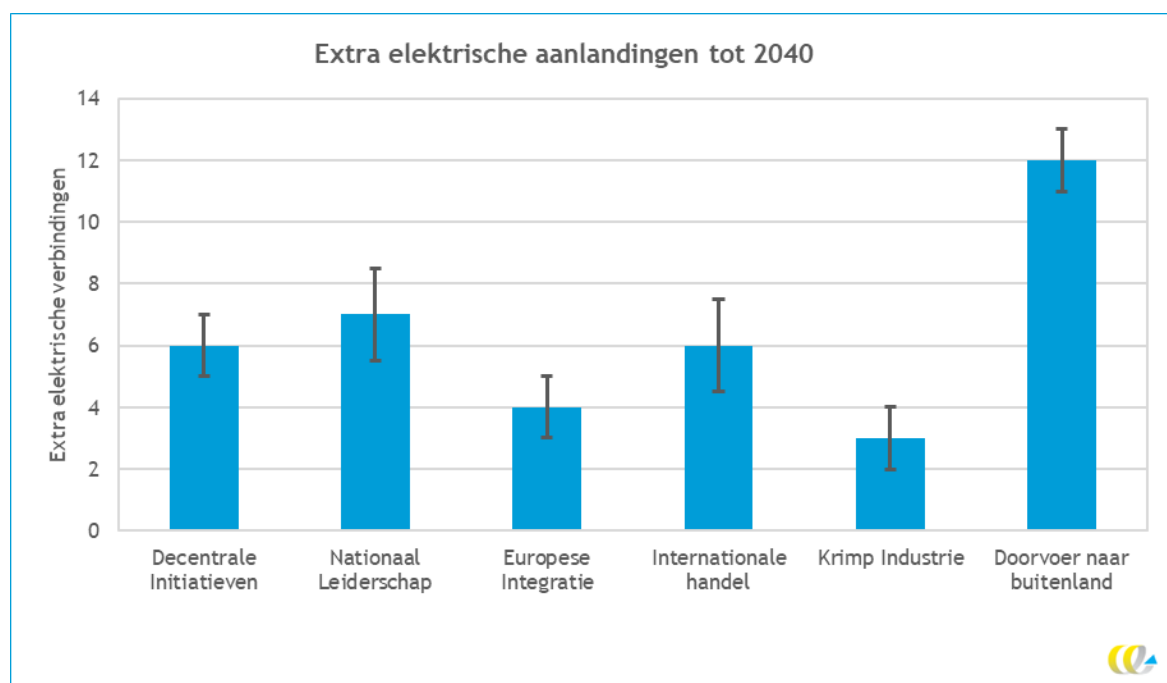
Ook hebben we een inschatting gemaakt van de effecten van de hybride aansluitingen op de benutting van windenergie. Daarvoor hebben we ook een scenario met hybride aansluitingen doorgerekend in het energiemodel dat beschreven wordt in Paragraaf 3.2 en Bijlage 2.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn te vinden in Paragraaf 4.3.

4 Resultaten

4.1 Inschatting verhouding elektrische aanlanding en waterstofaanlanding, per scenario

Figuur 3 geeft een overzicht van de hoeveelheid extra elektrische aanlandingen tot 2040, volgend uit bovenstaande analyse. De figuur laat zien dat er een flinke bandbreedte zit in de hoeveel extra elektrische aanlanding efficiënt is per scenario. Dit is afhankelijk van de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in Nederland, de uitrol van andere energiebronnen (zoals wind op land en kernenergie) en het wel of niet elektrisch aanlanden van windenergie voor doorvoer richting het buitenland.



Figuur 3 – Totaal extra elektrische verbindingen per scenario

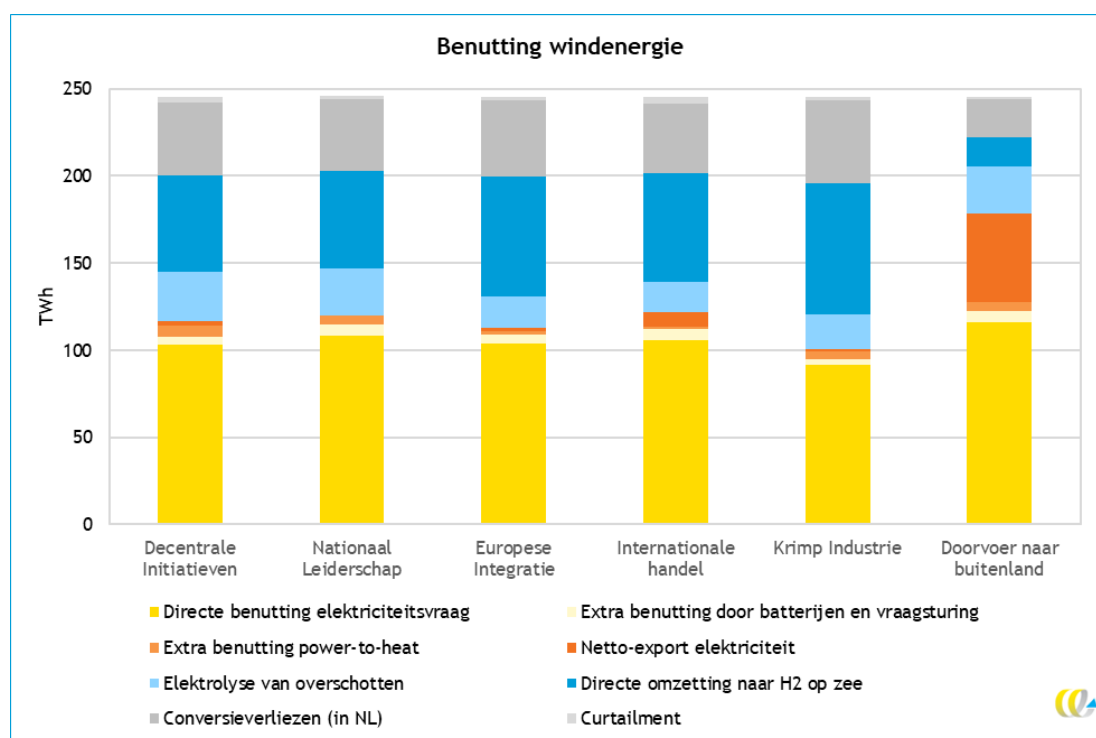
Uit de uitkomsten kan geconcludeerd worden dat het in 2040 **in totaal**, ten opzicht van 2031, gaat het om **minimaal twee extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario Decentraal – Krimp industrie) en **maximaal dertien extra elektrische verbindingen** van 2 GW (bij het scenario doorvoer België/Duitsland).

De 10 elektrische verbindingen die onderzocht worden in pVAWOZ vallen binnen de bandbreedte van de scenario's. In het scenario *Doorvoer naar buitenland* zijn meer dan tien extra verbindingen nodig. In de overige scenario's zijn minder dan tien extra verbindingen van 2 GW nodig (twee tot zeven). Dit betekent dat de tien extra verbindingen waarnaar gezocht wordt in de meeste gevallen voldoende zijn, maar dat het wel belangrijk is om goed na te denken waar de elektriciteit voor gebruikt wordt voordat er daadwerkelijk een keuze gemaakt wordt over het aantal elektrische verbindingen dat gerealiseerd gaat worden.

Voor de overige windparken op zee wordt, volgens de gehanteerde methodiek, waterstofaanlanding toegepast. Dit betekent dat de geproduceerde elektriciteit offshore omgezet wordt in waterstof en in die vorm via buisleiding naar land getransporteerd wordt). Het gaat in de verschillende scenario's om **minimaal 3 GW (één verbinding) waterstofaanlanding** (bij het scenario doorvoer België/Duitsland) en **maximaal 25 GW (twee verbindingen) waterstofaanlanding** (bij het scenario Decentraal – Krimp industrie).

4.2 Benutting windenergie

Figuur 4 geeft een overzicht van de benutting van windenergie voor elk van de scenario's.



Figuur 4 - Benutting windenergie per scenario

Uit deze figuur kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Tussen de 35 en 45% van de windenergie kan direct gebruikt worden voor invulling van de elektriciteitsvraag in Nederland. Met inzet van verschillende flexibiliteitsbronnen (batterijen, vraagsturing, power-to-heat) kan tussen de 40 en 50% van de windenergie benut worden in de vorm van elektriciteit in Nederland.
- In elk scenario wordt ongeveer 1% van de totale productie van de windparken op zee gecurtailed omdat het niet rendabel is om flexibiliteit te realiseren voor het benutten van deze energie.
- In het scenario *Doorvoer naar buitenland* wordt een deel van de extra 12 GW elektrische aanlanding benut voor het invullen van de elektriciteitsvraag in Nederland, waardoor het aandeel directe benutting in Nederland iets hoger ligt dan bij de andere scenario's.
- In het scenario *Doorvoer naar buitenland* vindt aanzienlijke export van elektriciteit plaats. Deze elektriciteit kan in het buitenland naar verwachting in ieder geval deels direct benut worden (meer hierover in bijlage *Scenario Doorvoer naar buitenland*).

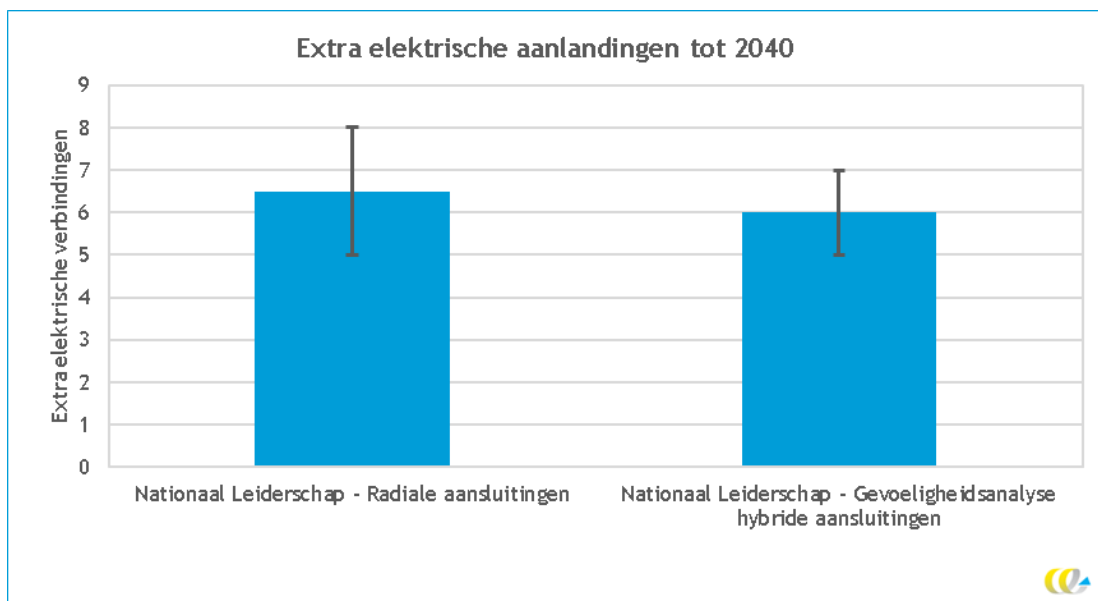
- Het overige deel van de windenergie wordt omgezet in waterstof. Een deel van de windenergie wordt wel aan land gebracht in de vorm van elektriciteit en daar omgezet naar waterstof op momenten van overschotten van elektriciteit. Daarnaast wordt in elk scenario een deel van de windenergie direct omgezet naar waterstof op zee. In het scenario *Nationaal – Export BE en DE* wordt 15% van de windenergie direct op zee omgezet in waterstof. In de overige scenario's tussen de 40 en 50%.
- In het scenario *Nationaal – Export BE en DE* wordt het kleinste aandeel van de geproduceerde elektriciteit omgezet in waterstof in Nederland, waardoor dat scenario de minste conversieverliezen in Nederland heeft. Er vinden in dit scenario wel conversieverliezen in het buitenland plaats, aangezien naar verwachting niet alle geëxporteerde elektriciteit in het buitenland direct benut kan worden.

Zoals eerder benoemd hebben we voor elk van de scenario's de volledige elektriciteitsvoorziening en waterstofvoorziening integraal doorgerekend. Daarbij nemen we dus niet alleen de energie van windparken op zee mee, maar ook van andere bronnen zoals zon-pv, kernenergie en wind op land. Hieruit volgt dat Nederland in vijf van de zes scenario's is Nederland netto-exporteur van energie in de vorm van elektriciteit en waterstof is. Alleen in het scenario Internationale Handel is Nederland er sprake van een kleine netto-import. In het scenario *Doorvoer naar buitenland* is het vooral export van elektriciteit, in de overige scenario's vooral export van waterstof.

Het is wel belangrijk om te benoemen dat dit kan veranderen richting 2050 doordat een aanzienlijk deel van de energievraag in 2040 nog fossiel is. Hierdoor ontstaat tussen 2040 en 2050 nog extra elektriciteits- en waterstofvraag.

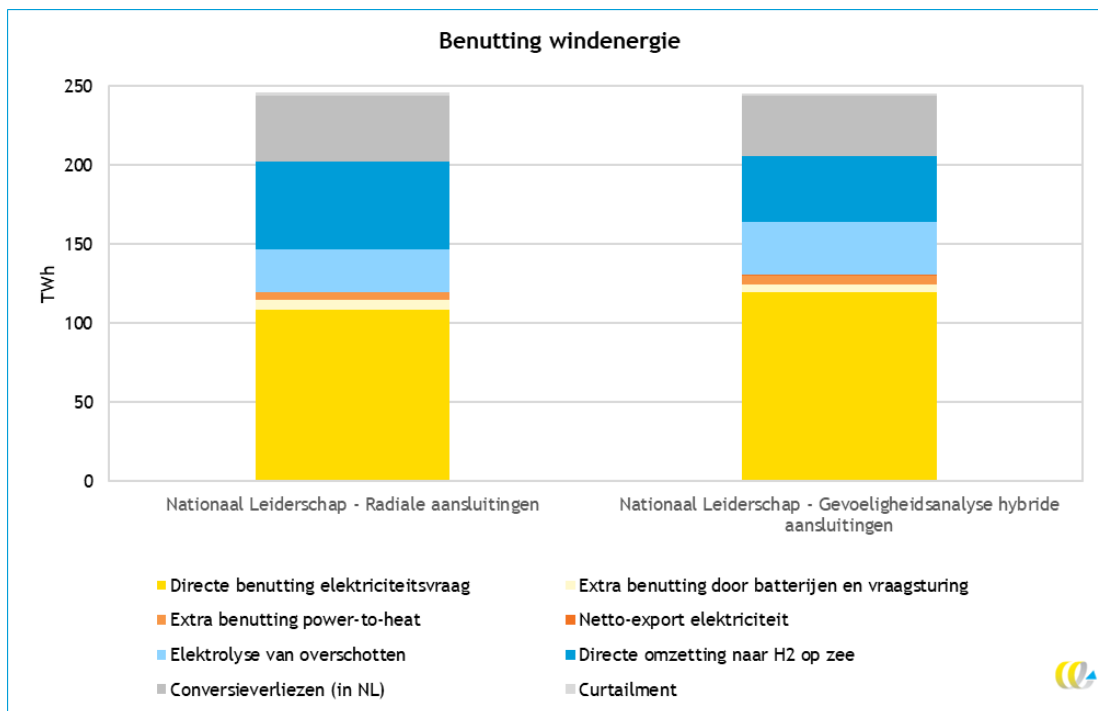
4.3 Gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

Figuur 5 geeft een overzicht van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse, voor het scenario Nationaal Leiderschap. Uit deze gevoeligheidsanalyse volgt dat het bij hybride aansluitingen naar verwachting efficiënt om iets minder elektrische verbindingen richting de kust te realiseren, maar het verschil is klein (5-8 bij radiale aansluitingen, 5-7 bij hybride aansluitingen).



Figuur 5 - Totaal extra elektrische verbindingen - gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

Hybride aansluitingen zorgen ervoor dat meer elektriciteit naar land getransporteerd wordt per verbinding. Vooral op uren met weinig productie van wind op zee neemt het transport van elektriciteit richting de kust toe (aangezien meerdere windparken aangesloten zijn op één verbinding). Op die uren kan daardoor meer windenergie gebruikt worden voor directe benutting van de elektriciteitsvraag. Figuur 6 laat zien dat daardoor een groter deel van de productie op zee gebruikt wordt voor directe benutting van de elektriciteitsvraag, waardoor er ook minder conversieverliezen zijn.



Figuur 6 - Benutting windenergie – gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

5 Referenties

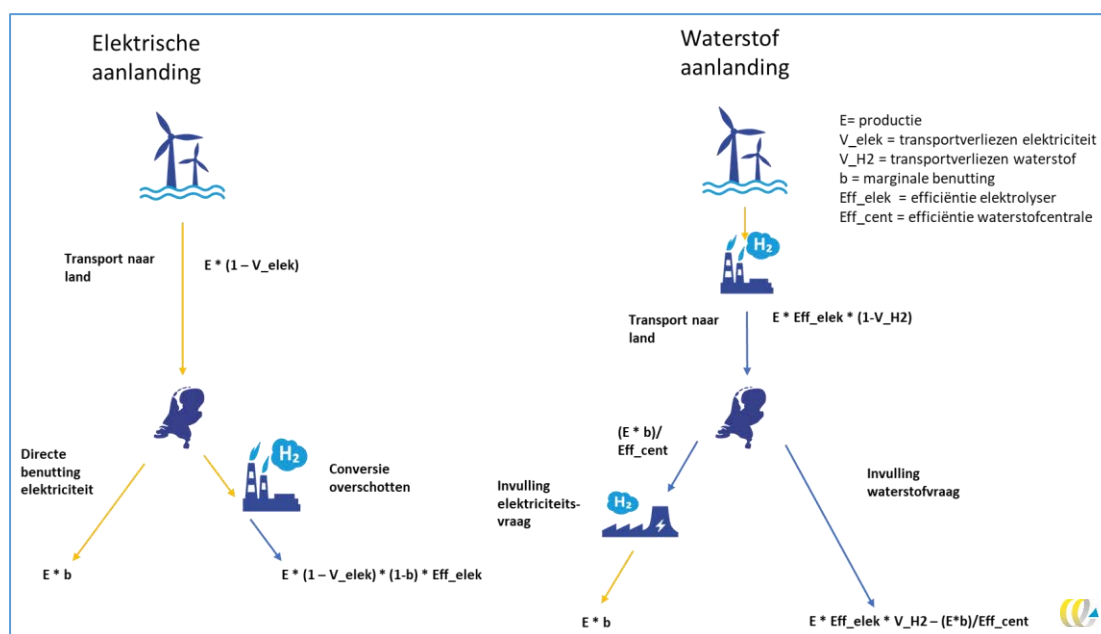
- Ardelean, M., & Minnebo, P. (2015). *HVDC Submarine Power Cables in the World*.
Guidehouse, & Berenschot. (2021). *Systeemintegratie wind op zee 2030-2040*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-39a57614254aef46d047e1de1a9fd6c48938f50b/pdf>
- Miao, B., Giordano, L., & Chan, S. H. (2021). Long-distance renewable hydrogen transmission via cables and pipelines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(36), 18699–18718.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.06>
- Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050*. Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de I13050-scenario's*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7219ac2558977a6050ac4db764d2ddeb156df32/pdf>

Bijlage 1 Versimpelde kostenafweging omslagpunt

Om een inschatting te maken bij welke marginale benutting de hogere directe benutting van elektriciteit niet meer opweegt tegen de extra transportkosten is een versimpelde kostenberekening gemaakt voor de **marginale situatie** met aanlanding van één extra windpark.

Bij elektrische aanlanding kan een deel van de aangelande elektriciteit direct gebruikt worden voor invulling van de elektriciteitsvraag, de marginale benutting. Hierbij nemen we inzet van vraagsturing mee, aangezien dit zorgt voor extra directe benutting van elektriciteit. We nemen hierbij geen overige flexibiliteitsbronnen mee, aangezien we aannemen dat er bij de afweging niet gekozen wordt om extra elektrische aanlanding te realiseren voor opslag, conversie op land of export (met uitzondering van het scenario *Doorvoer naar buitenland*).

Figuur 7 geeft een overzicht van de energiestromen bij beide transportroutes. Voor beide transportroutes is een inschatting gemaakt van de totale energieverliezen, bij een variërend aandeel directe benutting van elektriciteit. Vervolgens is een inschatting gemaakt van de totale kosten voor transport van energie en de energieverliezen, voor dit marginale windpark. Tabel 1 geeft een overzicht van de parameters die gehanteerd zijn voor de inschatting van de kosten.



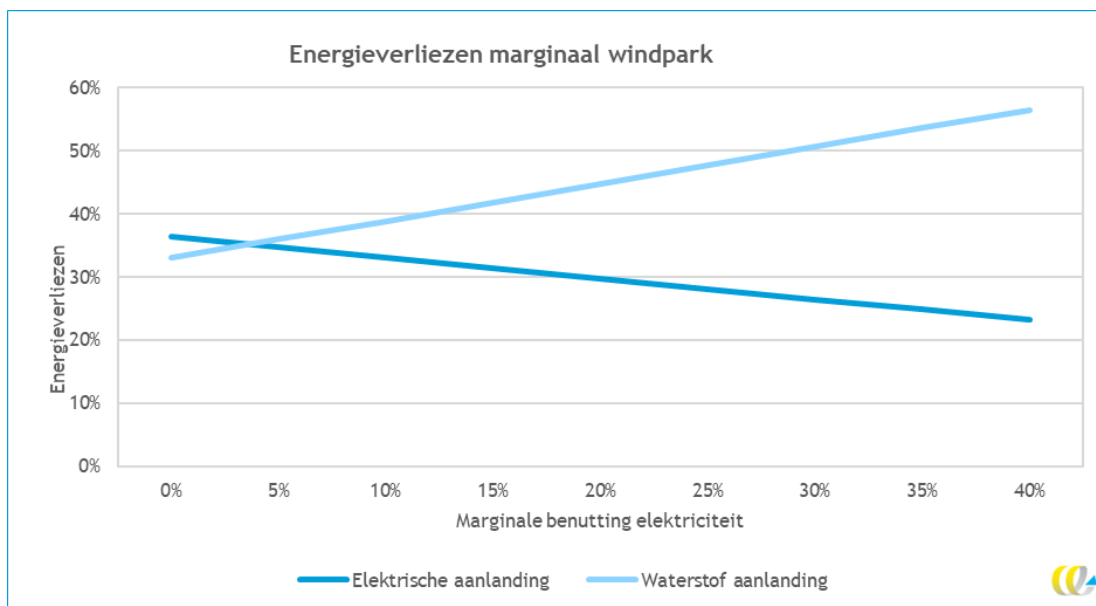
Figuur 7 – Energieverliezen beide transportroutes

Tabel 1 – Parameters kostenberekening

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting	Bron
Investering kabel	1.100	Mln €	Aanname 500 km, 2 GW, 1,1 Mln €/km	(Guidehouse & Berenschot, 2021)
Investering buisleiding	195	Mln €	Aanname nieuwe buisleiding 500 km, 36 inch, 0.065 Mln €/inch/km. Omgerekend naar 2 GW (36 inch is 12-14 GW)	(Guidehouse & Berenschot, 2021)

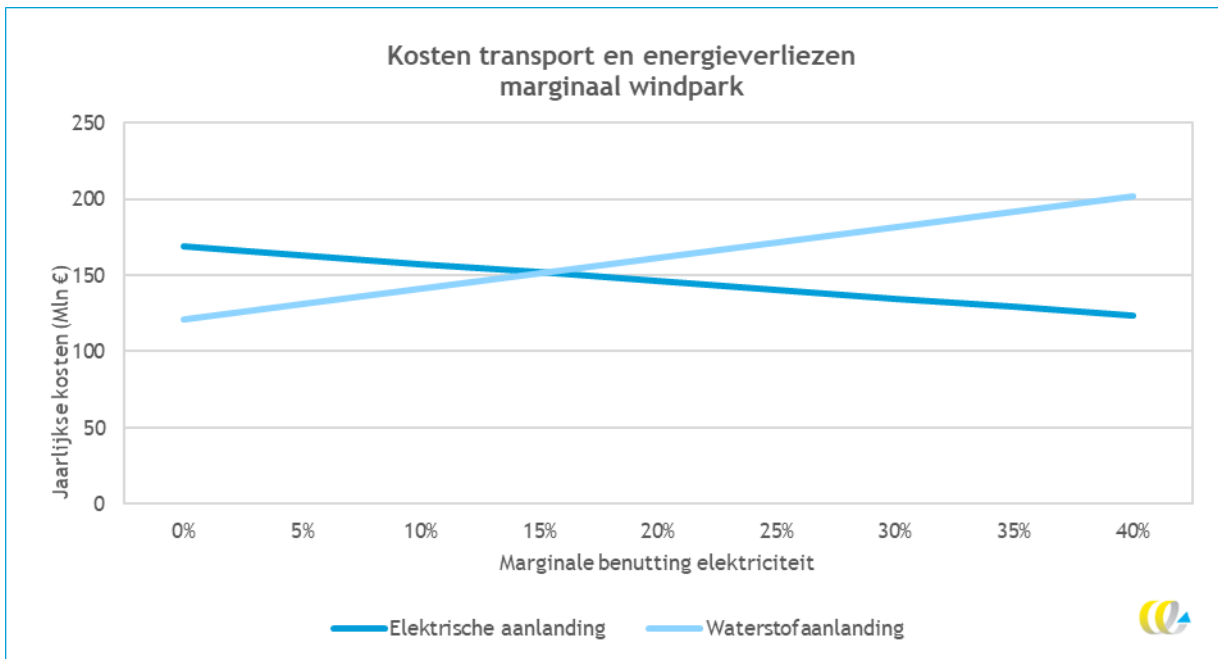
Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting	Bron
WACC	4%			(Guidehouse & Berenschot, 2021)
LCOE elektriciteit wind op zee	35	€/MWh	Aanname waarde elektriciteit gelijk aan LCOE	(Guidehouse & Berenschot, 2021)
Transportverliezen elektriciteit	5%		Bij HVDC	(Ardelean & Minnebo, 2015)
Transportverliezen waterstof	0%		Uit literatuur volgt dat dit onder de 0,1% ligt, dus verwaarloosbaar	(Miao et al., 2021)
Efficiëntie elektrolyse	67%			(Netbeheer Nederland, 2021)
Efficiëntie waterstofcentrale	63%			(Netbeheer Nederland, 2021)

Figuur 8 geeft een overzicht van de energieverliezen voor een marginaal windpark bij beide transportopties, bij een variërende marginale benutting van elektriciteit. De figuur laat zien dat de energieverliezen bij een waterstofaanlanding steeds verder toenemen bij meer marginale benutting van elektriciteit, aangezien dan meer waterstof omgezet moet worden in elektriciteit. De energieverliezen nemen bij elektrische aanlanding juist af bij een toenemende marginale benutting van elektriciteit, aangezien meer elektriciteit dan direct benut kan worden.



Figuur 8 – Energieverliezen marginaal windpark als functie van marginale benutting elektriciteit, voor beide transportroutes

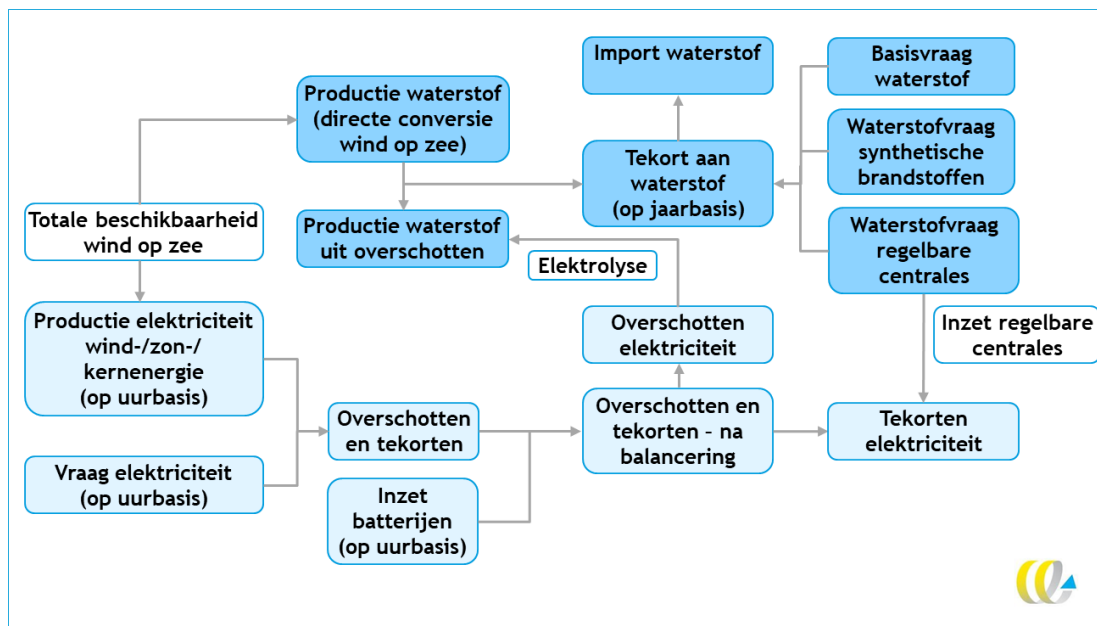
Figuur 9 geeft een overzicht van de jaarlijkse kosten voor transport van energie en energieverliezen voor een marginaal windpark bij beide transportopties, bij een variërende marginale benutting van elektriciteit. De figuur laat zien dat de jaarlijkse kosten voor elektrische aanlanding afnemen bij een toenemende marginale benutting van elektriciteit, doordat de energieverliezen afnemen. Bij waterstof aanlanding nemen de energieverliezen toe en nemen de kosten dus ook toe bij een toenemende marginale benutting van elektriciteit. Het omslagpunt zit tussen de 15 en 20% marginale benutting. Op dat punt wegen de lagere kosten door energieverliezen voor elektrische aanlanding precies op tegen de hogere kosten voor transport.



Figuur 9 – Kosten transport en energieverliezen voor marginaal windpark

Bijlage 2 Energiemodel

Figuur 10 geeft een schematische weergave van de modellering van de elektriciteitsvoorziening en de waterstofvoorziening. De elektriciteitsvoorziening rekenen we door op uurbasis. Dit is noodzakelijk om de ongelijktijdigheid van vraag en productie en de effecten daarvan op de inzet van waterstofcentrales en elektrolyzers goed mee te nemen. Bij waterstof is er ook ongelijktijdigheid tussen vraag en aanbod, maar het is de verwachting dat daar vraag en aanbod gebalanceerd kan worden met waterstofopslag, zonder dat dit grote effecten heeft op de energiebalans (alleen kleine energieverliezen bij opslag). Daarom is het daar niet noodzakelijk om een doorrekening op uurbasis te maken.



Figuur 10 - Schematische weergave energiemodel elektriciteit en waterstof

Het doel van het model is om de inzet van verschillende productiebronnen voor het invullen van de energievraag te bepalen. Het model balanceert vraag en aanbod van elektriciteit op uurbasis en vraag en aanbod van waterstof op jaarbasis.

Het model heeft enkele inputs:

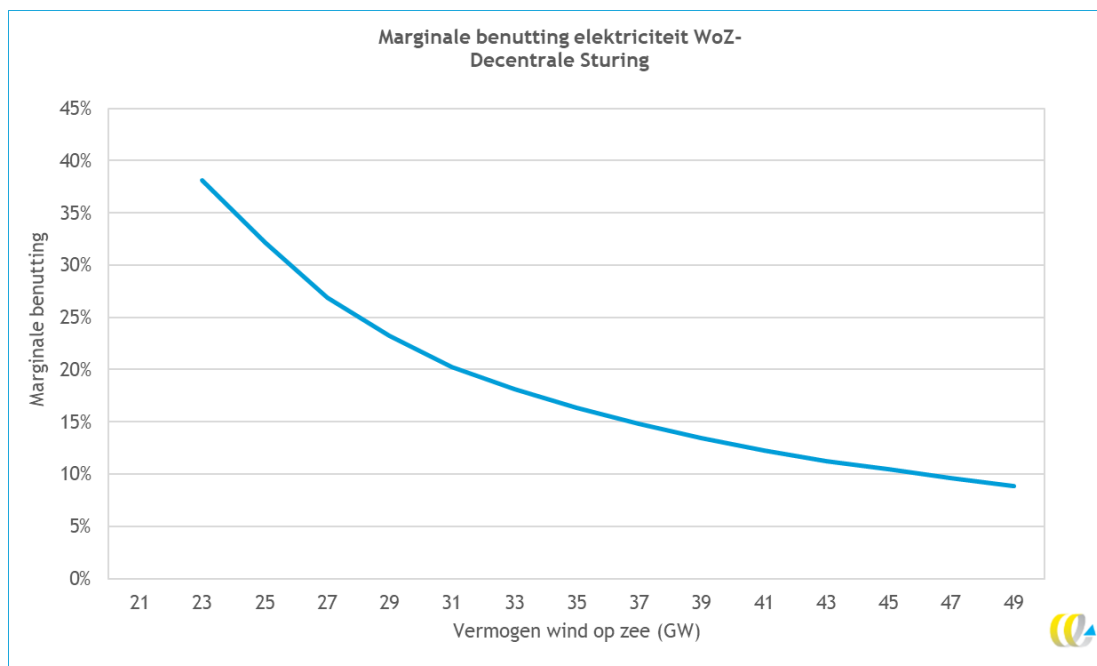
- De vraag naar elektriciteit (op uurbasis) en waterstof op jaarbasis is een input voor het model. Hiervoor zijn de I13050-scenario's in het ETM⁴ gebruikt (Netbeheer Nederland, 2023). De uurlijkse elektriciteitsvraag is gebaseerd op het weerjaar 2012. Het gaat hier om de directe vraag naar elektriciteit en waterstof. De vraag naar waterstof voor elektriciteitsproductie (met regelbare centrales) en de vraag naar elektriciteit voor waterstofproductie (met elektrolyse) worden berekend in het model en zijn afhankelijk van de productie.
- Vermogens van niet-regelbare elektriciteitsproductie (wind op zee, wind op land, zon op dak/infra, zonneparken, kernenergie).
- Productieprofielen voor alle niet-regelbare bronnen, uit het ETM (Netbeheer Nederland, 2023). Deze productieprofielen zijn ook gebaseerd op het weerjaar 2012.

⁴ Energietransitiemodel.

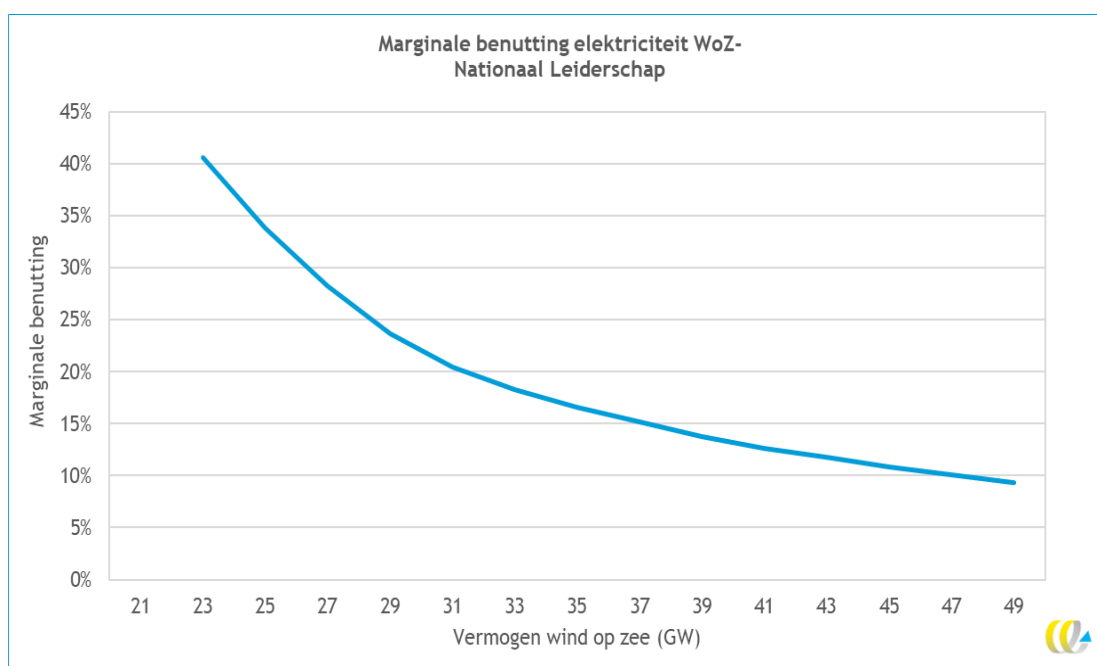
- Het totale beschikbare vermogen voor wind op zee. Dit is 50 GW voor 2040.
- Hierna geven we een omschrijving van de stappen die doorlopen worden in het model:
- Op basis van de vermogens van niet-regelbare elektriciteitsproductie en de productieprofielen van al deze bronnen, wordt de productie van niet-regelbare elektriciteitsbronnen per uur berekend. Dit wordt gecombineerd met de elektriciteitsproductie per uur. Per uur wordt zo berekend of er overschotten of tekorten van elektriciteit zijn en wat de omvang daarvan is.
 - Bij de inputs is bepaald welk vermogen aan windparken op zee ingezet wordt voor productie van elektriciteit. De rest van de windenergie wordt ingezet voor waterstofproductie. Op basis van het totale beschikbare vermogen voor wind op zee (50 GW) en het vermogen wind op zee voor elektriciteitsproductie wordt bepaald hoeveel vermogen wind op zee ingezet wordt voor waterstofproductie op zee. Hier gaat een deel van de energie verloren. We gaan uit van een efficiëntie van 67%, conform I13050 (Netbeheer Nederland, 2021).
 - Voor de inzet van flexibiliteitsbronnen wordt aangesloten bij de modellering van het ETM. Eerst wordt een optimalisatie gedaan van de hoeveelheid elektrische aanlanding op basis van het oorspronkelijke scenario. Vervolgens wordt, met deze nieuwe aanname, een aangepast scenario gemaakt in het ETM met een andere inzet van flexibiliteitsbronnen.
 - Met elektrolyse worden overschotten van elektriciteit (deels) omgezet in waterstof. Dit wordt meegenomen als aanbod aan de waterstofkant van het model. Hier gaat een deel van de energie verloren.
 - De tekorten van elektriciteit moeten deels worden ingevuld met productie van waterstofvraag. Dit wordt meegenomen als vraag aan de waterstofkant van het model.
 - Vervolgens wordt de energiebalans van waterstof opgemaakt. Het verschil tussen de vraag naar waterstof (directe vraag en vraag waterstofcentrales) en het aanbod van waterstof (elektrolyse met overschotten elektriciteit en directe conversie van wind op zee). Het verschil tussen de vraag en aanbod van waterstof wordt ingevuld met import. Bij meer aanbod dan vraag is sprake van export.

Bijlage 3 Uitgebreide uitkomsten

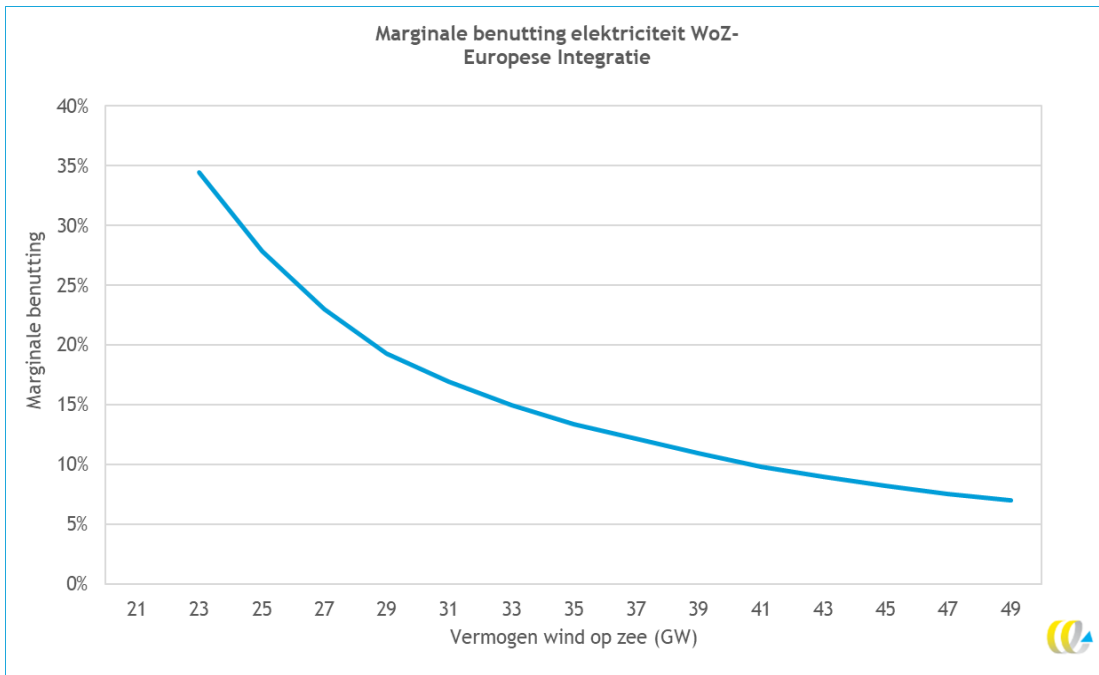
De volgende figuren geven voor elk scenario een overzicht van de marginale benutting van elektriciteit van windparken op zee, als functie van het vermogen elektrische aanlanding. Voor het scenario *Doorvoer naar buitenland* is aangenomen dat 12 GW elektrische aanlanding extra direct doorgevoerd wordt naar België en Duitsland. Verder zijn de resultaten voor dit scenario gelijk aan het scenario *Nationaal Leiderschap*.



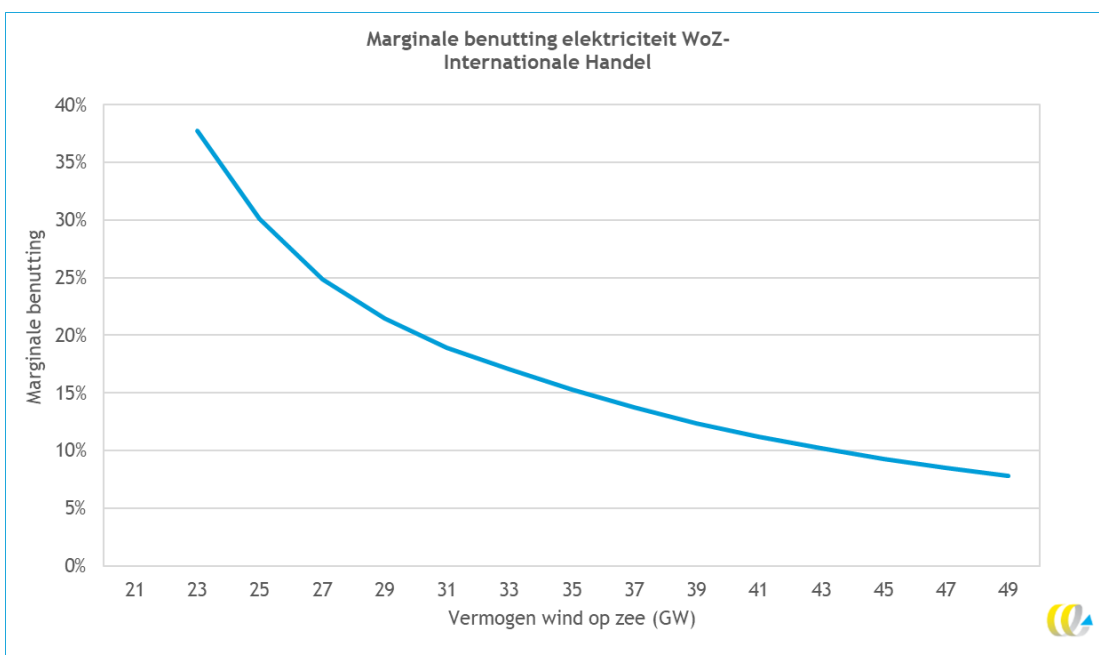
Figuur 11 – Marginale benutting elektriciteit wind op zee, scenario Decentrale Sturing



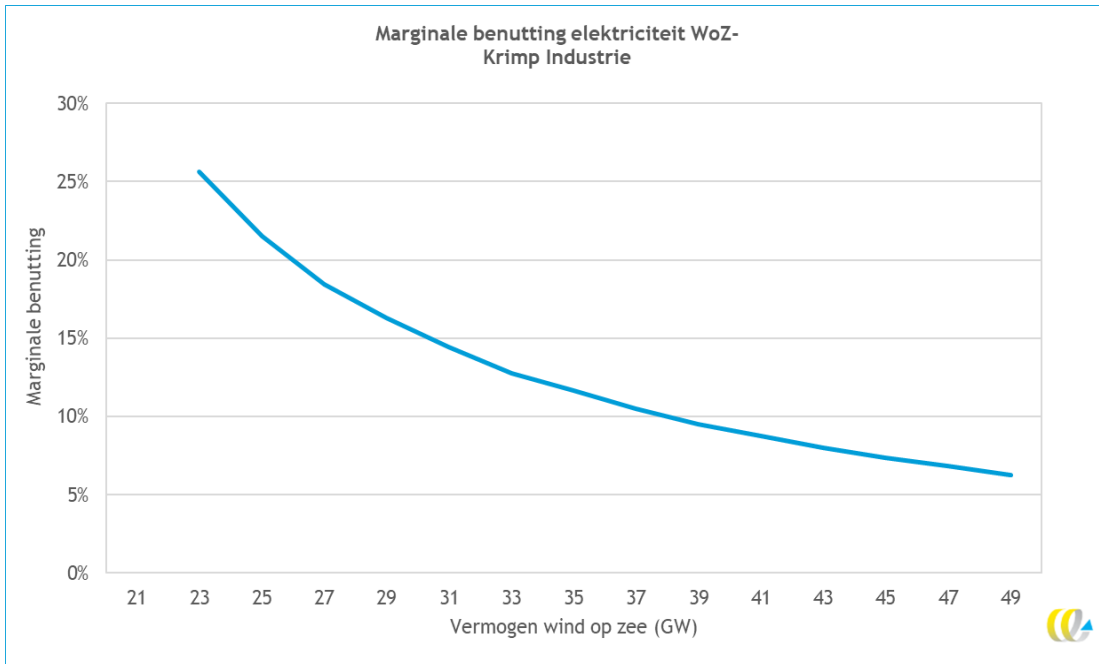
Figuur 12 – Marginale benutting elektriciteit wind op zee, scenario Nationaal Leiderschap



Figuur 13 – Marginale benutting elektriciteit wind op zee, scenario Europese Integratie



Figuur 14 – Marginale benutting elektriciteit wind op zee, scenario Internationale Handel



Figuur 15 - Marginale benutting elektriciteit wind op zee, scenario Krimp Industrie

Bijlage E Integratie elektrische aanlanding

Systemintegratie wind op zee

Fase NRD pVAWOZ 2031-2040

Bijlage Integratie elektrische aanlanding



Datum: 17-11-2023

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

Inhoud

1	Samenvatting	2
2	Introductie	4
3	Afwegingen bij verdeling elektrische aanlanding	5
3.1	Impact op elektriciteitsinfrastructuur.....	7
3.2	Impact op waterstofinfrastructuur	8
4	Methodiek inpassing elektrische aanlanding	10
4.1	Clusters op uitlopers van het hoogspanningsnet	11
4.2	Overige clusters	13
5	Resultaten integratie elektrische aanlanding	16
5.1	Resultaten per cluster.....	16
5.2	Totaaloverzicht	23
5.3	Conclusies	26
6	Beschouwing impact flexibiliteitsbronnen	28
6.1	Welke flexibiliteitsbronnen hebben impact op elektrische aanlanding?	28
6.2	Wat is de impact van de verschillende flexibiliteitsbronnen?	29
6.3	Wat is de gezamenlijke impact van de flexibiliteitsbronnen?	32
7	Referenties	32
A	Kerncijfers vraag en aanbod elektriciteit, flexibiliteit en transportcapaciteit per cluster en scenario	33
A.1	Vraag en aanbod elektriciteit (exclusief WoZ) per cluster en per scenario	33
A.2	Vermogens flexibiliteit per cluster en per scenario	34
A.3	Transportcapaciteit per cluster	36

1 Samenvatting

Een efficiënte verdeling van de elektrische aanlanding over de verschillende aansluitlocaties is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat zo min mogelijk uitbreidingen aan de hoogspannings-verbindingen noodzakelijk zijn. Voor clusters van aansluitlocaties is bepaald hoeveel extra elektrische aanlanding mogelijk is na 2031, voordat extra hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn. De resultaten zijn te vinden in Tabel 1

Onzekerheden methodologie

Om een goede inschatting te maken van de transportstromen over deze 380 kV-verbindingen en de impact van (elektrische) aanlanding van wind op zee is een integrale doorrekening door TenneT noodzakelijk. In deze fase van het onderzoek zijn echter nog geen doorrekeningen uitgevoerd, aangezien het gaat om een eerste verkenning. Het is de verwachting dat in de Fase IEA/plan-MER wel een integrale doorrekening van TenneT uitgevoerd zal worden, om de exacte effecten van (elektrische) aanlanding van wind op zee op de 380 kV-verbindingen in te schatten.

Er zijn echter enkele relevante factoren voor de belasting op de 380 kV-verbindingen die bij de gekozen methodiek niet meegenomen worden zoals, de impact dieper op het net, transit-flows bij de clusters, de effecten van import/export elektriciteit, transportcapaciteit in periode van onderhoud en de inschatting wanneer uitbreidingen noodzakelijk zijn. Vanwege de bovenstaande beperkingen geeft de gekozen methodiek geen exacte inschatting van de belasting op de 380 kV-verbindingen. Maar deze benadering is goed genoeg voor het doel van dit onderzoek, namelijk richting geven voor de ruimtelijke analyses.

Tabel 1 – Totaaloverzicht extra elektrische aanlanding mogelijk per cluster, met inzet flexibiliteitsbronnen

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibiliteitsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibiliteitsbronnen)
Groningen	Twee tot drie extra verbindingen	Drie tot vier extra verbindingen
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee tot drie extra verbindingen	Vier extra verbindingen
Rotterdam	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot twee extra verbindingen
Zeeland	Nul tot één extra verbindingen	Nul tot twee extra verbindingen
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Maximaal drie verbindingen	Maximaal drie verbindingen
DC Hub Zuidwest Nederland	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders 0	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders 0
Totaal	Acht tot elf extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)	Tien tot achttien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)

Uit de analyses rondom inpassing van elektrische aanlanding kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In Groningen, Noord-Holland en Limburg zijn de vermogens voor extra elektrische aanlanding die mogelijk zijn vrij robuust in de verschillende scenario's.
- In Rotterdam en Zeeland is de hoeveelheid extra elektrische aanlanding die mogelijk is erg afhankelijk van met name de ontwikkeling van de industrie en het wel of niet plaatsen van kerncentrales.
- In totaal kan door de inzet van flexibiliteitsbronnen tussen twee en zeven extra elektrische verbindingen gerealiseerd worden tot 2040, afhankelijk van het scenario. Dit benadrukt de belangrijke rol van flexibiliteitsbronnen bij het integreren van elektriciteit van windparken op zee in het energiesysteem op land. Dit geldt met name voor elektrolyzers.
- De som van het aantal verbindingen dat per locatie mogelijk is, is groter dan het totaal aan extra elektrische verbindingen dat nodig is in de verschillende scenario's (zie bijlage *Benutting windenergie*) en de circa tien elektrische verbindingen waar in pVAWOZ 2031-2040 naar gezocht wordt. Dit impliceert dat het, zonder inachtneming van de ruimtelijke beperkingen, de aansluitcapaciteit en de effecten dieper op het net (zie volgend punt), in principe mogelijk is om alle extra elektrische aanlanding tot 2040 te faciliteren zonder dat extra 380 kV-verbindingen noodzakelijk zijn bovenop de geplande uitbreidingen.
- In de praktijk is het niet mogelijk om simpelweg de mogelijke aanlanding per cluster op te tellen. Er zit een onderlinge samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, bijvoorbeeld in Noord-Brabant (waar elektriciteit uit aanlanding in Zeeland, Rotterdam en Noord-Brabant samenkomen). Daarom is het de verwachting dat spreiding van aanlandingen voordelig kan zijn, al moet dat ook in samenhang met vraagontwikkeling in de clusters en de belasting op het hele netwerk gezien worden. De integrale doorrekeningen door TenneT in de Fase IEA/plan-MER is noodzakelijk om hier uitsluitsel over te geven.

2 Introductie

In deze bijlage brengen we het effect van elektrische aanlanding van wind op zee op de energie-infrastructuur op land in kaart. Hiervoor kijken we afzonderlijk naar de ontwikkelingen in elke regio en kijken we hoeveel wind op zee elektrisch kan aanlanden bij elke aansluitlocatie voordat verzwaren aan de achterliggende energie-infrastructuur op land noodzakelijk is.

We kijken hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is, bovenop de bestaande plannen tot 2031. Tabel 2 geeft een overzicht van de geplande aanlandingen.

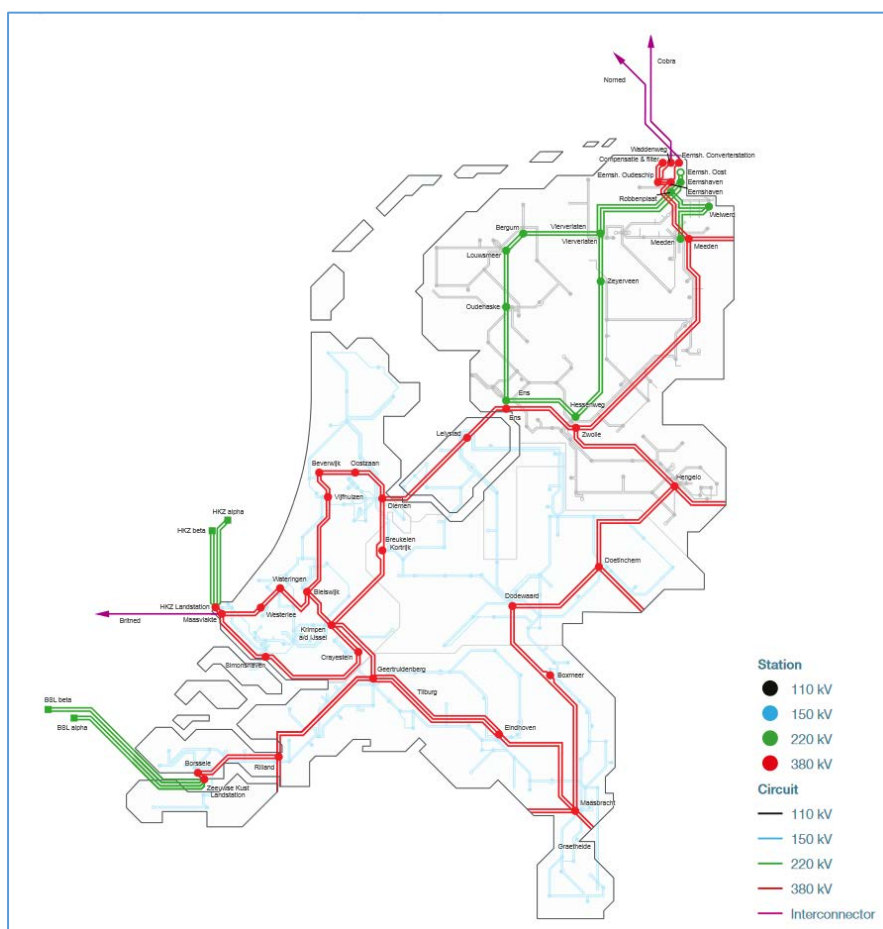
Tabel 2 - Geplande aanlandingen wind op zee tot 2031

Aansluitlocatie	Gerealiseerd en restant routekaart wind op zee	Aanvullende routekaart wind op zee
Maasvlakte	3,4 GW	4 GW
Eemshaven	0,7 GW	4,5 GW (waarvan 0,5 GW waterstof)
Beverwijk	2,1 GW	0 GW
Borssele	3,4 GW	2 GW
Geertruidenberg	0 GW	2 GW
Overig	0,4 GW	

3 Afwegingen bij verdeling elektrische aanlanding

Elektrische aanlanding van wind op zee heeft een forse impact op het elektriciteitssysteem op land. Elektrische aanlanding van wind op zee zal plaatsvinden op enkele aansluitlocaties, die voornamelijk aan de kust liggen. Op deze aansluitlocaties zal een deel van de extra elektriciteit direct gebruikt kunnen worden, door de lokale energievragers en flexibiliteitsbronnen, maar een groot deel zal doorgevoerd worden richting de rest van Nederland.

Er zullen dus forse hoeveelheden elektriciteitstransport noodzakelijk zijn vanaf de aansluitlocaties (met name aan de kust) richting de rest van Nederland. Hiervoor is voldoende **transportcapaciteit** nodig van de hoogspanningsverbindingen. De onderstaande figuur geeft een overzicht van de huidige hoogspanningsverbindingen, **exclusief geplande uitbreidingen uit het IP2022**.



Figuur 1 – Huidige hoogspanningsverbindingen

Een efficiënte verdeling van de elektrische aanlanding over de verschillende aansluitlocaties is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat zo min mogelijk uitbreidingen aan de hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn, bovenop de geplande uitbreidingen uit het IP2022 van TenneT. Hierbij zijn de volgende zaken van belang:

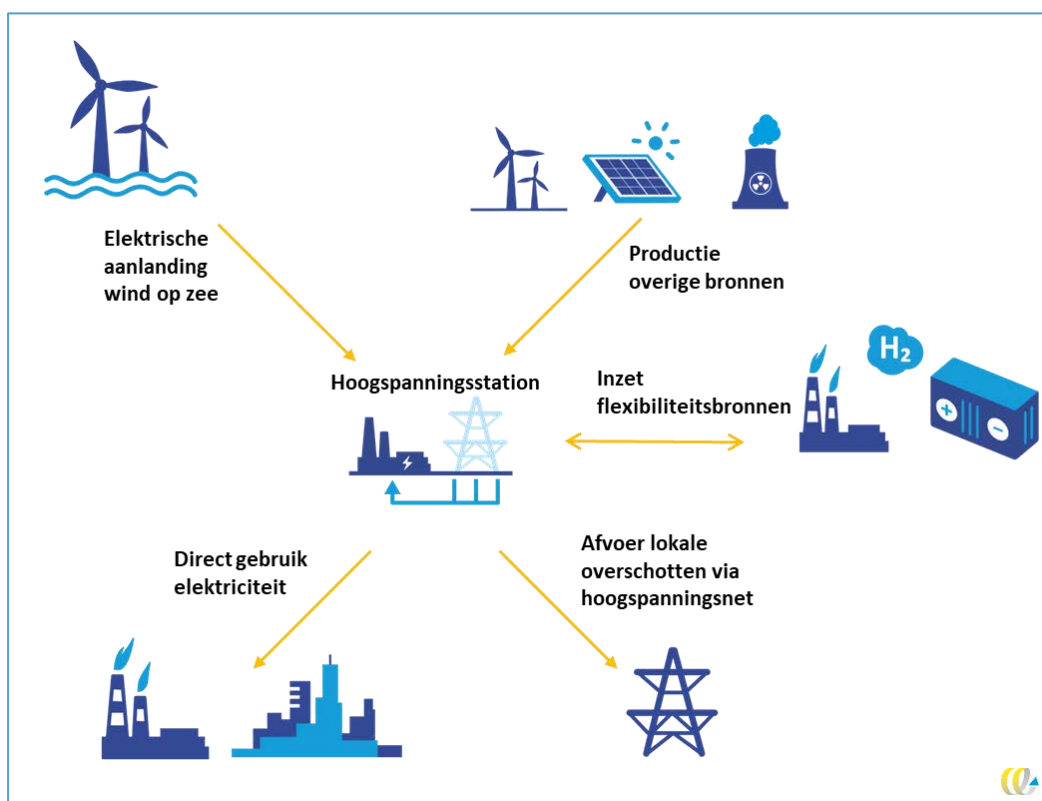
- **Elektrische aanlanding tot en met 2031.** Op enkele aansluitlocaties wordt al elektrische aanlanding gerealiseerd tot en met 2031. Dit heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die na 2031 nog mogelijk is.
- **Directe benutting elektriciteit bij aansluitlocatie,** met name vanuit de industrie. Hoe meer elektriciteit direct benut kan worden, hoe minder afgevoerd hoeft te worden met de hoogspanningsinfrastructuur. Hierbij is zowel de omvang van de elektriciteitsvraag en productie als de (on)gelijktijdigheid van belang.
- **Inzet flexibiliteit op aansluitlocatie** voor het opvangen van overschotten van elektriciteit. Indien deze overschotten op de aansluitlocatie zelf opgevangen worden, met bijvoorbeeld elektrolyzers, vraagsturing of batterijen, dan hoeft minder elektriciteit afgevoerd te worden met de hoogspanningsinfrastructuur.
- **Productie overige elektriciteitsbronnen bij aansluitlocatie.** Forse productie van andere (niet regelbare) bronnen, zoals kernenergie of hernieuwbare opwek op land, in de nabijheid van de aansluitlocatie heeft impact op de lokale overschotten aan elektriciteit die ontstaan en daarmee op de benodigde afvoer van elektriciteit via het hoogspanningsnet. Hoe meer productie van overige elektriciteitsbronnen, hoe minder wind op zee elektrisch kan aanlanden op die locatie zonder uitbreidingen aan achterliggende hoogspanningsinfrastructuur. Hierbij zijn met name productie van kernenergie en wind op land relevant. Productie van zon-pv en regelbare centrales hebben minder impact vanwege de grote mate van ongelijktijdigheid van de productie van die bronnen met productie van windparken op zee.
- **Locatie aansluitlocatie in hoogspanningsinfrastructuur op land.** Een deel van de (potentiële) aansluitlocaties aan de kust liggen op uitlopers van de 380 kV-infrastructuur. Het gaat dan om de kop van Noord-Holland, Zeeland, Groningen en Rotterdam. In dat geval is de impact van elektrische aanlanding van wind op zee op het transport van elektriciteit vrij makkelijk te bepalen. Indien er lokaal overschotten zijn, dan moeten deze afgevoerd worden, en indien er tekorten zijn moeten deze aangevoerd worden. Dit komt overeen met de situatie in Figuur 2. De situatie is wezenlijk anders indien de aansluitlocatie niet op een uitloper van het 380 kV-net op land ligt. Dan kan er zowel aanvoer als afvoer van elektriciteit zijn vanaf de aansluitlocatie of afvoer van elektriciteit in meerdere richtingen.
- **Transportcapaciteit hoogspanningsverbindingen (huidig en gepland).** Hoe meer capaciteit de hoogspanningsverbindingen bij een aansluitlocatie hebben, hoe meer elektriciteit kan worden afgevoerd zonder dat nieuwe uitbreidingen noodzakelijk zijn. Bepalend is dan de reeds aanwezige/geplande aanlanding van de windparken tot 2031.

De kabels vanaf windparken op zee moeten aangesloten worden op het hoogspanningsnet op land bij hoogspanningsstations. Hier is **aansluitcapaciteit** voor nodig. Indien een station vol is, moet een nieuw station gerealiseerd worden voor extra aansluitingen van wind op zee en voor mogelijke flexibiliteitsbronnen. In principe is er vanuit het energiesysteem geen beperking op het aantal stations dat gerealiseerd kan worden op aansluitlocaties en dus op de maximale aansluitcapaciteit. Maar er moet wel voldoende ruimte beschikbaar zijn voor een nieuw station en de aanleg van een nieuw station kost veel tijd (7-10 jaar).

Additionele elektrische aanlanding van wind op zee heeft indirect ook impact op de waterstof-infrastructuur op land. Op de aansluitlocaties zullen naar verwachting elektrolyzers gerealiseerd worden. De waterstof die geproduceerd wordt door deze elektrolyzers moet direct benut of getransporteerd worden.

3.1 Impact op elektriciteitsinfrastructuur

Figuur 2 geeft een weergave van de energiestromen van elektriciteit bij elektrische aanlanding bij een uitloper van het 380 kV-net aan de kust^{1,2}. De kabel van de elektrische aanlanding van wind op zee, grootschalige overige productiebronnen, grootschalige flexibiliteitsbronnen en grootschalige afnemers moeten worden aangesloten op een hoogspanningsstation. Hier is aansluitcapaciteit op dit station voor nodig. Daarnaast is transportcapaciteit van hoogspanningsverbindingen nodig om lokale overschotten af te voeren.



Figuur 2 – Illustratie energiestromen elektrische aanlanding bij uitloper aan de kust

3.1.1 Aansluitcapaciteit

De kabels vanaf de windparken op zee moeten aangesloten worden op het hoogspanningsnet op land. Deze kabels worden aangesloten op vrije velden van 380 kV-stations. Er kan een gelimiteerd vermogen per station aangesloten worden, op een bepaald moment is het station vol. Per station kan maximaal 6 GW opwek aangesloten worden volgens Europese regelgeving. Daarnaast kan een station ook vol zijn indien er geen fysieke ruimte meer beschikbaar is voor verdere uitbreidingen.

¹ Niet alle producenten, afnemers en flexibiliteitsbronnen hoeven direct aangesloten te zijn op het hoogspanningsstation. Ze kunnen ook op lagere netvlakken aangesloten zijn. Maar dan komen deze energiestromen alsnog samen bij het hoogspanningsstation.

² Op sommige uren, met weinig wind op zee, zal sprake zijn van aanvoer van elektriciteit via het hoogspanningsnet. Maar het grootste deel van het jaar is sprake van overschotten die afgevoerd worden en dit zijn de momenten die ervoor zorgen dat knelpunten op de hoogspanningsverbindingen ontstaan.

Indien een station vol is, moet een nieuw station gerealiseerd worden voor extra aansluitingen van wind op zee en voor mogelijke flexibiliteitsbronnen. In principe is er vanuit het energiesysteem geen beperking op het aantal stations dat gerealiseerd kan worden op aansluitlocaties en dus op de maximale aansluitcapaciteit. Maar er moet wel voldoende ruimte beschikbaar zijn voor een nieuw station en de aanleg van een nieuw station kost veel tijd (7-10 jaar).

3.1.2 Transportcapaciteit

Wanneer het vermogen dat afgevoerd moet worden met het achterliggende hoogspanningsnet groter is dan de beschikbare transportcapaciteit is sprake van een knelpunt. Voor elk knelpunt is een oplossing noodzakelijk. Het is echter niet zo dat voor elk knelpunt nieuwe hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn.

Grofweg zijn er de volgende oplossingen voor knelpunten:

- **Redispatch.** Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.
- **Verzwarend.** Bij verzwarend worden de geleiders van bestaande verbindingen opgewaardeerd naar 4kA-geleiders, waardoor deze meer elektriciteit kunnen transporteren. Deze maatregel heeft geen significante ruimtelijke consequenties, maar wel financiële consequenties. Het is de verwachting dat alle 380 kV-verbindingen verzwaard worden door inzet van 4kA-geleiders richting 2040. Dit is conform de plannen van TenneT.
- **Nieuwe infrastructuur.** Als een forse hoeveelheid energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden zijn nieuwe hoogspanningsverbindingen noodzakelijk.

Een maat voor de ernst van een knelpunt is de energie die op jaarbasis niet getransporteerd kan worden, de ENT (Energy Not Transported). Deze maat bevat zowel de omvang van de knelpunten (aantal MW tekort aan transportcapaciteit) als het aantal uren in het jaar dat knelpunten optreden en komt ook overeen met de opgave voor TenneT om redispatch toe te passen. Indien grote hoeveelheden elektriciteit niet getransporteerd kunnen op jaarbasis, en dus als de ENT hoog is, dan wordt het voor TenneT goedkoper om nieuwe verbindingen aan te leggen. In de praktijk verschilt het per specifieke situatie bij welke ENT een nieuwe verbinding goedkoper wordt dan redispatch, maar in dit onderzoek nemen we aan dat het omslagpunt ligt bij een ENT van 0,5 TWh per jaar, voor alle verbindingen. Deze waarde is bepaald in samenspraak met TenneT.

3.2 Impact op waterstofinfrastructuur

Elektrische aanlanding van wind op zee heeft indirect ook impact op de waterstofinfrastructuur op land. Op de aansluitlocaties zullen naar verwachting elektrolyzers gerealiseerd worden. De waterstof die geproduceerd wordt door deze elektrolyzers kan in sommige gevallen deels direct benut worden, maar een deel zal ook getransporteerd moeten worden richting het landelijke waterstofnetwerk. Het landelijke waterstofnetwerk heeft naar verwachting voldoende capaciteit voor het transport van de geproduceerde waterstof, maar er zijn wel aansluitleidingen nodig vanaf de elektrolyzers richting dit landelijke netwerk. In sommige gevallen kan hiervoor gebruik gemaakt worden van bestaande

aardgasleidingen, maar indien deze niet (op tijd) beschikbaar zijn of onvoldoende capaciteit hebben zijn nieuwe waterstofleidingen noodzakelijk.

Elektrische aanlanding van wind op zee kan dus mogelijk wel wat impact hebben op de waterstofinfrastructuur op land. Maar in vergelijking met de elektriciteitsinfrastructuur is deze impact beperkt en daarom beschouwen we dit als geen doorslaggevende factor bij de afweging rondom locaties voor elektrische aanlanding. Daarom nemen we de impact op waterstofinfrastructuur niet mee bij in de verdere analyses voor elektrische aanlanding. De impact op de waterstofinfrastructuur wordt uiteraard wel meegewogen bij de aanlanding van windenergie in de vorm van waterstof.

4 Methodiek inpassing elektrische aanlanding

We hebben voor de potentiële aansluitlocaties onderzocht hoeveel wind op zee elektrisch kan aanlanden bij elke aansluitlocatie voordat verzwaringen aan de achterliggende energie-infrastructuur op land noodzakelijk is. Hierbij hebben we alleen gekeken naar de impact op de elektriciteitsinfrastructuur, aangezien de impact op de waterstofinfrastructuur minder relevant is voor de afweging bij elektrische aanlanding.

Om te bepalen hoeveel elektrische aanlanding per locatie mogelijk is, hebben we bepaald hoeveel wind op zee elektrisch kan aanlanden voordat de transportcapaciteit onvoldoende is en nieuwe hoogspanningsverbindingen noodzakelijk zijn. In de analyses houden we voor nu geen rekening met de beschikbare aansluitcapaciteit, aangezien we aannemen dat het in alle gevallen richting 2040 nieuwe stations en daarmee extra aansluitcapaciteit gerealiseerd kunnen worden. Uiteindelijk zal per locatie een inschatting gemaakt moeten worden of dit ruimtelijk haalbaar is.

Voor de potentiële aansluitlocaties wordt een inschatting gemaakt van de transportcapaciteit van de nabijgelegen hoogspanningsverbindingen. Hiervoor wordt uitgegaan van realisatie van de geplande uitbreidingen van de hoogspanningsinfrastructuur van het meest recente investeringsplan van TenneT, het IP2022 (TenneT, 2022). Bij de bepaling van de transportcapaciteit wordt rekening gehouden met redundantie en onderhoud. Voor een verbinding van vier circuits nemen we aan dat gemiddeld 2,5 ten alle tijden gebruikt kunnen worden (n-1 en correctie van een 0,5 voor onderhoud). Voor een verbinding van twee circuits nemen we aan dat gemiddeld 1 circuit gebruikt kan worden (n-1).

We kijken in de analyses niet naar individuele aansluitlocaties, maar naar clusters van aansluitlocaties. Voor de impact op de achterliggende hoogspanningsverbindingen is de precieze aansluitlocatie namelijk van beperkt belang. Aansluiting op de Maasvlakte heeft grofweg eenzelfde impact op de hoogspanningsverbindingen als aansluiting bij Europoort. De exacte locatie is wel van belang voor de aansluitcapaciteit. Tabel 3 geeft een overzicht van de clusters met bijbehorende potentiële aansluitlocaties.

Tabel 3 – Clusters van aansluitlocaties

Cluster	Aansluitlocaties
Kop van Noord Holland	Middenmeer Den Helder
Noordzeekanaalgebied (NZKG)	Vijfhuizen, Velsen, Spaarndam/A10 Noord-Oost/Weesp, Westelijk deel NZKG
Rotterdam	Bleiswijk, Wateringen, Simonshaven, Maasvlakte/Europoort
Zeeland	Borssele/Sloegebied, Terneuzen
Groningen	Eemshaven
Noord-Brabant	Moerdijk, Tilburg
Limburg	Maasbracht/Graetheide

Voor elk van de clusters bepalen we de impact van een variërend vermogen aan elektrische aanlanding van wind op zee op de belasting op de hoogspanningsverbindingen, om te bepalen hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is per cluster voordat nieuwe verbindingen noodzakelijk zijn. Voor deze analyse maken we onderscheid tussen clusters die op een uitloper van het 380 kV-net liggen en clusters waarvoor dit niet het geval is.

4.1 Clusters op uitlopers van het hoogspanningsnet

Een deel van de (potentiële) clusters van aansluitlocaties liggen op uitlopers van de 380 kV-infrastructuur. Het gaat dan om de kop van Noord-Holland, Zeeland, Groningen en Rotterdam. In dat geval is de impact van elektrische aanlanding van wind op zee op het transport van elektriciteit vrij makkelijk te bepalen. Indien er lokaal overschotten zijn, dan moeten deze afgevoerd worden, en indien er tekorten zijn moeten deze aangevoerd worden. Dit komt overeen met de situatie in Figuur 2.

In de analyses houden we nu geen rekening met de beschikbare aansluitcapaciteit, aangezien we aannemen dat in alle gevallen richting 2040 nieuwe stations, en daarmee extra aansluitcapaciteit, gerealiseerd kunnen worden. Uiteindelijk zal per locatie een inschatting gemaakt moeten worden of aansluitcapaciteit beschikbaar is of dat er ruimte is voor aanleg van uitbreiding van een bestaand of aanleg van een nieuw station.

Om te bepalen hoeveel elektrische aanlanding van wind op zee per cluster mogelijk is doorlopen we de volgende stappen:

1. Voor elk van deze clusters wordt de vraag naar elektriciteit en aanbod (bij variërend vermogen elektrische aanlanding WoZ) op uurbasis bepaald. Daarnaast wordt op uurbasis de inzet van flexibiliteitsbronnen in de clusters bepaald. Dit doen we voor elk scenario. Hiervoor passen we de regionalisatie³ van de oorspronkelijke I13050-scenario's toe op de scenario's die we eerder in het onderzoek opgesteld hebben (vier I13050-scenario's plus twee varianten, elk met in totaal 50 GW wind op zee in 2040)⁴. Voor de twee nieuwe scenario's gebruiken we de regionalisatie van de oorspronkelijke I13050-scenario's waarop de varianten gebaseerd zijn (Decentrale Sturing voor scenario Krimp Industrie en Nationaal Leiderschap voor Doorvoer naar België en Duitsland). De kerncijfers voor elk cluster zijn te vinden in Paragraaf 4.1.
2. Op basis van vraag, aanbod en de inzet van flexibiliteitsbronnen bepalen we voor elk uur hoeveel elektriciteit moet worden afgevoerd of aangevoerd via het hoogspanningsnet.
3. We bepalen vervolgens hoeveel energie op jaarbasis niet getransporteerd kan worden (ENT), door per uurbasis de transportbehoefte te vergelijken met de beschikbare transportcapaciteit. De beschikbare transportcapaciteit is inclusief geplande uitbreidingen uit het IP2022 van TenneT (TenneT, 2022). De aannames rondom de beschikbare transportcapaciteit per cluster zijn te vinden in Paragraaf 4.1.

³ Bij de regionalisatie is bepaald hoe energievraag, het energieaanbod en de flexibiliteitsbronnen ruimtelijk neerslaan (bijvoorbeeld x% in de Eemshaven). Voor alle onderdelen van het energiesysteem is in elk van de scenario's de regionalisatie bepaald.

⁴ In de praktijk verandert niet alleen de inzet van flexibiliteitsbronnen door het aanpassen van de scenario's (meer wind op zee en aanpassingen bij twee varianten), maar ook de regionalisatie van flexibiliteitsbronnen. De elektrolysecapaciteit in het cluster schalen we daarom mee met het vermogen elektrische aanlanding. We nemen aan dat de regionalisatie van de overige flexibiliteitsbronnen weinig veranderd door de wijzigingen in de scenario's.

4. We nemen aan dat elektrische aanlanding mogelijk is totdat een nieuwe hoogspanningsverbinding gerealiseerd moet worden, dus als de jaarlijkse ENT hoger is dan 0,5 TWh (zie ook Paragraaf 3.1.2). We bepalen voor elk cluster en voor elk scenario hoeveel elektrische aanlanding van wind op zee maximaal mogelijk is totdat de jaarlijkse ENT boven de 0,5 TWh komt. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3. In dit voorbeeld (Rotterdam, scenario Decentrale Initiatieven) is 0,7 GW extra elektrische aanlanding mogelijk zonder inzet van flexibiliteitsbronnen en 2,7 GW extra elektrische aanlanding mogelijk met inzet van flexibiliteitsbronnen.
5. Bovenstaande analyse voeren we uit voor twee situaties:
 - **Zonder inzet flexibiliteitsbronnen.** We bepalen eerst hoeveel elektrische aanlanding per cluster mogelijk is zonder inzet van flexibiliteitsbronnen. Richting 2040 zal inzet van flexibiliteitsbronnen noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Naar verwachting zal de inzet van flexibiliteitsbronnen bijdragen aan het verminderen van de belasting op het hoogspanningsnet en er daarmee voor zorgen dat er meer elektrische aanlanding mogelijk is per cluster, maar dit is geen zekerheid. Daarom wordt een situatie zonder inzet van flexibiliteitsbronnen in het cluster doorgerekend.
 - **Met inzet flexibiliteitsbronnen.** We bepalen vervolgens hoeveel elektrische aanlanding per cluster mogelijk is inclusief inzet van flexibiliteitsbronnen. Bij meer elektrische aanlanding van wind op zee is het aannemelijk dat er ook meer flexibiliteitsbronnen gerealiseerd zullen worden op die locatie. Daarom schalen we het opgesteld vermogen aan flexibiliteitsbronnen mee met het vermogen elektrische aanlanding. Hierbij schalen we alleen het vermogen van elektrolyzers mee met het vermogen elektrische aanlanding, aangezien dit het meest direct gerelateerd is aan aanlanding van wind op zee en ook elektrolyzers ook de meeste impact hebben op het verminderen van de belasting op de hoogspanningsverbindingen.

Onzekerheden methodologie

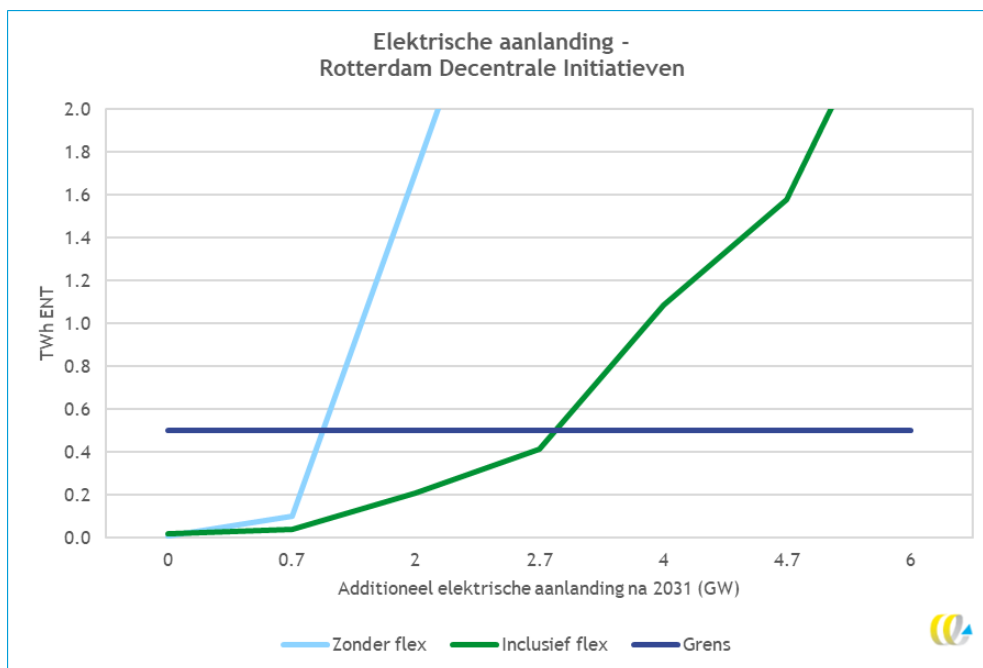
Om een goede inschatting te maken van de transportstromen over deze 380 kV-verbindingen en de impact van (elektrische) aanlanding van wind op zee is een integrale doorrekening door TenneT noodzakelijk. In deze fase van het onderzoek zijn echter nog geen doorrekeningen uitgevoerd, aangezien het gaat om een eerste verkenning. Daarom is gekozen voor de beschreven alternatieve benadering.

Er zijn echter enkele relevante factoren voor de belasting op de 380 kV-verbindingen die bij de gekozen methodiek niet meegenomen worden:

- **Impact dieper op het net.** Met de gekozen methodiek kan alleen een inschatting gemaakt worden voor de afvoerende transportverbindingen in de directe omgeving van de aanlandclusters. Echter, aanlanding van wind op zee heeft ook impact dieper op het net, op de ring van het 380 kV-net. Er zit een onderlinge samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, dus de elektrische aanlanding in één cluster heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is in een ander cluster. De impact dieper op het net kan alleen bepaald worden met een integrale doorrekening door TenneT.
- **Transit-flows bij clusters.** De belangrijkste beperking van de analyse is dat aangenomen is dat de meeste clusters op een uitloper van het 380 kV-net liggen en dat er geen doorvoer van elektriciteit is. Echter, in de praktijk zal dit alleen het geval zijn voor de kop van Noord-Holland en mogelijk Zeeland. In de andere gebieden zal in de praktijk ook doorvoer van elektriciteit plaatsvinden. Zo zal er bijvoorbeeld bij de Eemshaven naar verwachting doorvoer van elektriciteit zijn door import vanaf Duitsland bij Meeden. Het niet meenemen van de transit-flows heeft als implicatie dat de hoeveelheid (elektrische) aanlanding die mogelijk is per cluster overschat wordt.
- **Effecten import/export elektriciteit.** De impact van import en export van elektriciteit via DC-interconnectoren is meegenomen in de analyses. De impact van AC-interconnectoren niet, aangezien hiervoor een integrale doorrekening van TenneT met marktmodellering nodig is. Er zijn geen AC-interconnectoren bij de aanlandingslocaties, maar dit heeft wel impact op mogelijke transit-flows (zie voorgaand punt).

- **Transportcapaciteit in periode van onderhoud.** Het hoogspanningsnet moet bij normaal gebruik N-1 uitgelegd zijn. Echter, in periodes van onderhoud is ook N-1 redundantie noodzakelijk doordat in die periodes minder transportcapaciteit beschikbaar is. Om dit mee te nemen is een correctie uitgevoerd op de beschikbare transportcapaciteit per cluster (uitgegaan van N-1,5), maar deze aanname is een versimpeling van de werkelijke
- **Relatie ENT en uitbreiding.** In de analyse is aangenomen dat bij een ENT (Energy Not Transported) van meer van 0,5 TWh per jaar redispatch te duur wordt en nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Maar in de praktijk is dit projectafhankelijk en is het onzeker in hoe zich dit ontwikkelt richting de toekomst. Er is een gevoeligheidsanalyse gedaan (Paragraaf 5.2.1) voor een lagere grens om inzicht te geven in de effecten van deze onzekerheid.

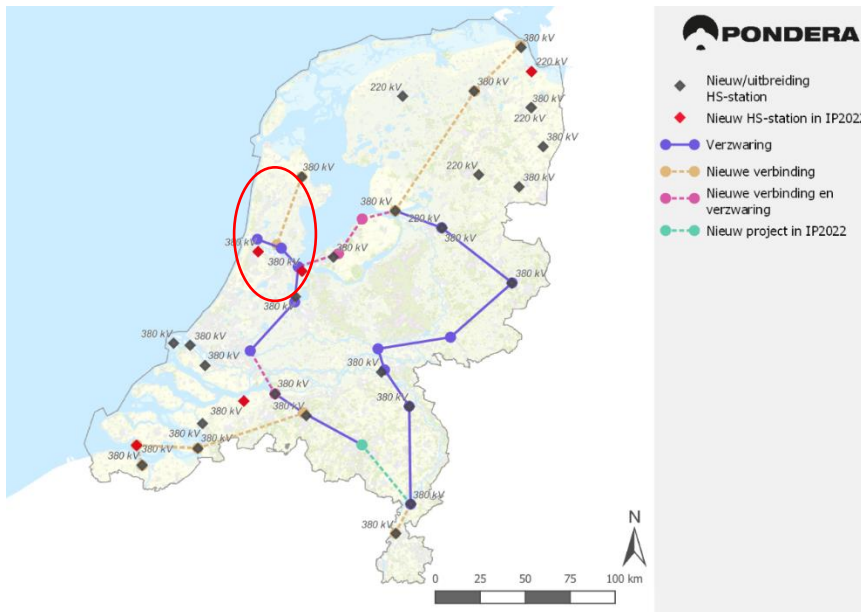
Vanwege de bovenstaande beperkingen geeft de gekozen methodiek geen exacte inschatting van de belasting op de 380 kV-verbindingen. Maar deze benadering is goed genoeg voor het doel van dit onderzoek, namelijk richting geven voor de ruimtelijke analyses. Het is de verwachting dat in de Fase IEA/plan-MER wel een integrale doorrekening van TenneT uitgevoerd zal worden, om de exacte effecten van (elektrische) aanlanding van wind op zee op de 380 kV-verbindingen in te schatten.



Figuur 3 – Illustratie Stap 4 bepaling maximale elektrische aanlanding per cluster

4.2 Overige clusters

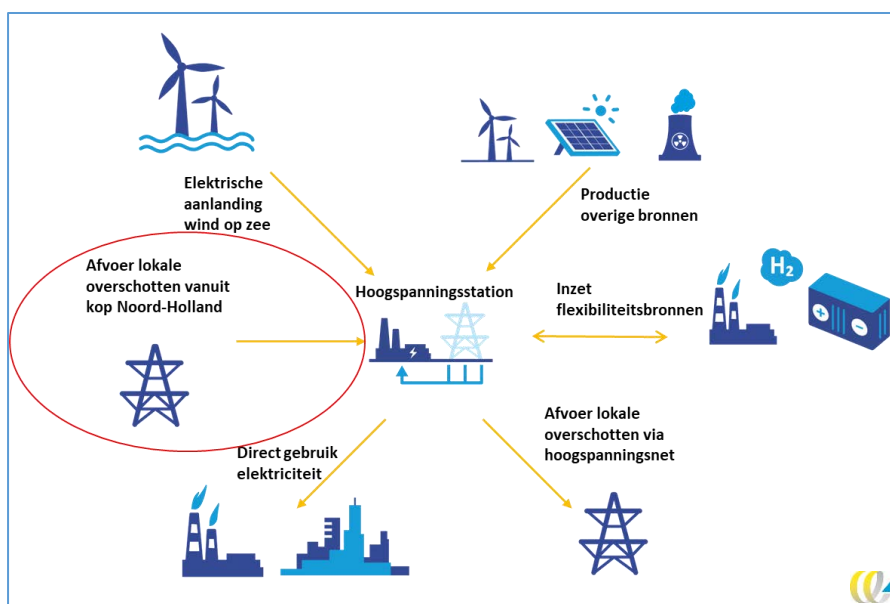
Er zijn drie clusters van aansluitlocaties die niet op een uitloper van het hoogspanningsnet liggen, namelijk het Noordzeekanaalgebied (NZKG), Noord-Brabant en Limburg. Het NZKG ligt aan de kust en is momenteel een uitloper van het 380 kV-net. Maar richting begin jaren 30 zal een 380 kV-verbinding vanaf het NZKG richting de kop van Noord-Holland aangelegd worden. Dit wordt geïllustreerd in de onderstaande figuur met de geplande uitbreidingen van de 380 kV-infrastructuur.



Figuur 4 – Aanpassingen in het hoogspanningsnet tussen nu en 2030 volgens de investeringsplannen van TenneT

Het NZKG is dan niet meer een uitloper en de lokale overschotten en tekorten van de kop van Noord-Holland zullen via het NZKG richting de rest van Nederland getransporteerd worden. Daarom zullen we de transportstromen vanaf de kop van Noord-Holland (met name door WoZ) optellen bij de belasting door aanlanding van wind op zee in het NZKG. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 5.

Bovenstaande betekent dat er een wisselwerking is tussen de hoeveelheid elektrische aanlanding in de kop van Noord-Holland en de elektrische aanlanding in het NZKG. Hoe meer elektrische aanlanding in de kop van Noord-Holland, hoe minder elektrische aanlanding mogelijk in het NZKG. In essentie kijken we dus naar deze twee gebieden in samenhang en kijken we hoeveel in Noord-Holland in totaal aangeland kan worden.



Systeemintegratie wind op zee Fase NRD pVAWOZ 2031-2040 - Bijlage Integratie elektrische aanlanding 14

Figuur 5 - Illustratie energiestromen elektrische aanlanding bij NZKG

Voor de clusters Noord-Brabant en Limburg is het niet mogelijk om met de hiervoor genoemde methodologie een goede inschatting te maken van de impact van elektrische aanlanding van wind op zee op de belasting op de hoogspanningsinfrastructuur. Hiervoor liggen deze locaties te diep in het net. Daarom zal voor deze locaties een kwalitatieve analyse gedaan worden op basis van eerdere integrale doorrekeningen van de hoogspanningsinfrastructuur voor de studie Systeemintegratie Wind op Zee 2030-2040 en de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur. Daarnaast zal de impact van aanlanding op deze locaties mogelijk onderzocht worden met een integrale doorrekening van de hoogspanningsinfrastructuur door TenneT in de Fase IEA/plan-MER van de analyses voor Systeemintegratie.

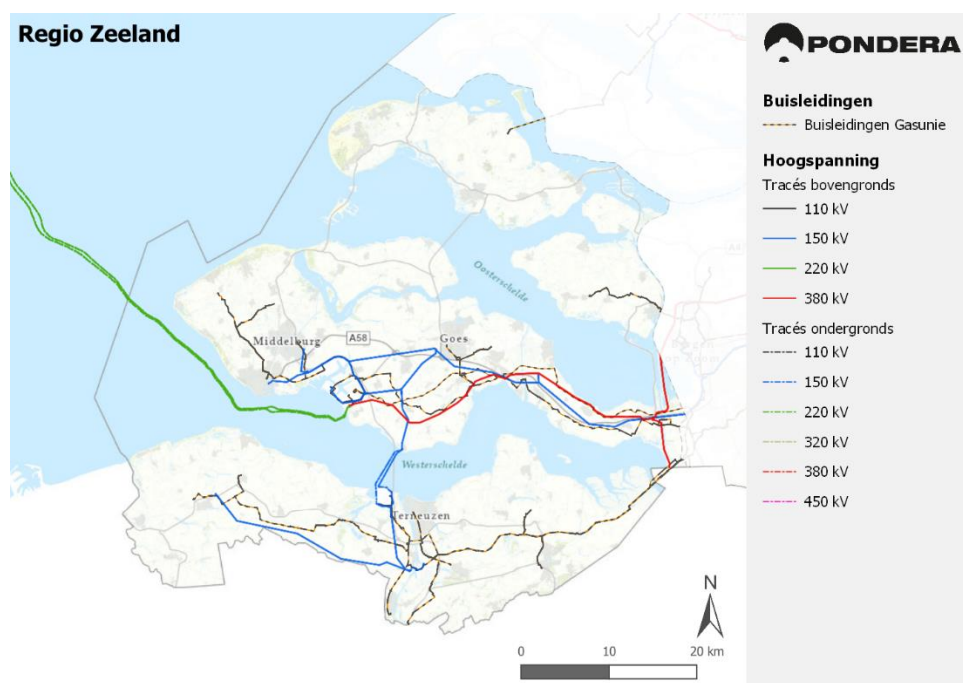
5 Resultaten integratie elektrische aanlanding

Hieronder bespreken we per hoeveel elektrische aanlanding van wind op zee mogelijk is per locatie en per scenario, voordat nieuwe hoogspanningsverbindingen aangelegd moeten worden. Eerst bespreken we de uitkomsten per cluster van aansluitlocaties. Daarna geven we een totaaloverzicht en tot slot bespreken we de samenhang tussen aanlandingen in verschillende clusters.

5.1 Resultaten per cluster

5.1.1 Zeeland

Onder het cluster Zeeland vallen de potentiële aansluitlocaties Borssele en Terneuzen. Tussen Borssele en Terneuzen zal een 380 kV-verbinding gerealiseerd worden. Vanaf Borssele lopen in 2031 vier 380 kV-circuits richting Rilland, die de overschotten afvoeren richting Noord-Brabant en de rest van Nederland. De vraag voor Zeeland is hoeveel elektrische aanlanding van wind op zee mogelijk is voordat nieuwe circuits nodig zijn bij deze verbinding. Zeeland zal in 2031 5,5 GW elektrische aanlanding van wind op zee hebben, allemaal in Borssele.



Figuur 6 – Hoogspanningsinfrastructuur Zeeland

In totaal zijn in Zeeland nul tot één extra verbindingen mogelijk tussen 2031 en 2040, zonder inzet van flexibele bronnen, en nul tot twee extra verbindingen met inzet van flexibele bronnen.

De verschillen tussen de scenario's hebben twee belangrijke oorzaken:

- **Kernenergie.** Het wel of niet plaatsen van extra kerncentrales heeft een forse impact op hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is in Zeeland. In het scenario Europese Integratie, met 3,8 GW

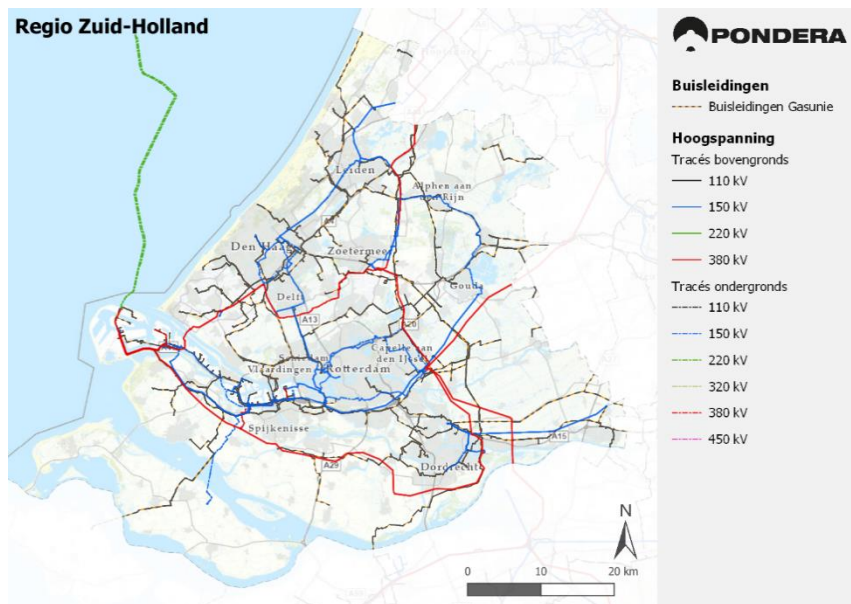
kernenergie (conform de bestaande plannen)⁵, is naar verwachting geen extra elektrische aanlanding mogelijk. Zonder inzet van flexibiliteitsbronnen zijn met de huidige plannen voor aanlanding van wind op zee tot 2031 al nieuwe hoogspanningsverbindingen noodzakelijk. Ook in het scenario Nationaal Leiderschap is er wat kernenergie in Zeeland (1 GW). Vanwege het kleinere vermogen zijn de effecten van kernenergie in dit scenario op de elektrische aanlanding die mogelijk is in Zeeland minder groot.

- **Omvang industrie.** Hoe groter de elektriciteitsvraag van de industrie, hoe meer directe benutting van elektriciteit en hoe meer elektrische aanlanding mogelijk is. Er is een forse energie-intensieve industrie in Zeeland. Als een deel van deze energie-intensieve industrie verdwijnt, in het scenario *Krimp industrie*, is minder elektrische aanlanding van wind op zee in Zeeland mogelijk.

In het scenario *Doorvoer naar buitenland* worden extra elektrische aanlandingen gerealiseerd voor de doorvoer na stroom naar België en Duitsland. De doorvoer naar België kan mogelijk via een DC-hub in de regio Zeeland lopen, conform de verhaallijn van Target Grid. In dat geval zouden tot drie extra verbindingen mogelijk zijn in Zeeland.

5.1.2 Rotterdam

Onder het cluster Rotterdam vallen de aansluitlocaties Maasvlakte, Europoort, Simonshaven, Bleiswijk en Wieringen. Vanaf de Maasvlakte lopen twee 380 kV-circuits richting Wieringen en Bleiswijk en twee circuits via Simonshaven en Crayestein naar Krimpen. In totaal zijn er dus vier 380 kV-circuits die stroom afvoeren vanuit het cluster. De stations Europoort, Bleiswijk en Wieringen liggen op de verbinding tussen de Maasvlakte en Bleiswijk, het station Simonshaven op de verbinding naar Krimpen.



Figuur 7 – Hoogspanningsinfrastructuur cluster Rotterdam

⁵ In het oorspronkelijke I13050-scenario was er minder kernenergie geprojecteerd in Zeeland. Dit is aangepast naar 3,8 GW (2 nieuwe centrales à 1,65 GW en bestaande centrale 0,5 GW) om de impact van de huidige plannen voor twee nieuwe kerncentrales in Zeeland in te kunnen schatten.

De vraag voor het cluster Rotterdam is hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is voordat de afvoercapaciteit van de in totaal vier 380 kV-circuits onvoldoende is. In de praktijk maakt het verschil op welk station in het cluster de elektrische aanlanding plaatsvindt aangezien de stations op verschillende verbindingen en een redelijk stuk uit elkaar liggen. Maar voor deze eerste analyses maken we hier geen onderscheid tussen.

Voor 2031 staat 7,5 GW elektrische aanlanding gepland in dit cluster, allemaal op de Maasvlakte. Vanwege beperkte aansluitcapaciteit en beperkte beschikbare ruimte, wordt na 2031 ook naar de andere 380 kV-stations in de buurt gekeken.

Zonder inzet van flexibele bronnen zijn naar verwachting geen extra verbindingen mogelijk na 2031. Met inzet van flexibele bronnen zijn naar verwachting nul tot twee extra verbindingen mogelijk.

Hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is in Rotterdam is met name afhankelijk van de ontwikkeling van de energie-intensieve industrie en kernenergie. Bij toepassing van kernenergie in Rotterdam (scenario *Europese Integratie*) en bij krimp van de energie-intensieve industrie (scenario *Krimp industrie*) zijn geen extra verbindingen mogelijk, ook niet bij inzet van flexibele bronnen. Bij veel elektrificatie in de industrie en geen krimp (scenario's *Nationaal Leiderschap* en *Doorvoer naar buitenland*) zijn tot twee extra verbindingen mogelijk met inzet van flexibele bronnen.

5.1.3 Kop van Noord-Holland

Onder de kop van Noord-Holland vallen de potentiële aansluitlocaties Den Helder en Middenmeer. Tot 2031 is geen aanlanding van wind op zee gepland in de kop van Noord-Holland, aangezien tot dan geen 380 kV-infrastructuur aanwezig is. Momenteel loopt een ruimtelijke procedure voor een 380 kV-verbinding vanaf de 380 kV-verbinding tussen Beverwijk en Diemen naar de kop van Noord-Holland (nog niet duidelijk vanaf welk station). Dit maakt aanlanding van wind op zee bij Middenmeer mogelijk. Voor aanlanding bij Den Helder moet de 380 kV-verbinding vanaf Middenmeer doorgetrokken worden naar Den Helder.

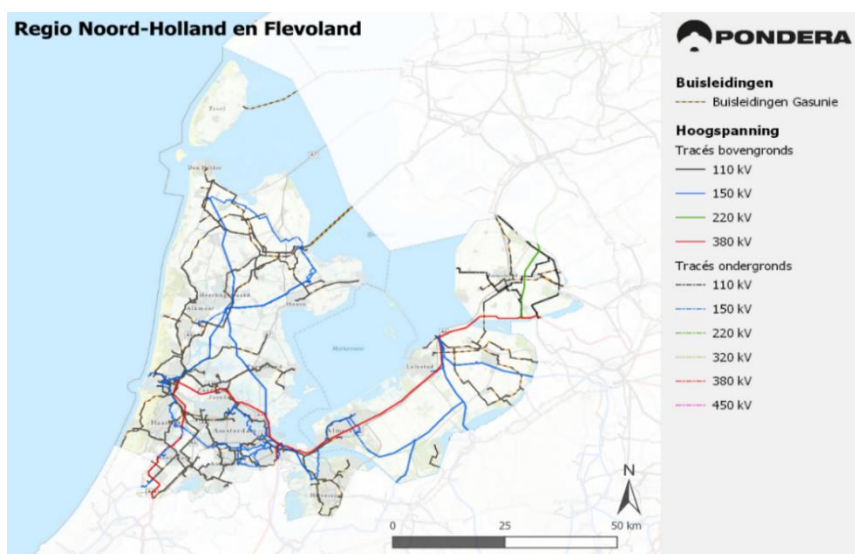
Het is op dit moment nog onduidelijk of de verbinding richting Middenmeer twee of vier circuits zal krijgen. In de ruimtelijke procedure worden beide opties onderzocht. De uiteindelijke keuze tussen twee of vier circuits is afhankelijk van de hoeveelheid wind op zee die elektrisch aanlandt in de kop van Noord-Holland en is daarmee afhankelijk van de uitkomsten van dit programma. Voor systeem-integratie zullen we zowel de optie met twee circuits als de optie met vier circuits onderzoeken.

Het is onzeker of het daadwerkelijk mogelijk is om verbindingen in de kop van NH te realiseren bij twee circuits, aangezien er ook voldoende zekerheid van levering moet zijn bij periodes van onderhoud.

Bij vier circuits kunnen drie verbindingen gerealiseerd worden zonder inzet van flexibiliteit en vier tot vijf verbindingen met inzet van flexibiliteit. De resultaten zijn behoorlijk robuust voor de kop van Noord-Holland, er zit weinig verschil tussen de uitkomsten van de verschillende scenario's. Dit betekent dat de onzekerheid van de mogelijke ontwikkelingen in deze regio weinig impact heeft op de hoeveelheid wind op zee die hier elektrisch kan aanlanden.

5.1.4 NZKG

Onder het Noordzeekanaalgebied vallen de potentiële aansluitlocaties Vijfhuizen, Velsen, Spaarndam/A10 Noord-Oost/Weesp, Westelijk deel NZKG. Vanaf Beverwijk loopt een 380 kV-verbinding met twee circuits richting Diemen door het NZKG. Bij Diemen takt deze verbinding aan op de lus van het 380 kV-net. Daarnaast loopt een 380 kV-verbinding vanaf Diemen richting Vijfhuizen en Bleiswijk. Rond 2030 wordt een 380 kV-verbinding van de kop van Noord-Holland richting het NZKG gerealiseerd (zie vorige paragraaf). De vraag voor het cluster NZKG is hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is voordat de afvoercapaciteit van deze 380 kV-circuits onvoldoende is. Hierbij moet meegenomen dat de overschotten vanaf de kop van Noord-Holland via het NZKG naar de rest van Nederland getransporteerd worden (zie Paragraaf 3.2). In het NZKG zal tot 2031 ruim 2 GW elektrische aanlanding van wind op zee gerealiseerd worden, bij Beverwijk.



Figuur 8 – Hoogspanningsinfrastructuur Noord-Holland

Hoeveel extra verbindingen mogelijk zijn in het NZKG na 2031 is afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding die gerealiseerd wordt in de kop van Noord-Holland. Daarom maken we een inschatting hoeveel extra elektrische verbindingen in totaal gerealiseerd kunnen worden in Noord-Holland. In totaal kunnen twee tot drie extra verbindingen gerealiseerd worden in Noord-Holland zonder inzet van flexibele bronnen en vier extra verbindingen met gunstige inzet van flexibiliteitsbronnen.

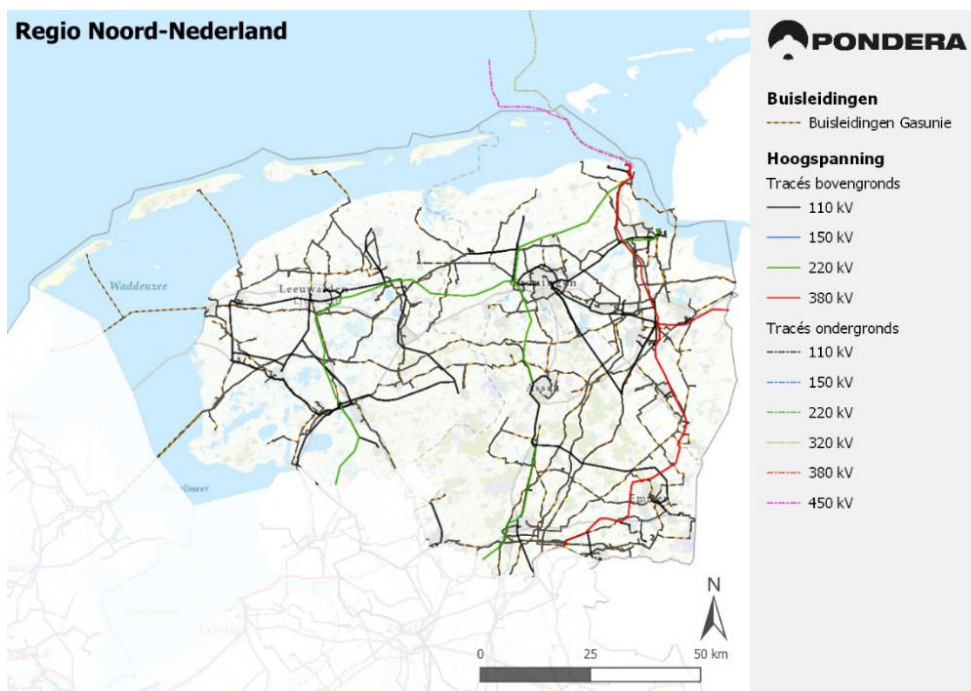
5.1.5 Groningen

Onder Groningen valt de aansluitlocatie Eemshaven. Vanaf de Eemshaven loopt een 380 kV-verbinding met twee circuits richting Meeden en vervolgens richting Zwolle. Daarnaast wordt een 380 kV-verbinding gerealiseerd vanaf de Eemshaven richting Vierverlaten en vervolgens richting Ens. Deze verbinding krijgt vier circuits tot Vierverlaten en vanaf Vierverlaten twee circuits. In totaal zijn er dus zes afvoerende 380 kV-circuits tot Vierverlaten en vier 380 kV-circuits vanaf Vierverlaten. De vraag voor het cluster Groningen is hoeveel elektrische aanlanding mogelijk is voordat de afvoercapaciteit van deze 380 kV-circuits onvoldoende is. De Eemshaven zal in 2031 4,7 GW elektrische aanlanding van wind op zee hebben.

Rol interconnectie Meeden-Duitsland

Bij Meeden is het Nederlandse hoogspanningsnet verbonden met het Duitse hoogspanningsnet via een AC-interconnectie. De uitwisseling van elektriciteit met Duitsland via deze interconnectie heeft impact op de belasting op de 380 kV-verbinding vanaf de Eemshaven naar Meeden en Zwolle. Deze uitwisseling is echter niet meegenomen in de analyse, aangezien deze bepaald moet worden door middel van een integrale modellering van de scenario's door TenneT. De interconnectie bij Meeden kan ervoor zorgen dat meer elektrische aanlanding mogelijk is in de Eemshaven, als op momenten met veel productie van wind op zee export richting Duitsland plaatsvindt. Maar het kan ook zo zijn dat minder elektrische aanlanding mogelijk is, als op momenten met veel productie van wind op zee import vanuit Duitsland plaatsvindt. Daarmee is dit een onzekerheid in de resultaten. Naar verwachting kunnen de bovenstaande resultaten voor de elektrische aanlanding die mogelijk is in de Eemshaven met maximaal 1 kabel van 2 GW afwijken. Een integrale doorrekening van de hoogspanningsinfrastructuur is noodzakelijk om de exacte impact van deze interconnectie te bepalen.

In de Eemshaven zijn daarnaast ook twee DC interconnecties aanwezig, één naar Denemarken en één naar Noorwegen. De uitwisseling van elektriciteit via deze kabels is wel meegenomen in de modellering, aangezien deze inzet bepaald kan worden in het Energietransitiemodel en hiervoor geen integrale modellering door TenneT noodzakelijk is.



Figuur 9 – Hoogspanningsinfrastructuur Groningen

Zonder inzet van flexibiliteitsbronnen kunnen naar verwachting twee tot drie extra verbindingen gerealiseerd worden en met gunstige inzet van flexibele bronnen drie tot vier extra verbindingen. Bij een grotere rol voor elektrificatie (in de scenario's *Nationaal Leiderschap* en *Doorvoer naar buitenland*) kunnen vier extra verbindingen gerealiseerd worden, anders drie.

Haalbaarheid doelstelling 33% aanlanding in Groningen

Er is toegezegd dat van de nog aan te leggen capaciteit richting 2050 tenminste 33% in de provincie Groningen zal worden aangeland. Voorwaarden voor deze aanlanding zijn een goede ruimtelijke inpassing en de uitkomsten van het lopende onderzoek naar aanlandingsmogelijkheden in Eemshaven (Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven).

Tot 2040 kunnen, met inzet van flexibiliteitsbronnen, vanuit het perspectief van systeemintegratie drie tot vier extra elektrische verbindingen (6-8 GW) gerealiseerd worden. Inclusief de bestaande plannen gaat het dan om in totaal 10,7 tot 12,7 GW in 2040. Richting 2040 kan mogelijk nog extra elektrische aanlanding gerealiseerd worden.

Daarnaast zijn er plannen voor de ontwikkeling van pilot voor 500 MW offshore elektrolyse, waarvan de geproduceerde waterstof aan zal landen in de Eemshaven. De buisleiding voor waterstofaanlanding bij de Eemshaven zal overgedimensioneerd worden. Deze buisleiding zal naar verwachting een capaciteit krijgen van minimaal 10-15 GW waterstof. Dit betekent dat na 2031 nog andere windparken in combinatie met offshore elektrolyse aan kunnen takken op deze buisleiding. Uitgaande van een efficiëntie van 67% (Netbeheer Nederland, 2023) kan tussen de 15 en 22 GW aan windparken op zee aan land gebracht worden bij de Eemshaven met deze buisleiding.

Samen is dit veel meer dan de 23 GW aanlanding die overeenkomt met 33% van de totale energie van 70 GW windparken op zee in 2050. Dus vanuit het perspectief van systeemintegratie lijkt dit besluit haalbaar te zijn. Verder onderzoek zal noodzakelijk zijn om in te schatten of dit ook ruimtelijk haalbaar is.

De resultaten zijn behoorlijk robuust voor de Eemshaven, er zit weinig verschil tussen de uitkomsten van de verschillende scenario's. Dit betekent dat de onzekerheid van de mogelijke ontwikkelingen in deze regio weinig impact heeft op de hoeveelheid wind op zee die hier elektrisch kan aanlanden.

5.1.6 Noord-Brabant en Limburg

In het cluster Noord-Brabant wordt gekeken naar de aansluitlocaties Moerdijk en Tilburg. Op beide stations is nu geen 380 kV-station aanwezig, maar wordt dit gerealiseerd richting 2030. Momenteel loopt één 380 kV-verbinding met twee circuits vanaf Zeeland, via Moerdijk, naar Geertruidenberg. Er loopt momenteel een procedure voor een tweede 380 kV-verbinding met twee circuits vanaf Zeeland naar Tilburg. Daarnaast loopt een 380 kV-verbinding vanaf Krimpen in Zuid-Holland naar Geertruidenberg. In Noord-Brabant komen dus 380 kV-verbindingen vanaf Zeeland en Zuid-Holland samen. Vanaf Geertruidenberg loopt een 380 kV-verbinding via Tilburg naar Eindhoven en verder naar Limburg (tot Tilburg drie circuits, daarna twee).



Figuur 10 – Hoogspanningsinfrastructuur Zuid-Nederland

Aangezien de locaties Moerdijk en Tilburg niet op uitlopers in het hoogspanningsnet liggen is het met onze methodiek niet mogelijk om te bepalen hoeveel elektrische aanlanding op deze locaties mogelijk is, daar is een integrale doorrekening van de hoogspanningsinfrastructuur voor nodig. In plaats daarvan zullen we een kwalitatieve beschouwing doen en daarbij putten uit uitkomsten van eerdere onderzoeken. In de volgende fase van het onderzoek kunnen deze uitkomsten mogelijk verrijkt worden door een integrale doorrekening door TenneT.

Tot 2031 vindt 2 GW elektrische aanlanding van wind op zee in Noord-Brabant plaats, naar verwachting bij Moerdijk. Extra aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant kan twee effecten hebben op de 380 kV-verbindingen (Pondera Consult & CE Delft, 2023):

1. De belasting op het 380 kV-net tussen de Maasvlakte en Noord-Brabant wordt naar verwachting minder als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding op de Maasvlakte. Dit komt doordat een deel van de elektriciteit van windparken op zee doorgevoerd wordt richting Limburg en België en Duitsland en het transport van deze elektriciteit vanaf de Maasvlakte naar Brabant loopt. De belasting op het 380 kV-net tussen Borssele/Slogebied en Noord-Brabant neemt af als aanlanding van windenergie op zee in Noord-Brabant in de plaats komt van aanlanding in Zeeland.
2. Er kunnen mogelijk nieuwe knelpunten op 380 kV-verbindingen ontstaan rondom Moerdijk en Tilburg bij grote vermogens elektrische aanlanding.

Vanuit het hoogspanningsnet is het dus mogelijk gunstig als elektrische aanlanding plaatsvindt in Noord-Brabant in plaats van in Zeeland of Zuid-Holland. Maar hoeveel verbindingen mogelijk zijn voordat nieuwe knelpunten ontstaan is onduidelijk. Hoeveel elektrische aanlanding in Noord-Brabant mogelijk is, is ook in grote mate afhankelijk van de hoeveelheid elektrische aanlanding in Zuid-Holland en Zeeland vanwege de doorvoer van elektriciteit vanaf deze kustlocaties naar Limburg en het buitenland.

In Limburg wordt gekeken naar de aansluitlocaties Maasbracht en Chemelot. Bij aanlanding van Limburg zouden HVDC-kabels vanaf de kust, via de Delta Rhine Corridor, richting Limburg getrokken worden. We kijken naar drie verbindingen in Limburg, aangezien dat naar verwachting het maximaal haalbare is binnen de ruimte van de Delta Rhine Corridor.

Er is naar verwachting veel transport van elektriciteit nodig richting Limburg door de elektriciteitsvraag van Chemelot en mogelijke export van elektriciteit richting België en Duitsland. Door diepe aanlanding in Limburg kan de belasting op de bovengrondse 380 kV-verbindingen vanaf de kust, via Noord-Brabant, naar Limburg verminderd worden. Echter, bij teveel elektrische aanlanding in Maasbracht kunnen nieuwe knelpunten ontstaan.

Aangezien Maasbracht en Chemelot op een uitloper van het hoogspanningsnet liggen, kan met de methodiek die gehanteerd is voor de aansluitlocaties aan de kust een inschatting gemaakt worden van de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is. Uit die analyse volgt dat in elk van de scenario's voor 2040 drie extra verbindingen in Limburg mogelijk zijn. Daarbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat in deze analyse geen import en export naar Duitsland meegenomen is, ondanks dat het bij deze locatie wel een belangrijke rol speelt. Het is op dit moment namelijk niet mogelijk om een inschatting te maken van de import en export van elektriciteit vanuit Maasbracht in elk van de scenario's. Hier is een integrale doorrekening van de scenario's, inclusief modellering van het buitenland, door TenneT noodzakelijk. Het is echter de verwachting dat er op momenten met veel productie van wind op zee meestal export van elektriciteit plaatsvindt, en dat daarmee juist meer elektrische aanlanding van wind op zee mogelijk is. Daarom is het de verwachting dat in elk van de scenario's 6 GW elektrische aanlanding in Maasbracht mogelijk is.

In de Integrale Effectenanalyse van het Programma Energiehoofdstructuur zijn de effecten van diepe aanlanding in Maasbracht op de hoogspanningsinfrastructuur onderzocht. In dat onderzoek is voor 2050 een scenario met 6 GW elektrische aanlanding in Maasbracht doorgerekend door TenneT. Uit die doorrekening volgt dat in 2050 6 GW elektrische aanlanding in Maasbracht mogelijk is, zonder dat nieuwe knelpunten op de hoogspanningsinfrastructuur ontstaan (Pondera Consult & CE Delft, 2023). Dit versterkt de verwachting dat drie verbindingen in Limburg mogelijk zijn.

5.2 Totaaloverzicht

De onderstaande tabel geeft een totaaloverzicht van de elektrische aanlanding die mogelijk is per regio, zonder en met inzet van flexibele bronnen. In deze tabel zijn de kop van Noord-Holland en het NZKG samengepakt, aangezien er een directe relatie zit tussen de elektrische aanlandingen die mogelijk zijn op deze locaties.

Tabel 4 – Totaaloverzicht extra elektrische aanlanding mogelijk per cluster, met inzet flexibiliteitsbronnen

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibiliteitsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibiliteitsbronnen)
Groningen	Twee tot drie extra verbindingen	Drie tot vier extra verbindingen
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee tot drie extra verbindingen	Vier extra verbindingen
Rotterdam	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot twee extra verbindingen
Zeeland	Nul tot één extra verbindingen	Nul tot twee extra verbindingen
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Maximaal drie verbindingen	Maximaal drie verbindingen
DC Hub Zuidwest Nederland	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul
Totaal	Acht tot elf extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)	Tien tot achttien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)

5.2.1 Gevoeligheidsanalyse lagere ENT

In de bovenstaande analyses is aangenomen dat bij een ENT (Energy Not Transported) van meer van 0,5 TWh per jaar redispatch te duur wordt en nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig zijn. Maar in de praktijk is dit projectafhankelijk en is het onzeker in hoe zich dit ontwikkelt richting de toekomst. Daarnaast is het wenselijk om de kosten voor redispatch zo laag mogelijk te houden. Daarom hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij we de bovenstaande analyses uitvoeren voor een maximale ENT van 0,1 TWh per jaar in plaats van 0,5 TWh per jaar. De volgende tabellen geven de uitkomsten hiervan.

Tabel 5 – Totaaloverzicht extra elektrische aanlanding mogelijk per cluster, zonder inzet flexibiliteitsbronnen – gevoeligheidsanalyse maximale ENT 0,1 TWh per jaar

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen (exclusief flexibiliteitsbronnen)	Aantal elektrische aansluitingen (inclusief flexibiliteitsbronnen)
Groningen	Twee extra verbindingen	Twee tot drie extra verbindingen
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee extra verbindingen	Drie tot vier extra verbindingen

Rotterdam	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot één extra verbindingen
Zeeland	Geen extra verbinding mogelijk	Nul tot één extra verbindingen
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Maximaal drie verbindingen	Maximaal drie verbindingen
DC Hub Zuidwest Nederland	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul	Drie verbindingen bij scenario doorvoer naar buitenland, anders nul
Totaal	Zeven tot tien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)	Acht tot vijftien extra verbindingen (exclusief Noord-Brabant)

5.2.2 Gevoeligheidsanalyse hybride aansluitingen

Na 2030 is het een mogelijkheid om energiehub te realiseren waarbij meerdere kabels op zee samenkomen bij een energiehub waar vervolgens elektrolyse toegepast wordt. Vanaf deze energiehub wordt vervolgens elektriciteit en waterstof richting de kust getransporteerd. Bij dit concept wordt ook wel gesproken van hybride aansluitingen. Door het realiseren van een energiehub vindt systeemintegratie op zee plaats en kan op zee de conversie van elektriciteit naar waterstof al geoptimaliseerd worden waardoor de elektrische verbindingen een hogere benuttingsgraad hebben. Een hogere benuttingsgraad van de elektrische verbindingen richting de kust heeft impact op de elektriciteit die afgevoerd moet worden vanaf de aansluitlocaties en daarmee mogelijk ook op de hoeveelheid elektrische verbindingen die per cluster gerealiseerd kunnen worden.

In de eerdere analyses zijn we uitgegaan van radiale verbindingen. Om het effect van hybride aansluitingen op de hoeveelheid elektrische verbindingen die mogelijk zijn per cluster hebben te onderzoeken hebben we een gevoeligheidsanalyse gedaan. Bij deze gevoeligheidsanalyse hebben we aangenomen dat alle extra verbindingen na 2030 hybride aansluitingen zijn. We gaan uit van één 2 GW elektrische verbinding per 4 GW aan windparken, dus een verhouding 1:2. Hierdoor gaat de benuttingsgraad van de verbinding richting de kust omhoog van 55% (4.900 vollasturen per jaar) naar 75% (6.600 vollasturen per jaar). Verder is de methodiek van de gevoeligheidsanalyse exact gelijk aan de methodiek omschreven in Hoofdstuk 4. Deze gevoeligheidsanalyse hebben we gedaan voor het scenario Nationaal Leiderschap.

De uitkomsten laten zien dat er iets minder extra verbindingen mogelijk zijn per cluster, indien hybride aansluitingen toegepast worden. Daartegenover staat dat er naar verwachting in totaal minder nieuwe elektrische verbindingen richting de kust nodig zijn in dat geval, aangezien per verbinding meer elektriciteit richting de kust getransporteerd wordt (meer hierover in bijlage *Benutting windenergie*).

Tabel 6 – Inschatting mogelijke extra verbindingen per cluster scenario Nationaal Leiderschap, met radiale aansluitingen en hybride aansluitingen.

Cluster	Aantal elektrische aansluitingen bij radiale aansluitingen	Aantal elektrische aansluitingen bij hybride aansluitingen ⁶
Groningen	Twee extra verbindingen zonder flex Vier extra verbindingen met flex	Twee extra verbindingen zonder flex Drie extra verbindingen met flex
Noord-Holland (kop NH + NZKG)	Twee extra verbindingen zonder flex Vier extra verbindingen met flex	Twee extra verbindingen zonder flex Drie extra verbindingen met flex
Rotterdam	Nul extra verbindingen zonder flex Twee extra verbindingen met flex	Nul extra verbindingen zonder flex Eén extra verbindingen met flex
Zeeland	Nul extra verbindingen zonder flex Twee extra verbindingen met flex	Nul extra verbindingen zonder flex Eén extra verbindingen met flex
Noord-Brabant	Onbekend	Onbekend
Limburg	Drie extra verbindingen	Drie extra verbindingen
Totaal	Tien extra verbindingen zonder flex Achttien extra verbindingen met flex Beiden exclusief Noord-Brabant	Tien extra verbindingen zonder flex Veertien extra verbindingen met flex Beiden exclusief Noord-Brabant

5.3 Conclusies

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In Groningen, Noord-Holland en Limburg is het aantal extra elektrische aansluitingen dat mogelijk zijn vrij robuust in de verschillende scenario's.
- In Rotterdam en Zeeland is de hoeveelheid extra elektrische aansluiting die mogelijk is erg afhankelijk van met name de ontwikkeling van de industrie en het wel of niet plaatsen van kerncentrales.
- De som van het aantal verbindingen dat per locatie mogelijk is, is groter dan het totaal aan extra elektrische verbindingen dat nodig is in de verschillende scenario's (zie bijlage *Benutting windenergie*) en de circa tien elektrische verbindingen waar in pVAWOZ 2031-2040 naar gezocht wordt. Dit impliceert dat het, zonder inachtneming van de ruimtelijke beperkingen, de aansluitcapaciteit en de effecten dieper op het net (meer hierover in volgende alinea), in principe mogelijk is om alle extra elektrische aansluiting tot 2040 te faciliteren zonder dat extra 380 kV-verbindingen noodzakelijk zijn bovenop de geplande uitbreidingen.

Echter, het is in de praktijk niet mogelijk om simpelweg de mogelijke aansluiting per cluster op te tellen. Er zit een onderlinge samenhang tussen aansluitingen in verschillende clusters. Op bepaalde punten van het hoogspanningsnet komen stromen vanuit verschillende clusters samen, dus de

⁶ Bij de situatie met flex nemen we aan dat er ook nog onshore elektrolyse toegepast wordt. In de praktijk is dit echter de vraag, aangezien bij hybride aansluitingen de elektrolyzers op zee al flexibel ingezet worden. Het is dus de vraag in hoeverre de situatie met flex realistisch is.

elektrische aanlanding in één cluster heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is in een ander cluster. Uit verschillende studies blijkt dat er knelpunten kunnen ontstaan op de 380 kV-verbindingen door Noord-Brabant door transport van wind op zee richting Limburg (Pondera Consult & CE Delft, 2023) (TenneT, 2023). De afgevoerde windstroom vanuit aanlandingen in Zeeland, Rotterdam en Noord-Brabant komt hier samen. Dit betekent dat de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is op deze locaties mogelijk verder beperkt wordt door de beschikbare transportcapaciteit in Noord-Brabant en Limburg. Daarom is het de verwachting dat spreiding van aanlandingen voordelig kan zijn, al moet dat ook in samenhang met vraagontwikkeling in de clusters en het hele netwerk gezien worden. Om de impact van aanlanding van wind op zee dieper op het 380 kV-net goed in te schatten zijn integrale doorrekeningen door TenneT noodzakelijk.

6 Beschouwing impact flexibiliteitsbronnen

Richting 2040 zal inzet van flexibiliteitsbronnen noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit. Maar inzet van flexibiliteitsbronnen kan ook zorgen voor meer directe benutting van elektriciteit op de aansluitlocaties. Overschotten van elektriciteit worden hierdoor direct op de aansluitlocaties gebruikt en hoeven niet verder getransporteerd te worden via hoogspanningsverbindingen. Zo zorgen flexibiliteitsbronnen dat meer elektrische aanlanding mogelijk is op aansluitlocaties, voordat uitbreidingen aan de hoogspanningsinfrastructuur noodzakelijk zijn.

In dit hoofdstuk gaan we in meer detail in op de impact van flexibiliteitsbronnen op integratie van elektrische aanlanding van wind op zee in het energiesysteem op land. Eerst beschrijven we de belangrijkste bronnen van flexibiliteit die impact hebben op elektrische aanlanding. Vervolgens beschrijven we de impact van de verschillende flexibiliteitsbronnen en tot slot gaan we in op de gezamenlijke impact van de inzet van verschillende flexibiliteitsbronnen.

6.1 Welke flexibiliteitsbronnen hebben impact op elektrische aanlanding?

De belangrijkste flexibiliteitsbronnen die impact hebben op de elektrische aanlanding zijn:

- **Curtaillment.** Bij voorkeur worden overschotten van elektriciteit nuttig benut, bijvoorbeeld met vraagsturing, batterijen of elektrolyse. Maar voor de hoogste pieken van de productie is dit niet rendabel. Daarom zal in de toekomst een deel van de hernieuwbare elektriciteit gecurtailed worden, ook voor wind op zee. Het aftoppen van de grootste pieken van de productie van wind op zee zorgt voor minder grote lokale overschotten.
- **Vraagsturing en power-to-heat in de industrie.** De energie-intensieve industrie opereert voornamelijk op vollast. Dit betekent dat zij het hele jaar constant draaien. Bij vraagsturing worden de productievolumes op- of afgeschroefd op basis van de beschikbare elektriciteit van wind op zee. Bij power-to-heat wordt extra warmte geproduceerd en opgeslagen in buffers. Bij beide opties wordt extra elektriciteitsvraag gegenereerd op momenten met veel productie van wind op zee en kan een groter deel van de elektriciteit direct benut worden op de aansluitlocatie.
- **Batterijen.** Batterijen kunnen elektriciteit opslaan op momenten van overschotten en deze elektriciteit weer invoeden op momenten van tekorten. Als batterijen geplaatst worden op aansluitlocaties, dan kunnen deze een deel van de lokale overschotten opslaan. Flowbatterijen zijn geschikter dan Li-ion voor de integratie van elektrische aanlanding, aangezien flowbatterijen voor langere periodes elektriciteit kunnen opslaan en de overschotten van wind op zee doorgaans langere tijd aanhouden (uren of dagen, soms nog langer).
- **Elektrolyse.** Elektrolyzers op aansluitlocaties kunnen worden ingezet om overschotten van elektriciteit om te zetten in waterstof. Hierdoor hoeven deze overschotten niet verder getransporteerd te worden via het hoogspanningsnet. Bij hybride aansluitingen worden elektrolyzers op zee flexibel ingezet, waardoor ook minder overschotten getransporteerd hoeven te worden via het hoogspanningsnet.
- **Interconnectie.** Bij Rotterdam, de Eemshaven en Maasbracht zijn interconnecties aanwezig. Bij Rotterdam is een DC-interconnectie aanwezig met Groot-Brittannië en bij de Eemshaven zijn DC interconnecties aanwezig met Denemarken en Noorwegen. Bij Maasbracht zijn AC-interconnecties aanwezig met Duitsland en België. Via interconnecties kunnen overschotten van wind op zee afgevoerd worden richting andere landen, maar het kan ook zo zijn dat er juist sprake is

van import op momenten met veel productie van wind op zee. Dit is afhankelijk van de relatieve elektriciteitsprijzen in Nederland ten opzichte van de andere landen. Het effect van interconnectie kan dus zowel positief als negatief zijn. De inzet van DC-interconnecties (bij Rotterdam en Eemshaven) is meegenomen in de analyses. De inzet van AC-interconnecties (bij Maasbracht) niet omdat hiervoor een integrale doorrekening van TenneT noodzakelijk is.

6.2 Wat is de impact van de verschillende flexibiliteitsbronnen?

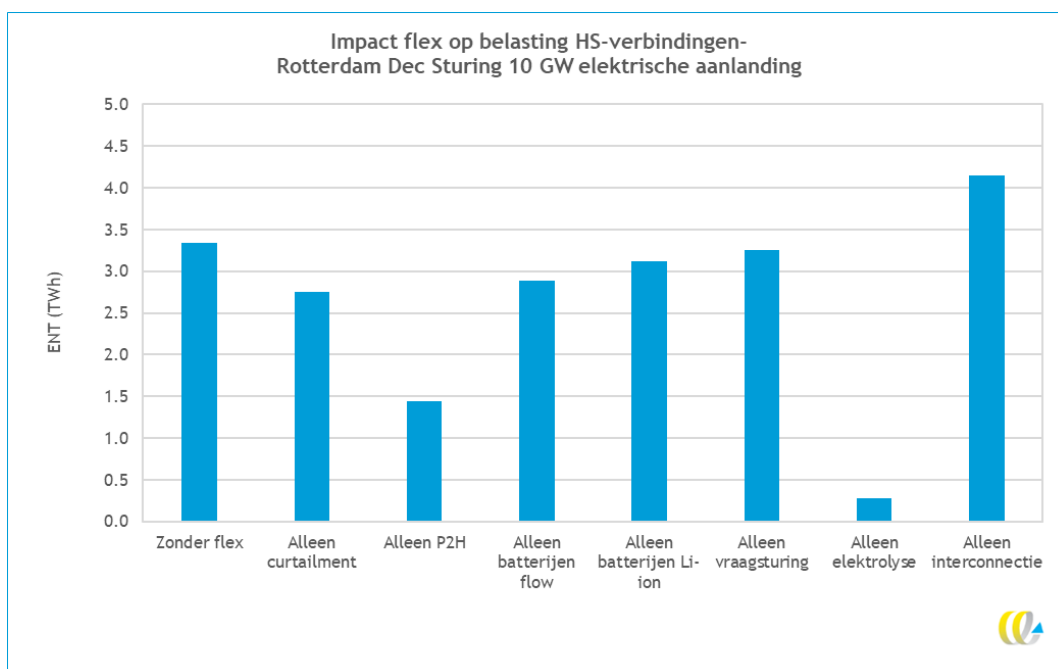
Het verschilt per type flexibiliteitsbron in welke mate ze kunnen bijdragen aan het verminderen van de lokale overschotten en daarmee op de belasting op de hoogspanningsnet. Figuur 11 en Figuur 12 geven voor twee specifieke situaties weer wat de impact van de verschillende flexibiliteitsbronnen is op de energie die niet getransporteerd kan worden door de afvoerende hoogspanningsverbindingen (ENT).

Elektrolyzers bij aansluitlocaties kunnen, in sommige gevallen, ook extra knelpunten door afname van elektriciteit veroorzaken. Dit komt doordat elektrolyzers ook op momenten met weinig aanbod van wind op zee ingezet zullen worden, op momenten dat er veel productie is van zon-pv.

Figuur 11 geeft de impact voor het cluster Rotterdam in het scenario Decentrale Sturing, met in totaal 10 GW elektrische aanlanding. Zonder inzet van flexibiliteitsbronnen is de ENT in deze situatie een stuk hoger dan 0,5 TWh en is een nieuwe hoogspanningsverbinding noodzakelijk, maar met inzet van flexibiliteitsbronnen is de ENT lager dan 0,5 TWh. Dit is dus een situatie waarbij de inzet van flexibiliteitsbronnen ervoor zorgt dat dit vermogen aan elektrische aanlanding wel mogelijk is.

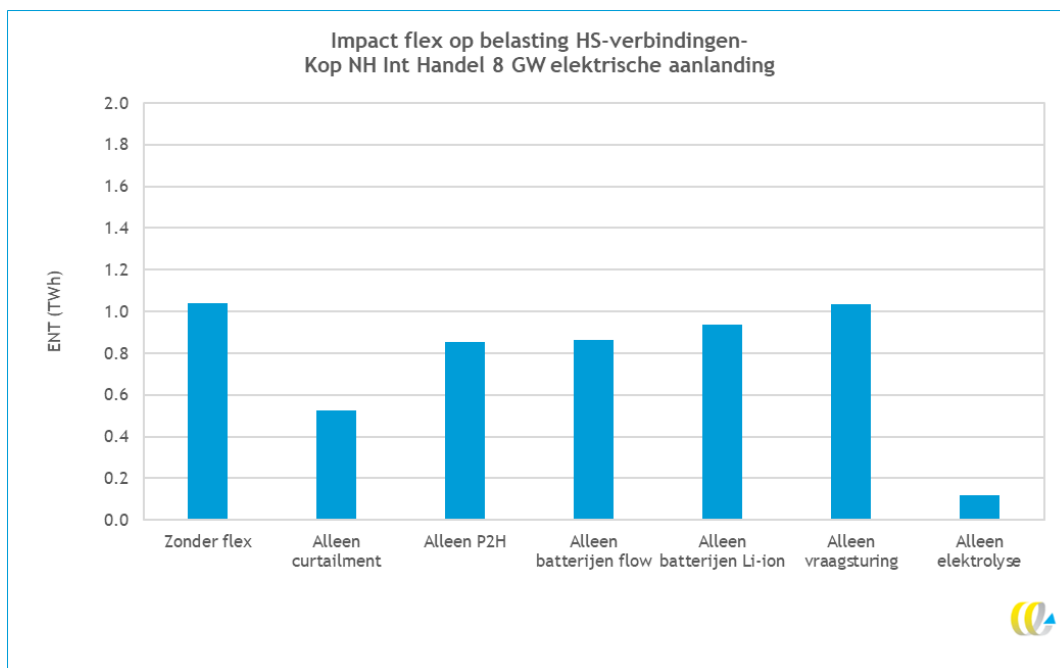
De figuur laat zien dat curtailment een kleine bijdrage aan het verminderen van lokale overschotten. In Rotterdam is veel industrie aanwezig. Daardoor kan power-to-heat van deze industrie een significante bijdrage leveren aan het opnemen van de lokale overschotten. De impact van vraagsturing is daarentegen beperkt. Inzet van batterijen heeft weinig impact op het verminderen van de lokale overschotten, al zijn flowbatterijen hiervoor wel iets geschikter van Li-ion batterijen. Elektrolyse heeft de grootste impact op het opnemen van lokale overschotten en het verlagen van de elektriciteit die niet afgevoerd kan worden en dat dit in dit geval de belangrijkste bron van flexibiliteit is die ervoor zorgt dat meer elektrische aanlanding mogelijk is.

Uit de analyses blijkt dat de interconnectie met Groot-Brittannië vanuit Rotterdam juist tot meer lokale overschotten van elektriciteit die niet afgevoerd kunnen worden leidt. Dit komt naar verwachting omdat op momenten met veel wind op zee productie in Nederland ook in Groot-Brittannië veel productie met wind op zee plaatsvindt.



Figuur 11 – Impact flexibiliteitsbronnen op belasting HS-verbindingen, Rotterdam Decentrale Sturing 10 GW

Figuur 12 toont de impact van flexibiliteitsbronnen op de belasting op de HS-verbindingen in het scenario Internationale Handel bij in totaal 8 GW elektrische aanlanding (en 4 380 kV-circuits tussen kop NH en NZKG). In de kop van Noord-Holland is weinig industrie, daarom is de impact van Power-to-Heat hier relatief kleiner. Verder is het beeld vergelijkbaar met de situatie in Rotterdam. Elektrolyse levert de grootste bijdrage aan het faciliteren van extra elektrische aanlanding en daarna curtailment. De inzet van batterijen heeft slechts een kleine impact op het verminderen van lokale overschotten van elektriciteit.



Figuur 12 - Impact flexibiliteitsbronnen op belasting HS-verbindingen, Kop van Noord-Holland Internationale Handel 8 GW

In de praktijk wordt geen keuze gemaakt tussen de verschillende flexibiliteitsbronnen, maar zullen al deze vormen van flexibiliteit nodig zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit op nationaal niveau. Het handhaven van deze systeembalans zal de belangrijkste driver zijn voor het realiseren van deze flexibiliteitsbronnen. Bovenstaande analyse levert echter wel inzicht op voor de vraag of het zinvol is dat deze flexibiliteitsbronnen op aansluitlocaties voor wind op zee te realiseren, aangezien ze dan ook kunnen bijdragen aan de integratie van elektrische aanlanding van wind op zee in het elektriciteitssysteem op land.

Uit de analyses volgt dat het voor de integratie van elektrische aanlanding van wind op zee in het elektriciteitssysteem op land belangrijk is om elektrolyzers te realiseren op de aansluitlocaties, in plaats van op andere locaties in het land. Ook curtailment van wind op zee draagt bij aan het integreren van windstroom. Inzet van batterijen heeft weinig impact op integratie van elektrische aanlanding van wind op zee in het elektriciteitssysteem. Batterijen zijn wel nodig voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit op nationaal niveau, maar vanuit het perspectief van integratie elektriciteit van wind op zee is het niet persé nodig dat dit op de aansluitlocaties van wind op zee gebeurt. Al kunnen er andere overwegingen zijn om batterijen op deze locaties te plaatsen, zoals de grote hoeveelheid transportcapaciteit op deze locaties.

Elektrolyzers bij aansluitlocaties kunnen ook extra knelpunten door afname van elektriciteit veroorzaken. Dit komt doordat elektrolyzers ook op momenten met weinig aanbod van wind op zee ingezet zullen worden, op momenten dat er veel productie is van zon-pv. Bij de gehanteerde aannames in de scenario's kan inzet van elektrolyzers op momenten met weinig wind op zee bij de **Systeemintegratie wind op zee Fase NRD pVAWOZ 2031-2040 - Bijlage Integratie elektrische aanlanding 31**

Rotterdam en in mindere mate bij Zeeland tot knelpunten door afname leiden. De knelpunten waren in alle gevallen echter niet zo erg nieuwe uitbreidingen nodig zijn richting 2040 (ENT kleiner dan 0,5 TWh). Echter, bij het plaatsen van grotere vermogens aan elektrolyzers en bij extra elektrificatie tussen 2040 en 2050 kan dit wel het geval zijn. Dit is een aandachtspunt bij de realisatie van elektrolyzers op de aansluitlocaties.

6.3 Wat is de gezamenlijke impact van de flexibiliteitsbronnen?

Bij de analyses in Hoofdstuk 5 hebben we de gezamenlijke impact van de verschillende flexibiliteitsbronnen meegenomen. Uit de resultaten van dit hoofdstuk kan geconcludeerd worden dat de inzet van flexibiliteitsbronnen ervoor zorgt dat fors meer elektrische aanlanding van wind op zee in het systeem op land geïntegreerd kan worden (zonder uitbreidingen van hoogspanningsverbindingen).

In totaal kunnen door de inzet van flexibiliteitsbronnen naar verwachting tussen de twee en zeven extra verbindingen gerealiseerd worden tot 2040, afhankelijk van het scenario. Dit benadrukt de belangrijke rol van flexibiliteitsbronnen bij het integreren van elektriciteit van windparken op zee in het energiesysteem op land. Het is daarom nodig, vanuit het perspectief van systeemintegratie, om er op te sturen dat de flexibiliteitsbronnen die noodzakelijk zijn voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit gerealiseerd worden bij aansluitlocaties. Dit geldt met name voor elektrolyzers, indien deze op land geplaatst worden. Het is ook mogelijk dat flexibele elektrolyse op zee toegepast wordt en hybride aansluitingen gerealiseerd worden

Inzet van batterijen levert een beperkte bijdrage aan het integreren van elektriciteit van windparken op zee. Al kunnen er andere overwegingen zijn om batterijen op deze locaties te plaatsen, zoals de grote hoeveelheid transportcapaciteit op deze locaties.

7 Referenties

CE Delft. (2023). *Verkenning van een fossielvrij industrie*.

<https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/Verkenning-van-een-fossielvrije-industrie-CE-Delft-juni-2023.pdf>

Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de I13050-scenario's*.

<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7219ac2558977a6050ac4db764d2ddebb156df32/pdf>

Pondera Consult, & CE Delft. (2023). *Integrale Effectenanalyse Programma Energiehoofdstructuur*.

<https://open.overheid.nl/documenten/af2a7ff5-9640-4f87-88f3-c2282653fac6/file>

TenneT. (2022). *Investeringsplannen 2022 Net op land*.

TenneT. (2023). *Target Grid*.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/04/13/target-grid>

A Kerncijfers vraag en aanbod elektriciteit, flexibiliteit en transportcapaciteit per cluster en scenario

A.1 Vraag en aanbod elektriciteit (exclusief WoZ) per cluster en per scenario

De onderstaande tabellen geven een overzicht van de elektriciteitsvraag en het aanbod van elektriciteit van overige bronnen, per cluster en per scenario. Dit heeft impact op de hoeveelheid elektrische aanlanding die mogelijk is per cluster en zijn meegenomen in de modellering van de clusters. Deze cijfers volgen direct uit de regionalisatie van de I13050-scenario's (Netbeheer Nederland, 2023).

Tabel 7 – Kerncijfers vraag en aanbod elektriciteit, per cluster en per scenario

	Decentrale Sturing	Nationaal Leiderschap	Europese Integratie	Internationale Handel	Krimp industrie	Doorvoer naar buitenland
Zeeland						
<i>Elektriciteitsvraag</i>	13 TWh	16 TWh	19 TWh	12 TWh	7 TWh	16 TWh
<i>Wind op land</i>	550 MW	700 MW	400 MW	400 MW	550 MW	700 MW
<i>Zon-pv</i>	1.650 MW	1.600 MW	1.300 MW	950 MW	1.650 MW	1.600 MW
<i>Kernenergie</i>	0 MW	1.000 MW	3.800 MW ⁷	0 MW	0 MW	1.000 MW
Rotterdam						
<i>Elektriciteitsvraag</i>	22 TWh	25 TWh	20 TWh	19 TWh	12 TWh	25 TWh
<i>Wind op land</i>	550 MW	700 MW	400 MW	400 MW	550 MW	700 MW
<i>Zon-pv</i>	1.250 MW	1.250 MW	1.000 MW	750 MW	1.250 MW	1.250 MW
<i>Kernenergie</i>	0 MW	350 MW	3.800 MW	0 MW	0 MW	350 MW
Kop van NH						
<i>Elektriciteitsvraag</i>	11 TWh	11 TWh	10 TWh	9 TWh	11 TWh	11 TWh
<i>Wind op land</i>	300 MW	350 MW	200 MW	200 MW	350 MW	350 MW

⁷ In het oorspronkelijke I13050-scenario zit 1.800 MW, maar we gaan in dit scenario uit van 3.800 MW conform de huidige plannen voor twee nieuwe kerncentrales.

<i>Zon-pv</i>	2.000 MW	1.950 MW	1.600 MW	1.150 MW	1.950 MW	1.950 MW
NZKG						
<i>Elektriciteitsvraag</i>	12 TWh	13 TWh	12 TWh	10 TWh	8 TWh	13 TWh
<i>Wind op land</i>	50 MW	50 MW	50 MW	50 MW	50 MW	50 MW
<i>Zon-pv</i>	1.200 MW	1.150 MW	950 MW	650 MW	1.150 MW	1.150 MW
Groningen						
<i>Elektriciteitsvraag</i>	9 TWh	11 TWh	9 TWh	8 TWh	7 TWh	11 TWh
<i>Wind op land</i>	700 MW	900 MW	500 MW	500 MW	900 MW	900 MW
<i>Zon-pv</i>	550 MW	550 MW	450 MW	300 MW	550 MW	550 MW

A.2 Vermogens flexibiliteit per cluster en per scenario

De onderstaande geeft de vermogens van verschillende flexibiliteitsbronnen, per cluster en per scenario. Het vermogen aan elektrolyzers wordt lineair meegeschaald met het vermogen elektrische aanlanding en is daarmee afhankelijk van het vermogen elektrische aanlanding (wat een variabele is). We geven het vermogen aan elektrolyzers bij de maximale mogelijke hoeveelheid elektrische aanlanding inclusief inzet van flexibiliteitsbronnen (zie Tabel 4). Bij minder elektrische aanlanding zijn ook minder elektrolyzers noodzakelijk. De totalen per regio tellen niet persé op tot het totale vermogen aan elektrolyzers in Nederland, aangezien de som van de elektrische aanlanding die maximaal per cluster mogelijk is groter is dan de benodigde elektrische aanlanding (zie ook Tabel 4).

De overige flexibiliteitsbronnen zijn in de praktijk ook (deels) afhankelijk van de aanlanding van wind op zee, maar deze zijn niet gevarieerd omdat de impact op de inpassing van elektrische aanlanding beperkt is (zie Paragraaf 6.2). Deze cijfers volgen uit de regionalisatie van de II3050-cijfers, gecombineerd met de totale vermogens van flexibiliteitsbronnen voor de aangepaste scenario's.

Tabel 8 – Kerncijfers flexibiliteit, per cluster en per scenario

	Decentrale Sturing	Nationaal Leiderschap	Europese Integratie	Internationale Handel	Krimp industrie	Doorvoer naar buitenland
Zeeland						
<i>Elektrolyzers</i>	4.000 MW	4.400 MW	2.300 MW	2.500 MW	3.500 MW	4.400 MW
<i>Batterijen</i>	2.450 MW	2.800 MW	2.550 MW	1.750 MW	2.450 MW	2.800 MW

	Decentral e Sturing	Nationaal Leiderschap	Europese Integratie	Internation ale Handel	Krimp industrie	Doorvoer naar buitenlan d
<i>Power-to-heat</i>	950 MW	1.050 MW	700 MW	350 MW	800 MW	1.050 MW
<i>Vraagsturing</i>	250 MW	400 MW	350 MW	150 MW	50 MW	400 MW
<i>Interconnectie</i>	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	6.000 MW
<i>Curtaillment</i>	3.150 MW	3.900 MW	3.200 MW	2.850 MW	3.150 MW	3.900 MW
Rotterdam						
<i>Elektrolyse rs</i>	4.200 MW	4.500 MW	2.600 MW	2.600 MW	3.400 MW	4.500 MW
<i>Batterijen</i>	3.650 MW	4.000 MW	3.400 MW	2.700 MW	3.650 MW	4.000 MW
<i>Power-to-heat</i>	1.650 MW	1.500 MW	950 MW	650 MW	1.400 MW	1.500 MW
<i>Vraagsturing</i>	700 MW	800 MW	350 MW	400 MW	250 MW	800 MW
<i>Interconnectie</i>	1.000 MW	1.000 MW	1.000 MW	1.000 MW	1.000 MW	1.000 MW
<i>Curtaillment</i>	4.550 MW	5.800 MW	4.750 MW	4.400 MW	4.550 MW	5.800 MW
Kop van NH						
<i>Elektrolyse rs⁸</i>	1.350 MW/ 2.700 MW	1.250 MW /3.100 MW	750 MW /1.500 MW	800 MW /1600 MW	1.350 MW /2.700 MW	1.250 MW /3.100 MW
<i>Batterijen</i>	2.100 MW	2.150 MW	1.550 MW	1.450 MW	2.100 MW	2.150 MW
<i>Power-to-heat</i>	650 MW	550 MW	200 MW	150 MW	650 MW	550 MW
<i>Vraagsturing</i>	150 MW	150 MW	100 MW	50 MW	150 MW	150 MW
<i>Interconnectie</i>	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW
<i>Curtaillment</i>	3.500 MW	4.300 MW	3.550 MW	3.150 MW	3.500 MW	4.300 MW

⁸ Het eerste cijfers is bij maximale elektrische aanlanding met twee circuits, het tweede cijfer bij maximale elektrische aanlanding met vier circuits.

	Decentral e Sturing	Nationaal Leiderschap	Europese Integratie	Internation ale Handel	Krimp industrie	Doorvoer naar buitenlan d
NZKG						
<i>Elektrolyse rs</i>	1.100 MW	1.100 MW	600 MW	800 MW	1.100 MW	1.100 MW
<i>Batterijen</i>	1.000 MW	850 MW	700 MW	700 MW	1.000 MW	850 MW
<i>Power-to- heat</i>	100 MW	100 MW	50 MW	50 MW	100 MW	100 MW
<i>Vraagsturi ng</i>	100 MW	100 MW	50 MW	50 MW	100 MW	100 MW
<i>Interconne ctie</i>	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW
<i>Curtailm ent</i>	1.450 MW	1.700 MW	1.400 MW	1.200 MW	1.450 MW	1.700 MW
Groningen						
<i>Elektrolyse rs</i>	4.100 MW	4.300 MW	2.300 MW	2.600 MW	4.100 MW	4.300 MW
<i>Batterijen</i>	2.700 MW	2.750 MW	2.000 MW	2.000 MW	2.700 MW	2.750 MW
<i>Power-to- heat</i>	1.200 MW	900 MW	350 MW	250 MW	1.150 MW	900 MW
<i>Vraagsturi ng</i>	350 MW	400 MW	200 MW	200 MW	250 MW	400 MW
<i>Interconne ctie</i>	1.400 MW	1.400 MW	1.400 MW	1.400 MW	1.400 MW	1.400 MW
<i>Curtailm ent</i>	4.250 MW	5.550 MW	4.500 MW	4.200 MW	4.250 MW	5.550 MW

A.3 Transportcapaciteit per cluster

Tabel 9 geeft een overzicht van de aangenomen transportcapaciteit per cluster. Voor de clusters Noord-Brabant en Limburg hebben we een andersoortige analyse gedaan (zie Paragraaf 4.2) en hebben we dus niet specifiek naar de transportcapaciteit gekeken. De onderstaande cijfers zijn inclusief geplande uitbreidingen uit het IP2022 van TenneT (TenneT, 2022).

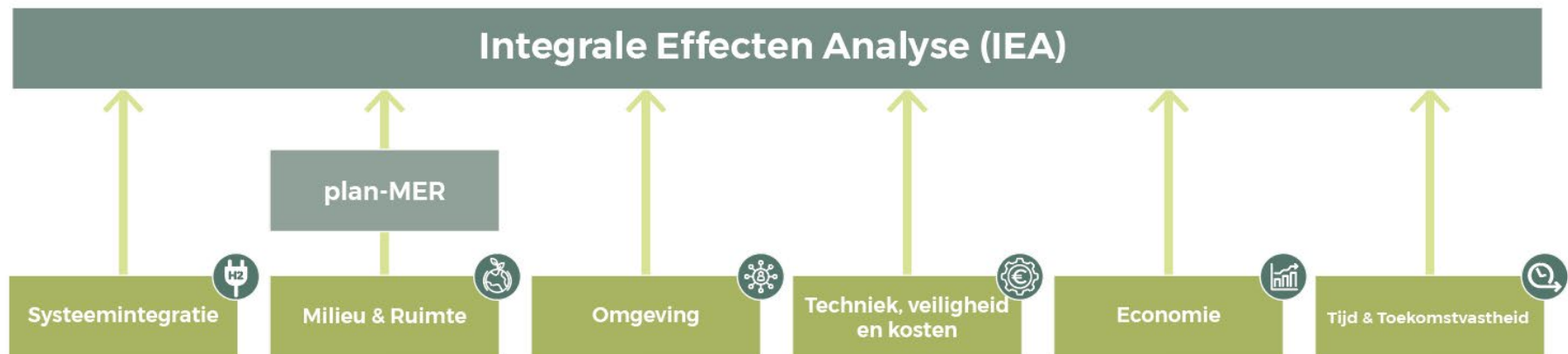
Tabel 9 – Transportcapaciteit per cluster

Cluster	Transportcapaciteit	Toelichting
Zeeland	6.625 MW	Vier circuits tussen Borssele en Rilland. Drie bruikbaar in n-1, maar uitgegaan van 2,5 vanwege onderhoud. 2.650 MW per circuit (4kA-geleiders).
Rotterdam	6.625 MW	Vier circuits, twee tussen Maasvlakte en Simonshaven en twee vanaf de Maasvlakte richting Hoek van Holland. Drie bruikbaar in n-1, maar uitgegaan van 2,5 vanwege onderhoud. 2.650 MW per circuit (4kA geleiders).
Kop van Noord-Holland (twee circuits)	2.650 MW	Zowel situatie met twee als met vier circuits wordt uitgewerkt. Twee circuits tussen kop van Noord-Holland naar zuidelijk deel Noord-Holland één bruikbaar in n-1. 2.650 MW per circuit (4kA geleiders).
Kop van Noord-Holland (vier circuits)	6.625 MW	Zowel situatie met twee als met vier circuits wordt uitgewerkt Vier circuits tussen kop van Noord-Holland naar zuidelijk deel Noord-Holland. Drie bruikbaar in n-1, maar uitgegaan van 2,5 vanwege onderhoud. 2.650 MW per circuit (4kA geleiders)
NZKG	6.625 MW	Vier circuits, twee richting Oostzaan/Diemen en twee richting Vijfhuizen. Drie bruikbaar in n-1, maar uitgegaan van 2,5 vanwege onderhoud. 2.650 MW per circuit (4kA geleiders). Belasting van kop Noord-Holland wordt opgeteld bij belasting NZKG (zie Paragraaf 4.2)
Groningen	9.625 MW	Vanaf Eemshaven zes circuits (vier naar Vierverlaten, twee naar Meeden), maar slechts vier circuits ten zuiden van Meeden en Vierverlaten. Daarnaast bij Meeden en Vierverlaten 4 220/380 kV trafo's, drie bruikbaar in n-1, maar uitgegaan van 2,5 vanwege onderhoud 2.650 MW per circuit (4kA geleiders) en 750 MW per trafo.

Bijlage D Beoordelingskader

Bijlage D Beoordelingskader

De Integrale Effecten Analyse (IEA) die gedaan wordt voor het Programma VAWOZ 2031-2040 bestaat uit zes thema's: 1) Systeemintegratie, 2) Milieu & Ruimte, 3) Omgeving, 4) Techniek, kosten en veiligheid, 5) Economie, en 6) Tijd & Toekomstvastheid. Dit is te zien in Figuur 1. Voor elk thema worden de gevolgen van de aanlandingen (routes en bijbehorende infrastructuur) en elektrolyzers die worden opgenomen in de Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (c-NRD), in beeld gebracht. Voor alle thema's, behalve omgeving, wordt een beoordeling van deze gevolgen gemaakt; voor omgeving is het een weergave van de door stakeholders aangedragen punten. De IEA vormt hiermee een compleet overzicht van alle effecten van de aanlandingen (routes en bijbehorende infrastructuur) en elektrolyzers. De milieueffecten die in kaart worden gebracht en beoordeeld als onderdeel van het thema milieu en ruimte vormen tevens het plan-MER. Het plan-MER is hiermee integraal onderdeel van de IEA.



Figuur 1 Thema's van de IEA en samenhang met Plan-MER

Het beoordelingskader voor de integrale effectanalyse (IEA)/plan-MER is ontworpen voor het Programma VAWOZ 2031-2040. Ten opzichte van al uitgevoerde IEA's voor net op zee-projecten is het thema Systeemintegratie en het thema Economie toegevoegd. De voornaamste redenen hiervoor zijn:

- De landelijke aard van het programma waarbij niet alleen afwegingen op het niveau van één verbinding, maar ook afwegingen op regionaal en landelijk niveau gemaakt worden.
- Het energiesysteem verandert snel en is aan (ingrijpende) verandering onderhevig met veel onderlinge afhankelijkheden tussen onderdelen en dynamiek. Het thema systeemintegratie geeft specifiek op programma-niveau inzicht in de gevolgen van de aanlanding van wind op zee voor het hele toekomstige energiesysteem in Nederland.
- De wens om op landelijk en regionaal niveau de maatschappelijke kosten en baten in beeld te brengen.

Hierna zijn de zes thema's uit de IEA verder uitgewerkt in een beoordelingskader. In het beoordelingskader staat de volgende informatie:

- Wat wordt verstaan onder het thema.
- De onderverdeling in deelaspecten en beoordelingscriteria.
- Welke methode wordt gebruikt voor de effectbeoordeling.
- Op welke onderdelen de deelaspecten en beoordelingscriteria van toepassing zijn, of op welk niveau de beoordeling zal plaatsvinden, of het effect permanent of tijdelijk is (waar van toepassing).

Veiligheid wordt onder diverse (deel)aspecten beoordeeld en is daarom op verschillende plaatsen in het beoordelingskader aan de orde. Hieronder staat waar het te vinden is:

- Thema Milieu & Ruimte (zie bovenstaand):
 - Aspect Bodem & water op land: overstromingsrisico (voor converterstations en elektrolyzers).
 - Aspect LRG: deelaspect Veiligheid waterkeringen.
 - Aspect LRG: deelaspect Wonen en werken (o.a. criterium externe veiligheid).
- Thema Techniek, veiligheid en kosten:
 - Aspect Techniek op zee: aanlegtechnieken voor complexe situaties (o.a. verhoogd risicoprofiel bepaalde aanlegsituaties).
 - Externe dreiging (veiligheid van aanlandingen tijdens gebruiksfase).

1. Thema Systeemintegratie

Het energiesysteem verandert snel en is aan (ingrijpende) verandering onderhevig. Ook zijn er veel onderlinge afhankelijkheden tussen onderdelen. Het thema systeemintegratie geeft inzicht in de gevolgen van de aanlanding van wind op zee op verschillende locaties op de energienetwerken op land en op zee. Aanlandingslocaties met minder gevolgen / impact voor het energienetwerk op land en op zee worden gunstiger beoordeeld. Het gaat specifiek in op de inpassing van wind op zee in de energie-infrastructuur op land (voor zowel elektriciteit als waterstof), de benodigde energie-infrastructuur op zee en de (directe) benutting van windenergie (welk deel direct benut als elektriciteit, verhouding tussen aanlanding elektriciteit en waterstof). Ook wordt de benodigde hoeveelheid elektrolyse per locatie onderzocht. Dit is belangrijk voor de vergelijking tussen de benodigde en beschikbare ruimte voor elektrolyse op de aanlandingslocaties.

Belangrijke input voor de beoordeling zijn verdiepende analyses van Gasunie en TenneT. Deze analyses geven een inschatting van de effecten van de impact van de aanlanding van wind op zee op de energie-infrastructuur op land.

De focus bij de beoordeling ligt op de effecten van de aanlanding van wind op zee op de energie-infrastructuur. In onderstaand beoordelingskader staat welke (deel)aspecten en beoordelingscriteria beoordeeld worden en op welke manier. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen aanlandingen in de vorm van waterstof en elektriciteit. Ook is aangegeven op welk niveau de beoordeling plaatsvindt. De beoordeling voor dit thema vindt plaats op drie niveaus. In eerste instantie worden individuele mogelijke verbindingen beoordeeld, maar voor meerdere aspecten is met name de gezamenlijke impact van de verbindingen van belang. Daarom wordt voor een deel van de aspecten een beoordeling gedaan per cluster van aansluitlocaties of zelfs voor de gehele set aan verbindingen. Dit is met name relevant voor elektriciteit, aangezien het bij elektriciteit om een groter aantal verbindingen gaat.

Tabel 1-1 Beoordelingskader thema Systeemintegratie

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Aard van onderzoeksmethode	Beoordeling op welk niveau?
Elektrische aanlanding			
Beschikbare aansluitcapaciteit	Elektrische verbindingen moeten aangesloten worden op een 380kV-station. De vraag is of er op bestaande/geplande stations aansluitcapaciteit beschikbaar is of dat nieuwe stations nodig zijn. Hierbij wordt ook bekeken wanneer de aansluitcapaciteit beschikbaar is.	Beoordeling op basis van indicatie TenneT van beschikbare aansluitcapaciteit in toekomst	Per individuele verbinding en per cluster
Effecten op afvoerende hoogspanningsverbindingen	Elektriciteit die lokaal niet wordt verbruikt, moet naar vraag elders in het land getransporteerd moeten worden met bovengrondse 380kV-verbindingen. Afhankelijk van de mate van overschrijding van de capaciteit en welke oplossing noodzakelijk is (nieuwe verbinding of redispatch ¹).	Beoordeling op basis van systeemintegratie-analyses en doorrekening TenneT	Per individuele verbinding en per cluster
Effecten op het dieper landinwaarts liggend net	Elektrische aanlanding heeft niet alleen impact op de afvoerende verbindingen bij de aansluitlocatie zelf, maar ook op de landelijke ring van het 380kV-net. Op sommige punten komen stromen vanuit verschillende aansluitlocaties samen (bv Rotterdam en Zeeland in Brabant). De precieze effecten van aanlandingen op verschillende locaties op het dieper liggende net worden in kaart gebracht met een doorrekening van TenneT.	Beoordeling op basis van systeemintegratie-analyses en doorrekening TenneT	Voor gehele set aan potentiële verbindingen
Afstand kabel vanaf windpark op zee tot aansluitlocatie	Door systeemintegratie kan de hoeveelheid nieuwe elektriciteitsinfrastructuur die op land nodig is geminimaliseerd worden. Echter, er is ook nieuwe elektriciteitsinfrastructuur op zee (en mogelijk HVDC infrastructuur op land) nodig. Deze kan geminimaliseerd worden met een zo klein mogelijke afstand vanaf de windparken tot de aansluitlocatie. Dit zorgt er daarnaast ook voor dat er minder transportverliezen plaatsvinden. Dit criterium komt, in een ander vorm, ook bij andere onderdelen (kosten, milieu).	Beoordeling op basis van GIS-analyse	Per individuele verbinding
Mogelijkheden elektrolyse op aansluitlocatie	Elektrolyse zorgt voor meer directe benutting van elektriciteit, op de aansluitlocatie zelf. Dit zorgt ervoor dat minder transport van overschotten van elektriciteit naar achterliggende delen van het net nodig is, als een elektrolyser op een (voor het net) efficiënte manier wordt ingezet.	Beoordeling op basis van ruimtelijke analyses, systeemintegratie-analyses en uitkomsten integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 (ii3050) ²	Per individuele verbinding en per cluster
Mogelijkheden overige flexibele vraag op aansluitlocatie	Ook overige bronnen van flexibiliteit, zoals vraagsturing en batterijen, kunnen bijdragen aan meer directe benutting op de aansluitlocatie, en daarmee minder transport van overschotten van elektriciteit, als flexibele bronnen op een (voor het net) efficiënte manier worden ingezet.	Beoordeling door consortium op basis van ruimtelijke analyses, systeemintegratie-analyses en uitkomsten integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 (ii3050)	Per individuele verbinding en per cluster

¹ Bij redispatch betaalt TenneT afnemers of producenten van elektriciteit om hun productie of afname te verminderen of juist toe te laten nemen zodat minder transport nodig is op een verbinding waar een knelpunt dreigt op te treden. Als er slechts op enkele momenten in het jaar knelpunten optreden op een bepaalde verbinding is dit goedkoper dan het aanleggen van nieuwe infrastructuur.

² [Netbeheer Nederland – Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050](#)

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Aard van onderzoeksmethode	Beoordeling op welk niveau?
Waterstofaanlanding			
Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op zee	Aantal km nieuwe buisleidingen, afhankelijk van afstand van elektrolyse tot de kust.	Beoordeling op basis van GIS-analyse	Per individuele verbinding
Hoeveelheid nieuwe infrastructuur op land	Aantal km nieuwe buisleidingen. Afhankelijk van afstand vanaf de aanlanding tot het aansluitpunt van het landelijke waterstofnetwerk.	Beoordeling op basis van GIS-analyse	Per individuele verbinding
Effecten op het hoofdtransportnet	Benodigde hoeveelheid transportcapaciteit hoofdtransportnet afhankelijk van lokale waterstofvraag en potentiële productie met onshore elektrolyse. Mogelijk niet onderscheidend als het hoofdtransportnet in alle gevallen voldoende capaciteit heeft.	Beoordeling op basis van input en mogelijke doorrekening Gasunie	Voor gehele set aan potentiële verbindingen

De beoordeling voor het thema Systeemintegratie wordt gedaan op basis van de onderstaande beoordelingsschaal. Voor een aantal deelaspecten wordt een kwalitatieve beoordeling gedaan, die niet wordt uitgedrukt in 0/-/--.

Tabel 1-2 Beoordelingsschaal thema Systeemintegratie

Score	Effect	Toelichting beoordeling
0	Neutraal	Geen tot kleine invloed op betreffend deelaspect van systeemintegratie
-	Negatief	Grote invloed op betreffend deelaspect van systeemintegratie
--	Zeernegatief	Zeer grote invloed op betreffend deelaspect van systeemintegratie

2. Milieu & Ruimte (plan-MER)

Binnen dit thema worden de ruimtelijke en milieueffecten onderzocht die kunnen ontstaan tijdens de aanleg of het gebruik van de aanlandingen. De beoordeling van het thema milieu en ruimte heeft de vorm van een plan-MER. In het beoordelingskader wordt onderscheid gemaakt op basis van de volgende aspecten:

- Bodem en water op zee & grote wateren en op land
- Natuur op zee & grote wateren en op land
- Landschap, cultuurhistorie en archeologie op zee & grote wateren en op land
- Leefomgeving, ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties op zee & grote wateren en op land.

In onderstaand beoordelingskader is per (deel)aspect aangegeven welke onderdelen van de aanlanding van toepassing zijn en of de effecten permanent of tijdelijk zijn. Het detailniveau van het plan-MER past bij de aard van het Programma. In vervolprocedure (ruimtelijk plan, vergunningen) per verbinding vindt meer gedetailleerd onderzoek plaats, dit ligt buiten de scope van het programma. Er worden landelijke en provinciale kaders gebruikt bij de beoordeling.

Tabel 2-1 Beoordelingskader thema Milieu & Ruimte

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Effect permanent/tijdelijk en aard van onderzoeksmethode
Bodem en water op zee en grote wateren			
Morfologie (offshore)	Combinatie van gevolgen voor de zeebodem door de aanleg van de kabel/leiding door te kijken naar invloed van de aanleg van de kabel/leiding op bodemvormen, bodemontwikkeling, aansnijden aanwezige slibrijke afzettingen en veen onder zeebodem en de eventuele invloed daarvan op de (zee/water)bodemkwaliteit (bijvoorbeeld door natuurlijke verontreinigingen). Lengte van route is een goede indicator voor hoeveelheid verstoring van de zeebodem.	Route op zee (vanaf platform/kavel tot dynamische deel van de kust).	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve (o.b.v. lengte van route, lengte door zandgolven) en kwalitatieve beoordeling.
Morfologie (nearshore en grote wateren)	Combinatie gevolgen voor het dynamische kustgebied. Ook gekeken naar ligging van routes in de diepste delen van geulen. Lengte van route is een goede indicator voor hoeveelheid verstoring van de zeebodem.	Route op zee (vanaf de overgang offshore-dynamische deel kust tot en met dynamische deel duinen (zeereep of teen harde waterkering) en grotere wateren.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve (o.b.v. lengte van route door het dynamische kustgebied) en kwalitatieve beoordeling.

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Effect permanent/tijdelijk en aard van onderzoeksmethode
Verandering zeebodem	Verandering van de zeebodem aan de hand van een indicatie (ha) van het gebied dat permanent aangetast wordt door een platform, door de fundatie en bestortingen bij kruisingen.	Platform op zee, route op zee (kruisingen) en indien van toepassing grote wateren.	Permanent effect, kwantitatieve beoordeling. Toetsen aan toekomstige KRM-drempelwaarde.
Waterkwaliteit / waterbodempkwaliteit (KRW)	Invloed op de (water)bodemkwaliteit. Dit is relevant voor de routes die door een KRW-waterlichaam lopen.	Route door grote wateren.	Tijdelijk en permanent effect. Kwalitatieve beoordeling.
Bodem en water op land			
Verandering bodemsamenstelling³	In de aanlegfase wordt de bodem ontgraven. De bodem wordt in volgorde van bodemtype teruggelegd. Dit kan nog steeds leiden tot verstoring van de bodemsamenstelling en voor functies ecologie en landbouw.	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser.	Tijdelijk effect (afgeleide effect kan permanent zijn), kwalitatieve beoordeling.
Zetting	Zetting wordt veroorzaakt door extra belasting op de bodem, (tijdelijke) verlaging van de grondwaterstand of het roeren van de grond. Dit kan leiden tot effecten op (zettingsgevoelige) bebouwing en infrastructuur.	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Verandering grondwaterstand	Inschatting van de benodigde bemaling voor de aanlegwerkzaamheden en afgeleide effecten van de verlaging van de grondwaterstand. Dit kan verdrogingseffecten hebben op ecologie en landbouw.	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser op land.	Tijdelijk effect (afgeleide effect kan permanent zijn)
Verandering grondwaterkwaliteit	Invloed op grondwaterkwaliteit waarbij gekeken wordt naar doorkruising van KRW-grondwaterlichamen, grondwaterbeschermingsgebieden en zoetwater-voorkomens. Het bemalen, vergraven en doorgraven van de bodem kan een effect op de grondwaterstroming (hoeveelheid en kwaliteit) hebben leidend tot effecten op grondwaterbeschermingsgebieden of verplaatsing van grondwaterverontreinigingen.	Routes op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser op land.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling
Verzilting	Bemaling kan leiden tot veranderingen in zoutconcentraties in de ondergrond door bijv. upconing (omhoogtrekken) van zout water. Dit heeft effect op ecologie en landbouw.	Routes op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser op land.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Beïnvloeding oppervlaktewaterkwaliteit	Invloed op de beschikbaarheid en kwaliteit van oppervlaktewater door (koel)wateronttrekking, (koel)waterlozing en de lozing van restproducten.	Elektrolyser.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Overstromingsrisico	Inschatting van de kans van een mogelijk overstromingen vanaf het aangrenzende watersysteem en van de optredende waterdiepte, rekening houdend met toekomstige klimaatverandering.	Converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser op land.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Natuur op zee & grote wateren en op land			
Omgevingswet, gebiedsbescherming (Natura 2000)	Effecten op beschermde leefgebieden (habitats), oftewel Natura 2000-gebieden in de aanleg- en gebruiksfase. Effecten kunnen plaatsvinden door	Alle onderdelen op zee & grote wateren en op land.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve en kwalitatieve

³ Verandering bodempkwaliteit wordt niet beoordeeld in deze plan-MER; uitgangspunt is dat verontreinigingen vermeden of gesaneerd worden; dit laatste leidt tot een verbetering.

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Effect permanent/tijdelijk en aard van onderzoeksmethode
	habitataantasting, habitatverlies, vertroebeling, sedimentatie, verstoring, warmte, verontreiniging, verdroging, verzilting, stikstofdepositie, elektromagnetische velden.		beoordeling o.b.v. lengte doorsnijding Natura 2000-gebied. ⁴
Omgevingswet, soortbescherming	Effecten op soorten die beschermd zijn onder de Wet natuurbescherming. Effecten kunnen plaatsvinden door habitataantasting, habitatverlies, vertroebeling, sedimentatie, verstoring, warmte, verontreiniging, verdroging, verzilting, elektromagnetische velden.	Alle onderdelen op zee & grote wateren en op land.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling o.b.v. lengte route door water en land.
Natuurnetwerk Nederland (NNN)	Effecten op Natuurnetwerk Nederland. Effecten kunnen plaatsvinden door habitataantasting, habitatverlies, verstoring, warmte, verdroging, verzilting, elektromagnetische velden.	Alle onderdelen op zee & grote wateren en land.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve beoordeling o.b.v. lengte route door water en land en kenmerken gebieden.
Waterwet – Kaderrichtlijn Water (KRW)	Effecten op beschermde leefgebieden (habitats) in de aanleg- en gebruiksfase vanuit de Kaderrichtlijn Water. Effecten kunnen plaatsvinden door habitataantasting, habitatverlies, vertroebeling, sedimentatie, verstoring, warmte, verontreiniging, elektromagnetische velden.	Alle onderdelen langs kust en grote wateren.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling o.b.v. lengte route door KRW-waterlichaam& kenmerken/status gebieden.
Waterwet – Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM)	Effecten op beschermde leefgebieden (habitats) vanuit de Kaderrichtlijn Mariene Strategie. Effecten kunnen plaatsvinden door habitataantasting, habitatverlies, vertroebeling, sedimentatie, verstoring, warmte, verontreiniging, elektromagnetische velden.	Alle onderdelen op zee.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling o.b.v. lengte route door KRM-gebied en kenmerken/status gebieden.
Landschap, cultuurhistorie en archeologie op zee & grote wateren en land			
Landschap	Invloed op landschappelijk waardevolle gebieden (op nationaal en provinciaal niveau), aan de hand van gebiedskarakteristieken.	Alle onderdelen op land.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Ruimtelijke kwaliteit	Ruimtelijke kwaliteit omvat de invloed op gebruiks-, belevings- en toekomstwaarde van de leefomgeving.	Converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Aardkunde	Invloed op aardkundig waardevolle gebieden en aardkundige monumenten. Door aantasting van aardkundige elementen kan de 'leesbaarheid' en daarmee de kenniswaarde (voor toekomstig onderzoek) beïnvloed worden.	Alle onderdelen op zee & grote wateren en op land.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Cultuurhistorie	Invloed op cultuurhistorische waarden en de invloed op UNESCO Werelderfgoed	Alle onderdelen op land, waar van toepassing ook de onderdelen op zee.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Archeologie	Aantasting van bekende en verwachte archeologische waarden.	Alle onderdelen op zee & grote wateren en op land.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.

⁴ NB: niet alle criteria worden apart beoordeeld.

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Effect permanent/tijdelijk en aard van onderzoeksmethode
Ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties op zee en grote wateren			
Scheepvaart	Invloed op scheepvaart waarbij gekeken wordt naar risico op stremming en scheepvaarthinder, de afstand tot ankergebieden en ligging t.o.v. ankergebieden, aantal en locatie kruisingen met VSS (complexiteit), afstand tot clearway en VSS.	Route op zee & grote wateren.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve beoordeling.
Baggerstortgebieden	Invloed op baggerstortgebieden.	Route op zee & grote wateren.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Zand- en schelpenwinning	Invloed op zand- en schelpenwinningsgebieden.	Route op zee.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Visserij en aquacultuur	Invloed op gebruik van vis- en aquacultuurgronden.	Route op zee & grote wateren.	Tijdelijk effect, kwalitatieve beoordeling.
Olie- en gaswinning	Invloed op olie- en gaswinning op zee.	Route op zee.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Ontplobbare oorlogsresten	Risico's van ontplobbare oorlogsresten door aanleg in verdachte gebieden, dit zijn gebieden waar mogelijke ontplobbare oorlogsresten liggen.	Route op zee & grote wateren.	Tijdelijk effect, kwalitatieve beoordeling.
Militaire gebieden	Invloed op militaire activiteiten en militaire gebieden.	Route op zee.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Recreatie en toerisme	Invloed op recreatie en toerisme.	Route op zee & grote wateren, aanlanding.	Tijdelijk effect, kwalitatieve beoordeling.
Kabels en leidingen	Aantal kruisingen met offshore kabels en leidingen.	Route op zee & grote wateren.	Permanent effect, kwantitatieve beoordeling.
Windenergiegebieden	Doorkruising van windenergiegebieden met beperking van ruimte voor medegebruik tot gevolg en/of efficiënt ruimtegebruik.	Route op zee.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Leefomgeving, ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties op land			
Geluid	Effecten van geluidbelasting tijdens de gebruiksfase door te kijken naar geluidhinder op geluidgevoelige objecten en mogelijke cumulatieve geluidbelasting.	Converterstation, aanlandingsstation waterstof en elektrolyser.	Permanent effect, kwantitatieve (op basis van kentallen) en kwalitatieve beoordeling.
Ontplobbare oorlogsresten	Risico's van ontplobbare oorlogsresten door aanleg in verdachte gebieden, dit zijn gebieden waar mogelijke ontplobbare oorlogsresten liggen.	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof, elektrolyser.	Tijdelijk effect, kwalitatieve beoordeling.
Magneetvelden	Indicator is aantal gevoelige objecten binnen het ruimtebeslag van de elektrische route en het converter-/transformatorstation op land.	Elektrische route op land, converterstation.	Permanent effect, kwantitatieve beoordeling aan de hand van GIS.
Veiligheid waterkeringen	Aantal kruisingen met waterkeringen en indien mogelijk beoordeling complexiteit kruising.	Route op land.	Permanent effect, kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.
Kabels en leidingen	Aantal kruisingen met onshore kabels en leidingen.	Route op land.	Permanent effect, kwantitatieve beoordeling.

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Effect permanent/tijdelijk en aard van onderzoeksmethode
Recreatie en toerisme	Invloed op recreatie en toerisme.	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof, elektrolyser.	Permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Spoorwegen, wegen en vaarwegen	Aantal kruisingen met rijks/provinciale wegen, spoorwegen en (hoofd)vaarwegen.	Route op land.	Permanent effect, kwantitatieve beoordeling.
Wonen en werken	Invloed op woon- en werkfuncties (o.a. criterium externe veiligheid).	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof, elektrolyser.	Tijdelijk en permanent effect, kwalitatieve beoordeling.
Landbouw	<ul style="list-style-type: none"> • Doorsnijding / ruimtebeslag landbouwgrond met differentiatie in type landbouwgrond. • Risico van doorsnijdingseffect gezien aard van de grond en landbouwsoort. • Effecten van verzilting: beschouwd bij het aspect bodem en water op land. 	Route op land, converterstation, aanlandingsstation waterstof, elektrolyser.	Tijdelijk en permanent effect, kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.

De onderstaande aspecten zijn niet opgenomen in bovenstaand kader, maar komen wel aan de orde in de analyse voor het thema Milieu & Ruimte op de volgende manier:

- Circulariteit: op basis van informatie over lengte (zee en land) en mogelijkheden voor hergebruik (zee) wordt een korte analyse gegeven over circulariteit en deze wordt als aparte paragraaf opgenomen in het de IEA.
- Biodiversiteit: biodiversiteit komt aan de orde in de kaders die gebruikt worden voor het beoordelen van de effecten op natuur (bijvoorbeeld KRM). Er wordt in de hoofdstukken natuur op land en natuur op zee & grote wateren een paragraaf toegevoegd met een beschouwing over de effecten van aanlandingen op biodiversiteit.
- Klimaatadaptatie: komt aan de orde in diverse (deel)aspecten onder het thema Milieu & Ruimte (zoals verzilting en overstromingsrisico). Er wordt in het hoofdstuk bodem en water op land een paragraaf toegevoegd met een beschouwing over dit onderwerp.

De effecten voor het thema Milieu en Ruimte worden op basis van een plus- en min-schaal beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie (zie onderstaande tabel).

Tabel 2-2 Beoordelingsschaal thema Milieu & Ruimte

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
++	Zeer positief	De voorgenomen activiteit leidt tot een sterk merkbare positieve verandering
+	Positief	De voorgenomen activiteit leidt tot een merkbare positieve verandering
0	Neutraal	De voorgenomen activiteit onderscheidt zich niet van de referentiesituatie
-	Negatief	De voorgenomen activiteit leidt tot een licht negatieve verandering
--	Zeer Negatief	De voorgenomen activiteit leidt tot een merkbare negatieve verandering (mitigeerbaar). Indien het niet mitigeerbaar is, wordt een extra - toegevoegd (- -)

Twee opmerkingen bij de bovenstaande beoordelingsschaal:

- Voor de meeste milieuaspecten is een positieve beoordeling (++ en +) niet aan de orde. Het is alleen aan de orde zijn indien er een positieve verandering plaatsvindt door bijvoorbeeld aansluiting van de energie-infrastructuur bij het de aard van het gebied waaraan de energie-infrastructuur wordt toegevoegd.
- Als ingeschat wordt dat effecten niet mitigeerbaar zijn (bijvoorbeeld voor ecologie) dat wordt er een extra min (-) toegevoegd aan de beoordeling.

3. Omgeving

Onder het thema Omgeving wordt uiteengezet welke aandachtspunten, risico's en kansen zijn benoemd door de omgeving. Met de omgeving worden alle partijen (stakeholders) bedoeld die belangen hebben en die mogelijk door het project worden geraakt of ondersteund. Er wordt gefocust op de grootste en meest onderscheidende aandachtspunten en vraagstukken, die door omgevingspartijen in het participatieproces naar voren zijn gebracht.

Er wordt zoveel als mogelijk geredeneerd vanuit belangen (zoals natuur, landbouw, scheepvaart) en niet zozeer vanuit individuele partijen, omdat de afweging plaatsvindt op basis van belangen en niet op basis van partijen. De verschillende belangen worden niet gewogen, daarom wordt er een kwalitatieve weergave neergezet, er wordt geen beoordeling gegeven in de vorm van een plus of een min.

Tabel 3-1 Beoordelingskader thema Omgeving

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel
Omgeving – zee en grote wateren	Aandachtspunten, risico's en kansen die voortkomen uit werksessies met omgevingspartijen, gesprekken in de regio en eerdere studies (waaronder de voorverkenning VAWOZ 2031-2040. Aandachtspunten worden, afhankelijk van de input, gestructureerd per onderwerp, zoals bijvoorbeeld natuur, scheepvaart, zandwinning etc.	Onderdelen op zee (platform, route op zee en in grote wateren)
Omgeving – land	Aandachtspunten, risico's en kansen die voortkomen uit werksessies met omgevingspartijen, gesprekken in de regio en eerdere studies (waaronder de voorverkenning VAWOZ 2031-2040. Aandachtspunten worden, afhankelijk van de input, gestructureerd per onderwerp, zoals bijvoorbeeld natuur, leefomgeving, landschap etc.	Onderdelen op land (elektrische of waterstofroute op land, converter-/transformatorstation, aanlandingsstation waterstof, elektrolyser)

4. Techniek, veiligheid en kosten

Binnen dit thema worden de gevolgen voor technische complexiteit en haalbaarheid, veiligheid en kosten onderzocht. Deze gevolgen kunnen spelen gedurende de aanleg of onderhoud van de aanlandingen of elektrolyzers. In onderstaande tabel zijn de belangrijkste (deel)aspecten benoemd die bepalend zijn voor de technische complexiteit en haalbaarheid en voor veiligheid tijdens aanleg en onderhoud. De kosten worden samen behandeld met techniek en veiligheid omdat veel technische aandachtspunten zich (in)direct vertalen in een verandering in kosten.

In het beoordelingskader worden de deelaspecten en beoordelingscriteria toegelicht. Er is onderscheid gemaakt in techniek op land en techniek op zee. Inschattingen voor de kosten tijdens verschillende fases zijn apart opgenomen in het beoordelingskader.

Tabel 4-1 Beoordelingskader thema Techniek, veiligheid en kosten

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Aard van de onderzoeksmethode
Tracélengte	Binnen dit deelaspect wordt de totale lengte (offshore, nearshore en op land) van de kabel- of leidingroute beschouwd. De routelengte is een belangrijke factor die (in)direct een effect heeft op de technische haalbaarheid en kosten. De routelengte heeft direct een effect op de technische haalbaarheid, omdat de kansen op intern en extern falen van de kabel zullen toenemen met de lengte.	Route (kabels en leidingen) op zee & grote wateren en op land	Kwantitatieve beoordeling.
Techniek en veiligheid op zee en grote wateren			
Morfodynamica	Binnen dit deelaspect wordt de technische complexiteit als gevolg van het doorkruisen van dynamische gebieden beschouwd (zeebodemmobiliteit, morfodynamica en kustlijn-mobiliteit van de aanlandingen). De morfodynamica is relevant voor de initiële begraafdiepte en voor beheer en onderhoud.	Route (kabels en leidingen) op zee en in grote wateren	Kwantitatieve beoordeling (km doorkruising) en Kwalitatieve beoordeling.
Bodemsamenstelling	Binnen dit deelaspect worden de gevolgen van de bodemsamenstelling voor technische complexiteit beschouwd. Installeren in zand gaat technisch makkelijker dan in veen- of kleilagen. Voor kabels geldt dat de bodemsamenstelling een groot effect heeft op de elektrische/thermische parameters van het kabelsysteem.	Platform, route (kabels en leidingen) op zee & grote wateren	Kwalitatieve beoordeling.
Baggeren	Binnen dit deelaspect wordt de impact van baggeren op de technische complexiteit beschouwd. Baggeren heeft invloed op de aanlegmethodiek, tijdsduur van aanleg en de onderhoudsstrategie. Om de kabels en leidingen initieel zodanig diep te leggen dat het onderhoud aan de gronddekking over de levensduur tot een minimum kan worden beperkt, is baggeren noodzakelijk op bepaalde locaties zoals bij zandgolven en bij mobiele zandbanken. Ondieper begraven van de kabels en leidingen leidt tot risico op schade, risico op het niet voldoen aan de vergunningseisen en tot meer onderhoud van de begraafdiepte gedurende de levensduur, wat op zich ook weer leidt tot een grotere levenscyclus-impact, tot meer kosten en extra risico's.	Platform, route op zee & grote wateren	Kwantitatieve beoordeling.
Kruisingen met kabels en leidingen	Binnen dit deelaspect wordt het aantal (complexe) kruisingen met andere kabels en leidingen beschouwd. De complexiteit van een kruising wordt grotendeels bepaald door de	Route op zee en in grote wateren	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Aard van de onderzoeksmethode
	waterdiepte: kruisingen op ondiep water zijn veel complexer dan kruisingen op dieper water (inwerking golven op kruisingsbouwwerken, risico's scheepvaart).		
Scheepvaart	Binnen dit deelaspect wordt de impact van scheepvaart op technische complexiteit/haalbaarheid beschouwd. Dit wordt bepaald door de interactie met scheepvaart tijdens de aanlegfase en gebruiksfase, voornamelijk het kruisen van drukke scheepvaartroutes en routes met kruisend scheepvaartverkeer.	Platform, route op zee en in grote wateren	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.
Wrakken en obstakels	Binnen dit deelaspect wordt de impact van wrakken, olie en gasbronnen en andere obstakels op technische complexiteit beschouwd, omdat onderdelen van het installatie materieel verstrikt kunnen raken in deze objecten. Ook kunnen deze objecten een blokkade vormen voor de installatie. In de praktijk worden obstakels omzeild of, wanneer dat niet mogelijk is, verwijderd. Dit heeft voornamelijk invloed op kosten en planning.	Platform, route op zee en in grote wateren	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.
Ontplobbare oorlogsmunitie	Binnen deelaspect wordt de impact beschouwd van de kans op aanwezigheid van ontplobbare oorlogsmunitie (OO) op technische complexiteit, kosten, planning en veiligheid.	Platform, route op zee en in grote wateren	Kwalitatieve beoordeling.
Randvoorwaarden bevoegd gezag	Binnen dit deelaspect wordt gekeken naar de impact van randvoorwaarden vanuit het bevoegd gezag en werkomstandigheden op technische complexiteit. Het bevoegd gezag kan eisen opleggen die de technische complexiteit verhogen. Dit kan o.a. gaan over werken nabij haveningang, diepte-eis bij kruisen scheepvaartroute etc.	Platform, route op zee en in grote wateren	Kwalitatieve beoordeling.
Aanlegtechnieken voor complexe situaties	Binnen dit deelaspect wordt gekeken of er aanlegtechnieken nodig zijn met extra complexiteit en/of een verhoogd risicoprofiel, bijvoorbeeld bij complexe aanlandingen. Dit kan ook gevolgen hebben voor de veiligheid van mensen.	Route op zee en in grote wateren	Kwalitatieve beoordeling.
Externe dreiging	Binnen dit deelaspect wordt de veiligheid van de assets (aanlandingen) in de gebruiksfase beschouwd aan de hand van afstand tot de vaarweg, radardekking AIS, stroming en afstand tot de landsgrens.	Platform, route op zee en in grote wateren	Kwalitatieve beoordeling.
Techniek en veiligheid op land			
(HDD)-boringen	Binnen dit deelaspect wordt een inschatting gemaakt van het percentage (HDD-) boringen en het aantal complexe boringen. Dit wordt afgeleid uit o.a. de bodemsamenstelling, verziltingsproblematiek en ruimte voor een booropstelling. De boring voor de aanlanding wordt hier ook in meegenomen.	Route op land	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.
Bereikbaarheid en beschikbare ruimte	Binnen dit deelaspect wordt de bereikbaarheid van de locatie (toegangswegen) en de ruimte voor uitvoering beschouwd.	Route op land, converterstation ⁵ , waterstof-aanlandstation, elektrolyser	Kwalitatieve beoordeling.
Invloed van/op infrastructuur van andere partijen	Binnen dit deelaspect wordt de impact van kruisingen of parallelligging met infrastructuur van derden op de routes beschouwd, of de invloed van derden op landstations (waterkeringzone, windturbines, infra, EMC).	Route op land, converterstation, waterstof-aanlandstations, elektrolyser	Kwalitatieve beoordeling.

⁵ Indien er sprake is van een AC-verbinding betreft het een transformatorstation. Daar waar converterstation staat kan overal transformatorstation gelezen worden.

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Van toepassing op onderdeel	Aard van de onderzoeksmethode
Bodemsamenstelling	Binnen dit deelaspect wordt de invloed van de bodemsamenstelling op de technische complexiteit beschouwd.	Route op land, converterstation, waterstof-aanlandstation	Kwalitatieve beoordeling.
Aansluiting op het landelijke netwerk	Binnen dit deelaspect wordt een inschatting gemaakt van de complexiteit van het aansluiten op het landelijke waterstof- en elektriciteitsnetwerk, op basis van de afstand tot dit netwerk en benodigde infra voor de aansluiting.	Elektrolyser, converterstation, waterstof-aanlandstation	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.
Kosten			
Inschatting investeringskosten voor aanleg	Binnen dit deelaspect wordt een globale inschatting van investeringskosten (CAPEX) gemaakt op basis van kentallen op basis van input lengte route en technische complexiteit.	Route op zee en grote wateren, route op land, indien van toepassing converterstation of aanlandstation waterstof op land	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling.
Inschatting onderhouds- en verwijderingskosten	Binnen dit deelaspect wordt een globale inschatting gemaakt van operationele kosten, en onderhoudskosten (OPEX) gedurende de levenscyclus en verwijderingskosten (ABEX, abandonment expenditure). Deze kosten kunnen onderscheidend zijn voor bijv. routes die zeer diep begraven moeten worden.	Route op zee en grote wateren, route op land, indien van toepassing converterstation of aanlandstation waterstof op land	Kwalitatieve beoordeling.

De beoordeling voor het thema Techniek wordt gedaan op basis van de onderstaande beoordelingsschaal. Voor een aantal deelaspecten wordt een kwalitatieve beoordeling gedaan, die niet wordt uitgedrukt in 0/--. Kosten en veiligheid worden niet uitgedrukt in een beoordelingsschaal.

Tabel 4-2 Beoordelingsschaal thema Techniek

Score	Effect	Toelichting beoordeling
0	Neutraal	Geen tot kleine invloed op technische haalbaarheid of technische complexiteit
-	Negatief	Grote invloed op technische haalbaarheid of technische complexiteit
--	Zeer negatief	Zeer grote invloed op technische haalbaarheid of technische complexiteit. Als het leidt tot een showstopper, wordt een extra - toegevoegd (- -)

5. Economie

De kansrijke oplossingsrichtingen worden beoordeeld op economische impact. Hierbij wordt een breed welvaartsbegrip worden gehanteerd, waarbij zowel de geprijsde als onprijsde effecten (zoals milieu en ruimte) worden meegenomen. In de beoordeling van het thema economie wordt – conform de Algemene Leidraad - gebruik gemaakt van de MKBA-systematiek. Hierbij worden welvaartseffecten in de meeste brede zin meegenomen en uiteengezet in een overzicht van alle kosten en baten. Hierbij wordt één of een set van kansrijke oplossingsrichtingen afgezet tegen het nul-alternatief (het referentiescenario). In de regel gebeurt dit op nationaal niveau, waarbij grensoverschrijdende effecten door kansrijke oplossingsrichtingen worden meegenomen, maar in de analyse voor programma VAWOZ wordt ook ingaan op enkele regionale effecten. Deze regionale beoordeling betreft een onderdeel van het bredere welvaartskader, waarbij vooral ingegaan wordt op de regionaal-economische impact in werkgelegenheid. In onderstaand beoordelingskader worden de deelaspecten en beoordelingscriteria toegelicht. De onderscheiden aspecten zijn de directe economische kosten (technisch-economische kosten voor de initiatiefnemer), de maatschappelijke kosten (inclusief vermeden kosten) en de baten voor regionale economieën.

Tabel 5-1 Beoordelingskader thema Economie

(Deel)aspect	Uitleg criteria	Van toepassing op onderdeel	Aard van onderzoeksmethode
Directe economische kosten	Voor de directe economische kosten kijken we naar de investerings- en operationele kosten van de benodigde infrastructuur.	Alle onderdelen	Kwantitatief en kwalitatief gebaseerd op literatuurstudie en aanvullende gegevens van netbeheerders.
Maatschappelijke kosten (incl. vermeden kosten)	Maatschappelijke (of externe) kosten als gevolg van de benodigde infrastructuur (zoals effecten op visserij, zandwinning, natuur, bodem en water, defensie, toerisme, etc.). De beoordeling van het thema milieu & ruimte /plan-MER levert hiervoor de informatie aan.	Alle onderdelen	Een deel van deze effecten wordt kwalitatief beoordeeld (ecologie). Voor andere effecten waarden we effecten door gevalideerde waarderingskennallen te gebruiken, zoals Milieuprijzen en kostenkennallen uit andere studies zoals de werkwijzer Natuur in MKBA's.
Baten voor regionale economie	Per (set van) kansrijke oplossingsrichtingen wordt gekeken naar het effect op de directe vraag naar banen (gebaseerd op de economische impuls vanuit alternatieven), structurele banen (mate waarin extra vraag ook leidt tot extra regionale werkgelegenheid) en het vestigingsklimaat voor regionale industrieclusters. De regio's worden op een zo laag mogelijk niveau benaderd, bij voorkeur door te kijken naar COROP-regio's.	Alle onderdelen	Regionale werkgelegenheidseffecten o.b.v. Input-output model. Aangezien de arbeidsmarkt in 2030 en richting 2040 er mogelijk heel anders uitziet dan op dit moment, wordt een kwantitatieve verkenning uitgevoerd van de economische impuls en een kwalitatieve beoordeling van de doorwerking ervan op de arbeidsmarkt.
	Het effect op het vestigingsklimaat voor regionale industrieclusters		Kwalitatieve beoordeling

6. Tijd & Toekomstvastheid

Voor het thema **Tijd & Toekomstvastheid** wordt een robuustheidstoets gedaan die ingaat op:

- De toekomstvastheid van aanlandingen vanuit het energiesysteem 2050 (o.a. max. 70 GW opgesteld vermogen op zee) met een nog onduidelijke combinatie van productie van waterstof en elektriciteit.
- De toekomstvastheid van aanlandingen vanuit ruimtelijk perspectief.
- Het plaatsen van de aanlandingen in de tijd: welke kunnen snel van start en welke zijn afhankelijk van andere factoren.
- Een plek geven aan onzekerheden m.b.t. bijv. de beschikbaarheid van toekomstige technieken en invloed van onzekerheid over de fasering van windenergiegebieden.

Het doel is om vanuit verschillende perspectieven te kijken of een verbinding of set van verbindingen in de toekomst robuust (toekomstvast) is. Hierbij wordt steeds naar het effect op de hele verbinding (met alle onderdelen daarin) gekeken.

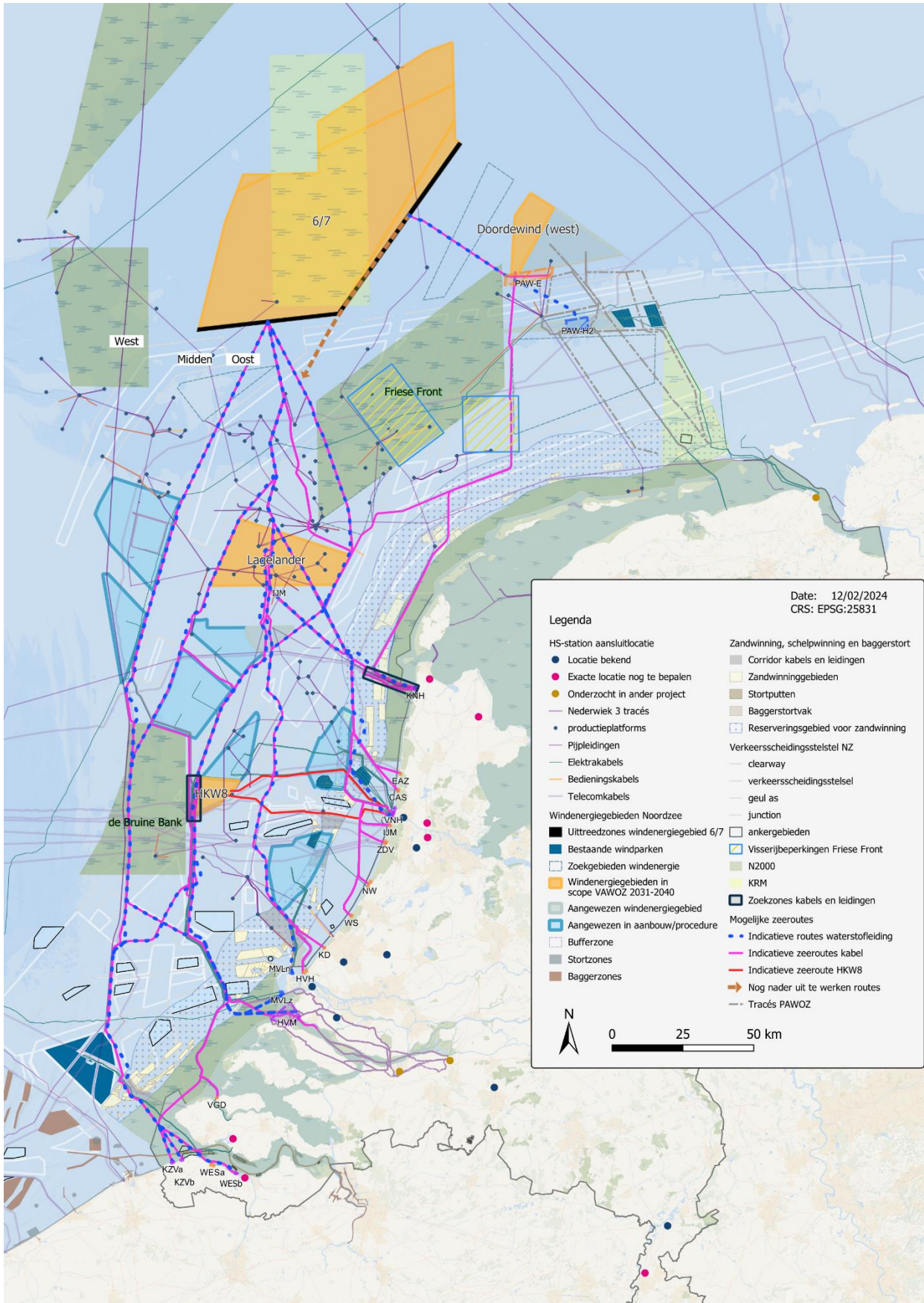
Tabel 6-1 Beoordelingskader thema Tijd & Toekomstvastheid

(Deel)aspect	Uitleg beoordelingscriteria	Aard van onderzoeksmethode
Toekomstvastheid vanuit energiesysteem 2050	Robuustheid van het energiesysteem bij verschillende scenario's rondom 'vraag naar' en 'aanbod van' energie in 2050 (capaciteit).	Kwalitatief, gebaseerd op uitkomsten thema systeemintegratie.
Toekomstvastheid vanuit ruimtelijk perspectief 2040-2050	Invloed op / van andere toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen tussen 2040-2050.	Kwalitatief, bureaustudie relevant beleid, plannen en akkoorden (zoals NOVEX en provinciale plannen).
	Aanwezigheid van fysieke ruimte voor extra energie-infrastructuur (kabel- of leidingtracé, station ed.) naast (onderdelen van) de onderzochte kansrijke oplossingsrichtingen	Expert judgement op basis van GIS.
Toekomstvastheid vanuit perspectief techniek 2040-2050	Invloed van mogelijk beschikbare technieken tussen 2040-2050 op beoordeling thema systeemintegratie en thema techniek en kosten.	Expert judgement op basis van inschatting haalbaarheid toekomstige technieken.
Tijd	In volgorde van tijd plaatsen van verbindingen: welke kunnen snel van start en welke zijn afhankelijk van factoren zoals de realisatie van nieuwe energie-infrastructuur (aan de kust en verder landinwaarts), mogelijke risico's voor vervolgpcedures (bijv. ABC-toets voor ecologie), het vrijkomen van fysieke ruimte of het oplossen ruimtelijke belemmeringen.	Kwalitatief, op basis van uitkomsten thema milieu & ruimte en inschatting van de netbeheerders en regio's.
	Invloed van onzekerheid fasering van windenergiegebieden op de verbinding.	Kwalitatief gebaseerd op de meest recente kennis over de fasering

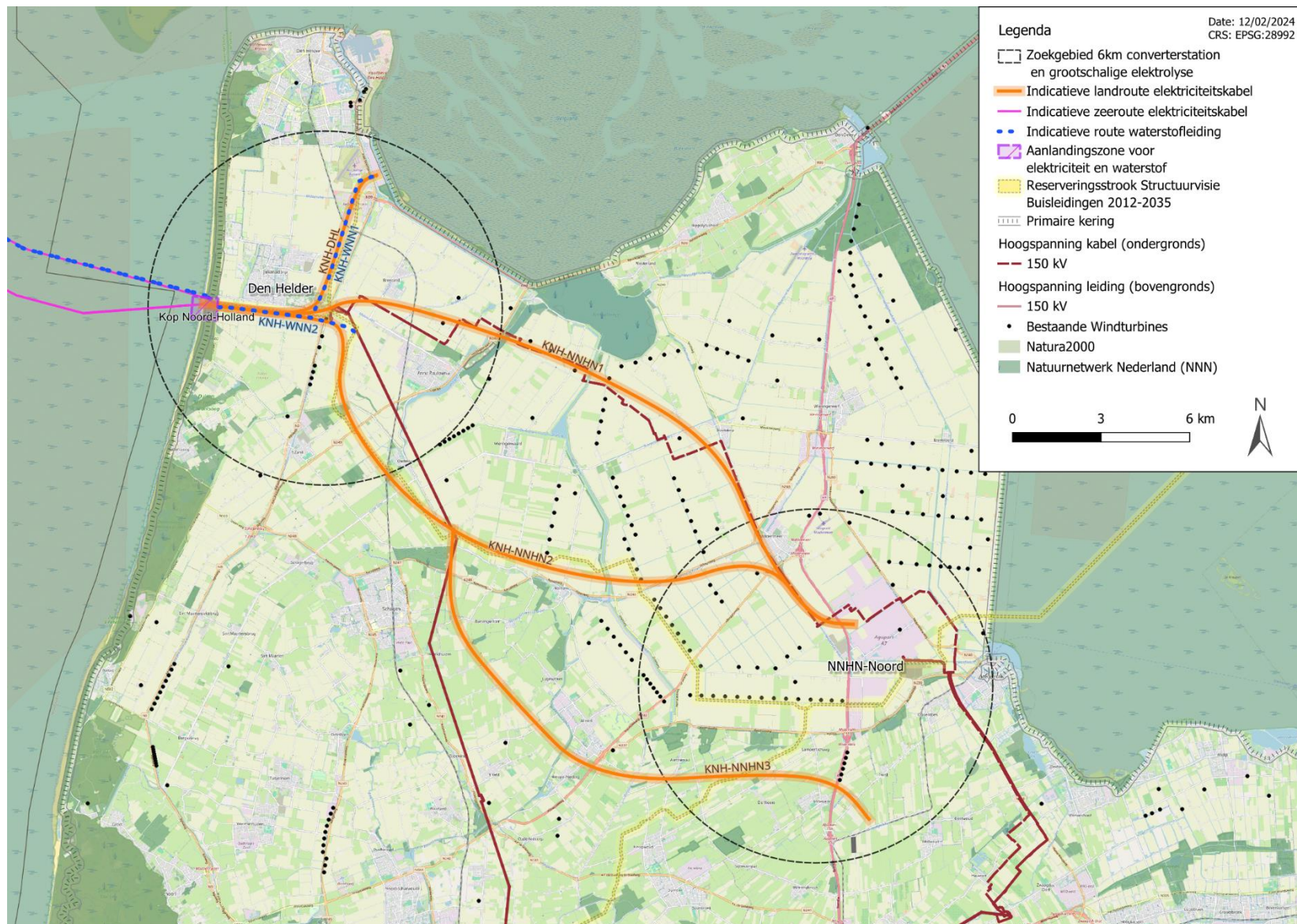
Bijlage E Detailkaarten

Bijlage E

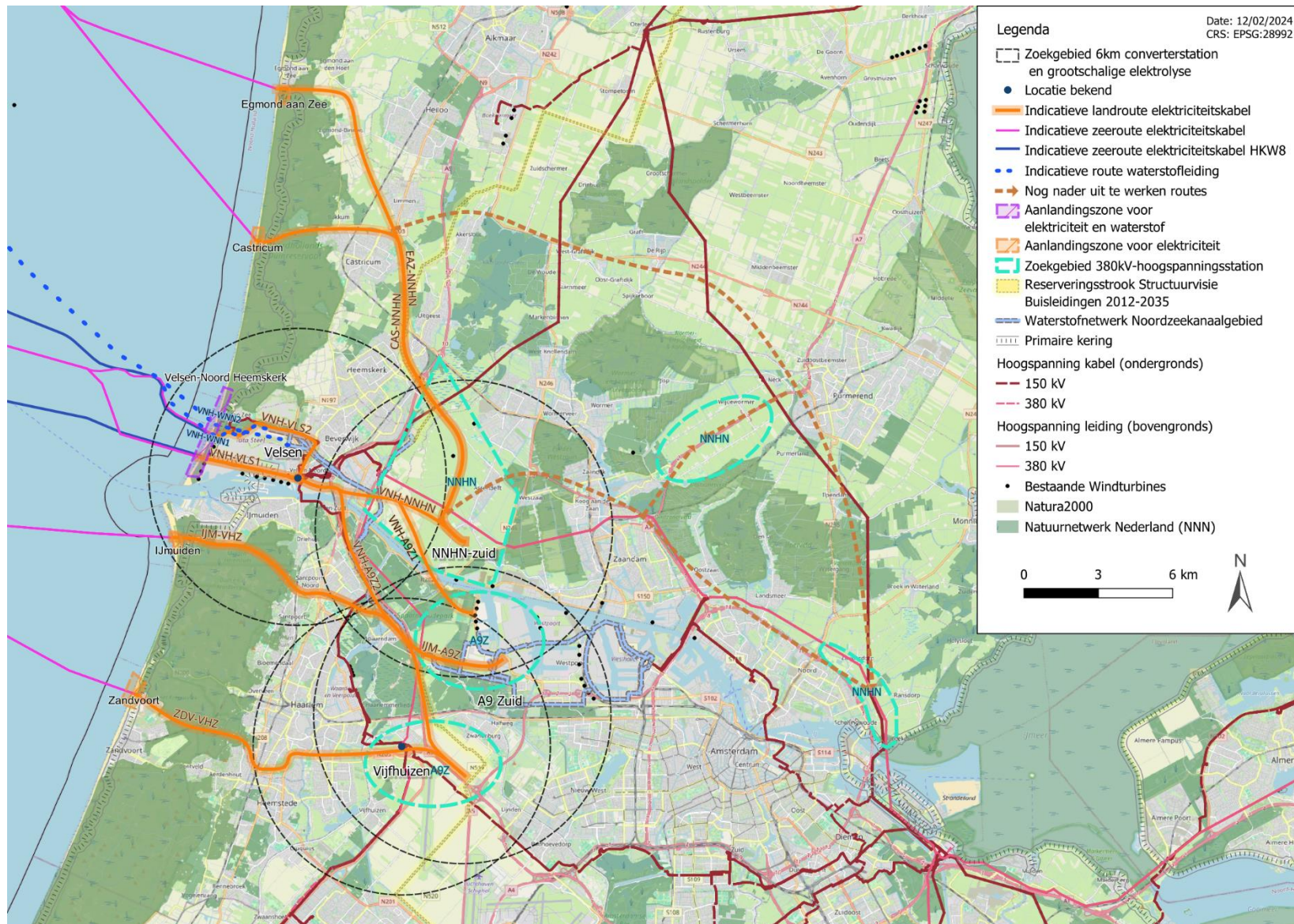
Detailkaarten



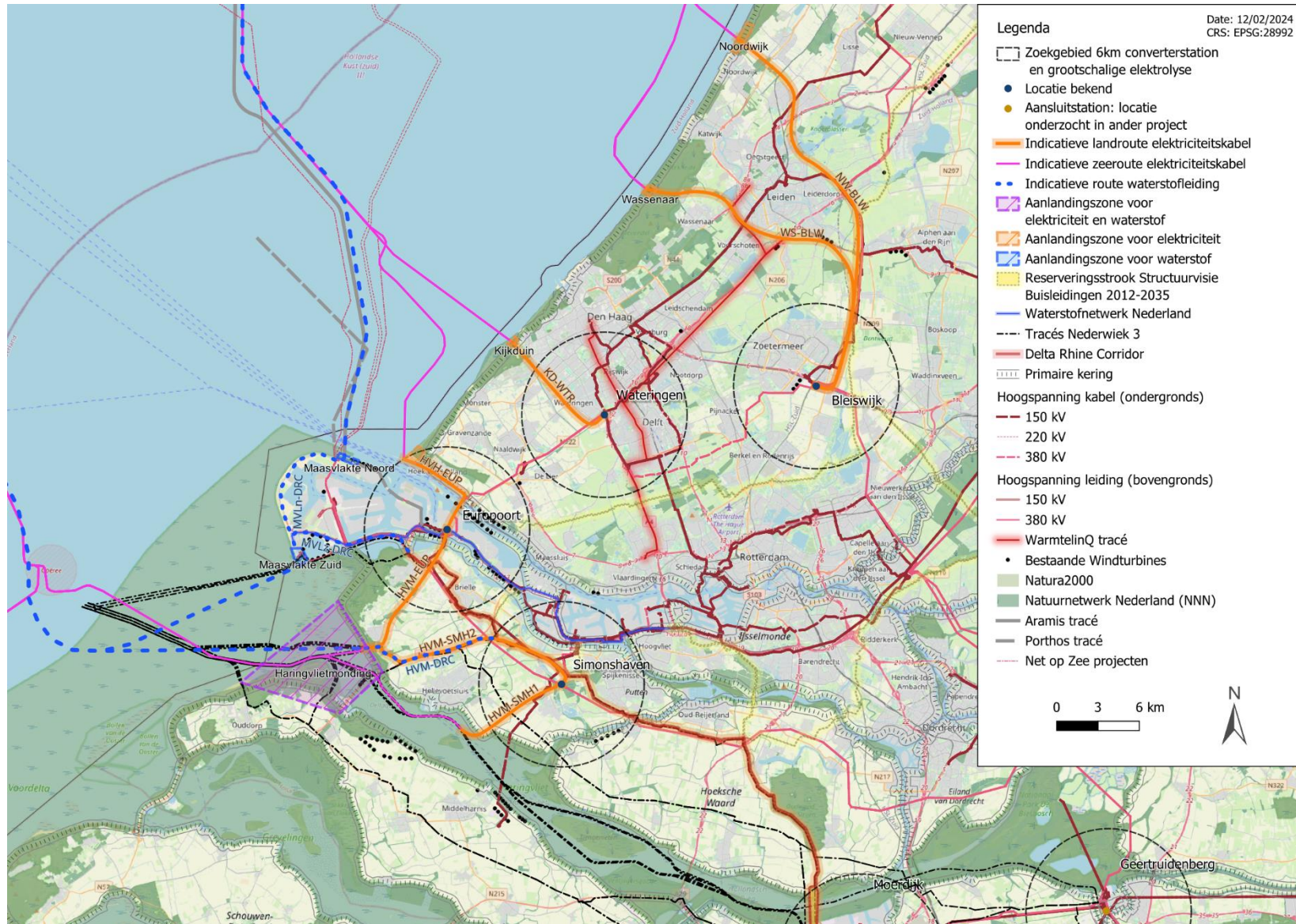
Detailkaart Noordzee



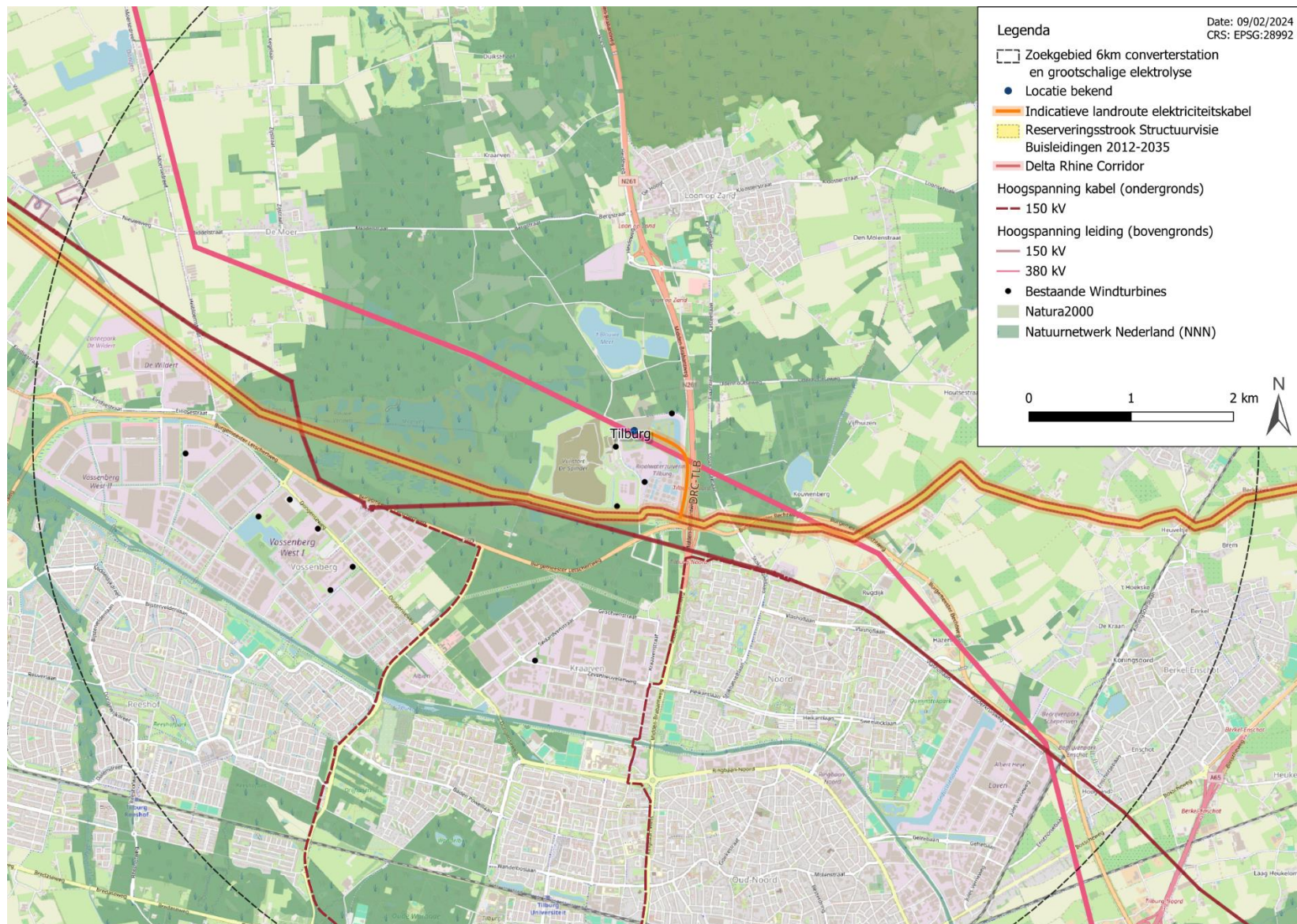
Detailkaart Noord-Holland Noord



Detailkaart Noord-Holland Zuid



Detailkaart Zuid-Holland



Date: 09/02/2024
CRS: EPSG:28992

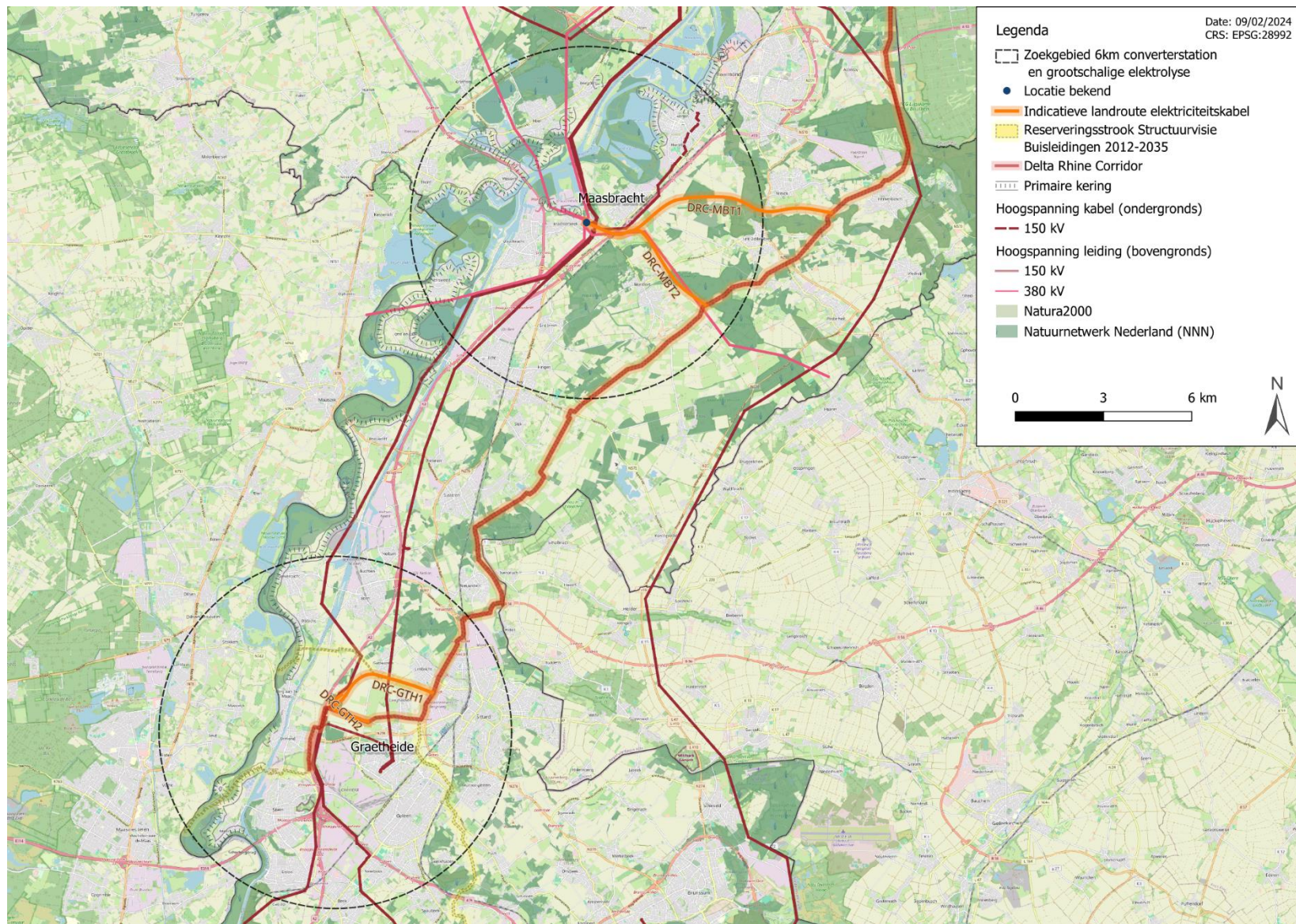
Legenda

- Zoekgebied 6km convertestation en grootschalige elektrolyse
- Locatie bekend
- Indicatieve landroute elektriciteitskabel
- Reserveringsstrook Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035
- Delta Rhine Corridor
- Hoogspanning kabel (ondergronds)
 - 150 kV
 - 380 kV
- Hoogspanning leiding (bovengronds)
 - 150 kV
 - 380 kV
- Bestaande Windturbines
- Natura2000
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)

0 1 2 km

N

Detailkaart Tilburg



Date: 09/02/2024
CRS: EPSG:28992

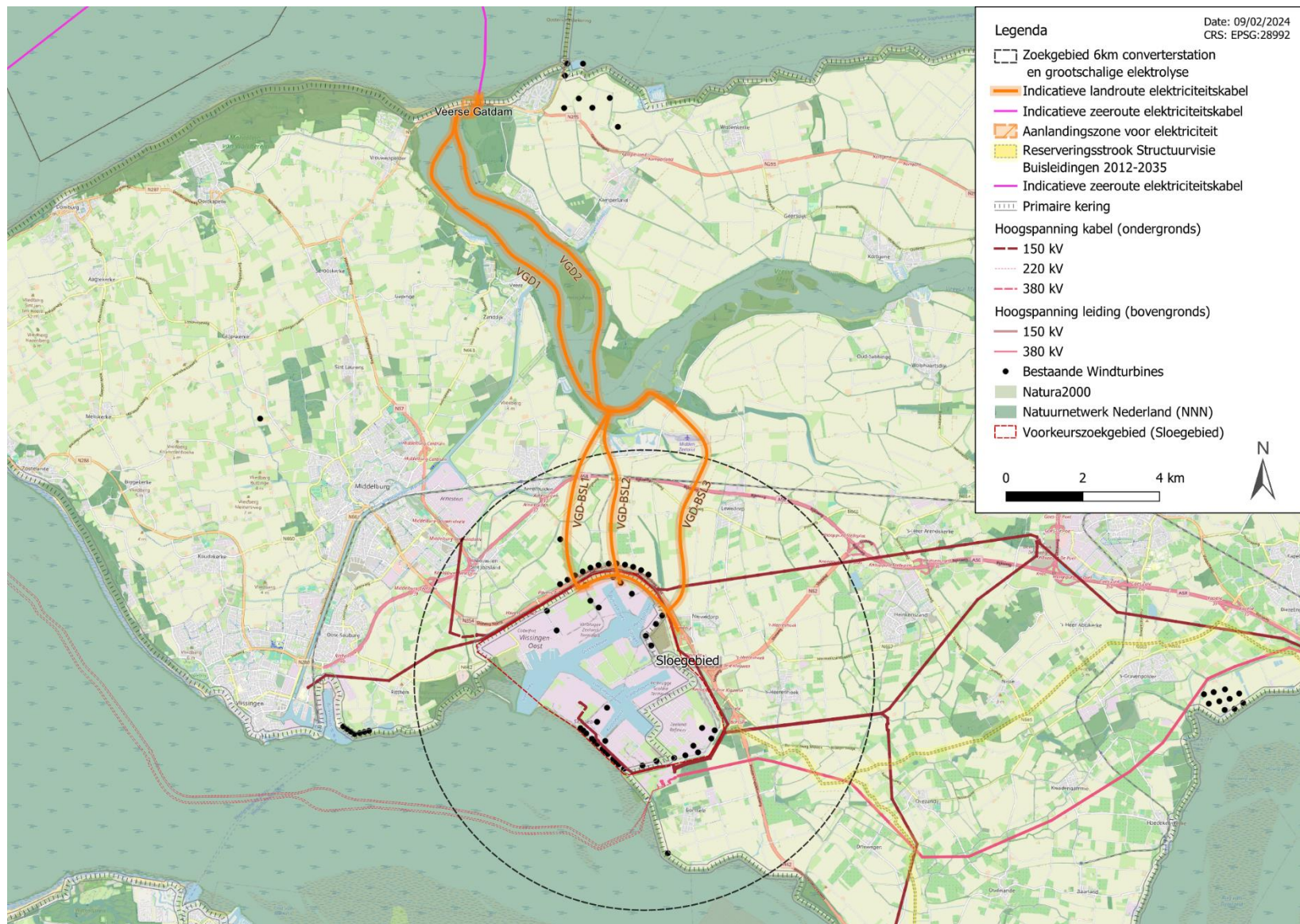
Legenda

- Zoekgebied 6km converterstation en grootschalige elektrolyse
- Locatie bekend
- Indicatieve landroute elektriciteitskabel
- Reserveringsstrook Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035
- Delta Rhine Corridor
- Primaire kering
- Hoogspanning kabel (ondergronds)
 - 150 kV
- Hoogspanning leiding (bovengronds)
 - 150 kV
 - 380 kV
- Natura2000
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)

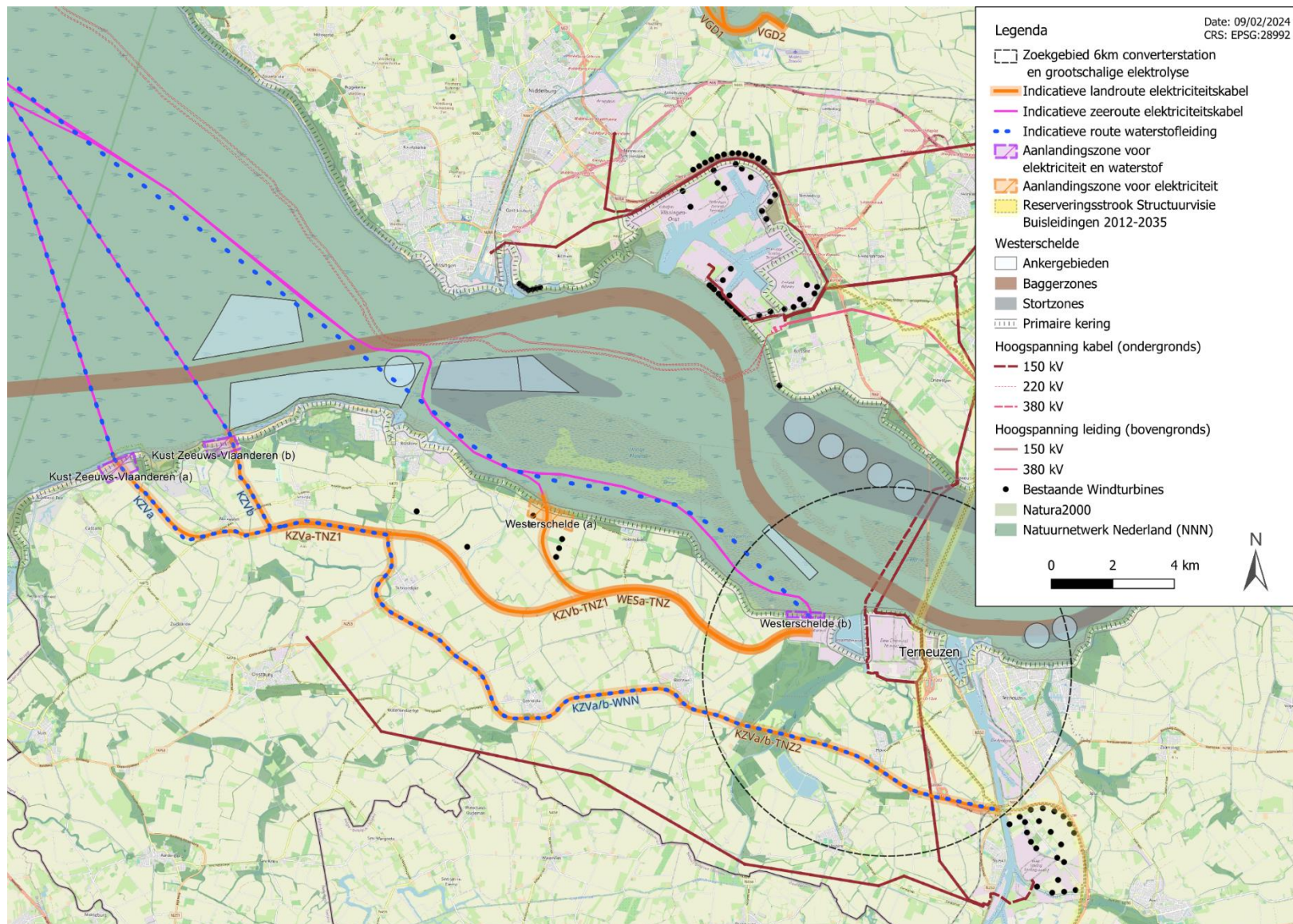
0 3 6 km

N

Detailkaart Limburg



Detailkaart Sloegebied



Detailkaart Terneuzen