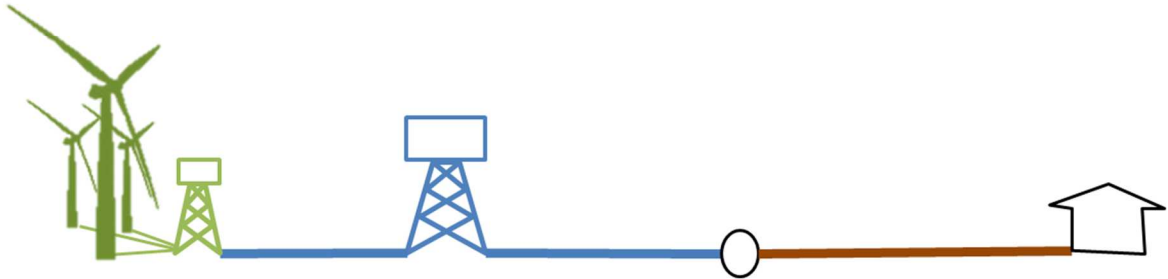


WINDPARK

VERBINDING OP ZEE

AANLANDING

VERBINDING OP LAND



# Technische, ruimtelijke en organisatorische aspecten van het elektriciteitsnet voor de verbinding van windparken op zee op het landelijke hoogspanningsnet

Ministerie van Economische Zaken

4 april 2014  
Definitief rapport  
BC8769



George Hintzenweg 85  
Postbus 8520  
3009 AM Rotterdam  
+31 10 443 36 66 Telefoon  
Fax  
info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail  
www.royalhaskoningdhv.com Internet  
Amersfoort 56515154 KvK

Documenttitel Technische, ruimtelijke en organisatorische aspecten van het elektriciteitsnet voor de verbinding van windparken op zee op het landelijke hoogspanningsnet

Verkorte documenttitel Verbinding windenergie op zee

Status Definitief rapport

Datum 4 april 2014

Projectnaam Aansluiten offshore wind

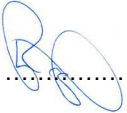
Projectnummer BC8769

Opdrachtgever Ministerie van Economische Zaken


Referentie BC8769/R00001/903423/Rott

Auteur(s) ir. M. (Marloes) van Ginkel,  
drs. M. (Marco) Karremans, ir. D (Daniel) Vree,  
ir. M. (Mark) Vrolijk, ir. E. (Erik) Zigterman

Collegiale toets ir. E. (Erik) Zigterman, drs. L. (Leon) Pulles

Datum/paraaf 04-04-2014 

Vrijgegeven door ir. D. (Daniel) Vree

Datum/paraaf 04-04-2014 



## SAMENVATTING

Vanwege de schaal van de toekomstige ontwikkeling van windenergie op zee in de komende jaren en de ambitieuze planning van het Energieakkoord is het nú van belang om na te denken over de optimale uitrol van windenergie op zee en de optimale verbinding van windenergie op zee aan het landelijke hoogspanningsnet. Deze studie richt zich op de technische kenmerken van de verschillende aansluitopties, de aard en kwaliteit van de hierdoor te realiseren transportcapaciteit, de impact op ruimtelijke ordening, de snelheid van realisatie en de kosten en risico's voor windparken, de netbeheerder en de overheid. De studie is uitgevoerd door Royal HaskoningDHV in samenwerking met TenneT, NWEA en de ministeries van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu.

## AFWEGING AANSLUITOPTIES

Er zijn in de basis twee opties om toekomstige windparken op zee aan te sluiten op het landelijk hoogspanningsnet. Enerzijds via individuele directe verbindingen zoals tot nu toe is gebruikt (zogenaamde radiale verbindingen, met als variant een gecoördineerde aanpak waarbij meerdere radiale verbindingen worden gebundeld in één tracé), en anderzijds een net op zee (zogenaamd stopcontact, met als varianten een stopcontact op land en een ringstructuur). In het schema zijn de voor- en nadelen van de aansluitopties ten opzichte van elkaar tot uitdrukking gebracht. In de laatste kolom is verwezen naar de paragraaf waarin dit aspect is uitgewerkt.

	Radiaal Direct	Radiaal Gecoördineerd	Stopcontact op Zee	Stopcontact op Land	Netwerk Ringstructuur	Paragraaf
Verbindingen op zee						
Technische complexiteit	+	+	-	+	-	3.3
Hoeveelheid kabels	-	-	+	-	+	
Ruimtebeslag	--	+	+	--	++	
Lengte kabel route	+	-	-/+	-	-	
Platform	+	+	-/+	+	--/0	
Inherente Redundantie	-	-	+	0	++	
Verbindingen op land						
Hoeveelheid kabels	-	-	+	+	+	3.4
Ruimtebeslag	-	0	+	+	++	
Hinder tijdens aanleg	--	+	+	+	+	
Transformatorstation	-	-	+	--	+	
Kosten						
Realisatiekosten	0	0	0	0	-	3.3.3 /3.4.3
Operationele kosten	--	-	+	-	+	
Overige aspecten						
Realisatietijd huidig	++	+	-	-	--	3
Realisatietijd algemeen	0	0	0	0	-	
Flexibiliteit	--	--	+	-	++	

## AFWEGING AANSLUITSTATIONS

De mogelijkheden voor verbinding van toekomstige windparken op het landelijk hoogspanningsnet via de (toekomstige) 380 kV-stations Beverwijk, Vijfhuizen, Wateringen, Maasvlakte en Borssele zijn onderzocht. Er zijn geen tracéstudies uitgevoerd. In het schema zijn de voor- en nadelen van verbinding op de verschillende aansluitstations ten opzichte van elkaar tot uitdrukking gebracht. In de laatste rij is verwezen naar de paragraaf waarin dit aspect is uitgewerkt.

Station	Beverwijk	Vijfhuizen	Wateringen	Maasvlakte		Borssele	
				Noord	Zuid	Kruising Westerschelde	Via land
Capaciteit transportnetwerk	+	+	+	0	0	0	0
Complexiteit aanlanding	-	+	+	--	-	--	+
Ruimtelijke complexiteit landtracé	-	--	-	+	+	+	+
Maatschappelijke complexiteit	-	-	-	+	+	+	+
Lengte landtracé	-	--	-	+	+	+	--
Kosten tracé	-	--	-	--	+	--	+
<b>Paragraaf</b>	<b>4.3.1</b>	<b>4.3.2</b>	<b>4.3.3</b>	<b>4.3.4</b>	<b>4.3.4</b>	<b>4.3.5</b>	<b>4.3.5</b>

## AFWEGING NETBEHEER VERSUS INDIVIDUELE ONTWIKKELAARS

Het Energieakkoord geeft aan dat 'daar waar dit efficiënter is dan een directe verbinding van windparken op het landelijk hoogspanningsnet, er een net op zee komt waarvoor TenneT verantwoordelijkheid krijgt'. In het schema is per thema aangegeven of er een positief, neutraal of negatief effect is in geval TenneT of individuele windparkontwikkelaars deze verantwoordelijkheden heeft. In de laatste kolom is verwezen naar de paragraaf waarin dit aspect is uitgewerkt.

Thema	Landelijk netbeheerder TenneT	Individuele windparkontwikkelaars	Paragraaf
Beheersen van tijdigheid en ruimtelijke inpassing	+	o/-	5.2
Zekerheid van tijdige verbinding op korte termijn	o	+	5.3
Beheersen beschikbaarheid	+	o/-	5.4
Beheersen aansprakelijkheden	+	o/-	5.5
Invullen kostendragerschap	+	o/-	5.7
Mogelijkheden bekostiging	+	-	0
Matigen financieringslasten	+	-	5.9

## VERVOLG

De conclusies zijn samengevat in hoofdstuk 6 en kunnen bijdragen aan de vormgeving van wetgeving en de uitrolstrategie van windparken vanaf 2015 inclusief de daarbij horende elektriciteitsinfrastructuur.

## BEGRIPPEN EN AFKORTINGEN

Aansluitstation: station in beheer van TenneT waar aangeleverd vermogen wordt gebundeld en aangesloten op het landelijk hoogspanningsnet. De in deze studie beschouwde aansluitstations (Beverwijk, Vijfhuizen, Wateringen, Maasvlakte en Borssele) hebben een (toekomstig) spanningsniveau van 380 kV

A: Ampere, eenheid om elektrische stroom in uit te drukken

AC: alternating current, wisselspanning

AC/DC-converterstation: station waar wisselspanning wordt omgezet in gelijkspanning en andersom

Bipolair systeem: twee kabels met een plus en een min spanning (gelijkspanning)

Circuit: een combinatie van drie fases (wisselspanning). Een enkelvoudig circuit op zee bestaat meestal uit één 3-aderige kabel en een circuit op land bestaat meestal uit drie 1-aderige kabels

DC: direct current, gelijkspanning

Hoogspanning: 150 kV of hoger

Laagspanning: spanning lager dan 1000V AC of 1500V DC

Landelijk hoogspanningsnet: landelijk elektriciteitsnetwerk onder hoge spanning waarmee elektrische energie wordt getransporteerd vanaf elektriciteit opwekkers (zoals energiecentrales) en tussen distributienetwerken. Het transport verloopt meestal bovengronds door middel van geleiders opgehangen aan hoogspanningsmasten, maar op bepaalde plaatsen worden ook ondergrondse kabels gebruikt

Middenspanning: meestal 33 kV, naar verwachting is in de nabije toekomst ook 66 kV mogelijk

$\mu$ T: micro Tesla, eenheid om elektromagnetisch veld in uit te drukken

MW: Megawatt, eenheid om vermogen in uit te drukken

kV: Kilovolt, eenheid om spanningsniveau in uit te drukken

Reactief vermogen (blindvermogen): dat gedeelte van de stroom dat nodig is voor het continu opladen van de kabel en daardoor niet bijdraagt aan het transport van actief vermogen (ook wel laadstroom genoemd)

Redundantie: de restcapaciteit (uitgedrukt in procenten van de totaal benodigde capaciteit) die overblijft wanneer één kabel uitvalt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen inherente redundantie waarbij er geen extra investeringen nodig zijn om deze redundantie te behalen en N+1 redundantie waarbij een extra kabel wordt gerealiseerd

Stopcontact: transformatorstation op zee of op land waar de vermogens van meerdere windparken worden gebundeld en getransformeerd naar een hoger spanningsniveau

Transformator: station waarin vermogen wordt gebundeld en getransformeerd naar een hoger spanningsniveau

Windenergiegebieden: gebieden die in het Nationaal Waterplan en de concept Structuurvisie Wind op Zee zijn aangewezen als gebieden waarin wind op zee ontwikkeld kan worden. De in deze studie beschouwde windenergiegebieden zijn Hollandse Kust, IJmuiden Ver en Borssele





## INHOUDSOPGAVE

	Blz.
SAMENVATTING	III
BEGRIPPEN EN AFKORTINGEN	V
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Betrokken partijen	3
1.3 Leeswijzer	3
2 VERBINDING WINDENERGIE OP ZEE	4
2.1 Verbinding windenergie op zee	4
2.2 Aanpak onderzoek	6
2.3 Aansluitopties: radiaal of stopcontact	8
2.4 Configuraties: ontwikkeling windenergie op zee	9
3 TECHNIEK, KOSTEN EN RISICO'S	11
3.1 Ontwerp hoogspanningsverbinding	11
3.2 Topologie	13
3.3 Verbinding op zee	17
3.4 Verbinding op land	30
3.5 Algemene kosten vergelijking tussen opties en configuraties	38
3.6 Vergelijking Aansluitopties	40
3.7 Vergelijking Configuraties	43
4 RUIMTELIJKE IMPACT	45
4.1 Ruimtelijke impact	45
4.2 Juridische aandachtspunten	57
4.3 Verbinding landelijk hoogspanningsnet	57
4.4 Risico's en risicobeheersing	73
4.5 Vergelijking van de Aansluitstations	74
5 ORGANISATIE	76
5.1 Inleiding	76
5.2 Tijdigheid en ruimtelijke inpassing	77
5.3 Beschikbaarheid: leveringszekerheid en netstabiliteit	78
5.4 Beheersen risico's van niet-tijdige verbinding voor windparkontwikkelaar	79
5.5 Beheersen aansprakelijkheden netbeheerder bij niet-tijdige en niet-beschikbare verbinding	80
5.6 Toedeling verantwoordelijkheden in andere Europese landen	82
5.7 Kostendragerschap	84
5.8 Wijze van bekostiging netverbinding	86
5.9 Financieringslasten	86
5.10 Organisatorische aspecten bij optie 2 gecoördineerde radiale verbinding	87
5.11 Vergelijking Netbeheer	88

6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	90
6.1	Conclusies vooral gerelateerd aan techniek	90
6.2	Conclusies vooral gerelateerd aan ruimtelijke aspecten	91
6.3	Conclusies vooral gerelateerd aan organisatorische en financiële aspecten	95
	LITERATUUR	97
	BIJLAGE: JURIDISCHE ACHTERGROND	99

## 1 INLEIDING

Voor u ligt de rapportage van de studie naar de technische, ruimtelijke en organisatorische aspecten van het elektriciteitsnet voor de verbinding van windparken op zee op het landelijke hoogspanningsnet. Deze studie is door Royal HaskoningDHV uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken.

### 1.1 Aanleiding

In september 2013 is het Energieakkoord ondertekend door het Rijk en vele maatschappelijke organisaties. In dit akkoord zijn onder meer afspraken gemaakt over windenergie op zee, waaronder de ontwikkeling van 4.450 megawatt (MW) aan windvermogen op zee operationeel in 2023.

Tabel 1: Afspraken Energieakkoord met betrekking tot windenergie op zee

Tenderjaar	Capaciteit (MW)	Operationeel in	Cumulatief (MW)
	1.000	Komende jaren	1.000
2015	450	2019	1.450
2016	600	2020	2.050
2017	700	2021	2.750
2018	800	2022	3.550
2019	900	2023	4.450

Op dit moment zijn er twee Nederlandse windparken op zee operationeel met een gezamenlijk vermogen van 228 MW. De Rijksoverheid heeft in 2009 vergunningen afgegeven voor de bouw van 12 nieuwe windparken op zee. Van deze 12 parken hebben er 3 een SDE-subsidie (subsidie voor de stimulering van duurzame energieproducten) gekregen. Deze drie windparken (Gemini (2x) en Luchterduinen) worden de komende jaren gebouwd. De drie windparken hebben samen een vermogen van 729 MW.

Dit betekent dat, aanvullend op de bestaande windparken en hetgeen in voorbereiding is, er vanaf 2015 voor in totaal 3.450 MW moet worden getenderd. Het kabinet streeft naar een zo kosteneffectief mogelijk opgesteld vermogen. Hierbij wordt een afweging gemaakt tussen de in het Nationaal Waterplan aangewezen windenergiegebieden Borssele en IJmuiden Ver en de in de Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee aangewezen windenergiegebieden Hollandse Kust en Ten Noorden van de Waddeneilanden (en eventuele aan te wijzen gebieden binnen de 12-mijlszone).

Vanwege de schaal van de toekomstige ontwikkeling van windenergie op zee in de komende jaren en de ambitieuze planning is het nú van belang om na te denken over de optimale ontwikkeling van windenergie op zee en de optimale verbinding van windenergie op zee aan het landelijke hoogspanningsnet. Er zijn in de basis twee opties om windparken op zee aan te sluiten op het landelijk hoogspanningsnet. Enerzijds via individuele directe verbindingen zoals tot nu toe is gebruikt (zogenaamde radiale verbindingen), en anderzijds een net op zee (zogenaamde stopcontacten). Het Energieakkoord geeft aan dat 'daar waar dit efficiënter is dan een directe verbinding van windparken op het landelijk hoogspanningsnet, er een net op zee komt waarvoor

TenneT verantwoordelijkheid krijgt'. Omwille van zorgvuldige besluitvorming is er behoefte aan inzicht in de technische, ruimtelijke, juridische en organisatorische kenmerken van de verschillende aansluitopties.

### **Vraagstelling**

Het ministerie van Economische Zaken werkt op dit moment aan de beleidsvorming en wetgeving voor wind op zee en het (eventuele) net op zee. Tegen deze achtergrond heeft zij aan Royal HaskoningDHV gevraagd om de technische opties op hoofdlijnen voor het verbinden van windparken op zee met het landelijk hoogspanningsnet op een rij te zetten. Deze studie richt zich op de technische kenmerken van de verschillende aansluitopties, de aard en kwaliteit van de hierdoor te realiseren transportcapaciteit, de impact op ruimtelijke ordening, de snelheid van realisatie en de kosten en risico's voor windparken, de netbeheerder en de overheid.

### **Kader**

De resultaten van de studie zijn van belang voor de vormgeving van de noodzakelijke wetgeving en ten behoeve van de uitrolstrategie van windparken vanaf 2015 inclusief de daarbij horende elektriciteitsinfrastructuur.

### **Relatie met overige ontwikkelingen**

#### *12-mijlszone*

Het kabinet laat onderzoeken of het haalbaar is om binnen de 12-mijlszone windparken te bouwen. Er wordt gekeken of er gebieden zijn waar ruimte is voor windenergie en of die gebieden uit oogpunt van kosten en verbinding op het elektriciteitsnet op het land mogelijkheden kunnen bieden. Het gaat daarbij nog niet om een concreet voornemen om daadwerkelijk gebieden aan te wijzen. Op basis van de Haalbaarheidsstudie neemt het kabinet een besluit of en hoe zij verder wil gaan met planvorming voor windenergie binnen de 12-mijlszone. De kustprovincies, kustgemeentes en sectoren zijn bij de Haalbaarheidsstudie betrokken. In voorliggende studie is kort beschreven wat de mogelijke gevolgen van de ontwikkeling van windparken binnen de 12-mijlszone kunnen zijn. Aangezien de resultaten van de Haalbaarheidsstudie nog niet beschikbaar zijn, is gebruik gemaakt van de Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone.

#### *Buitenland*

In de ons omringende landen, het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Denemarken en België, worden op grote schaal (plannen voor) windparken ontwikkeld. Een aantal van deze windparken grenzen aan de Nederlandse EEZ. In voorliggende studie is in principe geen rekening gehouden met de verbinding van Nederlandse windparken op zee met buitenlandse windparken of hoogspanningsnetten.

## 1.2 Betrokken partijen

Deze studie werd uitgevoerd in samenwerking met de volgende partijen:

- Ministerie van Economische Zaken. Het ministerie van EZ is verantwoordelijk voor het energiebeleid, in het bijzonder ten aanzien van stimulering van hernieuwbare energie, marktordening van de energiemarkt en regulering van netbeheer.
- Nederlandse Wind Energie Associatie (NWEA). NWEA is de belangenorganisatie van bedrijven actief in wind op zee.
- TenneT. TenneT is de netbeheerder van het landelijk hoogspanningsnet.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het ministerie van IenM is verantwoordelijk voor de ruimtelijke ordening voor de Noordzee.

Hierbij willen we alle deelnemers bedanken voor de open gesprekken en constructieve workshop die we met de betrokken partijen hebben mogen voeren en voor de verstrekte informatie.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de in deze studie gehanteerde methodiek. Hoofdstuk 3 beschrijft de technische kenmerken van de verschillende opties, de aard en kwaliteit van de hierdoor te realiseren transportcapaciteit, kosten en risico's. Hoofdstuk 4 beschrijft de impact op ruimtelijke ordening en juridische aandachtspunten. In dit hoofdstuk wordt ook ingegaan op de verbinding op het landelijk hoogspanningsnet. Hoofdstuk 5 brengt de organisatorische verschillen en aandachtspunten van een landelijke netbeheerder versus afzonderlijke windparkontwikkelaars in beeld. In Hoofdstuk 6 zijn de conclusies van deze studie op een rij gezet. De bijlage bevat juridische achtergronden.

## 2 VERBINDING WINDENERGIE OP ZEE

Dit hoofdstuk beschrijft de in deze studie gehanteerde methodiek. Paragraaf 2.1 beschrijft de windenergiegebieden en het landelijk hoogspanningsnet. In deze studie wordt echter niet de concrete verbinding van de windenergiegebieden aan het landelijk hoogspanningsnet, maar generieke aansluitopties die mogelijk kunnen worden toegepast bestudeerd. In paragraaf 2.2 zijn het doel en de diepgang van de studie, de gevolgde methodiek en enkele uitgangspunten die de studie afbakenen benoemd. In deze studie worden vijf verbindingsopties en drie ruimtelijke configuraties beschouwd, die zijn beschreven in paragraaf 2.3 en paragraaf 2.4.

### 2.1 Verbinding windenergie op zee

De in het windpark op zee opgewekte energie moet via elektriciteitskabels door de zeebodem en op land met het landelijk hoogspanningsnet en uiteindelijk de eindgebruikers worden verbonden. In Figuur 1 zijn de windenergiegebieden op de Noordzee en de (in deze studie beschouwde) aansluitstations op het landelijke hoogspanningsnet weergegeven.

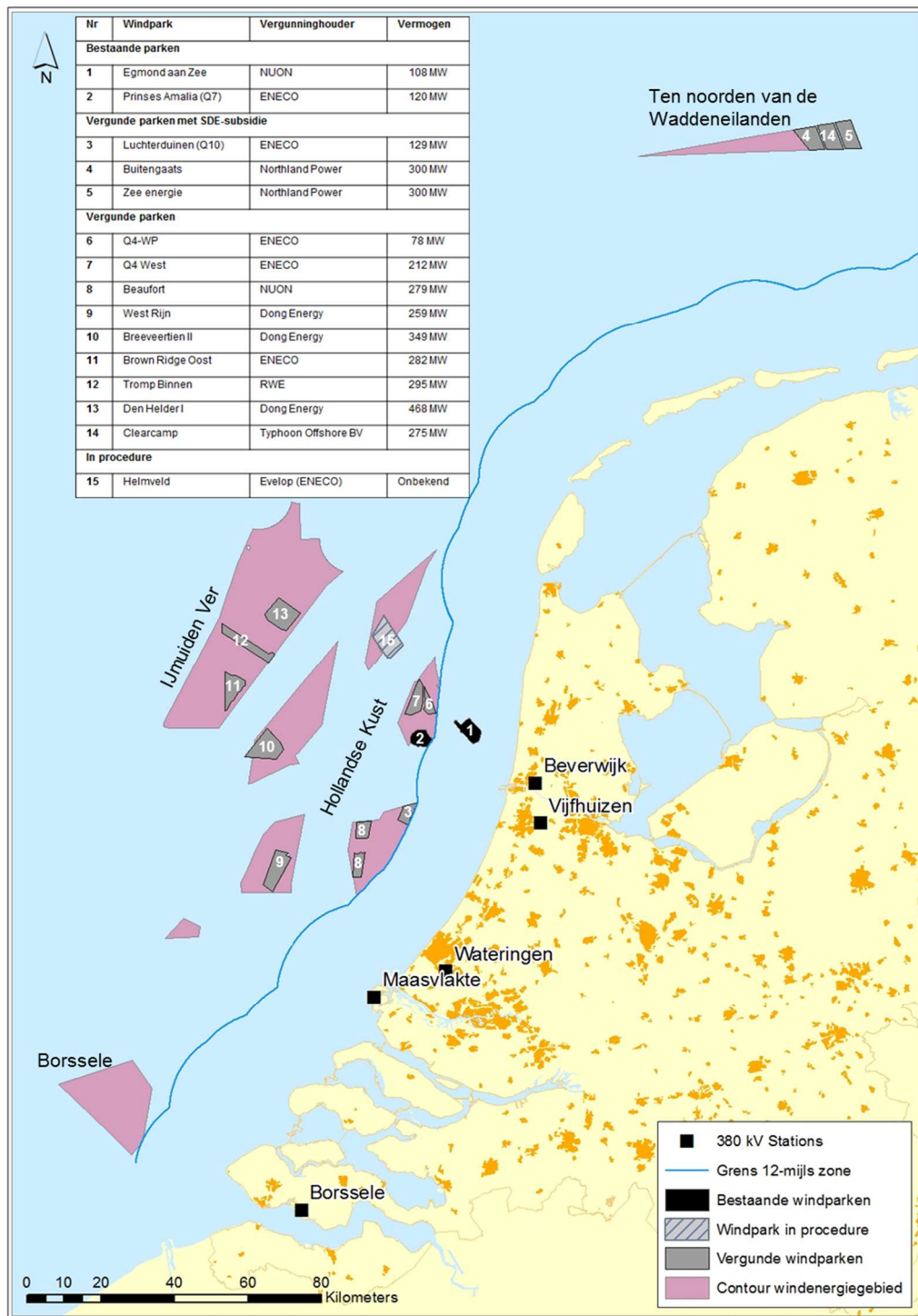
#### Windenergiegebieden op zee

De *windenergiegebieden* Hollandse Kust, IJmuiden Ver, Borssele en Ten noorden van de Waddeneilanden zijn planologisch vastgelegd in het Nationaal Waterplan (NWP) en de concept Structuurvisie Wind op Zee die op dit moment in procedure is. De focus van de onderhavige studie ligt op de verbinding van windparken in de windenergiegebieden op zee ten westen van Nederland. De verbinding van het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden is in deze studie buiten beschouwing gelaten, maar de generieke aansluitopties zouden hier ook kunnen worden toegepast.

#### Landelijk hoogspanningsnet

TenneT beheert het *hoogspanningsnet* op land (spanning van 110 kV en hoger) en is verantwoordelijk voor een continue stroomlevering. Op dit moment werkt TenneT aan de uitbreiding van het landelijke hoogspanningsnet met de projecten Randstad 380 kV, Noord west 380 kV en Zuid west 380 kV. Het Nederlandse hoogspanningsnet is op een aantal locaties verbonden met de Europese energie-infrastructuur (Duitsland, België, Verenigd Koninkrijk, Noorwegen). Het Energieakkoord geeft aan dat 'daar waar dit efficiënter is dan een directe verbinding van windparken op het landelijk hoogspanningsnet, er een net op zee komt waarvoor TenneT de verantwoordelijkheid krijgt'.

De focus van deze studie ligt op de verbinding van toekomstige windparken op het landelijk hoogspanningsnet via de vijf aansluitstations weergegeven in Figuur 1. Het betreft de (toekomstige) 380 kV-stations Beverwijk, Vijfhuizen, Wateringen, Maasvlakte en Borssele.



Figuur 1: Windenergiegebieden op de Noordzee en de (in deze studie beschouwde) aansluitstations op het landelijke hoogspanningsnet

## 2.2 Aanpak onderzoek

### Doel

Het doel van deze studie is om inzicht te geven in de technische kenmerken van verschillende verbindingsopties, de aard en kwaliteit van de hierdoor te realiseren transportcapaciteit, de impact op ruimtelijke ordening, de snelheid van realisatie en de kosten en risico's voor windparken, de netbeheerder en de overheid. Mede op basis van dat inzicht kan het ministerie van EZ haar voorkeur bepalen voor de vormgeving van de noodzakelijke wetgeving en van de uitrolstrategie van windparken vanaf 2015 inclusief de daarbij horende elektriciteitsinfrastructuur.

### Methodiek

De studie richt zich op de technische, ruimtelijke, juridische en organisatorische kenmerken van de verschillende aansluitopties, die nader zijn uitgewerkt in paragraaf 2.3, en heeft in principe geen betrekking op concrete windparken en aansluitstations (deze vormen natuurlijk wel het grotere kader waar deze studie inpast en zijn daarom beschreven in paragraaf 2.1). Voor een aantal specifieke onderwerpen wordt de studie meer concreet, bijvoorbeeld wanneer wordt ingegaan op de ruimtelijke ordening aspecten rondom de aansluitstations, maar alleen op hoofdlijnen; er zijn in het kader van deze studie geen tracéstudies uitgevoerd.

In het tweede deel zijn de opties naast elkaar gezet en onderling vergeleken. De verbindingsopties en aansluitstations zijn op een relatieve manier (ten opzichte van elkaar) vergeleken voor de criteria weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Vergelijkingskader

<b>Afwegingskader Aansluitopties</b>	Verbindingen op zee	Technische complexiteit	<b>Afwegingskader Aansluitstations</b>	Capaciteit transportnetwerk	<b>Afwegingskader Netbeheerder vs individuele Ontwikkelaars</b>	Beheersen van tijdigheid en ruimtelijke inpassing	
		Hoeveelheid kabels				Complexiteit aanlanding	Zekerheid van tijdige verbinding op korte termijn
		Ruimtebeslag		Ruimtelijke complexiteit landtracé			Beschikbaarheid
		Lengte kabel route					Lengte landtracé
		Verbindingen op land		Platform		Maatschappelijke complexiteit	Kostendragerschap
	Inherente redundantie			Kosten tracé			Bekostiging mogelijkheden
	Hoeveelheid kabels						Financieringslasten
	Ruimtebeslag						
	Kosten	Realisatiekosten		Operatieve kosten			
		Operatieve kosten					
	Overige aspecten	Realisatietijd		Flexibiliteit			
		Flexibiliteit					

### Planperiode

Deze studie beschouwt het tijdspad van het Energieakkoord (2015-2023, zie Tabel 1). De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie inclusief de bestaande windparken en de drie in ontwikkeling zijnde windparken op zee.



### Bestaande en in ontwikkeling zijnde windparken op zee

De bestaande windparken Egmond aan Zee (operationeel sinds 2007) en Prinses Amalia (operationeel sinds 2008) zijn met zeekeblen verbonden met een transformatorstation aan de Reyndersweg in Wijk aan Zee waar de elektriciteit naar 150 kV wordt getransformeerd. Met een ondergrondse hoogspanningskabel wordt de stroom via Wijk aan Zee door Beverwijk getransporteerd naar het 150 kV-station bij de Nuon elektriciteitscentrale in Velsen-Noord en vandaar naar de eindgebruikers.

Het windpark Luchterduinen wordt aangesloten op het landelijke hoogspanningsnet via het 150 kV schakel- en transformatorstation bij Sassenheim. De twee in ontwikkeling zijnde Gemini-windparken ten noorden van de Waddeneilanden (Buitengaats en Zee energie) worden met een 220 kV-zeekebel onderling en met het 380 kV-station Oudeschip in de Eemshaven verbonden. De aanlanding van de 220 kV-kabels en de benodigde transformatie naar 380 kV vinden plaats in het industriegebied Eemshaven.

### Uitgangspunten en afbakening

Nieuwe ontwikkelingen zijn meestal omgeven door onzekerheden en veronderstellingen. Veranderingen daarin kunnen gevolgen hebben voor de uitkomsten en conclusies van deze studie. Het is daarom van belang de gehanteerde uitgangspunten inzichtelijk te maken. Belangrijke veronderstellingen en uitgangspunten in deze studie waren:

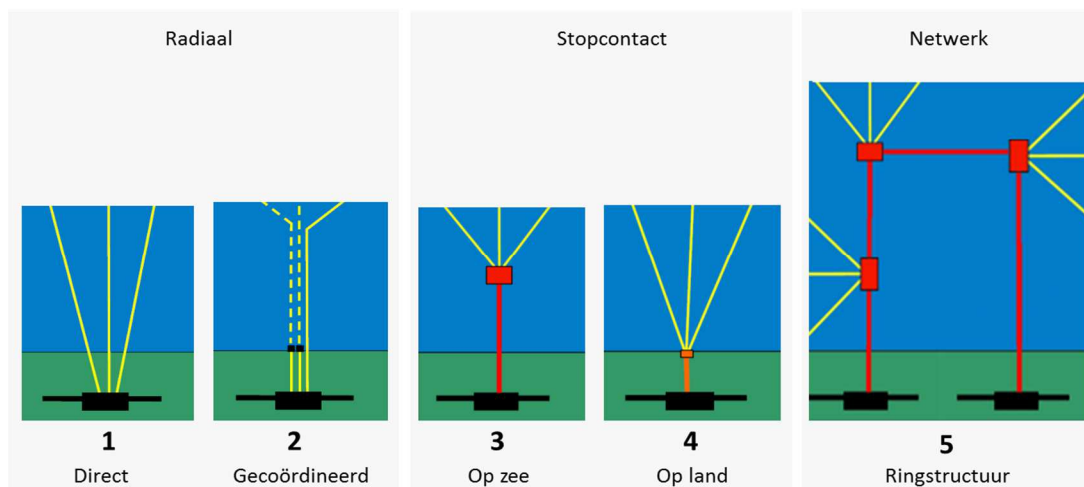
- Er wordt uitgegaan van vijf mogelijke aansluitopties zoals nader beschreven in paragraaf 2.3.
- In deze studie zijn de drie geabstraheerde configuraties zoals weergegeven in paragraaf 2.4 als uitgangspunt gebruikt tenzij dit expliciet anders is vermeld (zoals voor de analyse van de capaciteit en mogelijke tracés naar de aansluitstation). De resultaten die zijn gebaseerd op de configuraties zijn daarom niet één op één te vertalen naar de in Figuur 1 weergegeven windgebieden en aansluitstations.
- Voor de verbinding worden alleen ondergrondse kabelverbindingen beschouwd. Het realiseren van een bovengrondse hoogspanningslijn is buiten beschouwing gelaten.
- De beschouwde begrenzing loopt vanaf het windpark tot aan het aansluitstation met het landelijk hoogspanningsnet; op het middenspanningsnet in een windpark op zee wordt daarom niet specifiek ingegaan.
- In deze studie is gekeken naar de vergunde windparken en de windenergiegebieden zoals vastgelegd in het NWP en de Structuurvisie Wind op Zee in Borssele, IJmuiden Ver en Hollandse Kust; het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden is in deze studie buiten beschouwing gelaten.
- In dit rapport wordt verwezen naar de voorbereidende tracéstudies van Eneco en Nuon/Dong voor de verbinding van vergunde Ronde 2 windparken voor de tender van 2015, maar dit veronderstelt niet dat deze parken ook daadwerkelijk gerealiseerd worden.
- Voor de technische gegevens is gebruik gemaakt van expert judgement van elektrotechnische specialisten van Royal HaskoningDHV. Daar waar beschikbaar zijn referenties gegeven naar relevante literatuur.
- In deze studie is gekeken naar verbindingsmogelijkheden van windenergie op zee op het landelijk hoogspanningsnet via de (toekomstige) 380 kV-stations Beverwijk, Vijfhuizen, Wateringen, Maasvlakte en Borssele; verbinding op andere (lagere spanningen) stations zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten.
- De capaciteitsprognose van de (toekomstige) 380 kV-stations is gebaseerd op de gegevens die door TenneT beschikbaar zijn gesteld in het overleg van 11 februari 2014 en de workshop met belanghebbenden van 20 februari 2014.
- Voor de beschrijving van de ruimtelijke ordening aspecten is gebruik gemaakt van de door Eneco en Nuon en Dong aangeleverde tracéstudies naar Beverwijk en

Wateringen, vrij beschikbaar kaartmateriaal en de workshop met belanghebbenden van 20 februari 2014.

- Deze studie geeft geen advies over de verbinding van wind op zee, maar geeft inzicht in de kenmerken van de verschillende aansluitopties als input voor de afweging door de beleidsvormer.
- In deze studie is kort beschreven wat de mogelijke gevolgen van de ontwikkeling van windparken binnen de 12-mijlszone kunnen zijn. Aangezien de resultaten van de Haalbaarheidsstudie nog niet beschikbaar zijn, is gebruik gemaakt van de Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone.
- In deze studie is in principe geen rekening gehouden met de verbinding van Nederlandse windparken op zee met buitenlandse windparken of hoogspanningsnetten.

### 2.3 Aansluitopties: radiaal of stopcontact

Er zijn in de basis twee opties om windparken op zee aan te sluiten aan het landelijk hoogspanningsnet. Enerzijds de verbinding zoals tot nu toe is gebruikt via radiale verbindingen, en anderzijds via stopcontacten op zee of op land. Naast deze basis opties zijn er enkele opties die hiervan zijn afgeleid. De bestudeerde aansluitopties zijn schematisch weergegeven in Figuur 2. Het gaat om vijf ruimtelijke en technische opties, die een verschillende uitwerking hebben in organisatorisch, juridisch en beleidsmatig opzicht.



Figuur 2: Aansluitopties

#### Radiaal

##### *Optie 1 Directe radiale verbindingen*

Elk windpark wordt afzonderlijk op het hoogspanningsnet (op land) aangesloten.

##### *Optie 2 Gecoördineerde radiale verbindingen*

Elk windpark wordt afzonderlijk op het hoogspanningsnet (op land) aangesloten. Om te voorkomen dat telkens apart het landtracé wordt gerealiseerd, wordt het landtracé voor meerdere windparken direct bij de realisatie voor het eerste windpark gerealiseerd. Ook op zee zullen de verschillende kabels die naar eenzelfde gebied lopen gecooördineerd in één corridor worden geïnstalleerd.

## Stopcontact

### *Optie 3 Stopcontact op zee*

Elk windpark krijgt een eigen verbinding op een platform op zee dat zich ergens tussen de windparken bevindt. Vanaf het platform op zee loopt een (corridor van) gezamenlijke netverbinding naar het aansluitstation op het hoogspanningsnet.

### *Optie 4 Stopcontact op land*

Elk windpark krijgt een verbinding op transformatorstation dat zich direct aan de kust op land bevindt. Vanaf het aanlandstation loopt een netverbinding naar het aansluitstation op het hoogspanningsnet.

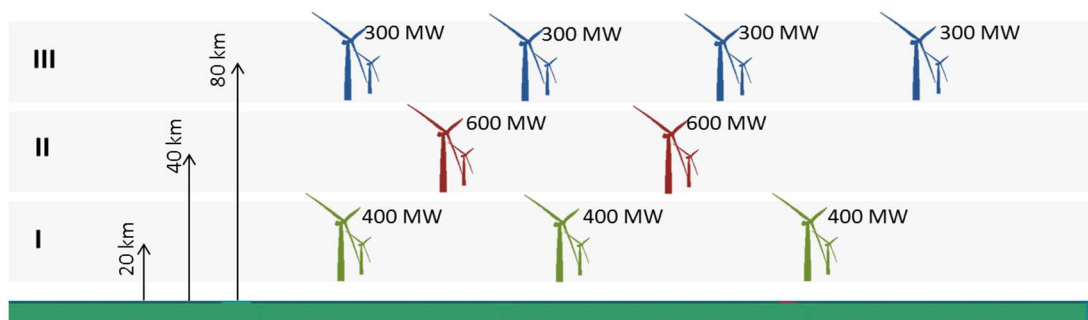
## Netwerk

### *Optie 5 Ringstructuur*

Verdere uitwerking van optie 3 voor de toekomst na 2023 waarbij een aantal platforms op zee met elkaar en met het hoogspanningsnet worden verbonden. Op twee plaatsen wordt een verbinding naar het hoogspanningsnet op land gerealiseerd.

## 2.4 Configuraties: ontwikkeling windenergie op zee

Er is nog geen uitrolstrategie van windparken op zee vanaf 2015; de resultaten van deze studie zijn juist van belang voor de vormgeving van de uitrolstrategie van windparken vanaf 2015 inclusief de daarbij horende elektriciteitsinfrastructuur. Daarom zijn in deze studie drie mogelijke ontwikkelingen voor windenergie op zee beschouwd. De drie ruimtelijke configuraties verschillen onderling in de afstand tot de kust (20 km, 40 km en 80 km) en het aantal parken en vermogen van de aan te sluiten windparken (3x400 MW, 2x600 MW en 4x300 MW). De beschouwde ruimtelijke configuraties zijn in Figuur 3 geschematiseerd.



**Figuur 3: Configuraties**

De ruimtelijke configuraties zijn in deze studie als leidraad gebruikt om opties, afstanden en vermogens per park te kunnen vergelijken. Hoewel in de configuraties vaste combinaties van afstand tot de kust en het aantal parken en vermogen per park zijn gemaakt, worden deze aspecten steeds los van elkaar beschouwd.

In deze studie is uitgegaan van een totaal vermogen van 1200 MW per configuratie om opties en configuraties onderling te kunnen vergelijken. Het vermogen van 1200 MW is echter een richtgetal, en zal in de toekomst nader moeten worden geconcretiseerd. Hiervoor gelden de volgende aandachtspunten:

- De beschouwing in dit rapport geldt ook voor configuraties variërend van 1000 MW tot 1400 MW
- Technisch gezien zijn er geen harde grenzen voor het minimum of het maximum<sup>1</sup> vermogen van een verbinding
- De ruimtelijke configuraties moeten worden beschouwd als bouwstenen waarmee uiteindelijk de doelstelling uit het Energieakkoord (4.450 MW aan windvermogen op zee operationeel in 2023) kan worden samengesteld.

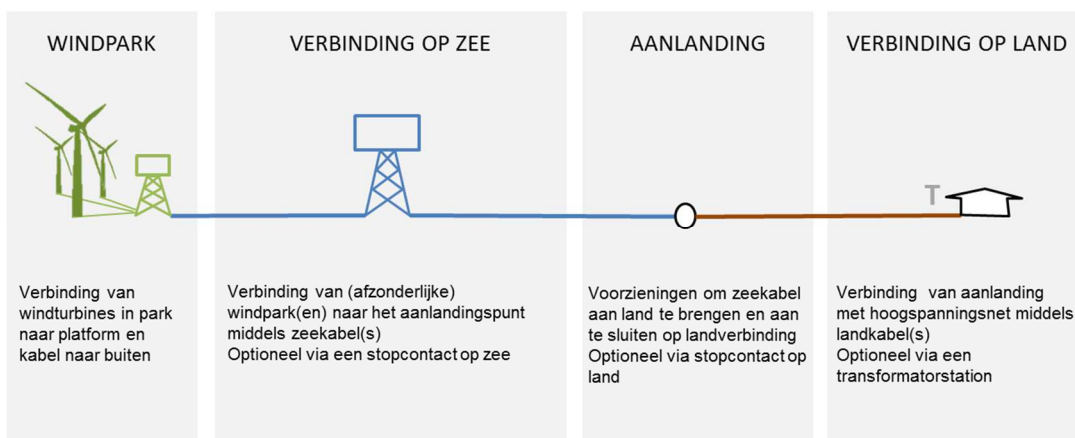
---

<sup>1</sup> Voor het vermogen van een enkele verbinding stelt de netbeheerder wel een maximum eis om de impact op het hoogspanningsnet bij uitval van de verbinding te beperken. Dit maximum ligt echter ruim boven de beschouwde 1200 MW. Daarnaast speelt ook de capaciteit van het aansluitstation een rol

### 3 TECHNIEK, KOSTEN EN RISICO'S

Dit hoofdstuk beschrijft de technische kenmerken van de verschillende opties, de aard en kwaliteit van de hierdoor te realiseren transportcapaciteit, kosten en risico's.

De in een windpark op zee opgewekte energie moet via elektriciteitskabels door de zeebodem en op land uiteindelijk met het landelijk hoogspanningsnet worden verbonden. De verbinding bestaat uit een combinatie van installaties en componenten die per verbindingsoptie verschillen. In dit hoofdstuk worden de installaties en componenten beschreven; daarbij is de verbinding verdeeld in het windpark, de verbinding op zee, de aanlanding en de verbinding op land (Figuur 4).



Figuur 4: Onderdelen van de verbinding

Op de verbindingen binnen een windpark wordt in deze studie niet specifiek ingegaan. In dit hoofdstuk worden de onderdelen vanaf het windpark tot aan het hoogspanningsnet zoals weergegeven in Figuur 4 in afzonderlijke paragrafen behandeld, maar eerst wordt kort ingegaan op de achtergronden bij het ontwerp van een kabelverbinding en de varianten in de verbindingsopties.

#### 3.1 Ontwerp hoogspanningsverbinding

##### 3.1.1 Belastbaarheid van een kabel

Een elektriciteitskabel transporteert *elektrische stroom*. De eigenschappen van de kabel (type en dikte geleider en isolatie) en de omgeving waar de kabel doorheen loopt (grondmateriaal en temperatuur) bepalen de *belastbaarheid* van de kabel. De kabel warmt te veel op als de stroom door de kabel hoger is dan de belastbaarheid, zodat thermische schade kan ontstaan aan de isolatie van de geleiders en delen die daarmee in contact komen.

Het door een kabel getransporteerde *elektrische vermogen* (uitgedrukt in *MegaWatt (MW)*) is afhankelijk van de hoogte van de *spanning* op de kabel (uitgedrukt in *kiloVolt (kV)*) en de stroom door de kabel (in *Ampere (A)*). Hoe hoger de spanning, hoe meer vermogen getransporteerd kan worden.

Bij het ontwerp van een kabelverbinding spelen verschillende factoren een rol. Het vermogen dat moet worden getransporteerd en de afstand vormen daarbij het uitgangspunt. Met het benodigde vermogen wordt het spanningsniveau, het aantal *circuits*, het type kabel(s) per circuit en geleider doorsnede per kabel bepaald. Hierbij spelen economische afwegingen een rol; niet alleen de initiële kosten van de kabel(s) en transformator(s) en de aanlegkosten, maar ook de transportverliezen in de kabel, de verliezen door conversie en de leveringszekerheid.

#### Voorbeeld van een vereenvoudigde berekening voor dimensionering kabelverbinding

- Vermogen: 1200 MW
- Lengte: 40 km zee
- Technologie: AC
- Spanning: 220 kV of 380 kV
- Belastbaarheid kabel 1200 mm<sup>2</sup>: 980 A (exacte belastbaarheid afhankelijk van tracé factoren)
- Blindvermogen compensatie aan beide zijdes van de kabel

Berekeningsstap	220 kV	380 kV
Blindvermogen kabel bij 40 km zeetracé	115MVA <sub>r</sub>	370MVA <sub>r</sub>
Beschikbare stroom na aftrek compensatie	940A	850A
Benodigde stroom voor 1200 MW	3150A	1825A
Aantal kabels	4	3
Beschikbaar transportvermogen met 1 kabel minder	1070MW	1120MW

### 3.1.2 Conversiestappen

Windenergie wordt in een windturbine omgezet in elektrische energie door middel van een generator. Deze levert een wisselspanning op *laagspanning* (meestal 690 V, maar ook 900 V is mogelijk). Om de stroom en daarbij horende verliezen en kabelkosten te beperken wordt deze spanning door middel van een transformator in de windturbine verhoogd naar *middenspanning* (nu meestal 33 kV, naar verwachting is in de nabije toekomst ook 66 kV mogelijk).

Met een kabel met een hoger spanningsniveau kunnen grotere vermogens met minder kabelverlies worden getransporteerd. Daarom is het voor bepaalde afstanden interessant om vermogen te bundelen en met een transformator naar een hoger spanningsniveau te transformeren. Een transformator staat op zee op een speciaal platform of eiland en op land in een transformatorstation.

In een windpark worden de kabels vanaf de windturbines op een platform in het park verbonden en getransformeerd naar *hoogspanning* (150 kV of 220 kV). Kabels van verschillende windparken kunnen op een verzamelplatform worden verbonden en worden getransformeerd naar een hoger spanningsniveau (220 kV of 380 kV). In het geval van een verzamelplatform op zee is sprake van een '*stopcontact op zee*'. Als de kabels van verschillende windparken aan land worden verbonden en worden getransformeerd is sprake van een '*stopcontact op land*'.

Om de kabels op het *landelijk hoogspanningsnet* aan te kunnen sluiten, zal de spanning moeten zijn getransformeerd tot het spanningsniveau van het *aansluitstation*. De in deze studie beschouwde aansluitstations hebben een spanningsniveau van 380 kV. Als het spanningsniveau van de kabel lager is dan 380 kV, dan is nog een transformatie (en een transformatorstation) nodig.

### 3.1.3 Wisselspanning of gelijkspanning

Traditioneel wordt wisselspanning (*Alternating Current*, verder AC) gebruikt voor het transport van elektriciteit op hoogspanning. Het nadeel van het toepassen van ondergrondse AC-kabels is dat er reactief vermogen<sup>2</sup> (*blindvermogen*) wordt opgewekt dat gecompenseerd moet worden. Bij toenemende afstand moeten daarom dikkere geleiders en andere maatregelen worden toegepast, waardoor de kabelkosten sterk toenemen. Daarnaast is er ook een technische limiet aan de lengte van een (ondergrondse) AC-kabel verbinding die afneemt bij een hoger spanningsniveau (zie verder paragraaf 3.3.1). Bij wisselspanning worden drie fases gebruikt (dit wordt een *circuit* genoemd). Een enkelvoudig circuit op zee bestaat meestal uit één 3-aderige kabel en een circuit op land bestaat meestal uit drie 1-aderige kabels.

Elektriciteit kan ook via gelijkspanning (*Direct Current*, verder DC) worden getransporteerd. Wanneer alleen de kabel wordt beschouwd is gelijkspanning een efficiëntere manier van elektriciteitstransport dan wisselspanning, omdat er geen reactief vermogen wordt opgewekt. Daarom kan er met een gelijksspanningsverbinding meer vermogen worden overgebracht bij eenzelfde type kabel en is er nagenoeg geen beperking van de lengte van de kabels. Het nadeel van gelijkspanning is dat speciale, kostbare *AC/DC-converterstations* op zee en op land noodzakelijk zijn. Bij AC/DC en DC/AC conversie treden daarbij conversieverliezen op. Dit is de reden dat voor korte (ondergrondse) kabelverbindingen altijd voor AC wordt gekozen.

## 3.2 Topologie

De mogelijkheden voor de verbinding van het windpark aan het aansluitstation is per verbindingsoptie weergegeven in Figuur 5.

---

<sup>2</sup> Met reactief vermogen wordt dat gedeelte van de stroom bedoeld dat nodig is voor het continu opladen van de kabel en daardoor niet bijdraagt aan het transport van actief vermogen. Dit gedeelte van de stroom wordt ook wel laadstroom genoemd. Zie verder paragraaf 3.3.1.

### **Optie 1 en Optie 2: Radiale Verbindingen**

De radiale opties zijn technisch vergelijkbaar en verschillen alleen in de loop van het tracé (zo kort mogelijke rechtstreekse verbinding of gecoördineerd tracé), daarom worden deze twee opties in dit hoofdstuk samen beschouwd. Bij de radiale opties is ieder windpark steeds met een eigen verbinding op het aansluitstation verbonden. Er zijn drie varianten:

1. Voor windparken nabij de kust (< 30 km) kan een verbinding op 150 kV interessant zijn, omdat er bij het aansluitstation direct op het 150 kV-hoogspanningsnet kan worden aangesloten. In deze studie is dit type verbinding niet verder bestudeerd, omdat de capaciteit op 150 kV bij aansluitstations beperkt is tot enkele 100 MW en dus niet geschikt is voor de 1200 MW van de in deze studie beschouwde configuraties<sup>3</sup>.
2. Het windpark wordt met een 220 kV<sup>4</sup>-zeekabel via een transitieput aan de kust aangesloten op een landkabel op 220 kV. Bij het aansluitstation is een transformatorstation naar 380 kV.
3. Het windpark wordt met een 220 kV-kabel met het land verbonden. In een transformatorstation dat zich direct aan de kust bevindt (in of achter de duinen), vindt de transformatie naar 380 kV plaats, waarna een 380 kV-kabelverbinding naar het aansluitstation loopt.

### **Optie 3: Stopcontact op zee**

In de nabijheid van een aantal windparken wordt een verzamelplatform op zee gerealiseerd. De kabels van verschillende windparken worden op dit platform verzameld en de transmissie van het vermogen naar land vindt plaats met een gezamenlijke verbinding.

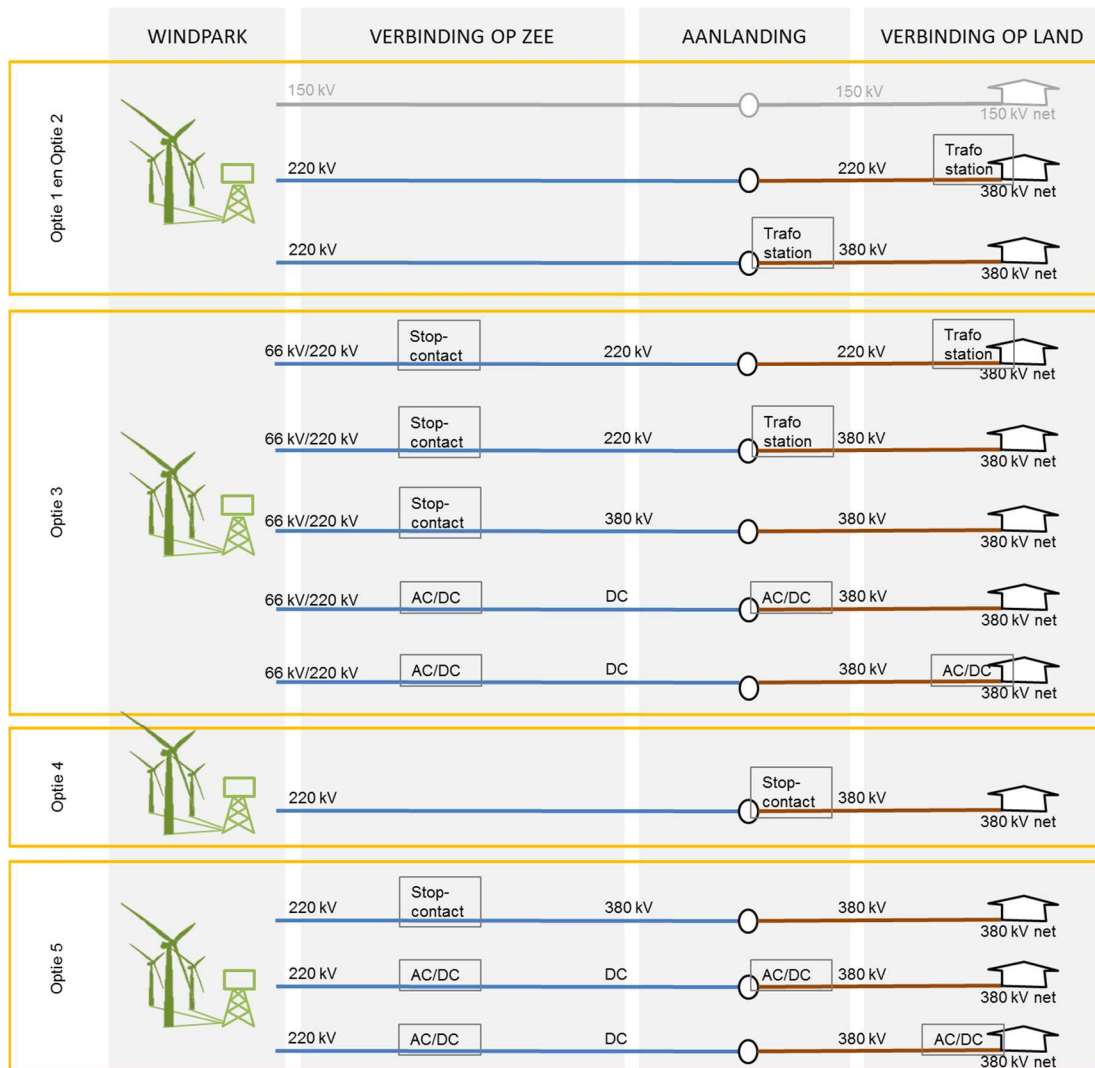
1. Bij het meest eenvoudige verzamelplatform worden de kabels van de verschillende windparken op dit platform aangesloten en wordt het totaal vermogen via een gemeenschappelijke kabelverbinding naar het aansluitstation gebracht, via een transformatorstation op land nabij de kust.
2. Idem als vorige maar met een transformatorstation in de nabijheid van het aansluitstation.
3. Op het verzamelplatform wordt naast het verzamelen van de verschillende kabels het totaalvermogen getransformeerd naar een hoger spanningsniveau (380 kV). Het platform wordt met een 380 kV-kabel met het aansluitstation verbonden.
4. Op het verzamelplatform wordt de wisselspanning met een AC/DC-converter omgezet naar gelijkspanning. Het platform wordt met een gelijkspanningsverbinding met het aanlandstation verbonden. In het aanlandstation is een AC/DC-converter nodig om de gelijkspanning naar wisselspanning om te zetten.
5. Idem als variant 4, maar de AC/DC-converter wordt bij het aansluitstation geplaatst.

---

<sup>3</sup> Er zal per aansluitstation moeten worden bekeken wat de maximale capaciteit is op 150 kV. Dit is afhankelijk van het opgestelde transformator vermogen (150 kV naar 380 kV) en de lokale afname (op 150 kV niveau). Voor een enkel windpark (300-400 MW) kan verbinding met dit spanningsniveau een mogelijkheid zijn

<sup>4</sup> In dit rapport wordt het spanningsniveau 275 kV niet genoemd. De overwegingen voor dit spanningsniveau zijn vergelijkbaar met 220 kV.





Figuur 5: Varianten aansluitopties

Bij een stopcontact op zee is het mogelijk om windparkplatforms uit te sparen door toepassing van *combi verzamelplatforms*. De kabels vanaf de windturbines uit één of meer windparken worden rechtstreeks op het verzamelplatform aangesloten. Aangezien de gemeenschappelijke kabelverbinding naar het aansluitstation bestaat uit meerdere kabels heeft deze optie (evenals optie 5 en het land deel van optie 4) een *inherente* vorm van *redundantie*.

#### Redundantie bij een kabelverbinding van windparken op zee naar het landelijk hoogspanningsnet

Met redundantie wordt in deze studie bedoeld: de restcapaciteit (uitgedrukt in procenten van de totaal benodigde capaciteit) die overblijft wanneer één kabel uitvalt (een samengestelde 3-fase kabel of drie 1-fase kabels). De volgende situaties worden onderscheiden:

- Verbinding met één kabel. Redundantie: 0% (bij uitval is er geen restcapaciteit)
- Verbinding met twee kabels. Redundantie: 50%
- Verbinding met drie kabels. Redundantie: 66%

Bij de hierboven genoemde situaties is sprake van **inherente redundantie**: er zijn geen extra investeringen nodig om deze redundantie te behalen. Bij de volgende twee situaties gaat het om redundantie waarvoor wel een extra investering noodzakelijk is. Voor deze situaties zal altijd een kosten-batenanalyse gemaakt moeten worden:

- Een (interconnectie) verbinding tussen twee windparken op zee die beide een verbinding met het land hebben van één kabel. Redundantie: bij windparken met gelijk vermogen en afhankelijk van de capaciteit van de interconnectie kabel tot 50%
- Een verbinding met een extra kabel. Redundantie: 100% (deze situatie wordt vaak aangeduid met **N+1**)

#### Optie 4: Stopcontact op land

Een aantal windparken worden met een 220 kV-kabel radiaal verbonden met het aanlandstation. In het verzamelstation aan de kust wordt het vermogen van de kabels verbonden en getransformeerd naar 380 kV, waarna een 380 kV-kabel naar het aansluitstation loopt.

#### Optie 5: Ringstructuur

Dit is een verdere uitwerking van optie 3 (stopcontact op zee). In deze optie worden meerdere stopcontacten op zee verbonden via een of meer kabels en op twee aansluitstations aangesloten op het landelijk hoogspanningsnet. Op deze manier kan een netwerk van windparken op de Noordzee worden gecreëerd, waarbij op termijn ook internationale verbinding kan worden geïntegreerd. Het is mogelijk om deze optie in fases te realiseren. Om deze optie goed te kunnen ontwikkelen zal uitgegaan moeten worden van een veelvoud van het nu beschouwde vermogen (1200 MW), bijvoorbeeld het complete vermogen uit het Energieakkoord (3450 MW).

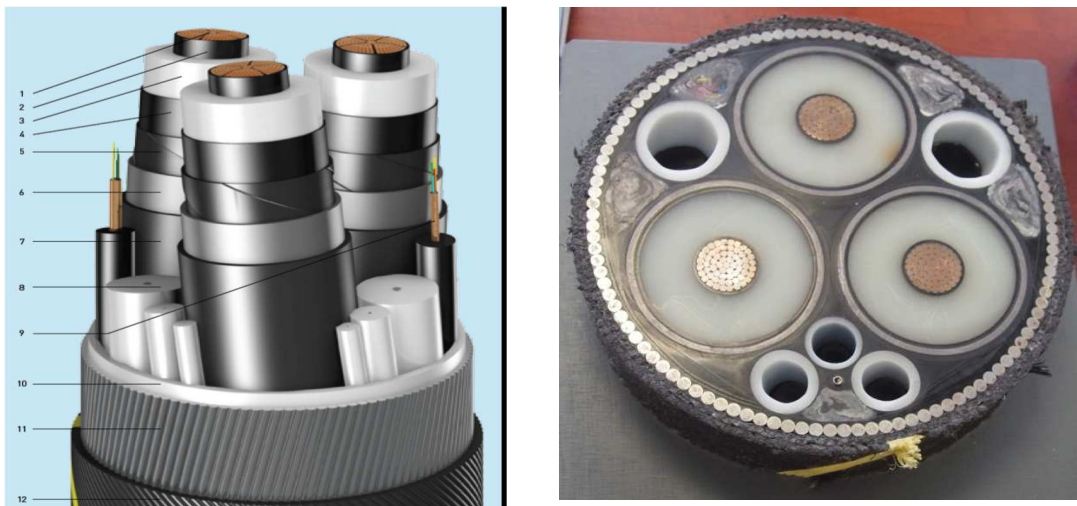
1. Ringstructuur op zee waarbij de verbinding tussen verzamelplatforms op 220 kV of 380 kV gelijkspanning verloopt.
2. Op de verzamelplatforms wordt wisselspanning omgezet naar gelijkspanning. De verzamelplatforms worden met een gelijkspanningsverbinding met de overige verzamelplatforms in de ringstructuur en het aanlandstation verbonden. In het aanlandstation is een AC/DC-converter nodig om de gelijkspanning naar wisselspanning om te zetten.
3. Idem als variant 2, maar de AC/DC-converter op land wordt bij het aansluitstation geplaatst.

### 3.3 Verbinding op zee

#### 3.3.1 Technologie

##### Zeekabels

Voor wisselspanning worden op zee meestal 3-aderige kabels gebruikt, waarbij de drie aders in één kabel zijn geïntegreerd (Figuur 6). Een zeekabel verschilt van een landkabel doordat de drie aders in één kabel zijn samengebracht, zodat in één keer een compleet kabelcircuit kan worden gelegd. Een nadeel van een 3-aderige kabel is de verminderde belastbaarheid bij gelijke geleider-doorsnede en omgevingscondities. Daarnaast verschilt een zeekabel door de extra maatregelen die zijn toegepast om de waterdichtheid te waarborgen en extra bescherming te genereren. Voor gelijkspanning is de meest gebruikte configuratie een *bipolair systeem* bestaande uit twee kabels met een plus en een min spanning.



Figuur 6: Schematisatie en Foto van een 3-aderige zeekabel (wisselspanning)

In Tabel 3 zijn indicaties voor de belastbaarheid en verliezen van enkele kabelsystemen opgenomen. Hierbij zijn alleen de verliezen in de kabel zelf weergegeven. Door transformator- en AC/DC omzettingsverliezen zal het totale transportverlies groter zijn. In theorie blijkt uit Tabel 3 dat bij gelijk spanningsniveau (bijvoorbeeld 220 kV) en het beschouwde vermogen (1200 MW) geen onderscheid is tussen het aantal benodigde zeekabels voor de verschillende opties. Wel zal bij opties 1 en 2 (radiale verbinding) de capaciteit van het windpark afgestemd moeten worden op de capaciteit van de kabelverbinding om te voorkomen dat een extra kabel moet worden gebruikt.

##### Voorbeeld

Als in een bepaalde situatie de maximale belastbaarheid van een kabel 350 MW is, zal voor de verbinding in configuratie 1 (3 parken van elk 400 MW) met optie 1 of 2 in totaal zes kabels benodigd zijn t.o.v. 4 kabels voor optie 3<sup>5</sup>.

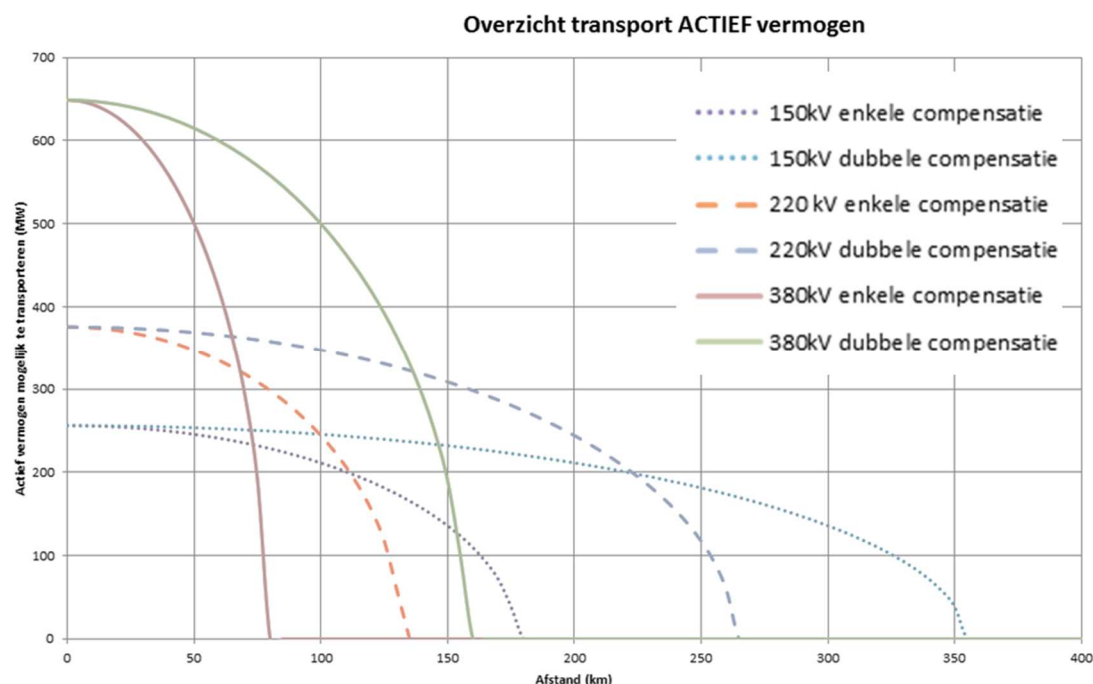
<sup>5</sup> Bij een belastbaarheid van 350 MW per kabel zijn voor optie 1 of 2 per park van 400 MW twee kabels benodigd (in de praktijk zal dan het park voor 350 MW worden uitgelegd in plaats van voor 400 MW). Voor optie 3 wordt alleen het totaal beschouwd (1200 MW) en kan met 4 kabels worden volstaan ( $4 \times 350 \text{ MW} = 1400 \text{ MW} > 1200 \text{ MW}$ )

Tabel 3: Indicatie vermogen en verliezen van kabel technologieën bij een afstand van 40 km (uit NSCOGI/ENTSO-E, 2012 en diverse brochures kabelfabrikanten)

Kabelsysteem	Aantal kabels voor 1200 MW	Vermogen per circuit (MW)	Kabelverlies bij 100% belasting (%)
150kV kabel AC 3-aders*	5	250	1,5
220kV kabel AC 3-aders*	3-4	350 (400 max)	1,2
380kV kabel AC 3-aders*	2	600	0,8-1,2%
150kV kabel DC 2-polig circuit	2x2	920	1,5
300kV kabel DC 2-polig circuit	1x2	1840	0,6

\*Er is uitgegaan van 50% compensatie voor reactief vermogen aan beide zijdes en een aanname voor de armerings- en mantelverliezen uit (CIGRE)

Zoals in paragraaf 3.1 (voetnoot) is aangegeven, zal door de benodigde laadstroom van de kabel de transportcapaciteit sterk afnemen met de afstand. In Figuur 7 is dit effect gevisualiseerd voor een aantal kabels op verschillende spanningsniveaus en met compensatie aan één en twee kanten van de kabel<sup>6</sup>.



Figuur 7: Transportcapaciteit versus afstand voor enkele zeekabels (wisselspanning)

150 kV en 220 kV zijn de meest toegepaste spanningsniveaus voor AC-zeekabels. De hoogst toegepaste spanning tot nu toe op AC-zeekabels is 275 kV en een 400 kV-zeekabel is in productie voor de Deense TSO<sup>7</sup>. Voor 380-400 kV-kabels, die zwaarder zijn en een grotere diameter hebben, zullen ook de installatieschepen aangepast moeten worden. Een schatting van benodigde verdere ontwikkelingstijd (netbeheerder samen met industrie) bedraagt 3 tot 5 jaren. Indien na deze ontwikkelingstijd direct met

<sup>6</sup> Voor ondergrondse verbindingen in het 380 kV-hoogspanningsnet worden lagere afstanden aangehouden (bijvoorbeeld randstad 380 kV: maximaal 20 km opgedeeld in kleinere stukken). Dit door het hoge vermogen van dergelijke verbindingen en de toepassingen van twee technologieën binnen één verbinding (bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse kabels)

<sup>7</sup> [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)

productie kan worden gestart, moet nog rekening worden gehouden met een tijd van minimaal 2 jaar voor productie, levering en installatie.

Kabels worden geïnstalleerd door speciale kabellegschepen (Figuur 8). De kabels worden ongeveer 1 tot 2 m onder de zeebodem in sleuven gelegd. Boven de kabel wordt de zeebodem weer afgedicht. Dicht bij de kust en in of in de buurt van vaarwegen kan het vereist zijn dat kabels dieper dan 2 m moeten worden ingegraven vanwege het risico op blootspoelen of het risico op beschadiging tijdens baggerwerkzaamheden.

Kabeldelen kunnen via een mof aan elkaar worden verbonden. Het toepassen van een mof wordt bij voorkeur voorkomen, maar kan nodig zijn als de afstand waarover de kabel moet worden gelegd te groot is (de lengte van een kabeldeel is afhankelijk van het kabellegschip) of indien de aanlegwerkzaamheden moeten worden gestaakt (bijvoorbeeld bij hoge golven) waardoor de kabel moet worden doorgeknipt en afgezonken om later de werkzaamheden te vervolgen. Ook kunnen kabelfouten in de gebruiksfase met behulp van een mof worden hersteld.

De tijd voor levering en installatie van een verbinding is afhankelijk van de productie locatie, het aantal benodigde kabels en de afstand (20 km tot 80 km bij de in deze studie beschouwde configuraties). Een belangrijk punt hierbij is dat wanneer de totale kabellengte groter is dan de capaciteit van het kabellegschip, het schip gedurende de installatieperiode één of meerdere keren terug moet keren naar de productielocatie. De grootste kabellegschepen kunnen tot ongeveer 70 km kabel in één keer meenemen.



Figuur 8: Kabellegschip (courtesy of ABB)

### Platform op zee

Een platform op zee (Figuur 9) bestaat uit een platform of caisson met daarop een gesloten gebouw waarin de elektrische apparatuur is opgesteld. Bediening en besturing kunnen grotendeels vanaf het land plaatsvinden. Er zijn steeds andere configuraties van aantal en type platforms te onderscheiden voor de verschillende opties. In Tabel 4 zijn vier type platforms beschreven.

Tabel 4: Verschillende platform types

Type	ingaaand	Transformatie*	uitgaand
AC parkplatform	Kabels vanaf windturbine	MS naar HS	Enkele kabel op HS
AC verzamelplatform	Kabels vanaf parkplatforms	niet of naar 380kV	Gemeenschappelijke kabelverbinding op HS naar land
AC combi verzamelplatform	Kabels vanaf windturbines van nabij gelegen windparken én kabels vanaf parkplatforms van verder weg gelegen windparken	MS naar HS, mogelijk HS naar HS	Gemeenschappelijke kabelverbinding op HS naar land
DC verzamelplatform	Kabels vanaf parkplatforms of verzamelplatforms	AC naar DC	Twee DC kabels

\* MS verwijst naar middenspanning (33 kV of 66 kV) en HS naar hoogspanning (150 kV, 220 kV of 380 kV)

Voor optie 1, 2 en 4 (radiaal naar de kust) zal elk windpark uitgevoerd worden met een parkplatform. Bij een stopcontact op zee (optie 3 en 5) is een verzamelplatform voorzien.

Variante 1 (optie 3) is het eenvoudigste, waarbij naast de parkplatforms een extra verzamelplatform wordt toegevoegd zonder conversie naar een hogere spanning. Bij eenzelfde spanningsniveau (bijvoorbeeld 220 kV) zullen bij benadering evenveel kabels nodig zijn als voor de radiale aansluitopties. Technisch gezien moet ten opzichte van optie 1 de afweging worden gemaakt tussen de kosten voor een extra platform (paragraaf 3.3.3) en het toenemen van redundantie (van geen redundantie in optie 1 tot minimaal 50% redundantie bij toepassing van twee kabels, paragraaf 3.3.4).

Bij een verhoging van de spanning naar 380 kV op het verzamelplatform (variant 2 van optie 3 en 5) zullen voor de verbinding naar land minder kabels nodig zijn. Daar tegenover staat dat de 380 kV-technologie op zee nog in ontwikkeling is, de systemen voor compensatie van blindstroom complexer worden (bij dezelfde afstand en vermogen) en de afstand waarop 380 kV kan worden toegepast door de hoge laadstroom beperkt is. Voor variant 2 komen daardoor alleen configuraties 1 (20 km) en 2 (40 km) in aanmerking. Configuratie 3 (80 km) kan op termijn via een 380 kV-verzamelplatform dichtbij de kust of halverwege (waarbij de eerste 40 km radiaal op 150 kV of 220 kV worden overbrugd) worden uitgevoerd.

Bij een stopcontact op zee (optie 3 en 5) is het mogelijk om parkplatforms uit te sparen door toepassing van combi verzamelplatforms (variant 3). De kabels vanaf de windturbines uit één of meer windparken worden rechtstreeks op het verzamelplatform aangesloten. Toepassing van een combi verzamelplatform is afhankelijk van de afstand tussen het windpark en het verzamelplatform. Als richtafstand kan 10 km worden gehanteerd. Binnen deze afstand kunnen de windturbines van het windpark direct op

het verzamelplatform worden aangesloten (het spanningsniveau van de kabels vanaf de windturbines zal 66 kV moeten zijn). Buiten deze afstand is een 150 kV of 220 kV-kabel benodigd. Elke windparkontwikkelaar kan op het combi verzamelplatform een verdieping krijgen.

Hoewel de complexiteit en dus de kosten door toepassing van een combi verzamelplatform toenemen, biedt het combineren van park- en verzamelplatforms kansen voor optimalisatie en hierdoor kunnen parkplatforms uit de scope van de windparkontwikkelaar worden gehaald en daarmee de risico's voor de windparkontwikkelaar worden beperkt. Zie Tabel 8 voor een kostenindicatie van verschillende platforms.

### **Conclusie Opties**

Er is bij gelijk spanningsniveau (bijvoorbeeld 220 kV) en een bepaald totaalvermogen (bijvoorbeeld 1200 MW) geen onderscheid tussen het aantal benodigde zeekebls voor de verschillende opties en daarmee samenhangende kosten.

Windparkontwikkelaars zullen bij een radiale verbinding de capaciteit van hun park dan wel moeten afstemmen op de kabelcapaciteit (maximaal 350-400 MW per 220 kV-zeekebl). Met een stopcontact op zee is de kabelcapaciteit niet meer maatgevend in het ontwerp van de windparkontwikkelaar, omdat de verbinding naar de aanlanding dan door de netbeheerder wordt afgestemd op het totaal benodigde vermogen van de op het verzamelplatform aangesloten windparken. De windparkontwikkelaar kan zich dan richten op optimalisatie van het windpark zelf. Wel zal nog rekening gehouden moeten worden met het aansluiten van het windpark op het verzamelplatform en met mogelijke randvoorwaarden van de gecombineerde verbinding naar de aanlanding.

Voor optie 3 en 5 (stopcontact op zee) is de ontwikkeling van 380 kV-zeekebls van belang. In de 380 kV-kabel variant kan dan worden bespaard op het aantal kabels op zee en dus de kosten.

Bij optie 3 en 5 is uitsparen van windparkplatforms mogelijk door toepassing van combi verzamelplatforms. Wel zal dan het verzamelplatform complexer worden. In eerste instantie lijkt dit geen besparing op te leveren, maar met het wegvallen van het windparkplatform zal een component met een hoog risico profiel uit de scope van de windparkontwikkelaar worden weggenomen.

Significante voordelen van een netwerk op zee (optie 5, eventueel via gelijkspanning) ontstaan bij hogere vermogens.

### **Conclusie Configuraties**

Het maximum vermogen dat door een 220 kV-zeekebl kan worden getransporteerd, is 350-400 MW. Windparkontwikkelaars zullen de capaciteit van hun park afstemmen op de kabelcapaciteit. Bij een verbinding met 220 kV-kabels hebben toekomstige windparken een capaciteit tussen de 300 MW en 400 MW of een meervoud daarvan. Het aantal windparken van configuratie 1 (3x400 MW) ligt net op de grens waardoor twee zeekebls van 220 kV per windpark nodig zijn of het vermogen van het windpark moet worden verkleind. Voor configuratie 2 (2x600 MW) betekent dit dat twee zeekebls van 220 kV per windpark nodig zijn. Voor configuratie 3 (4x300 MW) betekent dit dat de verbinding met één zeekebl van 220 kV per windpark kan worden uitgevoerd.



Figuur 9: Platform (courtesy of Siemens)

Vanwege de beperking in afstand komt voor een directe verbinding met 380 kV wisselspanning alleen configuratie 1 (20 km) en mogelijk configuratie 2 (40 km) in aanmerking. Wel zouden parken in configuratie 3 (80 km) via een netwerk op zee (optie 5) op termijn via een eerder aangelegd verzamelplatform op 380 kV kunnen worden aangesloten of direct via een verzamelplatform halverwege. Voor de verbinding



van een verzamelplatform van ongeveer 1200 MW zullen twee of drie 380 kV-zeekabels nodig zijn.

Afhankelijk van de transportafstand kan een gelijkspanningssysteem economisch aantrekkelijker zijn dan wisselspanning. Het omslagpunt ligt tussen de 80 km en 120 km. Voor windparken op 80 km van de kust of in geval van een netwerk (ringstructuur) zal de toepassing van gelijkspanning daarom meegenomen moeten worden in de overweging.

### 3.3.2 Ruimtebeslag

#### Onderlinge afstanden

De kabel geeft na ingebruikname door interne verliezen warmte af aan de omgeving en heeft tevens een *elektromagnetisch veld* waarop in paragraaf 3.4.2 nader wordt ingegaan. Deze effecten zijn echter niet maatgevend voor de onderlinge afstand tussen de kabels.

Toch moet een zekere afstand tussen kabels onderling en tussen kabels en andere objecten worden aangehouden, omdat een kabel voor reparatie moet kunnen worden opgedrecht. Het defecte stuk wordt met een mof vervangen en de kabel wordt weer afgezonken. De waterdiepte, zeebodemconditie en het type schepen dat bij onderhoud wordt gebruikt, hebben invloed op de nauwkeurigheid van positionering. De zinkende kabel mag niet over een andere kabel heen vallen. Ook het risico op beschadiging of falen van kabels door een gemeenschappelijke oorzaak (bijvoorbeeld een anker of een gezonken schip) kan reden zijn om afstand tussen kabels te houden.

De gebruikelijke veiligheidszone is 500 m aan beide zijden van de kabel. De afstand tussen kabels onderling van dezelfde eigenaar of na afspraken met andere eigenaren kan kleiner zijn dan 500 m (tot zo'n 100 m), afhankelijk van de waterdiepte, zeebodemconditie en het type schepen dat bij onderhoud wordt gebruikt. Een overzicht van berekeningsmethodes van aan te houden afstanden wordt gegeven in (Crown Estate, 2012). In Tabel 5 is een indicatie van de breedte van kabel corridors gegeven. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen 500 m en 100 m afstand.

Tabel 5: Indicatie kabelcorridor op zee

Technologie	Aantal en type kabel	Transport vermogen (MW)	Kabel diameter (mm)	Kabel gewicht (kg/m)	Breedte kabel corridor	
					100 m afstand	500 m afstand
150 kV AC	1x(3x500mm <sup>2</sup> )	150-220	190	65	200	1000
	1x(3x800mm <sup>2</sup> )	190-225	205	80	200	1000
	2x(3x800mm <sup>2</sup> )	400-450	205	80	300	1100
220 kV AC	1x(3x800mm <sup>2</sup> )	280-330	234	95	200	1000
	1x(3x1200mm <sup>2</sup> )	350-400	230	115	200	1000
	3x(3x1200mm <sup>2</sup> )	1200	250	115	400	1200
	4x(3x1200mm <sup>2</sup> )	1200	250	115	500	1300
380 kV AC	1x(3x1000mm <sup>2</sup> )				200	1000
	2x(3x1000mm <sup>2</sup> )				300	1100
+/-150 kV DC	2x1000mm <sup>2</sup>	400	96	26	300	1100
+/-300 kV DC	2x2000mm <sup>2</sup>	1200	140	53	300	1100

#### Voorbeeld

Als een veiligheidszone van 500 m wordt aangehouden, kan een corridor van drie kabels van drie verschillende windparkeigenaren ongeveer 3 km bedragen (500+1000+1000+500). Indien afspraken tussen kabeleigenaren worden gemaakt om de kabels dichterbij elkaar te leggen, of wanneer de kabels onder beheer van één partij vallen, kan de corridor ongeveer 1,2 km (500+100+100+500) breed zijn (bij 100 m afstand).

Met bestaande kabelexploitanten moeten proximity overeenkomsten en/of kruising overeenkomsten worden opgesteld over de onderlinge afstand tussen kabels (kleiner dan 500 m) en kruisingen. In een proximity overeenkomst wordt de aan te houden afstand vastgelegd. In een kruising overeenkomst wordt de methode van kruisen vastgelegd. Tevens worden in dergelijke overeenkomsten afspraken gemaakt over aansprakelijkheid. In de praktijk zijn deze overeenkomsten zeer lastig te sluiten, omdat de eigenaar van de reeds liggende kabel (of een andere type leiding) niet verplicht is om aan de overeenkomst mee te werken of zeer hoge eisen stelt. Daarom wordt een dergelijke overeenkomst in de praktijk vaak vermeden door een onderlinge afstand van meer dan 500 m aan te houden.

Dit laatste is vanuit ruimtelijke ordening niet wenselijk, omdat door de grote afstand de ruimte voor toekomstige kabels en leidingen steeds kleiner wordt en daarmee de kans op een *lock-in* (hoofdstuk 4) steeds groter. Figuur 19 laat zien dat er voor de Hollandse kust al veel kabels en leidingen aanwezig zijn.

In optie 2 wordt er vanuit gegaan dat meerdere verbindingen op zee in hetzelfde tracé worden gelegd (corridor op zee<sup>8</sup>). In deze optie zal de windparkontwikkelaar van het tweede windpark een proximity overeenkomst moeten afsluiten met de windparkontwikkelaar van het eerste (reeds gerealiseerde) windpark met bekabeling (dit is een nadeel ten opzichte van optie 3 waarbij alle kabels in een tracé door één partij worden geïnstalleerd). Om het proces van proximity overeenkomsten in optie 2 te versoepelen, kunnen in de tender voorwaarden worden meegegeven en in de vergunning of het ruimtelijke besluit worden vastgelegd of kan tussen windparkontwikkelaars en de overheid een intentieovereenkomst worden afgesloten. In de tender, vergunning, ruimtelijk besluit of intentieovereenkomst kan worden vastgelegd welke maximale afstand tussen kabels moet worden geaccepteerd door de eerste en volgende windparkontwikkelaars.

---

<sup>8</sup> Op land is optie 2 nog complexer, aangezien er naast beperking van de onderlinge afstand ook sprake zal zijn van een voorinvestering. In paragraaf 3.4.2 en 0 wordt hier nader op ingegaan

### Platform op zee

De afmetingen en het gewicht van een platform op zee worden bepaald door het type en de toegekende capaciteit; een indicatie van de afmetingen is gegeven in Tabel 6. De installatiekosten van zwaardere platforms nemen sterk toe (CIGRE). Voor gelijkspanning (DC) zijn zwaardere platforms nodig, omdat hier naast de transformatoren ook de AC/DC-converter op moet staan.

Tabel 6: Indicatie afmetingen en gewicht AC en DC-platforms op zee bij bepaalde capaciteit (uit CIGRE en NSCOGI/ENTSO-E, 2012)

Platform type	Capaciteit (MW)	Lengte (m)	Breedte (m)	Hoogte (m)	Gewicht (ton)
AC	300-350	30	30	15	1500-2500
DC	900	100	60	40	10.000

### Conclusie Opties

Optie 1 en optie 4 (stopcontact op land) gaan uit van een rechtstreekse verbinding van het platform in het windpark naar het aanlandstation. Deze opties leiden daarom tot het grootste ruimtebeslag. Bundeling van de kabels via gecoördineerde radiale verbinding (optie 2) leidt tot een smallere strook en daarmee wordt het ruimtebeslag beperkt. Een aandachtspunt hierbij zijn de afstanden tussen kabels die afhankelijk van de condities in bepaalde gevallen kunnen worden verkleind indien afspraken worden gemaakt met de kabelexploitanten (optie 2) of als de kabels in beheer zijn bij één partij (optie 3). Via een stopcontact op zee (optie 3) kan vermogen worden gebundeld en getransformeerd naar 380 kV waardoor een efficiëntere 380 kV-kabelverbinding (ten opzichte van 220 kV) naar het aansluitstation kan worden toegepast, waardoor het ruimtebeslag verder wordt beperkt.

### Conclusie Configuraties

De configuraties zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

### 3.3.3 Kosten

#### Kabel

Een indicatie van de kosten van een 220 kV AC-zeekabel is gegeven in Tabel 7. Het maximale vermogen dat door een 220 kV-kabel kan worden getransporteerd is 350-400 MW. Voor grotere vermogens zal een extra kabel noodzakelijk zijn, waardoor de kabelkosten en installatiekosten zullen toenemen.

Tabel 7: Indicatie kabelkosten

Technologie	Transport vermogen (MW)	Kabelkosten (K€/km)	Installatiekosten (K€/km)
220 kV AC	200-400	500-1150	350-800

De kosten van een kabelverbinding op zee zijn niet eenduidig vast te stellen. De productiekosten zijn sterk afhankelijk van de grondstof prijs (30-40% van de prijs wordt bepaald door het geleider materiaal (NSCOGI/ENTSO-E, 2012) en productiecapaciteit van fabrieken. In Europa zijn vijf fabrikanten die 220 kV-zeekabels kunnen produceren (ABB, General Cable, Nexans, NKT Cables en Prysmian). 380 kV-zeekabels zijn nog in ontwikkeling en hiervan zijn geen kostengegevens beschikbaar. Bij het bestellen van kabels zullen grotere volumes leiden tot kostenreductie en mogelijk een snellere levertijd

voor de eerste batch. Dit geldt ook voor de platforms op zee. In paragraaf 5.7 wordt hier verder op ingegaan.

De installatiekosten zijn afhankelijk van een groot aantal factoren waaronder installatiewijze, installatiediepte en beschikbaarheid van installatieschepen (NSCOGI/ENTSO-E 2012).

### Platform op zee

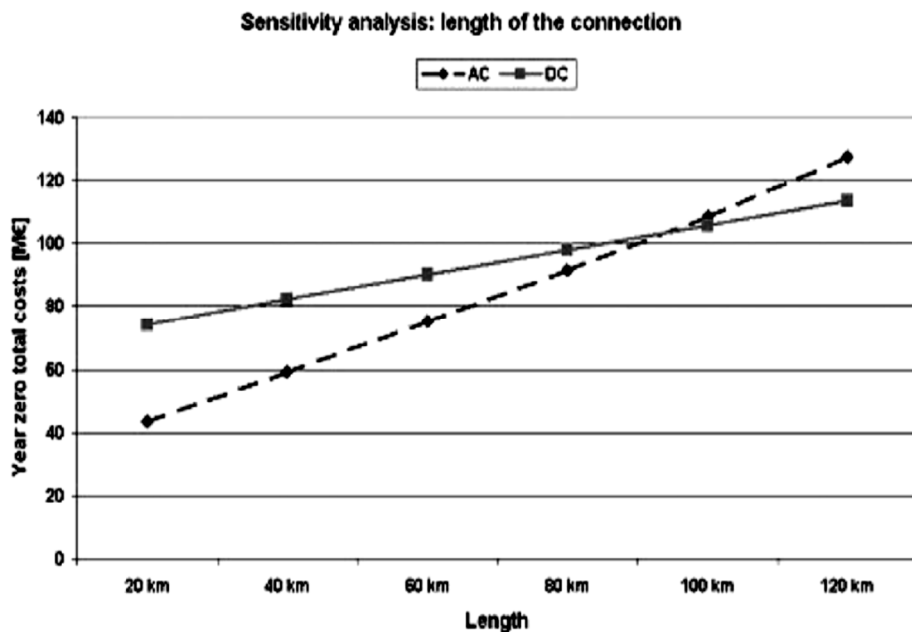
De kosten van een platform op zee kunnen worden verdeeld in de kosten voor de fundatie en constructie van het platform, en in de kosten van de componenten (verdeelinrichtingen, transformatoren, compensators, AC/DC-convertors en andere installaties). De absolute kosten zijn afhankelijk van het vermogen, waarbij bij toenemend vermogen niet alleen de kosten van de componenten stijgen, maar door het toenemend gewicht en afmetingen ook de kosten van het platform zelf. De fundatiekosten worden ook bepaald door de waterdiepte.

De installatiekosten stijgen sterk bij een toenemend gewicht van het platform als gevolg van de beperkte hoeveelheid kraanschepen boven een bepaald tonnage (CIGRE). In Tabel 8 is een indicatie van de kosten van een platform op zee gegeven voor de eerste drie typen platforms uit Tabel 4 op basis van 220 kV-technologie; daarbij is gebruik gemaakt van NSCOGI/ENTSO-E (2012) en gegevens van Royal HaskoningDHV. Voor 380 kV zijn geen kostengegevens beschikbaar. Uit Tabel 8 blijkt dat de variatie van totale kosten (inclusief eventuele extra bekabeling) tussen de technische varianten binnen de onzekerheidsmarges ligt. Om een inzicht in mogelijke kostenvoordelen te krijgen, zullen voor een specifiek windpark de verschillende technische varianten (platforms en kabels) verder uitgewerkt moeten worden en op basis daarvan samen met leveranciers een gedetailleerde kostenberekening moeten worden gemaakt.

**Tabel 8: Kostenindicatie platform op zee voor enkele varianten**

Type	Transformator Vermogen	Indicatie (M€)
Platform voor een enkel windpark 33 kV/220 kV	300-400 MW	35-65
Verzamelplatform met alleen als primaire component een 220 kV verdeelinrichting voor 1200 MW export	n.v.t.	25-55
Verzamelplatform met directe verbinding van 2x400 MW en 220 kV verdeelinrichting voor 1200 MW export	600-800 MW	75-140

Als de kosten voor AC/DC-converterstations en conversieverliezen opwegen tegen de kosten van AC-kabels en AC-kabelverliezen wordt het economisch interessant om gelijkspanning toe te passen. Dit omslagpunt ligt tussen afstanden van 80-120 km (in Figuur 10 is een voorbeeld gegeven).



Figuur 10: Voorbeeld van een kostenvergelijk tussen AC en DC variant (NSCOGI/ENTSO-E, 2012)

### Conclusie Opties

Voor dezelfde technologie (bijvoorbeeld 220 kV wisselspanning) zijn de opties niet onderscheidend met betrekking tot kosten. Daarbij zijn schaalvoordelen die mogelijk met opties 3 en 5 (stopcontact op zee) en in mindere mate met optie 2 (corridor) kunnen worden behaald niet meegenomen. In paragraaf 3.5 wordt ingegaan op deze besparingsmogelijkheden.

Bij optie 3 en 5 (stopcontact op zee) is een extra verzamelplatform nodig. Er kan echter ook een combi verzamelplatform worden toegepast waardoor het aantal platforms bij optie 3 ten opzichte van optie 1 of 2 kan variëren van één extra platform tot een aantal platforms minder. De variatie van totale kosten van alle platforms (inclusief eventuele extra bekabeling) tussen de varianten ligt binnen de onzekerheidsmarges die in deze studie zijn gehanteerd.

### Conclusie Configuraties

De totale kosten van de verbinding nemen toe met afstand. Daardoor zijn de investeringskosten van configuraties verder uit de kust per definitie hoger dan van configuraties nabij de kust. Dit moet echter worden gezien in de bredere context van de gehele ontwikkeling van 3450 MW. Zie verder paragraaf 3.5.

Het omslagpunt waarop gelijkspanning economisch interessanter wordt dan wisselspanning ligt tussen 80 en 120 km. Voor configuratie 3 zal daarom de toepassing van DC meegenomen moeten worden in de overweging.

### 3.3.4 Risico's

De volgende technische risico's moeten worden beschouwd bij de uitrol van een verbinding van windparken op zee met het landelijk hoogspanningsnet. Deze risico's gelden voor alle opties, maar de grootte kan per optie variëren.

- Beschikbaarheid en ontwikkeling van technologie
  - o 380 kV 3-aderige zee kabels (en materieel voor installatie van deze kabels)
  - o platforms voor AC/DC-conversie groter dan 900 MW
- Realisatietijd
  - o Beschikbaarheid materieel (bijvoorbeeld kraanschepen en kabellegschepen)
  - o Weercondities binnen het gereserveerde tijdslot voor werkzaamheden
  - o Capaciteit voor fabricage van zowel het platform als de zee kabel(s)
- Onderhoud en beheer (gevolg: inkomstenderving door niet beschikbaarheid verbinding):
  - o Falen van een transformator (meest kritische component op een platform)
  - o Kabelfout
  - o Falen van een AC/DC-converter (bij DC variant)
- Risico's met betrekking tot de ruimtelijke ordening worden behandeld in hoofdstuk 4.

#### *Falen van kabel of transformator en effect van redundantie*

Kabelfouten ontstaan door interne of externe oorzaken (zoals door visnetten of ankers). Deze kunnen worden beperkt door de kabels dieper onder de zeebodem te leggen. Transformator falen heeft altijd een interne oorzaak die meestal te wijten is aan productie fouten.

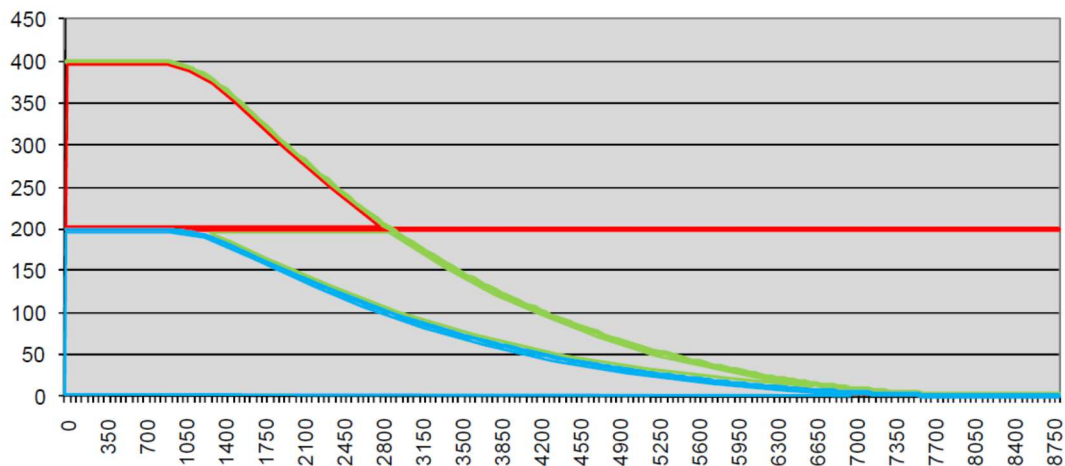
Voor het falen van transformatoren en kabels zijn statistische gegevens beschikbaar. Voor deze studie is voor kabels een analyse gemaakt op basis van een Cigré rapport (CIGRE, 2009). Afgaande op de gegevens van Cigré is de kans op een fout in een zee kabel 0,12 keer per jaar per 100 km. Wel wordt daar gesteld dat dit getal mogelijk te laag is; een conservatieve schatting is 0,2 keer per jaar per 100 km. De gemiddelde reparatietijd van een kabel op zee wordt gesteld op 60 dagen (inclusief mobilisatie van schepen en weerscondities). Hieruit volgt dat de beschikbaarheid van een zee kabel van 100 km ligt tussen 98% en 96,5%. Een kortere verbinding (minder dan 100 km) heeft een in verhouding hogere beschikbaarheid.

Voor één windpark (300-400 MW) zullen er vanuit het oogpunt van redundantie (zie kader redundantie) twee of drie transformatoren (140-220 MW per stuk) worden gebruikt (2x50% of 3x33%). Bij optie 3 of 5 (stopcontact op zee) zal daarnaast de kabelverbinding naar land bestaan uit meerdere parallel geschakelde kabels (bij wisselspanning) of een kabelpaar (bij gelijkspanning). Zoals in Figuur 11 is te zien zal bij uitval van een transformator of kabel (2x50% in dit geval) gemiddeld nog 40% van het vermogen door de overgebleven transformator of kabel getransporteerd kunnen worden. Bij drie of meer kabels parallel zal dit positieve effect toenemen. Voor optie 5 zal vanwege het ringnet de inherente redundantie nog verder toenemen.

Radiaal aangesloten windparken (optie 1 en 2), die met één kabel zijn aangesloten, worden bij uitval van die kabel geheel afgesloten van het elektriciteitsnet. Windturbines moeten altijd onder spanning blijven vanwege het functioneren van de secundaire installaties, daarom zullen in geval van uitval de turbines met behulp van

dieselgeneratoren onder spanning moeten worden gehouden. Om dit te voorkomen kan een interconnectie kabel met beperkt vermogen (maximaal 50%) tussen twee windparken worden aangelegd. Bij een kabel met een vermogen van 50% wordt dan een redundantie van  $2 \times 50\%$ <sup>9</sup> behaald.

Voor kabels (en transformatoren) kan naast de hierboven beschreven inherente redundantie ook gekozen worden voor N+1 redundantie door het aanleggen van een extra kabel (mogelijk voor alle opties). De keuze voor een extra kabel zal een afweging zijn tussen de kosten van een extra kabel en de opbrengsten (volledige capaciteit beschikbaar bij kabelfout). In hoofdstuk 5 is een rekenvoorbeeld opgenomen.



Figuur 11: Belasting van twee transformatoren of kabels (2x50%) in blauw en groen over een jaar (8760 uur) beschouwt en het verloren deel bij uitval van één transformator of kabel (rood)

#### *Realisatietijd en bijbehorende risico's*

Wanneer het totale vermogen van 1200 MW wordt beschouwd, zijn de opties niet onderscheidend wat betreft de realisatietijd<sup>10</sup>. Voor alle opties (en varianten) zullen vergelijkbare platform systemen en kabelcircuits aangelegd moeten worden.

Realisatietijd is met name afhankelijk van de beschikbaarheid van productiecapaciteit in fabrieken en beschikbaarheid van materieel (o.a. kraanschepen voor installatie van platforms). Daarnaast zijn de volgende twee risico factoren van belang:

- 380kV op zee: de ontwikkeling is nog in de beginfase van commerciële beschikbaarheid en ook geschikt materieel voor het installeren van dergelijke kabels zal nog moeten worden ontwikkeld (paragraaf 3.3.1).
- gelijkspanning: de ontwikkeling is nog in de beginfase en het beperkte aantal fabrikanten geeft een extra risico op realisatietijd. Het maximaal toegepaste vermogen tot nu toe is 900 MW (vermogen van de beschouwde configuraties is 1200 MW). Een DC ringnet is ook nog in ontwikkeling.

Door langdurig aanhouden van slechte weerscondities kunnen de in die periode geplande werkzaamheden niet worden afgerond. Het inplannen van een nieuwe installatieperiode (time slot) kan door inzet van materieel op andere projecten veel tijd

<sup>9</sup> Een interconnectie kabel wordt o.a. overwogen bij de Gemini windparken en bij de windparken Northwind en Belwind 2

<sup>10</sup> Met realisatietijd wordt bedoeld: tijd van levering + tijd van installeren

kosten. Bij grotere afstanden zal de installatie periode groter zijn en daarmee ook het risico op slecht weer. Wel zou door de grotere projectomvang van optie 2, 3 of 5 mogelijke vertraging in een eerder time slot ingelopen kunnen worden door gebruik te maken van de tijds marge van latere time slot.

De realisatie van een stopcontact op zee is technisch gezien binnen 4 jaar mogelijk. Hierbij is uitgegaan van een productie- en leveringstijd van twee tot drie jaar en een installatietijd van 1 jaar. In de praktijk worden de bestellingen pas definitief geplaatst nadat alle vergunningen onherroepelijk zijn vastgesteld. Bepaalde windparkontwikkelaars zijn al ver gevorderd met tracéontwikkeling op zee (proximity / kruising afspraken) en op land (technische uitwerking tracé, contact met lokale overheden, voorbereiding rijksinpassingsplan) voor een radiale verbinding van een vergund windpark uit Ronde 2, waardoor zij waarschijnlijk voor dat park een snellere realisatietijd kunnen garanderen. Indien het ontwikkelde tracé rekening houdt met meerdere vergunde windparken uit Ronde 2, kan deze ook worden gebruikt bij realisatie van optie 2.

### **Conclusie Opties**

Met betrekking tot planning en capaciteit is er geen onderscheid tussen de opties. Wel kan bij optie 2, 3 of 5 het schaalvoordeel mogelijk een positieve invloed hebben op beschikbaarheid van productiecapaciteit en kunnen tegenslagen in de planning door bijvoorbeeld weerscondities later binnen de looptijd van het project weer ingelopen worden (door gebruik te maken van de tijds marge van latere installatie time slots).

### **Conclusie configuraties**

Met de afstand nemen de risico's op het gebied van realisatietijd (installatie van grotere hoeveelheden kabel met daardoor langere installatietijd en hoger risico op slecht weer) en onderhoud en beheer (risico op kabelfout is afhankelijk van de lengte van de kabel) toe.

## **3.4 Verbinding op land**

### **3.4.1 Technologie**

#### **Aanlanding**

Op zee en op land worden verschillende typen kabels gebruikt. Dit heeft te maken met de verschillende omgevingscondities waardoor een andere buitenmantel en wijze van installeren nodig is. Er zijn drie aanlandingsmethodieken te onderscheiden (zie ook Figuur 5 voor de verschillende aansluitopties en varianten):

1. De zeekabels worden aan land gebracht en in een transitieput aangesloten op de (ondergrondse) kabel verbinding aan land. De zeekabels worden in een mantelbuis getrokken of direct in een gegraven sleuf. In plaats van een open ontgraving kan een gestuurde boring tot in het kustwater plaatsvinden (varianten van opties 1, 2, 3 en 5 zonder transformatorstation aan de kust)
2. De zeekabels worden aan land gebracht en in een transformatorstation naar 380 kV gebracht en aangesloten op de (ondergrondse) kabel verbinding aan land. Onderdeel van een transformatorstation kan een DC/AC-converterstation zijn (varianten van opties 1, 2, 3 en 5 met transformatorstation aan de kust en optie 4).



- Het is ook mogelijk dat de zee kabels bovengronds direct worden aangesloten op een bovengrondse hoogspanningslijn. Deze mogelijkheid is in deze studie niet beschouwd.

### Transformatorstation

Technisch gezien kan het transformatorstation zowel bij de aanlanding van de zee kabels aan de kust worden geplaatst of naast of in de buurt van het aansluitstation. Een locatie midden in het tracé is technisch mogelijk, maar dit ligt niet voor de hand.

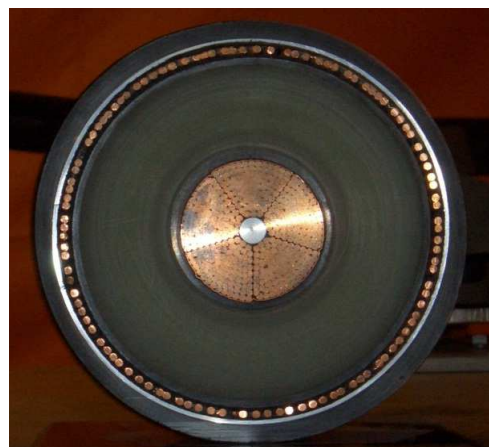
Afhankelijk van o.a. het aantal inkomende kabels, aantal uitgaande kabels, benodigde compensatie en de gewenste schakelmogelijkheden kan het station variëren in complexiteit en daarmee omvang. Wanneer het aantal transformatoren wordt afgestemd op het aantal zee kabels kan bijvoorbeeld aan 220kV-zijde bespaard worden op een railverbinding. Als er weinig ruimte beschikbaar is, kunnen de schakeltuinen in gas geïsoleerde technologie worden uitgevoerd. De kosten van deze zogenaamde GIS (*gas insulated switchgear*) apparatuur ligt significant hoger dan luchtgeïsoleerde apparatuur, maar het ruimtebeslag is geringer.

### Landkabels

Op land worden 1-aderige kabels toegepast. 1-aderige kabels hebben een betere warmteafdracht dan 3-aderige kabels. Omdat bij wisselspanning een circuit bestaat uit drie fases, bestaat een enkelvoudige kabelverbinding op land uit drie 1-aderige kabels. De omgevingscondities (warmtegeleiding van de grond) voor landkabels zijn vaak ongunstiger dan op zee, met name in een mantelbuis. Wel kan op land de geleiderdoorsnede van een kabel oplopen tot wel 3000 mm<sup>2</sup>. Daarnaast is de afstand tussen kabels onderling en tussen circuits van grote invloed op de belastbaarheid van de kabels. In Tabel 9 zijn voorbeelden opgenomen.

Tabel 9: Voorbeeld van enkele kabelsystemen op land

Kabelsysteem	Aantal kabelcircuits voor +/- 1200 MW	Vermogen per circuit (MW)
220 kV kabel 2000 mm <sup>2</sup> koper in compacte driehoek ligging	3	400
380 kV kabel 2500 mm <sup>2</sup> koper in plat vlak met 1 meter tussen fases	1	1120
380 kV kabel 1200 mm <sup>2</sup> koper in compacte driehoek ligging	2	600



Figuur 12: Schematisatie en foto van een 1-aderige landkabel

## Aanleg

Over het algemeen wordt bij een landtracé een combinatie van open ontgravingen en gestuurde boringen toegepast. Bij een complex tracé met bijvoorbeeld natuurgebieden, woonwijken en grote infrastructuur zoals wegen, bruggen, tunnels, waterwegen kan het percentage geboord tracé oplopen tot 80-90%.

### *Open ontgraving*

Aanleg van kabels door middel van open ontgraving betekent dat een sleuf van 1 tot 2 m wordt uitgegraven waarin de kabel wordt gelegd. De grond wordt vervolgens teruggebracht. Rekening houdend met het talud van de vergraving moet er om een circuit (drie kabels) aan te leggen een ongeveer 5 m brede strook worden ontgraven. Daarnaast is een werkstrook noodzakelijk waar de grond tijdelijk kan worden neergelegd.

De kabels kunnen in compacte driehoek ligging worden geïnstalleerd (zie Figuur 16) of in het platte vlak met een bepaalde tussenafstand (zie Figuur 13). De thermisch meest gunstige ligging voor een circuit (drie kabels) is in het platte vlak met een zo groot mogelijke afstand tussen de kabels. Hierdoor neemt de tracébreedte toe. Het is mogelijk om de drie kabels (circuit) dichter bij elkaar te leggen door ze in een driehoek te leggen. Hierdoor neemt de belastbaarheid af. Uiteindelijk moet er een optimum gevonden worden tussen tracé breedte, afstand tussen de kabels en toegepaste geleiderdoorsnede.

Open ontgraving is een eenvoudige en daardoor financieel aantrekkelijke methode. De methode leidt echter tot ruimtebeslag, en kan leiden tot (grote) hinder voor de omgeving en het verkeer, zeker als er na verloop van tijd in hetzelfde tracé een tweede of derde circuit naast gelegd moet worden.



Figuur 13: Foto van de aanleg van 2 circuits met 3 kabels per circuit

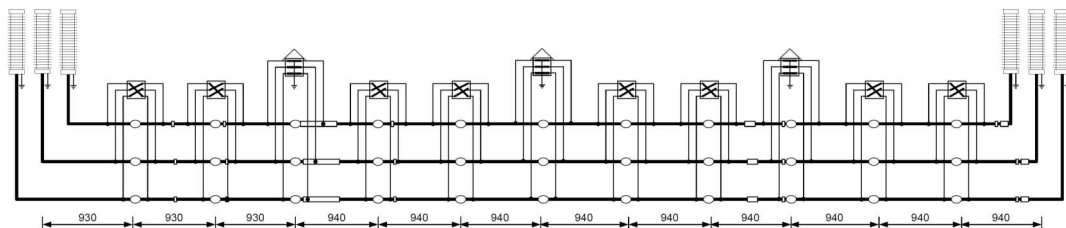
### Gestuurde boring

Een alternatief voor open ontgraving is een gestuurde boring. Bij een gestuurde boring wordt een mantelbuis door de grond geboord, vervolgens wordt de kabel door de buis getrokken. In Figuur 14 zijn foto's van het boorproces weergegeven.



Figuur 14: Foto links boormachine, Foto rechts afgewerkt uittredepunt

Voor de uitvoering van een gestuurde boring moet een boorstelling worden ingericht en de mantelbuizen worden uitgelegd. Hiervoor moet voldoende ruimte aan maaiveld beschikbaar zijn. Een gestuurde boring kan afstanden van 1000-1500 m overbruggen. Voor grotere afstanden zijn meerdere boringen in elkaars verlengde nodig waarbij steeds een (tijdelijke) boorlocatie moet worden ingericht (Figuur 15).



Figuur 15: Voorbeeld van benodigde putten en kasten voor een ondergrondse kabel van 12 km (bovenaanzicht)

### Conclusie opties

Voor de aanlanding zijn met uitzondering van een mogelijk transformatorstation de opties technisch gezien niet onderscheidend.

In het kabeltracé op land zijn technische gezien de opties niet onderscheidend. Wel zal net zoals op zee bij toepassing van 380 kV minder kabels nodig zijn voor het transport van hetzelfde vermogen.

Wanneer meerdere verbindingen van verschillende eigenaren in één tracé moeten worden gelegd (in tijd na elkaar: optie 1 of tegelijkertijd: optie 2) zullen er afspraken moeten worden gemaakt over aan te houden afstand (beide opties) en toekomstige overdracht (optie 2). In de praktijk zijn deze overeenkomsten zeer lastig te sluiten, omdat de eigenaar van de reeds liggende kabel (of een andere type leiding) niet verplicht is om aan de overeenkomst mee te werken of zeer hoge eisen stelt. Daarom wordt een dergelijke overeenkomst in de praktijk vaak vermeden door een onderlinge

afstand van meer dan 5 m aan te houden. Om het proces van proximity overeenkomsten te versoepelen, kunnen in de tender voorwaarden worden meegegeven en in de vergunning of ruimtelijk besluit worden vastgelegd of kan tussen windparkontwikkelaars en de overheid een intentieovereenkomst worden afgesloten. In de tender, vergunning, ruimtelijk besluit of intentieovereenkomst kan worden vastgelegd welke maximale onderlinge afstand tussen kabels door windparkontwikkelaars moet worden geaccepteerd.

Voor optie 2 zal ten tijde van de tender van het eerste windpark het vermogen en spanningsniveau van het tweede en derde windpark vastgesteld moeten zijn, zodat de juiste kabelspecificaties en onderlinge afstanden kunnen worden bepaald. Een andere mogelijkheid is om over het gehele tracé (zowel boringen als open ontgravingen) reeds mantelbuizen aan te leggen, zodat later alleen de kabels voor het tweede of derde windpark door de buizen hoeven te worden getrokken. Bij de gegraven delen van het tracé moet rekening worden gehouden met beperking van buigstralen en warmtegeleiding bij gebruik van mantelbuizen. Op de voorfinanciering die optie 2 op land met zich mee brengt wordt ingegaan in paragraaf 0.

### **Conclusie configuraties**

Voor het totaal van 1200 MW is er geen onderscheid tussen de configuraties voor de aanlanding en het tracé op land. Door de variatie in het aantal parken (configuratie 1: 3x400 MW, configuratie 2: 2x600 MW en configuratie 3: 4x300 MW) is er met betrekking tot opties 1 en 2 verschil in het aantal kabelverbindingen en eigenaren wat impact heeft op de benodigde breedte van het tracé.

#### 3.4.2 Ruimtebeslag

### **Elektromagnetische velden**

De stroom die door de kabels loopt zal een magnetisch veld (uitgedrukt in micro Tesla,  $\mu\text{T}$ ) opwekken in de directe omgeving van de kabel. Met de afstand tot de kabel zal het magnetisch veld afnemen in sterkte.

Naast magnetische velden worden ook elektrische velden opgewekt. Door de metalen mantel en armering treden er geen elektrische velden buiten de mantel. Wel zal het opgewekte magnetische veld weer een elektrisch veld induceren, maar deze heeft een zeer lage waarde.

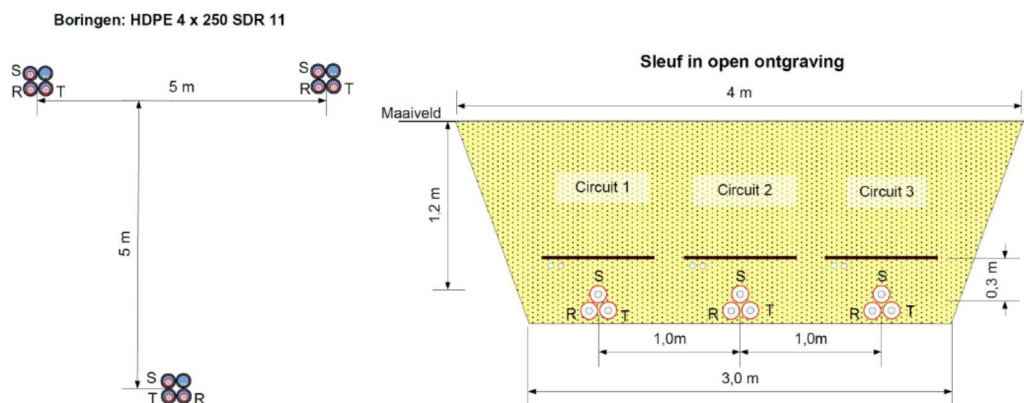
De Nederlandse overheid heeft in 2005 een advies uitgebracht over magnetische velden nabij bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit advies stelt dat bij nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen zoveel mogelijk moet worden voorkomen dat mensen langdurig verblijven in magnetische veldsterkten hoger dan  $0,4 \mu\text{T}$ . Het advies van het ministerie van IenM ziet enkel toe op bovengrondse hoogspanningsverbindingen, maar in de praktijk wordt dit voorzorgsbeginsel ook inzichtelijk gemaakt voor ondergrondse verbindingen.

Rondom een kabel die 1 tot 2 m in de bodem ligt ingegraven is er aan maaiveld een zone waarbinnen het elektromagnetische veld groter is dan  $0,4 \mu\text{T}$ . De breedte van deze zone moet per situatie worden berekend en is afhankelijk van locatie specifieke eigenschappen van de ondergrond, het aantal kabels, de diepteligging, de installatie wijze en de belasting van de kabels. Bij een geboord tracé (meestal dieper dan 15 m) is

het magnetisch veld buiten de eindpunten van de boring naar verwachting niet meer waarneembaar aan het maaiveld.

### Breedte van het tracé

De breedte van het kabeltracé op land is afhankelijk van het totale vermogen en de toegepaste kabelconfiguratie. In paragraaf 3.4.1 is hierover voor een ontgraving en een gestuurde boring informatie opgenomen. Een voorbeeld van een doorsnede van een tracé is weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Voorbeeld van doorsnedes van twee tracés (boring links, ontgraving rechts) uit de tracéstudie voor aansluiting op Wateringen van Nuon/Dong

### Transformatorstation

Het ruimtebeslag van een transformatorstation is sterk afhankelijk van de technische uitvoering en kan niet op voorhand worden gegeven. Voor het beschouwde vermogen van de configuraties (1200 MW) is minimaal een half voetbal veld noodzakelijk (50 x 25 m), maar met luchtgeïsoleerd schakelmateriaal, compensatie en een mogelijk AC/DC-converterstation kunnen de afmetingen oplopen tot 200 x 150 m.

### Conclusie Opties

Voor het ruimtebeslag zijn de opties niet onderscheidend van elkaar. Wel zal met het toepassen van 380 kV het aantal kabels en dus de breedte van het tracé kunnen worden verminderd. De magnetische veldsterkte is afhankelijk van de ligging van de kabels en de stroom door de kabels (welke kleiner wordt bij hogere spanning).

Voor optie 1 en 2 kunnen de onderlinge afstanden tussen verbindingen groter zijn dan technisch gezien noodzakelijk is, omdat er sprake is van meerdere eigenaren. Verder zijn er drie onderscheidende varianten met betrekking tot ruimtebeslag:

- Met het toepassen van 380 kV zal het aantal kabels kunnen worden verminderd en dus de breedte van het tracé kunnen worden verkleind.
- De magnetische veldsterkte is afhankelijk van de ligging van de kabels en de stroom door de kabels (welke kleiner wordt bij hogere spanning) en project specifiek berekend moet worden.
- Voor alle varianten met 220 kV-zeekabels en voor de variant met gelijkspanning zal een extra transformatorstation nodig zijn. Dit station kan in afmetingen sterk variëren.

Wat betreft de overlast tijdens aanleg zijn de opties onderscheidend; waarbij het effect van optie 1 groter zal zijn dan de andere opties, omdat het kabeltracé meerdere keren opengemaakt zal worden.

### Conclusie Configuraties

Voor het totaal van 1200 MW is er geen onderscheid tussen de configuraties. Door de variatie in het aantal parken (configuratie 1: 3x400 MW, configuratie 2: 2x600 MW en configuratie 3: 4x300 MW) is er met betrekking tot opties 1 en 2 verschil in het aantal kabelverbindingen en eigenaren wat impact heeft op de benodigde breedte van het tracé.

### 3.4.3 Kosten

Een indicatie van de kabel- en aanlegkosten is gegeven in Tabel 10 en Tabel 11. Uit Tabel 10 kan worden afgeleid dat de kabelkosten voor een 380 kV-kabelverbinding lager zullen zijn dan voor 220 kV.

Tabel 10: Indicatie kabelkosten

Technologie	Transportvermogen (MW)	Kabelkosten (€/m)
220 kV (één circuit)	400	450-750
380 kV (één of twee circuits; totale kosten zijn vergelijkbaar)	1200	1000-1200
Additionele technische kosten (moffen, crossbonding, aarding) per kabelcircuit		120-150

Tabel 11: Indicatie aanlegkosten

Methode	Diepte	Kabelkosten (€/m)
Open ontgraving zonder obstakels	5 m breedte, 2 m diep	150-250
Open ontgraving met beperkt obstakel (bijvoorbeeld verwijderen en weer terugplaatsen van een fietspad)	5 m breedte, 2 m diep	300-450
Boren (kosten per kabel circuit)	Lengte boring 1000 m, +/- 15 m diep	1.000-1.500

De indicatieve aanlegkosten in Tabel 11 voor open ontgraving zijn gegeven voor een tracé zonder obstakels. De aanlegkosten voor een gegraven tracé met obstakels kan zeer sterk oplopen, onder andere door:

- voorsteken en percentage handmatig graven bij kruising andere (kabel) infrastructuur
- openbreken van bestrating en verwijderen / terugplaatsen andere civiele infrastructuur
- verwijderen / terugplaatsen beplanting / begroeiing
- economisch-maatschappelijke schade door niet bereikbaar zijn van gebouwen, omrijden, vertragingen, minder verkoop in winkels etc.

Het vergelijken van kosten van een geboord tracé met een gegraven tracé is moeilijk. Voor een gestuurde boring wordt namelijk gekozen wanneer open ontgraving tot hoge kosten zal leiden (bijvoorbeeld wanneer een weg of kunstwerk gekruist moet worden) of vanuit juridisch of de ruimtelijke ordening de voorkeur heeft (bijvoorbeeld bij de doorkruising van natuurgebieden of dichtbebouwd gebied). Bij een open veld zonder

obstakels zal bij een technisch/economische afweging altijd gekozen worden voor tracé in open ontgraving.

Voor de in hoofdstuk 4 beschouwde tracés is de verwachting dat minimaal 30% van het tracé zal moeten worden geboord (doorsteek duinen en doorkruising stedelijk gebied). Daarnaast kan om mogelijke economische en maatschappelijke overlast te beperken (en daarmee de kans op beroep te verkleinen) worden overwogen om een groter deel van het tracé middels gestuurde boring uit te voeren.

Om inzicht te geven in de kostenimplicaties van extra boringen in een tracé zijn in Tabel 12 een inschatting van de kosten van twee fictieve tracés van 10 km opgenomen. De gegevens in deze tabel tonen aan dat de installatiekosten bij 40% extra boringen toenemen met een factor 1,5 tot 2. Wanneer de hele kabelverbinding wordt beschouwd (dus inclusief kabelkosten) daalt deze factor tot ongeveer 1,3.

**Tabel 12: Indicatie installatiekosten van twee fictieve tracés excl. en incl. kabelkosten**

Tracé van 10 km	Totale kosten (M€) excl. kabels	Totale kosten (M€) incl. kabels
30% boring: 70% open ontgraving waarvan 30% met obstakels	4,5 - 7	9 - 14,5
70% boring: 30% open ontgraving waarvan 20% met obstakels	7 - 12	11,5 - 19

### **Conclusie Opties**

Met betrekking tot kosten voor het landtracé zijn de opties niet onderscheidend. Wel zal bij de 220 kV-varianten een transformatorstation moeten worden opgericht. Per 400 MW variëren de kosten van een transformatorstation van enkele miljoenen tot 10 miljoen euro afhankelijk van de technische uitwerking.

De kabelkosten voor de 380 kV-varianten van optie 3, 4, 5 zullen lager uitvallen in vergelijking met de 220 kV-varianten, omdat minder kabels toegepast kunnen worden. Een transformatorstation aan de kust heeft daarom technisch gezien voor stopcontacten de voorkeur boven een transformatorstation bij het aansluitstation, maar leidt naar verwachting tot maatschappelijke en bestuurlijke weerstand in verband met de natuurwaarden en belevingsaspecten en de bestaande functies (hoofdstuk 4)

Hoewel voor optie 1 en 2 (radiale verbindingen) ook een 380 kV-variant op land mogelijk is, zullen de kosten ten opzichte van 220 kV niet of nauwelijks lager uitvallen, omdat de verbinding van een enkel windpark op 220 kV ook met één kabelcircuit kan worden uitgevoerd.

Gezien de ruimtelijke en economische consequenties van de bouw van een transformatorstation wordt aanbevolen om bij nieuwbouw van een transformatorstation rekening te houden met (toekomstig) gezamenlijk gebruik (ook als geen sprake is van een stopcontact).

### **Conclusie Configuraties**

Er is geen onderscheid tussen de configuraties

### 3.4.4 Risico's

Voor het landtracé kunnen de volgende risico's worden onderscheiden:

- Ondergrondse infrastructuur is niet altijd duidelijk vastgelegd. Hierdoor kan tegenslag bij de uitvoering ontstaan vanwege het aantreffen van niet voorziene ondergrondse infrastructuur of bodemcondities (zowel bij boring als bij ontgraving) met vertraging en oplopen van de aanlegkosten tot gevolg.
- Voor optie 1: bij gebruik van hetzelfde tracé kunnen de eerder aangelegde kabels worden beschadigd bij aanleg van verbindingen voor het tweede en derde windpark.
- Risico's met betrekking tot de ruimtelijke ordening worden behandeld in hoofdstuk 4.

#### Conclusie Opties

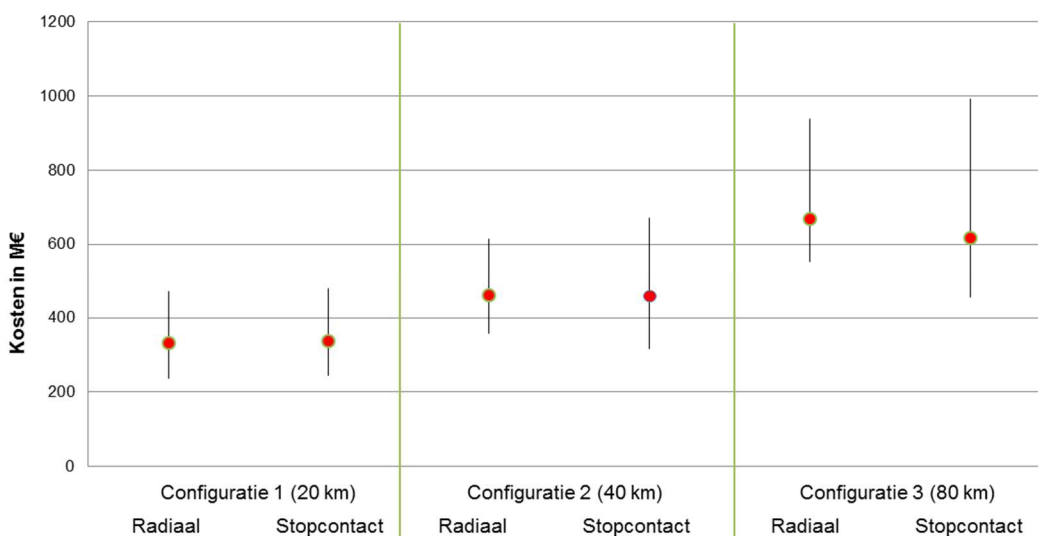
Voor optie 1 is er naast de impact op de ruimtelijke ordening een risico op beschadiging van de eerder aangelegde kabels.

#### Conclusie Configuraties

Er is geen onderscheid tussen de configuraties.

## 3.5 Algemene kosten vergelijking tussen opties en configuraties

Aangezien bij alle opties dezelfde hoeveelheid vermogen van de windparken naar het landelijk hoogspanningsnet wordt getransporteerd, zullen de initiële investeringskosten van de technische infrastructuur voor iedere optie vergelijkbaar zijn bij dezelfde technische uitgangspunten (spanningsniveau verbinding, en AC of DC). In Figuur 17 is voor de radiale opties (1 en 2) en het stopcontact op zee (optie 3) een kosteninschatting gegeven per configuratie van de gehele verbinding tot aan het aansluitstation. Daarbij is uitgegaan van 220 kV wisselspanning. Bij deze kosteninschatting zijn alle benodigde platforms inbegrepen om de opties vergelijkbaar te houden. Vanwege de grote onzekerheden in technische uitvoering en de beschikbare kosteninformatie is een bandbreedte aangehouden. Deze figuur laat zien dat de kosten een vergelijkbare orde van grootte hebben.



Figuur 17: Kostenindicatie van radiale opties (1/2) en stopcontact op zee (3) voor de beschouwde configuraties 1, 2 en 3



#### *Vergelijking van de kosten met andere studie*

Een direct vergelijk tussen andere studies (KEMA, 2009, Ecofys, 2009 en KEMA, 2003) is niet mogelijk, omdat in elke studie de uitgangspunten anders zijn gekozen. Wel kan de orde van grootte van kosten van vergelijkbare situaties worden beschouwd. In KEMA (2009) en Ecofys (2009) zijn geen of niet alle platforms in beschouwing genomen. Wanneer alleen de kabelkosten worden beschouwd, liggen de kosten aan de onderkant van de bandbreedte van Figuur 17 (zie ook paragraaf 3.3.3). In KEMA (2003) zijn kentallen vergeleken; de kabelkosten liggen in dit geval aan de bovenkant van de bandbreedte en de platformkosten (alleen verzamelplatform) onder de bandbreedte van Figuur 17.

#### *Kostenbesparingsmogelijkheden*

In Figuur 17 zijn kostenbesparingen vanwege gelijktijdige aanleg, standaardisatie en/of grootschalig inkopen van infrastructuur niet meegenomen zoals deze zijn berekend in KEMA (2009). De besparingsmogelijkheden zijn het grootst bij optie 3 en het kleinst bij optie 1.

Opties 3 en 5 bieden de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabelverbindingen op zee voor parken nabij de kust (configuratie 1) en gemeenschappelijk gebruik van een gelijkspanningsverbinding voor verder weg gelegen parken (configuratie 3). Hoewel deze varianten niet zijn doorgerekend kan ervan uit worden gegaan dat deze varianten voornamelijk bij grotere vermogens kostenbesparingen leveren. Deze en overige kostenbesparingen die een landelijk netbeheerder bij een complete verantwoordelijkheid voor verbinding van windparken op zee aan het landelijk hoogspanningsnet kan bereiken, zijn kwalitatief beschouwd in hoofdstuk 5.

Opties 3 en 5 hebben als nadeel dat de investeringskosten voor de verbinding vooruit zullen lopen op het tijdstip dat de windparken worden gerealiseerd. Omdat bij optie 5 rekening wordt gehouden met het in de toekomst verbinden van een netwerk op zee (meer dan de in deze studie beschouwde 1200 MW) is dit effect sterker bij optie 5. Bij beide opties moet gezocht worden naar technische mogelijkheden om investeringen uit te stellen, door bijvoorbeeld gebruik te maken van ruimtereservering op platforms of het later bijplaatsen van een platform of kabels.

#### *Operationele kosten*

De belangrijkste operationele kosten worden veroorzaakt door verliezen en onderhoud en beheer.

- Verliezen nemen toe met de afstand dus zullen voor configuratie 3 hoger zijn dan voor configuratie 1. Er is geen verschil tussen de opties wanneer dezelfde technologie wordt beschouwd. Wel zijn er voor optie 3 en 5 (stopcontact op zee) meer technologische keuze mogelijkheden (380 kV AC, 150 kV of 300 kV DC). Voor deze studie zijn de verliezen per configuratie/optie niet doorgerekend.
- Onderhouds- en beheerskosten nemen ook toe met de afstand. Voor een circuit moet één keer per jaar een survey uitgevoerd worden. Voor onderhoudsactiviteiten van een platform geeft bijlage C van KEMA (2003) een goed overzicht. De dagelijkse besturing van een platform kan geheel vanaf land plaatsvinden.

### 3.6 Vergelijking Aansluitopties

In het schema (Tabel 13) zijn de voor- en nadelen van de verschillende opties ten opzichte van elkaar tot uitdrukking gebracht. Daarbij is een keuze gemaakt voor een technische variant. Er is in alle opties uitgegaan van wisselspanning technologie. Verder is bij de radiale verbindingen (optie 1 en 2) aangenomen dat deze met 220 kV worden uitgevoerd en bij de stopcontacten en netwerkopties (optie 3, 4 en 5) dat er een 380 kV-verbinding loopt vanaf de stopcontacten. Wanneer voor de stopcontact opties 220 kV-technologie zou worden gekozen, zullen de in de tabel opgenomen verschillen tussen de opties minder groot worden.

Het vergelijk geldt in principe voor alle drie configuraties waarbij alleen voor configuratie 3 de 380 kV-technologie voor het stopcontact op zee niet direct toepasbaar is.

Door deze abstractie zal de tabel een minder genuanceerd beeld geven dan het beeld dat in paragrafen 3.1 tot en met 3.5 wordt gegeven. Deze tabel geeft een indicatie van de aandachtspunten per optie. Hierna worden de vergelijkingen per aspect kort toegelicht.

Tabel 13: Relatieve Vergelijking Opties

	Radiaal Direct	Radiaal Gecoördineerd	Stopcontact op Zee	Stopcontact op Land	Netwerk Ringstructuur
Verbindingen op zee					
Technische complexiteit	+	+	-	+	-
Hoeveelheid kabels	-	-	+	-	+
Ruimtebeslag	--	+	+	--	++
Lengte kabel route	+	-	-/+	-	-
Platform	+	+	-/+	+	--/o
Inherente Redundantie	-	-	+	o	++
Verbindingen op land					
Hoeveelheid kabels	-	-	+	+	+
Ruimtebeslag	-	o	+	+	++
Hinder tijdens aanleg	--	+	+	+	+
Transformatorstation	-	-	+	--	+
Kosten					
Realisatiekosten	o	o	o	o	-
Operationele kosten	--	-	+	-	+
Overige aspecten					
Realisatietijd huidige	++	+	-	-	--
Realisatietijd algemeen	o	o	o	o	-
Flexibiliteit	--	--	+	-	++

#### Verbindingen op zee

##### *Technische complexiteit*

De techniek van 380 kV-zeeverbindingen is volop in ontwikkeling. Een 380 kV-verbinding naar windparken op zee is op deze schaal nog niet eerder toegepast.

#### *Hoeveelheid kabels*

Er is bij gelijk spanningsniveau (220 kV) en totaal vermogen (1200 MW) geen verschil tussen het aantal benodigde kabels en daarmee samenhangende kosten voor verbinding via een stopcontact of radiale verbindingen. Indien 380 kV-kabels kunnen worden toegepast, kan worden bespaard op het aantal kabels en daarmee op de kosten. Met een stopcontact op zee zullen de economische besparingen groter zijn dan bij een stopcontact op land.

#### *Ruimtebeslag*

Radiale verbindingen leiden tot groter ruimtebeslag op land en zee. Bundeling van de kabels via gecoördineerde radiale verbinding kan leiden tot een smallere strook waarmee het ruimtebeslag kan worden beperkt, maar er zullen dan overeenkomsten tussen de verschillende eigenaren moeten worden afgesloten. In de praktijk blijkt het lastig om deze overeenkomsten tot stand te brengen waardoor mogelijk het technisch haalbare minimum niet wordt bereikt. Met een kabelverbinding vanaf een stopcontact neemt het ruimtebeslag door mogelijk minder kabels en kabels in beheer bij 1 eigenaar (minimale afstand tussen kabels mogelijk) verder af. Met een netwerk structuur kan daarbij een nog grotere optimalisatie worden behaald.

#### *Lengte kabel route*

Bij radiale verbinding kan op zee de kortst mogelijke route naar de aanlanding worden gekozen (rekening houdend met overige gebruiksfuncties). Bij een gecoördineerde radiale verbinding moeten de kabels via een bepaald tracé lopen wat niet direct de kortste route zal zijn, waardoor een langere kabel nodig kan zijn. Bij een stopcontact op land lopen de kabels op zee op dezelfde manier als bij radiale verbinding. Bij een stopcontact op zee kan de kabel vanaf het stopcontact via de kortst mogelijke route lopen (+), maar zullen de kabels vanaf de windparken naar het stopcontact mogelijk een minder korte route (-) moeten volgen. Bij een netwerk is sprake van een lang kabeltracé dat alle windparken met elkaar en met het land verbindt, waarbij niet altijd de kortste route gevolgd kan worden.

#### *Platform*

Bij de radiale verbindingen gaat het om platforms in het park waar het vermogen wordt opgewerkt tot 220 kV. Bij een stopcontact op zee en een netwerk is sprake van de verbinding van meerdere windparken waar het vermogen wordt opgewerkt tot 220 kV of 380 kV. Bij een stopcontact op zee is het eventueel mogelijk om windparkplatforms uit te sparen door toepassing van combi verzamelplatforms. Afhankelijk van de locatie van het stopcontact ten opzichte van de windparken kan in het beste geval dus worden bespaard op platforms (+) en in het minst gunstige geval zal een extra platform noodzakelijk zijn naast de parkplatforms (-).

Bij een netwerk zal door ruimtereservering voor de toekomst het verzamelplatform complexer worden dan bij een enkel stopcontact op zee. Daarom is de netwerk optie lager gescoord (--/o).

#### *Inherente Redundantie*

Bij radiale verbindingen van 300 MW tot 400 MW zal de verbinding naar land waarschijnlijk bestaan uit een enkele 220 kV-verbinding. Bij een enkele verbinding is er geen inherente redundantie. Bij optie 3 of 5 (stopcontact op zee) zal de kabelverbinding naar land bestaan uit meerdere parallel geschakelde kabels (bij wisselspanning) of een kabelpaar (bij gelijkspanning). Bij twee parallel geschakelde kabels zal de inherente redundantie 50% bedragen. Bij drie of meer kabels parallel zal dit positieve effect

toenemen. Voor optie 5 zal vanwege het ringnet de gedeeltelijke redundantie nog verder toenemen.

## **Verbindingen op land**

### *Hoeveelheid kabels*

Er is bij gelijk spanningsniveau (220 kV) en totaal vermogen (1200 MW) geen verschil tussen het aantal benodigde kabels en daarmee samenhangende kosten voor verbinding via een stopcontact of radiale verbindingen. Indien 380 kV-kabels kunnen worden toegepast, kan worden bespaard op het aantal kabels en dus de kosten.

### *Ruimtebeslag*

Radiale verbindingen leiden tot groter ruimtebeslag. Bundeling van de kabels via gecoördineerde radiale verbinding kan leiden tot een smallere strook waarmee het ruimtebeslag kan worden beperkt, maar er zullen dan overeenkomsten tussen de verschillende eigenaren moeten worden afgesloten. In de praktijk blijkt het lastig om deze overeenkomsten tot stand te brengen waardoor mogelijk het technisch haalbare minimum niet wordt bereikt. Met een kabelverbinding vanaf een stopcontact neemt het ruimtebeslag door minder kabels en kabels in beheer bij 1 eigenaar (minimale afstand tussen kabels mogelijk) verder af. Bij een netwerk kan mogelijk in de toekomst worden bespaard op een compleet landtracé waarbij drie gebieden (3 x 1200 MW) op twee aansluitstations worden aangesloten.

### *Hinder tijdens aanleg*

Individuele passage van meerdere kabels achtereenvolgens in de tijd door hetzelfde tracé leidt tot hinder voor omgeving, natuurbelasting en ruimtebeperking. Bij een gecoördineerde verbinding wordt het landtracé in één keer aangelegd waarna er later aan de kust zeekabels kunnen worden aangehangen of worden meerdere mantelbuizen geplaatst waardoor later kabels kunnen worden getrokken. Vanaf de stopcontacten wordt er in één keer een kabeltracé naar een aansluitstation aangelegd.

### *Transformatorstation aan de kust/op land*

Voor de radiale verbindingen is er op land een transformator station nodig om het vermogen om te zetten van 220 kV naar 380 kV. Dit station kan aan de kust of bij het aansluitstation worden geplaatst. Bij plaatsing aan de kust is het voordeel dat vanaf daar een 380 kV-kabel over het landtracé kan worden aangelegd. Voor de aanlanding van een 380 kV-kabel vanaf het stopcontact op zee is alleen een transitieput nodig, waarin de zeekabel aan de landkabel wordt verbonden. Bij het stopcontact op land is een grotere installatie nodig, waarbij zeekabels uit meerdere windparken samenkomen en worden opgewerkt tot 380 kV.

## **Kosten**

### *Realisatiekosten*

Er is bij gelijk spanningsniveau (220 kV) en totaal vermogen (1200 MW) geen verschil tussen het aantal benodigde kabels en daarmee samenhangende kosten voor verbinding via een stopcontact of radiale verbindingen. Voor gecoördineerde aanleg, stopcontacten en een netwerk moeten voorinvesteringen worden gedaan. Hier staat tegenover dat er mogelijk schaalvoordelen zijn te halen bij grootschalige inkoop bij een gecoördineerd tracé of een net op zee. Ook kan door toepassing van 380kV-technologie het stopcontact op zee verder worden geoptimaliseerd. Daarom zijn in dit vergelijk de totale realisatiekosten ten opzichte van elkaar neutraal beoordeeld. Afhankelijk van project-specifieke aspecten kunnen verschillen ontstaan, waarbij met name de ligging van de windparken ten opzichte van het stopcontact op zee en het totaal beschouwde vermogen een rol spelen.

#### *Operationele kosten*

Er zijn kostenvoordelen te behalen wanneer de netbeheerder integraal verantwoordelijk wordt gemaakt voor het aansluiten van alle windparken op zee. In hoofdstuk 5 wordt hier nader op ingegaan. Bij al deze punten geldt, hoe meer aangesloten vermogen, hoe groter de voordelen.

#### **Overige aspecten**

##### *Realisatietijd*

Kijkend naar de huidige situatie (doelstellingen in het Energieakkoord, wettelijk kader in ontwikkeling en enkele winparkontwikkelaars al gestart met voorbereidingen voor radiale verbinding van vergunde windparken) is de realisatietijd van een radiale verbinding naar verwachting het kortst ten opzichte van de andere opties. Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat realisatie afhankelijk is van beschikbare kabellegschepen en kabelleveranciers. De techniek van 380 kV-zeeverbindingen is volop in ontwikkeling en zal vertragend werken voor de optie stopcontact op zee.

Wanneer een algemene situatie wordt beschouwd, waarbij de start van de voorbereiding gelijk is, zullen er naar verwachting schaalvoordelen (versnellingen) mogelijk zijn bij toepassing van een gecoördineerd tracé of een net op zee ten opzichte van radiale verbindingen. Dit is op voorhand moeilijk in te schatten. De opties zijn daarom voor realisatietijd gelijk ingeschaald.

##### *Flexibiliteit*

De flexibiliteit van het net is het grootst bij de netwerkoptie. Die optie kan worden uitgebreid en via twee routes met land verbonden worden. Via het net kunnen meerdere (clusters van) windparken worden aangesloten. Bij het stopcontact kan ook een zekere mate van flexibiliteit worden ingebouwd, door over-dimensioneren van transformatorstation en kabelverbinding naar land. Ook kan de vermogensverdeling tussen windparken die op één verzamelplatform worden aangesloten vrij worden verdeeld. De flexibiliteit van het stopcontact op land is beperkt tot de aangelegde capaciteit op het landtracé en de aansluitmogelijkheden aan de kust.

### **3.7 Vergelijking Configuraties**

De beschouwde ruimtelijke configuraties verschillen onderling in de afstand tot de kust (20 km, 40 km en 80 km) en het aantal parken en vermogen van de aan te sluiten windparken (3x400 MW, 2x600 MW en 4x300 MW).

#### **Afstand**

Met betrekking tot afstand is de 380 kV-technologie op zee alleen mogelijk voor configuraties 1 (20 km) en configuratie 2 (40 km), want bij grotere afstanden zal de laadstroom het beschikbare transportvermogen teveel beperken. Wel kan voor configuratie 3 (80 km) worden overwogen een platform halverwege toe te passen.

Het omslagpunt waarop gelijkspanning economisch interessanter wordt dan wisselspanning ligt tussen de 80 en 120 km. Voor configuratie 3 zal daarom de toepassing van gelijkspanning meegenomen moeten worden in de overweging.

Wanneer alleen de verbinding van de windparken op zee aan het landelijk hoogspanningsnet wordt beschouwd, zijn zowel investeringskosten (meer zeekabel) als operationele kosten (onderhoud en verliezen) hoger als windparken verder weg liggen.

Daartegenover staat dat windopbrengsten mogelijk hoger en andere omgevingscondities mogelijk gunstiger zijn.

Ook is er bij verder weg gelegen windparken meer ruimte beschikbaar (minder ruimtegebruik door overige functies) waardoor een groter windvermogen kan worden ontwikkeld zonder rekening te moeten houden met allerlei obstakels. De windparken kunnen daardoor ook gunstiger worden gepositioneerd ten opzichte van het verzamelplatform. Deze voordelen zijn in deze studie niet beschouwd. Bij een grote hoeveelheid vermogen (bijvoorbeeld 3450 MW) zou daarbij het creëren van een eiland kunnen worden overwogen, waarbij in de toekomst ook aangesloten kan worden op een (DC of AC) elektriciteitsnet in een ander land. Met een eiland kunnen de onderhoudskosten ten opzichte van een platform omlaag worden gebracht.

Om een goede afweging te maken tussen configuraties 1, 2 en 3 zullen bepaalde windenergiegebieden hierop nader moeten worden bestudeerd.

#### **Aantal parken en grootte van de parken**

Voor de radiale opties en het stopcontact op land (optie 1, 2 en 4) is het vermogen van een park van belang, vanwege de beperkingen in de dimensionering van de kabelverbinding naar land. Parken van 300 MW of 600 MW liggen daarbij meer voor de hand dan 400 MW, aangezien met 400 MW net de grens van één enkele 220 kV-zeekabel wordt overschreden. Het exacte vermogen zal per gebied moeten worden bepaald, waarbij de restricties voor kabels mee genomen moeten worden.

Voor het stopcontact op zee (optie 3, 5) is het vermogen per park voor de verbinding naar land minder van belang en kan daardoor flexibeler worden gekozen. Ook hier zal het exacte vermogen per gebied moeten worden bepaald.

## 4 RUIMTELIJKE IMPACT

In dit hoofdstuk wordt de ruimtelijke impact van kabelverbinding van windparken op zee aan het landelijk hoogspanningsnet beschreven. Aan het eind van elke paragraaf worden de conclusies weergegeven.

### 4.1 Ruimtelijke impact

Het Nederlandse deel van de Noordzee is niet alleen een van de drukst bevaren zeeën ter wereld, maar er zijn ook allerlei economische activiteiten (olie- en gaswinning, zandwinning, visserij en recreatievaart, data- en andere kabels) en er zijn natuurgebieden met allerlei natuurbehoudsdoelstellingen. Windenergie komt daar bij met de verbinding van de windparken door middel van kabels en installaties op zee naar het hoogspanningsnet op land. Het Nederlandse land begint in veel gevallen met een duingebied dat valt onder de Natura2000-wetgeving. Vervolgens dient een verbinding te worden gemaakt met het bestaande hoogspanningsnet in de zeer dicht bevolkte gebieden van Noord- en Zuid-Holland.

In Figuur 18 (land) en Figuur 19 (zee) is de Nederlandse kustzone weergegeven met gebruiksfuncties, die door de kabels kunnen worden beïnvloed, die hinder kunnen ondervinden van de kabel of waardoor er restricties voor kabels gelden. In het vervolg van deze paragraaf worden de interactie en eventuele beperkingen tussen gebruiksfuncties en kabels beschreven, achtereenvolgens voor kabels op land en op zee.

#### 4.1.1 Land

Voor alle opties geldt dat vanaf de aansluitstations van het landelijk hoogspanningsnet van TenneT één of meerdere kabels gelegd moeten worden naar de kust. Dit kan zijn een enkele 150 kV-kabel, meerdere 220 kV-kabel of een enkele 380 kV-kabel (paragraaf 3.2). In het geval het een 220 kV-kabel betreft, dient er bij het aansluitstation of aan de kust ruimte gevonden te worden voor een transformator (ongeveer 1 hectare) voor opwerking van 220 kV naar 380 kV.

#### **Natuur**

In Nederland zijn drie natuurbeschermingsregimes van belang; de Natura 2000-gebieden, de ecologische hoofdstructuur (EHS) en de Flora en Fauna wet (soortenbescherming). Voor elk project moet worden aangetoond dat er geen significant negatieve effecten op de wezenlijke kenmerken en waarden van het gebied optreden. Als dit niet kan worden aangetoond, dan dient bekeken te worden of er alternatieven zijn, of de kabel van nationaal belang is en of er elders gecompenseerd kan/moet worden.

De kabelaanleg op land kan onder andere leiden tot verstoring door licht, visuele hinder, geluid, trilling, beweging. Door het vergraven van het tracé kan habitataantasting optreden. De uitstoot van uitlaatgassen van het materieel kan leiden tot stikstofdepositie in gevoelige natuurgebieden. Bij open ontgraving kan mogelijk bemaling nodig zijn, waardoor de grondwaterstand in de omgeving kan verlagen en verdroging kan optreden.

Het grootste deel van de duinen langs de Nederlandse Kust is aangewezen als Natura 2000-gebied. In paragraaf 4.3 is beschreven welke Natura 2000-gebieden vanaf een (toekomstig) 380 kV-station naar de kust doorkruist moeten worden. Voor het kruisen van duingebied wordt vaak een gestuurde boring toegepast waarmee het duin in principe in tact blijft en de natuurwaarden minimaal worden belast. In Passende Beoordelingen moet worden aangetoond dat er geen significant negatieve effecten op de Natura 2000-doelstellingen optreden.

Het streven is dat een ondergronds kabeltracé na de aanleg niet zichtbaar is in het landschap. Landschappelijk waardevolle lijnen en structuren, landschapselementen en natuurwaarden worden na de ingreep weer in oorspronkelijke staat hersteld. Desondanks dienen bij een ondiepe ligging van de kabel (circa 2 m onder maaiveld) bomen binnen 5 m van de kabelstrook te worden gekapt, om beschadiging door wortels te voorkomen.

De magnetische en elektrische velden kunnen na ingebruikname van de kabel een effect hebben op diverse organismen op en in de bodem.

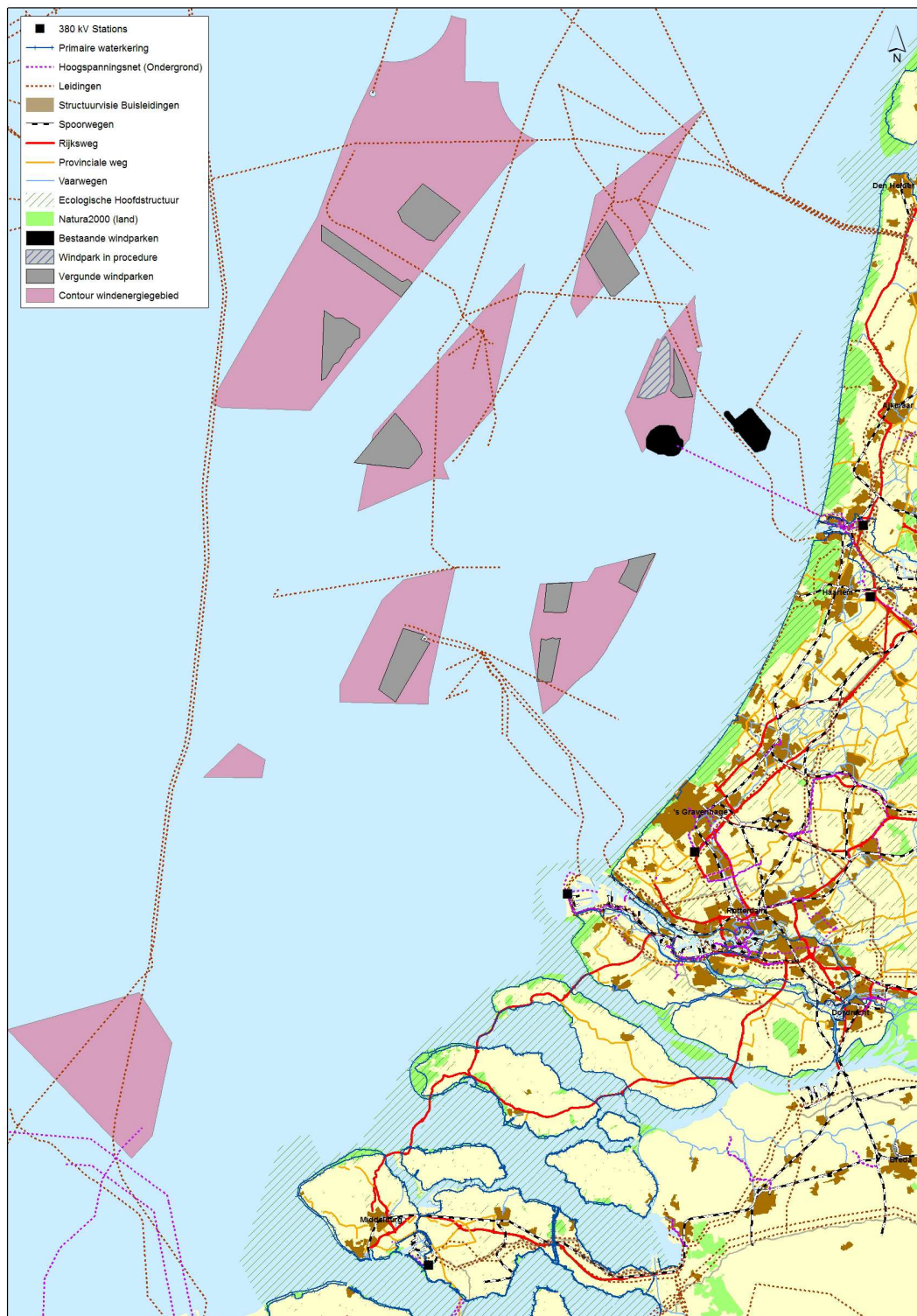
#### *Beoordeling opties*

Voor alle opties die duingebieden doorkruisen geldt dat mogelijke effecten op natuurdoelstelling niet zijn uit te sluiten. Dit geldt voor zowel gegraven als geboorde tracés, maar de effecten zullen bij geboorde tracés (vaak dieper dan 15 m) een flink stuk minder zijn (niet significant) en zich beperken tot de boorlocaties waar de kabelstukken aan elkaar worden verbonden (om de circa 1000-1500 m).

Door herhaaldelijk werkzaamheden uit te voeren op hetzelfde tracé kan de natuur zich moeilijker herstellen en is de kans op blijvende schade groter. Vanuit het natuuraspect heeft het gelijktijdig aanleggen van meerdere kabels (optie 2) of het duintracé aanleggen met één 380 kV-kabel (stopcontact-opties 3, 4 en 5) de voorkeur boven individuele radiale verbindingen (optie 1).

Voor optie 4 (stopcontact op land) en mogelijk voor de radiale aansluitopties 1 en 2 dient bij het aansluitstation of aan de kust ruimte gevonden te worden voor een transformatorstation voor de opwerking van 220 kV naar 380 kV. Voor de gelijkspanningsvariant van optie 5 moet bovendien een AC/DC-converterstation worden opgericht. In die gevallen kunnen de mogelijke effecten op natuurdoelstellingen significant zijn.





Figuur 18: Windenergiegebieden en gebruiksfuncties op land

## Waterveiligheid

De eis bij kruising met een zeewering is dat de waterkerende functie te allen tijde gegarandeerd blijft. Aanleg en gebruik mogen geen onacceptabele nadelige gevolgen hebben voor de stabiliteit/functionaliiteit van de kering. Daarnaast dient de uitvoering bij voorkeur 's zomers plaats te vinden zodat het stormseizoen wordt vermeden.

Voor het kruisen van zeeweringen en andere primaire waterkeringen wordt gebruik gemaakt van gestuurde boringen. Met gestuurde boringen onder het duin door blijft het duin in principe in tact (bijkomend voordeel is dat de natuurwaarden van het duin middels een gestuurde boring zo min mogelijk worden verstoord, zie onder Natuur). Bij gestuurde boringen (waarbij over het algemeen grotere buisdiameters worden toegepast) zijn de eventuele invloed op het duinafslagproces en de eventuele risico's op *piping*<sup>11</sup> aandachtspunten (Technisch Rapport Duinwaterkeringen).

### *Beoordeling opties*

Voor alle opties die zeeweringen doorkruisen geldt dat effecten op de stabiliteit van de zeeweringen dienen te worden voorkomen. Geboorde tracés hebben hierbij de voorkeur waarbij gelet moet worden op het duinafslagproces en eventuele risico's op *piping*.

## Wegen

De kruising van kabels in open ontgraving met wegen leidt tot hinder voor verkeer, omdat de weg tijdens de werkzaamheden moet worden opengebrouwen. Er kan economische en maatschappelijke schade ontstaan door het niet bereikbaar zijn van gebouwen, woningen en winkels. Omrijden en vertragingen en minder winkelverkoop zijn mogelijk het gevolg. Het hangt uiteraard van het wegtype en weggebruik af of deze effecten het geval zijn. Het hangt ook af van hoe vaak het tracé open moet om een kabel aan te leggen. De maatschappelijke weerstand neemt sterk toe naarmate dit vaker nodig is.

Alternatief is een gestuurde boring onder het wegdek door. De boorstellingen worden aan de zijkant van de weg opgesteld en de mantelbuis en kabel worden op grotere diepte onder de weg doorgeboord zodat er geen hinder voor het verkeer optreedt (de technische, ruimtelijke en financiële verschillen tussen boren en graven zijn nader uitgewerkt in paragraaf 3.4). De parallelle aanleg van kabels met wegen (bijvoorbeeld in de berm) is doorgaans aantrekkelijk, omdat hier ruimte is om te werken zonder andere gebruiksfuncties te storen; daartegenover staat dat er om dezelfde reden al andere kabels en leidingen in de wegberm liggen waardoor de ruimte beperkt kan zijn.

### *Beoordeling opties*

Het meerdere keren aanleggen van kabels in hetzelfde tracé kan tot steeds meer maatschappelijk weerstand leiden. Mogelijke effecten kunnen worden beperkt door geboorde tracés. Het gelijktijdig aanleggen van meerdere kabels (optie 2) of het landtracé aanleggen met één 380 kV-kabel (stopcontact opties 3, 4 en 5) hebben de voorkeur boven individuele radiale verbindingen (optie 1).

---

<sup>11</sup> Met *piping* wordt bedoeld dat water onder de waterkering doorloopt als gevolg van het waterstandsverschil aan beide zijden van de kering. In het begin gaat dit heel langzaam, maar dit proces kan groeien en de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengen.

### **Spoorwegen**

Voor de kruising van kabels met spoorwegen is een gestuurde boring vereist. Vaak heeft het bundelen van kabels met spoorwegen de voorkeur, omdat hier ruimte is om te werken zonder andere gebruiksfuncties te storen. Een spoorlijn is echter gevoelig voor *inductie*<sup>12</sup>; daarom moet er een minimale afstand van 20 m worden aangehouden tussen kabels en het spoor.

#### *Beoordeling opties*

Er is geen verschil tussen de opties met betrekking tot spoorwegen. Op de spoorwegen zijn geen effecten te verwachten, omdat het spoor met gestuurde boringen wordt gekruist en het treinverkeer ongehinderd doorgang kan vinden.

### **Vaarwegen**

Vaarwegen worden gekruist met een gestuurde boring om stremming van de scheepvaart te voorkomen. Er is een minimale gronddekking nodig vanwege kans op beschadiging van de kabels door scheepsankers en onderhoudsbaggerwerk. De ingravingsdiepte van scheepsankers is bepalend voor de vereiste gronddekking. De ingravingsdiepte is afhankelijk van het type anker, het gewicht van het anker en de lokale bodemgesteldheid. Op zeevaart vaarwegen geldt een minimale dekking van 2,5m. Volgens de richtlijn van RWS moeten vaarwegen loodrecht worden gekruist.

#### *Beoordeling opties*

Er is geen verschil tussen de opties met betrekking tot vaarwegen. Indien de kruising met gestuurde boringen wordt uitgevoerd, wordt stremming van de scheepvaart voorkomen en zijn er geen effecten op dit aspect.

### **Kabels en leidingen**

In de grond liggen diverse kabels en leidingen. Afhankelijk van de kabels en leidingen die aanwezig zijn (rioolleidingen, kabels en gasleidingen), moet beoordeeld worden of er ruimte is voor extra kabels. Dit kan op bepaalde plekken problematisch zijn, omdat er al veel kabel- en leidinginfrastructuur loopt (alles volgt dezelfde tracés). Voor de afstand tussen de nieuw aan te leggen kabel en eventuele bebouwing, kunstwerken, wegverhardingen, parallel gelegen leidingen en overige belendingen dient de minimale afstand tot een parallel gelegen kabel 5 m te bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een geringere afstand toelaatbaar is. Met bestaande kabelexploitanten moeten proximity overeenkomsten en/of kruising overeenkomsten worden opgesteld over de onderlinge afstand tussen kabels (kleiner dan 5 m) en kruisingen. In de praktijk blijkt dat deze overeenkomsten zeer lastig te sluiten zijn, omdat de eigenaar van de reeds liggende kabel (of een andere type leiding) niet verplicht is om aan de overeenkomst mee te werken of zeer hoge eisen stelt (zie paragraaf 3.4 voor een advies om het proces van proximity overeenkomsten te versoepelen).

#### *Beoordeling opties*

Vanuit de ruimtelijke ordening heeft bundeling van kabels en leidingen in de ondergrond de voorkeur. Een corridor van meerdere kabels (optie 2, met eventueel alleen de mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) of het tracé van het aansluitstation naar de kust aanleggen met één 380 kV-kabel in plaats van meerdere

---

<sup>12</sup> Inductie is een natuurkundig verschijnsel waarbij over een geleider een elektrische spanning wordt opgewekt door een veranderend magnetisch veld.

220 kV-kabels (stopcontactopties 3, 4 en 5) hebben de voorkeur boven individuele radiale verbindingen (optie 1).

### **Omwonenden**

De magnetische en elektrische velden kunnen na ingebruikname van de kabel een effect hebben op omwonenden. In de praktijk wordt een afstand tot bebouwing van 0,4 micro tesla aangehouden om elektromagnetische velden op bebouwing te voorkomen (zie paragraaf 3.4.2). De afstand 0,4 micro tesla wordt per situatie berekend. Geboorde tracés liggen over het algemeen dieper (vaak dieper dan 15 m) dan gegraven tracés, waardoor de elektromagnetische velden aan maaiveld een stuk geringer zijn.

De werkzaamheden tijdens aanleg of onderhoud kunnen tot tijdelijke hinder (geluid, lucht, trillingen, zicht) voor omwonenden leiden.

#### *Beoordeling opties*

Het meerdere keren aanleggen van kabels op hetzelfde tracé kan tot herhaaldelijke hinder voor omwonenden leiden. Het gelijktijdig aanleggen van meerdere kabels (optie 2, met eventueel alleen de mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) of het tracé van het aansluitstation naar de kust aanleggen met één 380 kV-kabel in plaats van meerdere 220 kV-kabels (stopcontactopties 3, 4 en 5) hebben de voorkeur boven individuele radiale verbindingen (optie 1). Mogelijke overlast op omwonenden kunnen ook worden beperkt door geboorde tracés, daarmee kan ook de minimale afstand in verband met elektromagnetische velden worden beperkt.

### **Archeologie**

Negatieve effecten op het culturele en archeologische erfgoed kunnen overal waar in de bodem wordt gegraven plaatsvinden. De effecten op deze beschermde waarde zijn beperkt tot het aanleggebied. Archeologische waarden kunnen worden beschermd door de bodem waarin deze waarden zich bevinden onaangetast te laten (behoud in situ). De aanleg van een kabel kan archeologische waarden verstoren. In dit geval is het verplaatsen van het tracé een optie. Indien dit niet mogelijk is, is slechts het documenteren van de te vernietigen waarden een optie (behoud ex situ). Dit kan door middel van een archeologische opgraving.

Provinciale Staten kunnen gebieden hebben aangewezen als aardkundig monument. Het is verboden om binnen een aardkundig monument handelingen te verrichten die het monument kunnen aantasten, zoals handelingen in de ondergrondse infrastructuur of graafwerkzaamheden. Er kan een ontheffing worden verleend als het aardkundig monument door de boogde handeling minimaal zal worden aangetast.

#### *Beoordeling opties*

Gecoördineerde aanleg van meerdere kabels (optie 2, met eventueel alleen de mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) of het tracé van het aansluitstation naar de kust aanleggen met één 380 kV-kabel in plaats van meerdere 220 kV-kabels (stopcontactopties 3, 4 en 5) hebben minder ruimtebeslag en leiden daardoor mogelijk tot minder aantasting van archeologische waarden dan individuele radiale verbindingen (optie 1). Mogelijke negatieve effecten kunnen echter worden gemitigeerd door vooraf gedegen archeologisch (bureau)onderzoek uit te voeren. Eventueel kan een kabelroute iets worden verlegd om het object heen.

### **Milieubeschermingsgebieden**

Provinciale Staten kunnen gebieden hebben aangewezen als milieubeschermingsgebieden, zoals grondwaterbeschermingsgebieden en stiltegebieden. In grondwaterbeschermingsgebieden zijn vanwege (drink)waterwinning geen handelingen in de ondergrondse infrastructuur of graafwerkzaamheden toegestaan.

#### *Beoordeling opties*

De mogelijke ruimtelijke effecten op milieubeschermingsgebieden kunnen worden beperkt door toepassing van geboorde kabels, het gelijktijdig aanleggen van meerdere kabels (optie 2, met eventueel alleen de mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) of door het tracé van het aansluitstation naar de kust aan te leggen met een 380 kV-kabel in plaats van meerdere 220 kV-kabels (stopcontact opties 3, 4 en 5). In geval van grondwaterbeschermingsgebieden kunnen deze een definitieve belemmering voor een kabel opleveren.

### **Eigenaren**

De kabelexploitant zal met alle perceel eigenaren van de gronden waar het kabeltracé doorheen loopt zakelijk recht moeten afsluiten.

#### *Beoordeling opties*

Naar verwachting zullen de perceel eigenaren minder geneigd zijn om mee te werken als er meerdere keren om doorgang wordt verzocht. Het gelijktijdig aanleggen van meerdere kabels (optie 2, met eventueel alleen de mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) of het tracé van het aansluitstation naar de kust aanleggen met één 380 kV-kabel in plaats van meerdere 220 kV-kabels (stopcontactopties 3, 4 en 5) hebben daarom de voorkeur boven individuele radiale verbindingen (optie 1). Tegenstand van grondeigenaren kan worden vermeden door toepassing van geboorde kabels.

### **Windparken in de 12-mijlszone**

In de 'Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone' zijn vier gebieden langs de kust van Noord- en Zuid-Holland en Zeeland aangewezen als zoekgebied voor ontwikkeling van windenergie op zee. De haalbaarheid voor de ontwikkeling van wind op zee in deze gebieden wordt momenteel onderzocht. De verbinding van deze windparken aan het landelijk hoogspanningsnet kan leiden tot extra belasting op de in deze paragraaf beschreven punten. In paragraaf 4.3 wordt per aansluitstation beschreven welke extra aandachtspunten er gelden indien windparken in de 12-mijlszone ontwikkeld worden.

### **Conclusies**

Vanuit de natuur- en gebruiksfuncties op land zijn er geen significante belemmeringen te verwachten ongeacht de opties indien (op delen van het tracé) gebruik wordt gemaakt van gestuurde boringen.

Bundeling en gelijktijdige aanleg van kabels voor de aanlanding en inpassing heeft vanuit bestuurlijk-juridisch en maatschappelijk opzicht de voorkeur. Individuele passage van meerdere kabels achtereenvolgens in de tijd door hetzelfde tracé leidt tot herhaalde hinder voor omgeving, natuurbelasting en ruimtebeperking. Vanuit deze aspecten hebben de opties 2, 3, 4 en 5 de voorkeur boven optie 1.

De oprichting van een transformatorstation voor de opties 1, 2, 4 en 5 heeft consequenties voor de ruimtelijke ordening; er is een terrein van behoorlijke omvang nodig dat op ruime afstand van de bebouwde omgeving ligt. Een transformatorstation kan nabij het aansluitstation of aan de kust worden geplaatst (paragraaf 3.4); in beide gevallen zal de inpassing tot maatschappelijke en bestuurlijke weerstand leiden, waarbij de weerstand voor inpassing nabij de kust naar verwachting groter zal zijn in verband met de natuurwaarden en belevingsaspecten en de bestaande gebruiksfuncties. De mogelijke effecten op natuurdoelstellingen kunnen significant zijn als een transformatorstation in of tegen het duingebied wordt geplaatst.

Maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak is van groot belang voor een vlot verloop van de procedures en voor het voorkomen c.q. beperken van beroep. Het is daarom van belang om bij de keuze van het tracé en de locatie van het transformatorstation natuurgebieden en bebouwing zoveel mogelijk te vermijden en hinder voor verkeer en omwonenden zoveel mogelijk te beperken. In de praktijk blijkt dat een vlotte en zorgvuldige voorbereiding van de procedures, inclusief overleg met belanghebbenden, de doorlooptijd van het bestuurlijk-juridische traject beperken.

#### 4.1.2 Zee

##### **Natuur**

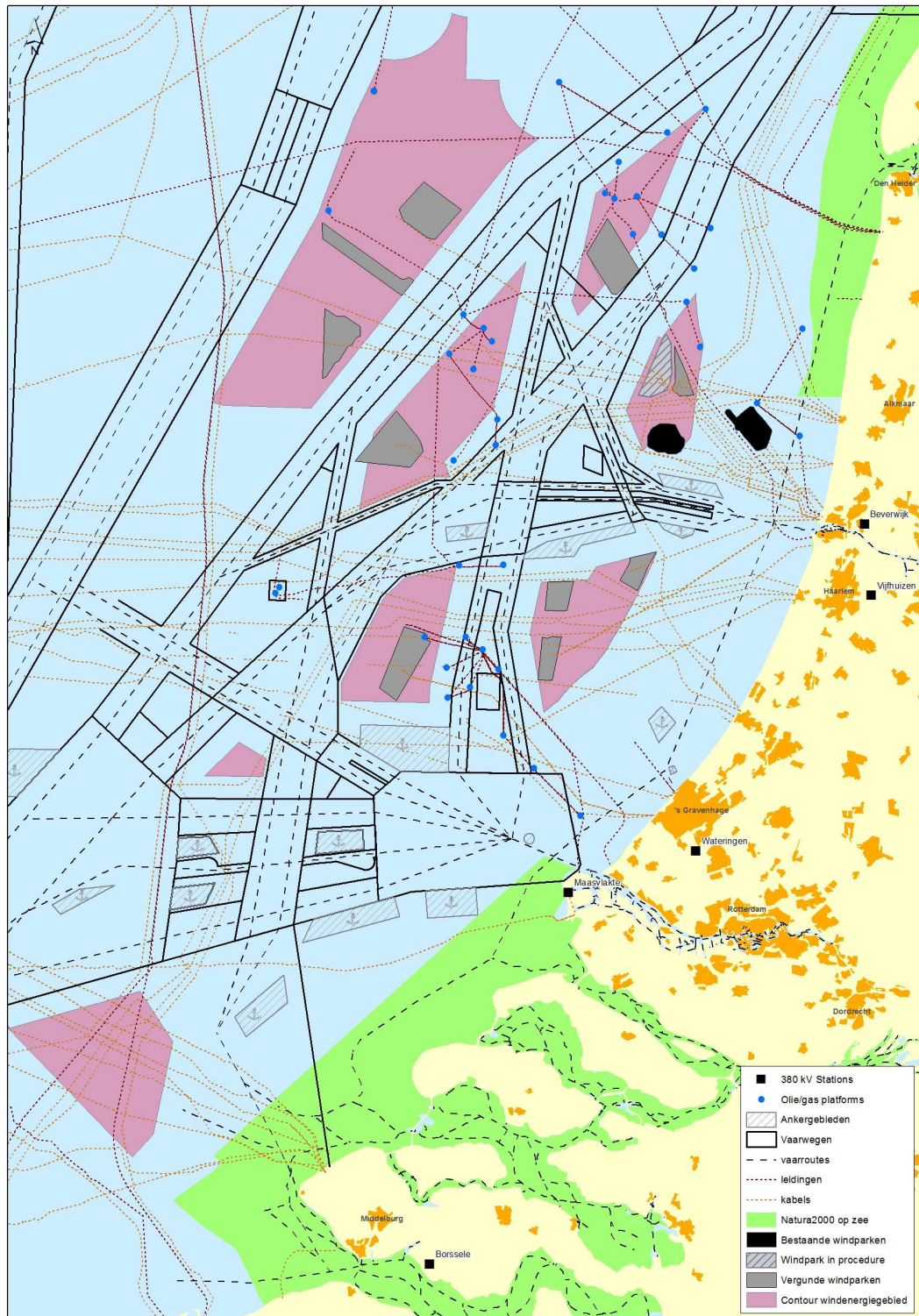
Op de Noordzee zijn drie natuurbeschermingsregimes van belang; de Natura 2000-gebieden, de ecologische hoofdstructuur (EHS) en de Flora en Fauna wet (soortenbescherming). Voor elk project moet worden aangetoond dat er geen sprake is van significant negatieve effecten op de wezenlijke kenmerken en waarden van het gebied en dat het bereiken van de natuurdoelstellingen niet wordt belemmerd. Als dit niet kan worden aangetoond, dan dient bekeken te worden of er alternatieven zijn, of de kabel van groot belang is en of er elders gecompenseerd kan/moet worden.

De kabelaanleg op de zeebodem kan onder andere leiden tot verstoring door licht, visuele hinder en boven- en onderwatergeluid. Door het opwerpen van bodemmateriaal kan er vertroebeling optreden. Ook treedt door het baggeren van de kabelgeul habitataantasting op. Maar het ligt niet in de verwachting dat dit leidt tot significant meer vertroebeling dan door andere toegestane functies of door opwoelen tijdens stormen (planMER Structuurvisie Windenergie op Zee). De uitlaatgassen van de baggerschepen kunnen leiden tot stikstofdepositie in gevoelige natuurgebieden. Uit vergelijkbare beoordelingen (o.a. Milieueffectrapport Gemini windparken) is gebleken dat dergelijke effecten marginaal zijn en veelal geen belemmeringen opleveren voor natuurdoelstellingen.

De oprichting van een platform op zee leidt tot permanent ruimtebeslag. Tijdens de aanleg is er sprake van extra scheepvaart voor aan- en afvoer van materiaal en materieel. Daarnaast kunnen heiwerkzaamheden voor de aanleg van het platform leiden tot boven- en onderwatergeluid en trillingen met mogelijke effecten op zeezoogdieren en vissen.

De magnetische en elektrische velden kunnen na ingebruikname van de kabel een effect hebben op diverse organismen op en in de bodem en op vissen en dolfijnen. Als de kabel diep genoeg wordt ingegraven (meer dan 3 meter) dan wordt het effect hiervan

in eerdere vergelijkbare studies als marginaal beoordeeld (Milieueffectstudie Kabels en Leidingen Waddengebied).



Figuur 19: Windenergiegebieden en gebruiksfuncties op zee

### *Beoordeling opties*

Voor alle opties geldt dat eventuele effecten van kabels (door magnetische en elektrische velden) op natuurwaarden marginaal zullen zijn en niet significant. De eventuele effecten tijdens de aanleg van kabels zullen zeer beperkt zijn. De oprichting van een platform op zee (stopcontact op zee, optie 3 en 5) leidt tot permanent ruimtebeslag en kan tijdens de aanlegwerkzaamheden leiden tot effecten op natuurwaarden door boven- en onderwatergeluid en trillingen.

### **Bestaande kabels en leidingen**

Op het Nederlandse Continentaal Plat (NCP) ligt ongeveer 3.600 km pijpleiding en 4.000 km kabel, voornamelijk in het zuidelijke gedeelte voor dataverkeer, voor olie- en gasindustrie en voor elektriciteitstransport. Daarvan is ongeveer 2.100 km kabel niet meer in gebruik. Nieuwe kabels en leidingen moeten zoveel mogelijk gebundeld worden met bestaande kabels en leidingen om daarmee het ruimtebeslag en het aantal (loodrechte) kruisingen te beperken (Integraal Beheerplan Noordzee 2015, herziening november 2011). Rondom kabels en gaspijpleidingen moet een veiligheidszone worden aangehouden. Met het oog op efficiënt ruimtegebruik zullen veiligheidszones en onderhoudszones waar mogelijk worden verkleind (Structuurvisie Windenergie op Zee). Met bestaande kabelexploitanten moeten proximity overeenkomsten en/of kruising overeenkomsten worden opgesteld over de onderlinge afstand tussen kabels (kleiner dan 500 m) en kruisingen.

### *Beoordeling opties*

Optie 1 en optie 4 (radiaal vanaf de kust) leiden tot meer kabeltracés en daarmee tot meer ruimtebeslag en kruisingen van andere kabels dan optie 2 (corridors) en optie 3 en 5 (één kabeltracé). Daarmee kunnen de opties 1 en 4 leiden tot meer versnippering van de zeebodem en meer hinder voor overige functies.

### **Olie en gas**

Verspreid over de Noordzee wordt gas en olie gewonnen vanaf platforms op zee. Bovendien zijn er velden waaruit mogelijk in de toekomst olie en gas gewonnen gaat worden. Er liggen veel kabels en leidingen ten behoeve van de olie- en gaswinning. Nieuwe kabels dienen rekening te houden met bestaande infrastructuur voor olie en gas.

### *Beoordeling opties*

Er is geen verschil tussen de opties met betrekking tot de olie- en gasector. Kabels voor de verbinding van wind op zee moeten worden ingepast in bestaande infrastructuur voor olie en gas. Eventuele hinder tijdens aanleg zal zeer beperkt zijn.

### **Scheepvaart, vaarwegen en ankerplaatsen**

De routegebonden scheepvaart (vrachtverkeer, tankers, bulkschepen en containerschepen) maakt gebruik van verkeersscheidingsstelsels en internationaal vastgestelde scheepvaartroutes. Daarnaast zijn er clearways, obstakelvrije vaargebieden tussen de verkeersscheidingsstelsels, ankerplaatsen en aanlooproutes naar havens. Recreatievaart vindt plaats over de gehele Noordzee, met nadruk in de kustzone en rondom de recreatieve havens.

Bij het aanleggen van kabels moet rekening worden gehouden met kruisend scheepvaartverkeer waarbij de vlotte (doelmatige) en veilige scheepvaart op de gehele



Noordzee gehandhaafd moet blijven. Bij het bepalen van het kabeltracé moeten vaargeulen zo kort mogelijk (dus loodrecht) worden gekruist en wordt afhankelijk van het type scheepvaart een bepaalde ingraafdiepte en dekking van de kabel vereist.

Ankerplaatsen moeten worden vermeden. In de Milieueffectstudie Kabels en Leidingen Waddengebied (MES) is geconcludeerd dat de (economische) effecten van de aanleg van kabels op andere sectoren zeer marginaal zullen zijn, omdat de aanleg slechts een orde van grootte van dagdelen betreft. Werkzaamheden voor de aanleg van kabels zullen, door de beperkte oppervlakte die ze in beslag nemen, gemeden kunnen worden door de recreatievaart. Volgens de MES is er bij kruising van de scheepvaartroutes geen effect op navigatie te verwachten als gevolg van het magnetische veld rondom kabels.

De oprichting van een platform leidt tot beperking van de ruimte voor de recreatievaart (oprichting van een platform in de scheepvaartroute is niet mogelijk) en een groter aanvaringsrisico. De aanlegwerkzaamheden voor een platform leiden tot tijdelijke toename van het scheepvaartverkeer voor aan- en afvoer van materiaal en materieel.

#### *Beoordeling opties*

De oprichting van een platform op zee (stopcontact op zee, optie 3 en 5) leidt tot ruimtebeslag en mogelijk een hoger aanvaringsrisico voor de scheepvaart. Eventuele hinder tijdens aanleg zal zeer beperkt zijn, en in dat opzicht is er geen verschil tussen opties met radiale of gecombineerde verbindingen.

#### **Visserij**

De Noordzee is een belangrijk gebied voor de commerciële visserij. Tijdens aanleg van de kabels kan tijdelijk hinder optreden voor de visserij. De hinder voor de visserij tijdens aanleg zal over het algemeen beperkt zijn, ook al zijn er in het verleden uitzonderingen geweest waarbij sprake was van langdurende hinder. De aanwezigheid van kabels in de zeebodem legt bij voldoende ingraafdiepte en dekking van de kabel geen beperkingen op aan de visserij<sup>13</sup>. Het beschadigen van de kabels door het loswoelen van de bodem met sleepnetten, is te voorkomen door kabels voldoende diep aan te leggen. De kabel zal om die reden geen veiligheidsrisico vormen voor vissers.

#### *Beoordeling opties*

Er is geen verschil tussen de opties met betrekking tot de sector visserij. De aanwezigheid van kabels, mits voldoende diep gelegd, geeft geen hinder. De eventuele hinder tijdens de aanleg zal zeer beperkt zijn.

#### **Zandwinning**

De 12-mijlszone is in het NWP aangewezen als zandwingebied (suppletie- en ophoogzand). Zandwinning is toegestaan zeewaarts van de doorgaande 20 m-dieptelijn. Doorkruising van het gebied met elektriciteitskabels werkt belemmerend voor zandwinning, want waar kabels liggen kan geen zand worden gewonnen. Bundeling van kabels heeft daarom de voorkeur gezien vanuit het belang van de zandwinning.

---

<sup>13</sup> Windparken leggen wel beperkingen op aan de visserij, want in windparken is visserij verboden.

### *Beoordeling opties*

Optie 1 en optie 4 (radiaal vanaf de kust) leiden tot meer kabeltracés en daarmee tot meer ruimtebeslag dan optie 2 (corridors) en opties 3 en 5 (één kabeltracé). Er is kans dat geschikte zandwinningsgebieden binnen de 12-mijlszone ongeschikt worden voor zandwinning als gevolg van de kabels voor de verbinding van wind op zee. De opties 1 en 4 geven mogelijk een grotere beperking voor de zandwinningsindustrie dan de andere opties. Eventuele hinder tijdens aanleg zal zeer beperkt zijn.

### **Archeologie**

Op marien gebied gaat het bij het culturele en archeologische erfgoed vooral om scheepswrakken in de zeebodem. Negatieve effecten op het culturele en archeologische erfgoed kunnen overal waar in het sediment wordt ingegrepen plaatsvinden. De effecten op deze beschermde waarde zijn beperkt tot het aanleggebied.

Archeologische waarden kunnen worden beschermd door de bodem waarin deze waarden zich bevinden onaangetast te laten (behoud in situ). De aanleg van kabels kan archeologische waarden verstoren. In dit geval is het verplaatsen van het tracé een optie. Indien dit niet mogelijk is, is slechts het documenteren van de te vernietigen waarden een optie (behoud ex situ). Dit kan door middel van een archeologische opgraving.

### *Beoordeling opties*

Voor alle opties geldt dat eventuele effecten van kabellegging op archeologische objecten gemitigeerd kunnen worden. Bij tracéstudies zal een archeologisch (bureau)onderzoek moeten worden uitgevoerd. Eventueel kan een kabelroute iets worden verlegd om het object heen.

### **Windparken in de 12-mijlszone**

In de 'Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone' zijn vier gebieden langs de kust van Noord- en Zuid-Holland en Zeeland aangewezen als zoekgebied voor ontwikkeling van windenergie op zee. De haalbaarheid voor de ontwikkeling van wind op zee in deze gebieden wordt momenteel onderzocht. De verbinding van deze windparken aan het landelijk hoogspanningsnet kan leiden tot extra belasting op de in deze paragraaf beschreven punten. In paragraaf 4.3 wordt per aansluitstation beschreven welke extra aandachtspunten er gelden indien windparken in de 12-mijlszone ontwikkeld worden.

### **Conclusies**

Vanuit de natuur- en gebruiksfuncties op zee zijn er geen significante belemmeringen te verwachten ongeacht de opties. Eventuele negatieve effecten zijn te mitigeren.

Bundeling van kabels heeft de voorkeur vanuit bestuurlijk-juridisch opzicht en vanuit andere functies op de Noordzee (visserij en recreatievaart, natuurbelasting en ruimtebeperking voor andere infrastructuur in de bodem). Vanuit deze aspecten hebben de opties 2, 3 en 5 de voorkeur boven optie 1 en 4. Ook zullen optie 1 en optie 4 mogelijk meer ruimtebeslag geven binnen de 12-mijlszone dan de opties 2, 3 en 5 zodat de ruimte voor zandwinning wordt beperkt.

De oprichting van een platform (stopcontact op zee, optie 3 en 5) leidt tot ruimtebeslag en heeft consequenties voor overige functies (zoals aanvaringsrisico voor de scheepvaart). De aanlegwerkzaamheden voor een platform leiden tot extra scheepvaart voor aan- en afvoer van materiaal en materieel, en kunnen leiden tot effecten op natuurwaarden door boven- en onderwatergeluid en trillingen. De mogelijke effecten op natuurdoelstellingen kunnen significant zijn als een platform wordt opgericht in een Natura 2000-gebied.

## 4.2 Juridische aandachtspunten

Het rijkscoördinatie regime (RCR) is van toepassing bij een verbinding van een windpark van 100 MW of meer en bij uitbreiding van het landelijk net indien het spanningsniveau 220 kV of hoger bedraagt. Voor alle opties die in dit rapport worden onderzocht bestaat een verplichting tot gecoördineerde besluitvorming middels RCR. Waar de aanleg en aanwezigheid van het net niet past binnen geldende bestemmingsplannen (op land en tot 1 km in zee) bestaat bovendien de verplichting tot het opstellen van een Rijksinpassingsplan. In bijlage 2 wordt nader ingegaan op het juridisch kader.

Voor de aanleg van een elektriciteitskabel in de bodem van zee en land en voor de bouw of aanpassing van platforms of transformatorstations zijn diverse vergunningen en ontheffingen nodig. In bijlage 2 is een lijst met mogelijk benodigde vergunningen en ontheffingen opgenomen. Onder RCR worden alle benodigde vergunningen en ontheffingen gecoördineerd voorbereid, voor zover deze zijn genoemd in het Uitvoeringsbesluit rijkscoördinatieregeling energie infrastructuurprojecten. Dit houdt in dat de ontwerpbesluiten voor alle vergunningen en het ontwerp Rijksinpassingsplan (als daar sprake van is) tegelijkertijd worden opgesteld en ter inzage worden gelegd en dat een ieder daarop binnen een termijn van 6 weken zienswijzen naar voren kan brengen. Tegen de vastgestelde definitieve besluiten kan bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State in beroep worden gegaan.

Bij een keuze voor radiale verbindingen zal voor elke verbinding een verplichting gelden tot gecoördineerde besluitvorming en (eventuele) vaststelling van een rijksinpassingsplan voor het bestemde gebied. Deze optie leidt dan ook tot (veel) meer besluitvormingsprocedures en rechtsbeschermingsmomenten dan gecoördineerde verbindingen.

## 4.3 Verbinding landelijk hoogspanningsnet

In deze paragraaf worden de aandachtspunten van verbinding op de 380 kV-stations beschreven. Bij dit onderzoek wordt bezien of verbinding van een park van ongeveer 300-400 MW kan worden aangesloten (er wordt in dit rapport van uit gegaan dat er mogelijk in 2015 voor één van de Ronde-2 windparken wordt getenderd, zie Tabel 1 afspraken van het Energieakkoord) en of het daarna nog mogelijk is om opnieuw parken aan te sluiten bij latere tenders. Als dat niet kan, is er een lock-in situatie. Het kan ook zijn dat er al veel capaciteit aan het 380 kV-station van TenneT geleverd wordt door bestaande energiebedrijven. Voor elk 380 kV-station is dit onderzocht.

#### 4.3.1 Beverwijk

Het 150 kV-station Beverwijk is gelegen ten oosten van Beverwijk langs de afrit van de A9, hemelsbreed circa 7 km landinwaarts; de omgeving van het station Beverwijk is op Figuur 20 en Figuur 21 weergegeven. Het station wordt uitgebreid tot een 380 kV-station.

##### **Capaciteit**

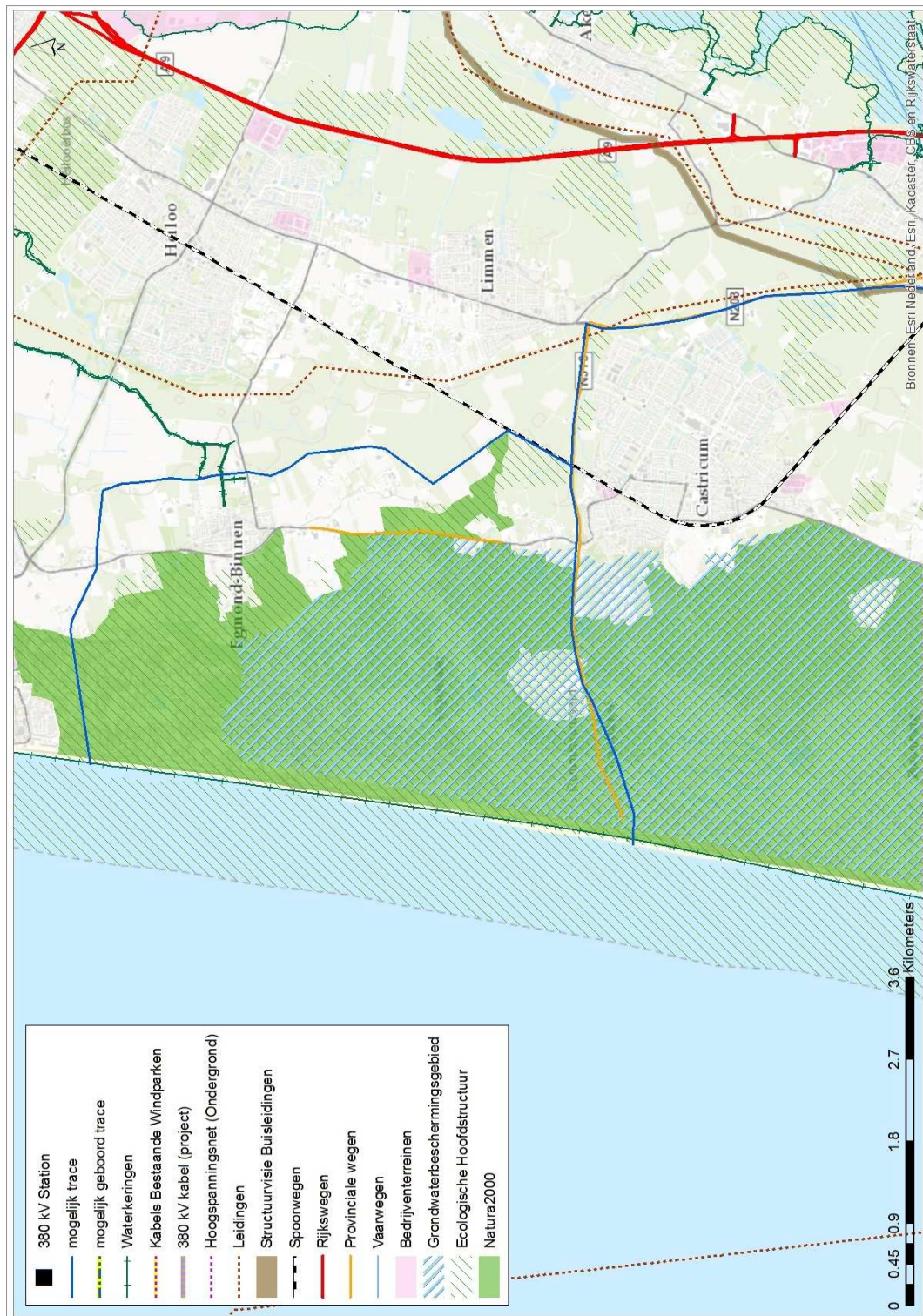
TenneT geeft aan dat er voldoende transportvermogen beschikbaar is na uitbreiding van het station en het gereedkomen van de Randstad 380 kV-ring voor de extra verbinding van 1000 MW windenergie op zee. Het station heeft een groot verzorgingsgebied (regio Amsterdam), waardoor er lokaal veel capaciteit wordt afgenomen. Voor TenneT heeft verbinding op het station Beverwijk (samen met de stations Wateringen en Vijfhuizen) in verband met de capaciteit de voorkeur boven de stations Maasvlakte en Borssele.

##### **Ruimtelijke impact tracé**

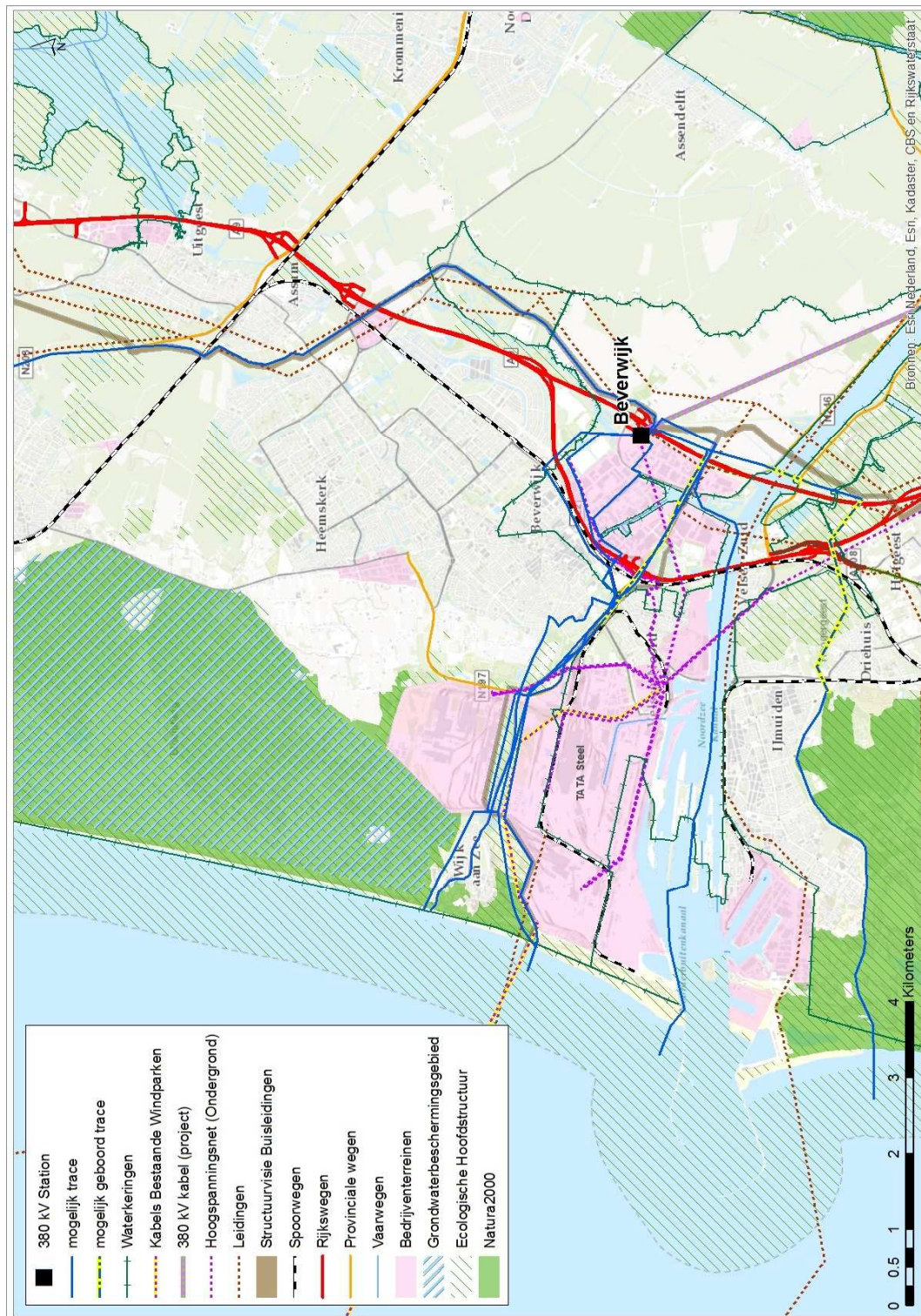
Aandachtspunt voor kabeltracés vanaf station Beverwijk is het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak voor tracés door het duingebied (zeewering en Natura 2000-gebied Noord-Hollands Duinreservaat), EHS-gebieden, de bebouwing van Beverwijk, Castricum en Egmond aan Zee, en de bestaande kabels en leidingen (waaronder de kabels van de bestaande windparken OWEZ en Prinses Amalia). Als gevolg van de vele infrastructurele hindernissen en mogelijke economische en maatschappelijke overlast heeft een grotendeels geboord tracé de voorkeur (zie paragraaf 3.4 voor de technische, ruimtelijke en financiële verschillen tussen boren en graven). Er kan worden overwogen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) om herhaalde overlast te beperken. Een ander aandachtspunt is de aanlanding aan de kust, die door de vele kabels die bij IJmuiden aan land komen complex zal zijn.

Eneco heeft een tweetal tracés studies laten uitvoeren om de mogelijke verbinding van vergunde windparken op Beverwijk te onderzoeken. De betreffende onderzoeken zijn door Eneco ter beschikking gesteld voor deze rapportage. In 2010 heeft Ecofys een korte analyse gedaan naar indicatieve kabelroutes vanaf Q4/Q4 West, Helmveld en Brown Ridge Oost via aanlanding bij Egmond aan Zee of Castricum aan Zee naar station Beverwijk. In deze studie werd uitgegaan van een gegraven tracé. Er werd aangenomen dat er bij Wijk aan Zee voor een tracé in open ontgraving geen ruimte was. Deze indicatieve tracés variëren in lengte van circa 18 km tot 23 km en zijn in Figuur 20 en Figuur 21 weergegeven. Dit zijn lange en daarom naar verwachting dure tracés.

In 2014 heeft Witteveen+Bos een tracéstudie uitgevoerd voor de verbinding van Q4/Q4 West op station Beverwijk met aanlanding bij Wijk aan Zee. De gevonden tracés gaan uit van circa 80% horizontaal gestuurde boring. Om de 1000-1500 m komt de kabel aan maaiveld voor verbinding met het volgende stuk (zie paragraaf 3.4 voor meer informatie over horizontaal gestuurde boringen). In deze studie is rekening gehouden dat er in de toekomst nog een 380 kV-kabel in hetzelfde tracé kan worden aangelegd. Er is een aantal mogelijke tracés gevonden; de tracés zijn op Figuur 21 weergegeven.



Figuur 20: Noordelijk deel mogelijke kabeltracés naar station Beverwijk



Figuur 21: Zuidelijk deel mogelijke kabeltracés naar station Beverwijk

In Figuur 21 zijn bovendien twee indicatieve tracés door het sluiscomplex en via de zuidelijke oever weergegeven. Aanlanding is wellicht mogelijk door het sluiscomplex van IJmuiden en het Noordzeekanaal. Een voordeel van een dergelijk tracé is dat er geen Natura2000-gebied wordt doorkruist. Een ander mogelijk tracé kruist het Noordzeekanaal en loopt via de zuidelijke oever naar de kust. De haalbaarheid van de indicatieve tracés door het sluiscomplex en via de zuidelijke oever moet nader worden onderzocht. Hiervoor is overleg met RWS en de Havendienst nodig.

### **Ruimtelijke impact transformatorstation**

Eneco wil een 220 kV-kabel gebruiken, want Q4/Q4 West zullen gezamenlijk op het land worden aangesloten en dan ongeveer 400 MW capaciteit leveren. Dat betekent dat direct aan land of naast het station een transformator geplaatst moet worden voor de verhoging van 220 kV naar 380 kV. Naast het toekomstige 380 kV-station Beverwijk lijkt voldoende ruimte te zijn. Het station ligt aan de rand van een industrieterrein en langs de snelweg en er is nog open ruimte in de buurt. De inpassing dient bestuurlijk afgestemd te worden. Ook op het terrein van Tata lijkt ruimte te zijn, maar dat vraagt medewerking van Tata.

### **Windparken in de 12-mijlszone**

Voor de kust van Bergen aan Zee en Petten ligt een zoekgebied voor windparken binnen de 12-mijlszone (zoekgebied 4 uit de Quicksan, juni 2013). Verbinding op station Beverwijk ligt voor de hand. Gezien de locatie van dit gebied is een van de indicatieve kabelroutes via aanlanding bij Egmond aan Zee of Castricum aan Zee naar station Beverwijk mogelijk (Figuur 20). In geval er een transformatorstation benodigd is voor de opwerking naar 380 kV dan moet rekening worden gehouden met de inpassing in het bebouwde gebied en moet onderzocht worden of combinatie van transformatorstations mogelijk is.

Hoewel dit zoekgebied groot genoeg is voor de ontwikkeling van meerdere windparken en het gebied daardoor faciliterend zou kunnen zijn voor een net op zee, zal de ontwikkeling van windparken in dit gebied, gezien de bestaande ecologische beperkingen (Passende Beoordeling Structuurvisie Wind op Zee) en het bestaande ruimtegebruik, de komende jaren moeilijk te realiseren zijn.

### **Conclusies verbinding station Beverwijk**

Op basis van de tracéstudies kan worden geconcludeerd dat er meerdere tracés mogelijk lijken te zijn om vanaf het station Beverwijk de kust te bereiken. Er zijn meerdere aanlandingspunten langs de kust mogelijk hetgeen wel invloed heeft op de benodigde kabel lengte. Een geboord tracé vanaf Wijk aan Zee heeft de voorkeur van Eneco voor verbinding van Q4/Q4 West. Op dit tracé kunnen meerdere geboorde kabeltracés worden gerealiseerd.

Er dient ruimte gevonden te worden voor het transformatorstation. Naast het station Beverwijk lijkt er voldoende ruimte te zijn, maar dit dient met de gemeente afgestemd te worden. Alleen indien aan deze voorwaarde wordt voldaan, is er geen lock-in situatie.

#### 4.3.2 Vijfhuizen

Een nieuw 380 kV-station is gepland naast het bestaande 150 kV-station Vijfhuizen op industrieterrein De Liede in Vijfhuizen tussen de A9, N205 en de Ringvaart van de Haarlemmermeer, hemelsbreed circa 14 km landinwaarts; de omgeving van het station Vijfhuizen is in Figuur 22 weergegeven.

##### **Capaciteit**

TenneT geeft aan dat er voldoende transportvermogen beschikbaar is na uitbreiding van het station en het gereedkomen van de Randstad 380 kV-ring voor de extra verbinding van 1000 MW windenergie op zee. Het station heeft een groot verzorgingsgebied (regio Haarlem, Amsterdam), waardoor er lokaal veel capaciteit wordt afgenomen.

##### **Ruimtelijke impact tracé**

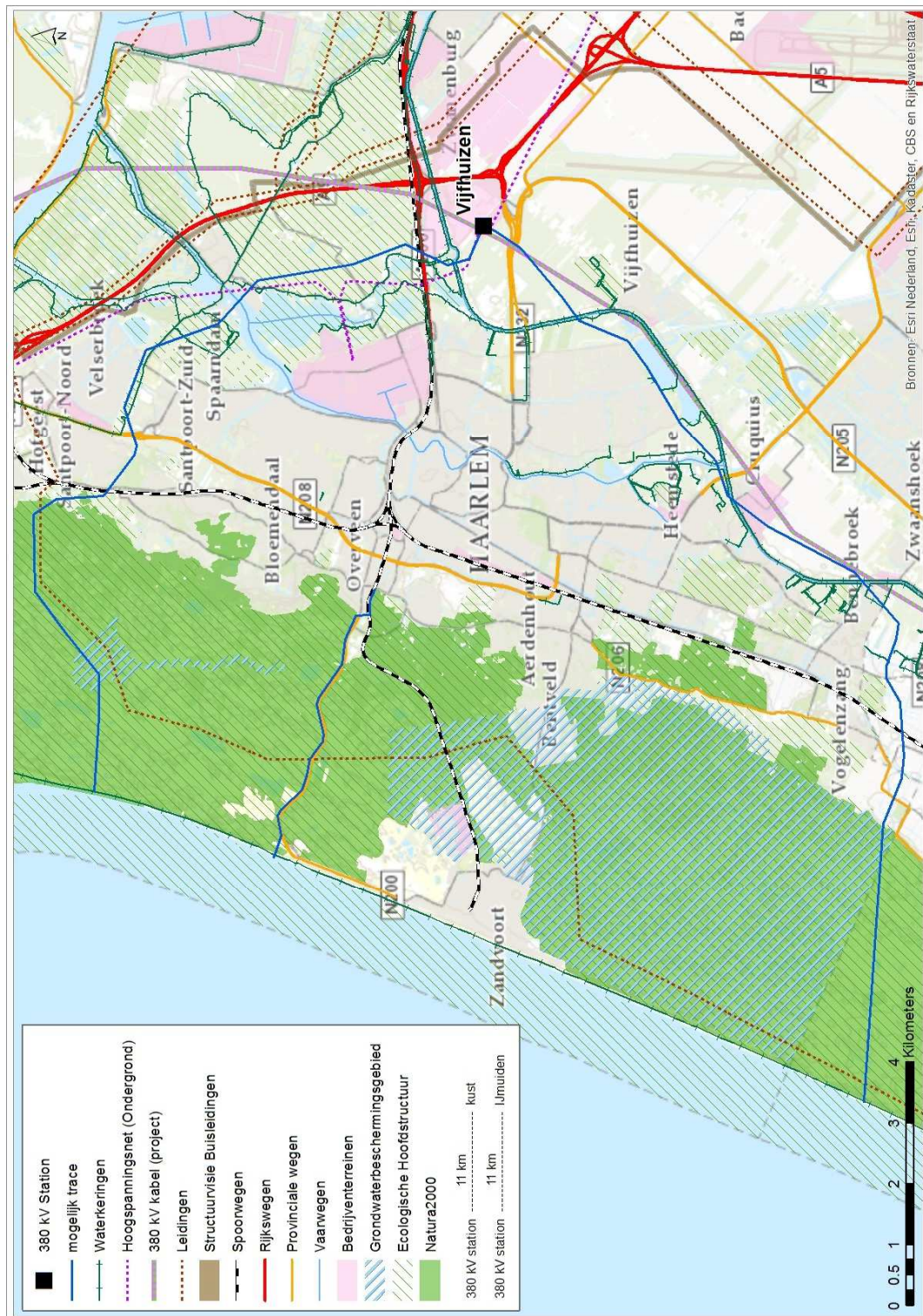
Aandachtspunt voor kabeltracés vanaf het station Vijfhuizen is het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak voor tracés door onder andere het brede (circa 5 km) duingebied (zeewering en Natura 2000-gebied Kennermerland Zuid) en de bebouwde kom van Haarlem. Delen van het duingebied zijn aangewezen als grondwaterbeschermingsgebied en hebben een functie voor de (drink)waterwinning en zijn daarom voor kabeltracés niet of nauwelijks toegankelijk. Een mogelijke optie zou kunnen zijn om het geboorde tracé door het duingebied te bundelen met de provinciale weg (Zeeweg, N201) of de spoorlijn Haarlem-Zandvoort (minimale afstand 20 m bewaren in verband met elektromagnetisch veld). Volgens beschikbare gegevens is hier een duingebied waar de grondwaterbescherming niet geldt. Er dienen 3 tot 4 locaties gevonden te worden om een gestuurde boring te kunnen uitvoeren en om koppelingen mogelijk te maken, bijvoorbeeld op parkeerplaatsen. Ten noorden van het station Vijfhuizen is een EHS-gebied waardoor een tracé om de stad Haarlem het beste via de zuidkant kan worden aangelegd.

Als gevolg van de vele infrastructurele hindernissen en mogelijke economische en maatschappelijke overlast heeft een grotendeels geboord tracé de voorkeur (zie paragraaf 3.4 voor de technische, ruimtelijke en financiële verschillen tussen boren en graven). Er kan worden overwogen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) om herhaalde overlast te beperken.

##### **Ruimtelijke impact transformatorstation**

In het duingebied is de oprichting van een (eventueel benodigd) transformatorstation voor de opwerking van 220 kV naar 380 kV niet eenvoudig in verband met natuurwaarden en belevingsaspecten. Naast het toekomstige 380 kV-station Vijfhuizen lijkt voldoende ruimte te zijn voor een transformatorstation; het station ligt aan de rand van een industrieterrein en langs de snelweg en er is open ruimte in de omgeving van het station. In discussies over Randstad 380 kV Noord heeft TenneT echter geen ruimte gekregen voor uitbreiding van station Vijfhuizen, vandaar dat de oprichting van een transformatorstation bij het station naar verwachting op bezwaren zal stuiten, maar dit dient bestuurlijk afgestemd te worden.





Figuur 22 Detailkaart omgeving station Vijfhuizen

### **Windparken in de 12-mijlszone**

Voor de kust tussen Zandvoort en Katwijk aan Zee ligt een zoekgebied voor windparken binnen de 12-mijlszone (zoekgebied 3 uit de Quicksan, juni 2013). Verbinding op de stations Vijfhuizen of Wateringen ligt voor de hand. Om de ruimtelijke inpassing op land voor een extra kabel voor windparken in de 12-mijlszone naar een van deze stations mogelijk te maken, wordt gecoördineerde gebundelde aanleg (via mantelbuizen) geadviseerd. Dit zoekgebied zou samen met het windenergiegebied van buiten de 12-mijlszone voor de kust van Zandvoort en Katwijk aan Zee, faciliterend kunnen zijn voor een net op zee. In geval er een transformatorstation benodigd is voor de opwerking naar 380 kV dan moet rekening worden gehouden met de inpassing in het bebouwde gebied en moet de combinatie van transformatorstations worden onderzocht.

### **Conclusies verbinding station Vijfhuizen**

Het toekomstig 380 kV-station Vijfhuizen is als aansluitpunt voor kabels van windparken op zee niet eenvoudig, maar lijkt vooralsnog haalbaar. Het vinden van een goed tracé is een uitdaging. Als voorwaarde geldt de veiligstelling van het grondwaterbeschermingsgebied waarvoor met het verantwoordelijk waterleidingbedrijf en met de provincie afspraken gemaakt moeten worden. Ook is het van belang om een goed tracé te vinden onder of rondom het stedelijk gebied van Haarlem. Naast het station Vijfhuizen lijkt ruimte beschikbaar voor een transformatorstation, maar ervaring met Randstad 380 kV Noord leert dat inpassing op bezwaren stuit, en dit moet bestuurlijk worden afgestemd.

#### 4.3.3 Wateringen

Het 150 en 380 kV-station Wateringen is gelegen ten oosten van Wateringen langs de afrit van de A4, hemelsbreed circa 8 km landinwaarts vanaf de kust; de omgeving van het station Wateringen is in Figuur 23 weergegeven.

### **Capaciteit**

TenneT geeft aan dat er voldoende transportvermogen beschikbaar is voor de extra verbinding van 1000 MW windenergie op zee. Het station heeft een groot verzorgingsgebied (regio Den Haag) waardoor er lokaal veel capaciteit wordt afgenomen.

### **Ruimtelijke impact tracé**

Aandachtspunt voor kabeltracés vanaf het station Wateringen is het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak voor tracés door onder andere het duingebied (zeewering en Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen), en de zeer dichte bebouwing van Kijkduin, Wateringen en Den Haag. Als gevolg van de vele infrastructurele hindernissen en mogelijke economische en maatschappelijke overlast in het zeer dicht bebouwde gebied heeft een grotendeels geboord tracé de voorkeur (zie paragraaf 3.4 voor de technische, ruimtelijke en financiële verschillen tussen boren en graven).

Nuon en Dong hebben gezamenlijk een tracéstudie uitgevoerd om de mogelijke verbinding van de vergunde windparken Beaufort, Breeveertien en Westrijn op Wateringen te onderzoeken. In de tracéstudie is rekening gehouden met uitleg van drie 220 kV-kabels, maar er zou ook een 380 kV-kabel geplaatst kunnen worden. Bij de ontwikkeling van de tracés is rekening gehouden met de knelpunten op basis van elektromagnetische velden zoals de gemeentes Den Haag en Westland hebben aangegeven.



Figuur 23 Detailkaart omgeving station Wateringen

In de tracéstudie van Nuon en Dong vindt de aanlanding plaats bij de boulevard van Kijkduin waar het Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen slechts enkele tientallen meters breed is. Ondanks de hoge bebouwingsdichtheid in het gebied is een aantal mogelijke tracés gevonden waarin drie kabels kunnen worden gerealiseerd; de tracés zijn in Figuur 23 weergegeven. Eén van de tracés loopt gebundeld met de S200 Lozerlaan en N211 Wippolderlaan, een ander tracé loopt via een meer zuidelijke route over het terrein van de Uithof en sluit vervolgens aan op de N211 Wippolderlaan. In de tracéstudie is rekening gehouden met drie 220 kV-kabels. In dit gebied wordt aanbevolen om een voorinvestering te doen waarbij de drie verbindingen in één keer worden gerealiseerd (of één 380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen waardoor later kabels kunnen worden getrokken) om herhaalde overlast te beperken.

In Figuur 23 is ook een indicatief tracé via een zuidelijke route aangegeven waar de economische en maatschappelijke overlast wellicht kan worden beperkt. Dit tracé volgt de 380 kV-lijn richting Maasdijk en dan via een open groene zone naar Hoek van Holland. Dit is een tracé van circa 16 km. De haalbaarheid van dit indicatieve tracé moet nader worden onderzocht.

#### **Ruimtelijke impact transformatorstation**

Nuon en Dong gaan uit van drie 220 kV-kabels. In dat geval dient een nieuw transformatorstation voor de opwerking van 220 kV naar 380 kV te worden opgericht. Nuon en Dong hebben twee potentiële locaties gevonden: één dicht bij de kust en één dicht bij het station Wateringen. Beide locaties liggen niet in beschermde gebieden. Direct aan de kust lijkt de ruimte voor een transformatorstation beperkt door de hoge bebouwingsdichtheid. Er is ruimte op de sportvelden ten zuiden van de Machiel Vrijenhoeklaan, maar het is niet waarschijnlijk dat de gemeente die gronden zal afstaan en het zal tot grote maatschappelijke weerstand kunnen leiden, vooral van de huidige gebruikers (de sporters). In de directe omgeving van het station Wateringen lijkt ruimte te zijn voor een transformatorstation. Het station ligt aan de rand van de stad, in open ruimte langs de snelweg, maar de inpassing dient bestuurlijk afgestemd te worden.

#### **Windparken in de 12-mijlszone**

Voor de kust tussen Zandvoort en Katwijk aan Zee ligt een zoekgebied voor windparken binnen de 12-mijlszone (zoekgebied 3 uit de Quickscan, juni 2013). Verbinding op de stations Vijfhuizen of Wateringen ligt voor de hand. Om de ruimtelijke inpassing op land voor een extra kabel voor windparken in de 12-mijlszone naar een van deze stations mogelijk te maken, wordt gecoördineerde gebundelde aanleg (via mantelbuizen) geadviseerd. Dit zoekgebied zou samen met het windenergiegebied van buiten de 12-mijlszone voor de kust van Zandvoort en Katwijk aan Zee, faciliterend kunnen zijn voor een net op zee. In geval er een transformatorstation benodigd is voor de opwerking naar 380 kV moet rekening worden gehouden met de inpassing in het bebouwde gebied en moet de combinatie van transformatorstations worden onderzocht.

#### **Conclusies verbinding station Wateringen**

Op basis van de tracéstudies kan worden geconcludeerd dat er meerdere tracés mogelijk lijken te zijn om vanaf het station Wateringen de kust te bereiken. Een grotendeels geboord tracé vanaf Kijkduin heeft de voorkeur van Nuon en Dong. Op dit tracé kunnen drie kabels worden gelegd.

Er dient ruimte gevonden te worden voor een transformatorstation. Naast het station Wateringen lijkt er voldoende ruimte te zijn, maar dit moet met de gemeente worden afgestemd. Alleen indien aan deze voorwaarde wordt voldaan, is er geen lock-in situatie. Er kan worden overwogen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen) om herhaalde overlast te beperken.

#### 4.3.4 Maasvlakte

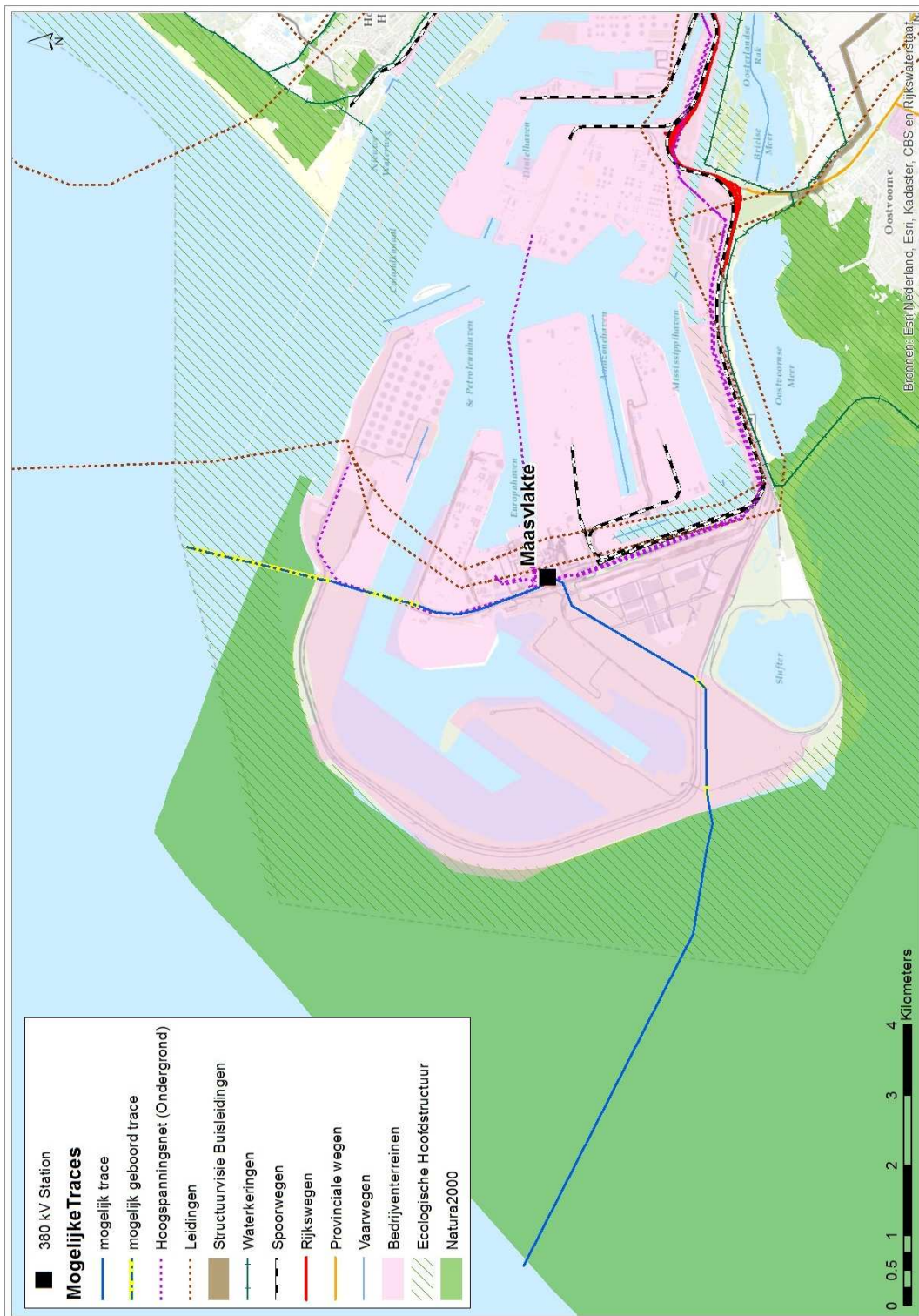
Het 380 kV-station Maasvlakte is gelegen aan de Europaweg ter hoogte van de E.On centrale op Maasvlakte 1; de omgeving van het station Maasvlakte is in Figuur 24 weergegeven.

#### Capaciteit

Er is veel lokale productie (Tabel 14), maar geen afname in de directe omgeving. Al het vermogen dat lokaal wordt opgewekt moet via het 380 kV-station Crayestein of het 380 kV-station Wateringen worden getransporteerd naar de verzorgingsgebieden (resp. regio's Rotterdam en Den Haag). TenneT geeft aan dat de verbinding van 1000 MW windenergie op zee een aandachtspunt is. Er is kans op congestieproblemen als er nog meer energie wordt aangeleverd door windenergie.

Tabel 14: Productiecentrales Maasvlakte

Naam	Operator	Vermogen (MW)	Type	Jaar in gebruiknaam
Centrale Maasvlakte	Electrabel/GDF Suez	800	Kolen/biomassa	2014
MPP1	E.ON Benelux	550	Kolengestookt	1973 <i>(sluiting voorzien in 2017)</i>
MPP2	E.ON Benelux	550	Kolengestookt	1974 <i>(sluiting voorzien in 2017)</i>
EnecoGen	Eneco/Dong	870	Gasgestookt	2011
Maasstroom Energie	Intergen	450	Gasgestookt	2010
Rijnmond Energie	Intergen	820	Gasgestookt	2010
Totaal		4040		
MPP3	E.ON Benelux	1070	Kolengestookt	<i>in aanbouw</i>



Figuur 24: Detailkaart omgeving station Maasvlakte

### **Ruimtelijke impact tracé**

Voor aanlanding op de Maasvlakte zijn twee mogelijke tracés geïdentificeerd:

1. Een noordelijke toegang, die onder de Nieuwe Waterweg en de Yangtze Haven door gaat en aanlandt op de Maasvlakte, parallel aan de Europaweg naar het station Maasvlakte
2. Een zuidelijke toegang, op de grens van de Voordelta

**Tracé 1:** De Nieuwe Waterweg is de toegang van de Rotterdamse haven en de kruising van een elektriciteitskabel zal niet mogen interfereren met de belangen van de haven, zowel bij de aanleg als in de bedrijfsfase. Het noordelijke tracé naar de Maasvlakte vergt een diepe boring of diep gebaggerde kruising onder de Nieuwe Waterweg (circa 27 meter diep) door. Eenmaal op de Maasvlakte passeert het tracé de Yangtze Haven, met een vergelijkbare diepte als de Nieuwe Waterweg. De diepe kruisingen van de vaargeulen maken dit tracé technisch gecompliceerd en leiden tot hoge realisatiekosten. Blijvende beperkingen van de vaardiepte en kompasafwijkingen als gevolg van kabels zijn een punt van aandacht, evenals baggerwerk dwars op de vaargeul; de kabel moet daarom voldoende diep worden aangelegd. Ook de beperkingen voor toekomstige aanlandingen van olie- en gasleidingen (die overwegend uit het noorden komen) zijn een aandachtspunt.

**Tracé 2:** Met betrekking tot de zuidelijke toegang dient aandacht besteed te worden aan het Natura 2000-gebied Voordelta. De Voordelta verkeert in slechte staat van instandhouding, waardoor er eigenlijk geen ingrepen meer mogelijk zijn. Met name de kwetsbare rustgebieden in de Voordelta aan de zuidkant van de Slufter zijn daarbij van belang.

### **Ruimtelijke impact transformatorstation**

Er is ruimte voor de inpassing van een (eventueel benodigd) transformatorstation naast het station Maasvlakte.

### **Windparken in de 12-mijlszone**

Direct naast Maasvlakte II ligt een relatief klein zoekgebied voor windparken binnen de 12-mijlszone (zoekgebied 2 uit de Quickscan, juni 2013) met (gezien de omvang van het gebied waarschijnlijk) een verbinding via een 150 kV kabel op het 150kV-net. Een radiale verbinding op het station Maasvlakte ligt voor de hand. De ruimtelijke inpassing van een extra kabeltracé is naar verwachting geen probleem. Door de extra verbinding neemt de kans op congestieproblemen op station Maasvlakte toe.

### **Conclusies verbinding station Maasvlakte**

De locatie lijkt vooralsnog haalbaar voor verbinding van windenergie op zee, maar een locatiestudie is nodig om de aandachtspunten nader te onderzoeken en mogelijke kabeltracés te identificeren. Vanuit ruimtelijk oogpunt is er geen lock-in en kunnen meerdere parken radiaal worden aangesloten.

Er is kans op congestieproblemen als er nog meer energie wordt aangeleverd door windenergie. TenneT geeft echter aan dat marktwerking op de energiemarkt er in de praktijk toe leidt dat fossiele centrales afschakelen bij veel aanbod van windenergie. Er is daarom behoefte aan aanpassingen in de regelgeving zodat beter met

capaciteitsproblemen kan worden omgegaan. Eventueel kan TenneT de verbinding verzwaren.

#### 4.3.5 Borssele

Het 380 kV-station Borssele is gelegen langs de Westerschelde direct ten noordoosten van de kerncentrale; de omgeving van het station Borssele is op Figuur 25 weergegeven.

##### Capaciteit

Er is veel lokale productie (Tabel 15), maar geen afname in de directe omgeving. Al het vermogen moet via het station Geertruidenberg worden getransporteerd naar verzorgingsgebieden.

Tabel 15: Productiecentrales Borssele

Naam	Operator	Vermogen (MW)	Type	Jaar in gebruikname
Sloecentrale	Delta Energy/EDF	870	Gasgestookt	2010 <i>(niet operationeel)</i>
Kerncentrale Borssele BS30	EPZ	485	Nucleair	1974
Centrale Borssele BS12	EPZ	426	Kolengestookt	1988 <i>(sluiting voorzien in 2015)</i>
<i>Totaal</i>		<i>1781</i>		
<i>2<sup>e</sup> kerncentrale Borssele (uitgesteld)</i>	<i>Delta Energy/EDF</i>	<i>2500</i>	<i>Nucleair</i>	<i>Ontwerp 2010, 2020 operationeel</i>

De lokale productie zal in de komende tijd veranderen; de gascentrale is al gesloten en de kolencentrale zal in 2015 sluiten, maar deze krijgt mogelijk een doorstart<sup>14</sup>; de kerncentrale blijft tot 2033 open. Op termijn wordt de Zuid West 380 kV-transportverbinding gerealiseerd. Het eerste deel (richting België) moet in 2019 gereed zijn, maar dit ligt nog niet vast. Gezien de geplande ontwikkelingen zal er naar verwachting meer ruimte komen op het station, maar TenneT geeft aan dat de verbinding van 1000 MW windenergie op zee een aandachtspunt is.

##### Ruimtelijke impact tracé

Voor aanlanding op Borssele zijn twee mogelijke tracés geïdentificeerd: 1) Een tracé dat de vaargeul kruist en door de Westerschelde naar zee loopt en 2) Een tracé over land naar Domburg.

**Tracé 1:** De vaargeul van de Westerschelde is ter hoogte van Borssele erg diep (circa 60 m). Er zijn twee indicatieve tracés die via een diepe boring onder de vaargeul door en dan via de Westerschelde naar zee lopen. Om de windenergiegebieden op zee te bereiken zal de kabel via de Natura 2000-gebieden Vlakte van de Raan en de Voordelta lopen.

<sup>14</sup> In het Energieakkoord is afgesproken dat deze kolencentrale in 2015 zal sluiten, maar men wil doorstarten met een 100% biomassacentrale (met SDE-subsidie). De vergunningen zijn aangevraagd, dus mogelijk sluit deze centrale niet.



**Tracé 2:** Een tracé over land naar de kust (tussen Domburg en Westkapelle). Het tracé is circa 50 à 60 km lang en loopt vanaf Borssele langs de N254 richting Middelburg en vanaf daar via een rechtstreekse verbinding door het relatief open landbouwgebied naar de kust. Dit gebied kent veel verschillende eigenaren waardoor bundeling met lokale wegen richting Westkapelle of Domburg of via de N57/N287 richting Domburg naar de kust de voorkeur heeft boven een rechtstreekse verbinding. Bij Domburg komen meerdere bestaande zeekabels en leidingen aan land. Bundeling met de bestaande kabels en leidingen op zee door de Voordelta leidt naar verwachting tot de minste effecten.

#### **Ruimtelijke impact transformatorstation**

Er is ruimte voor de inpassing van een (eventueel benodigd) transformatorstation naast het station Borssele.

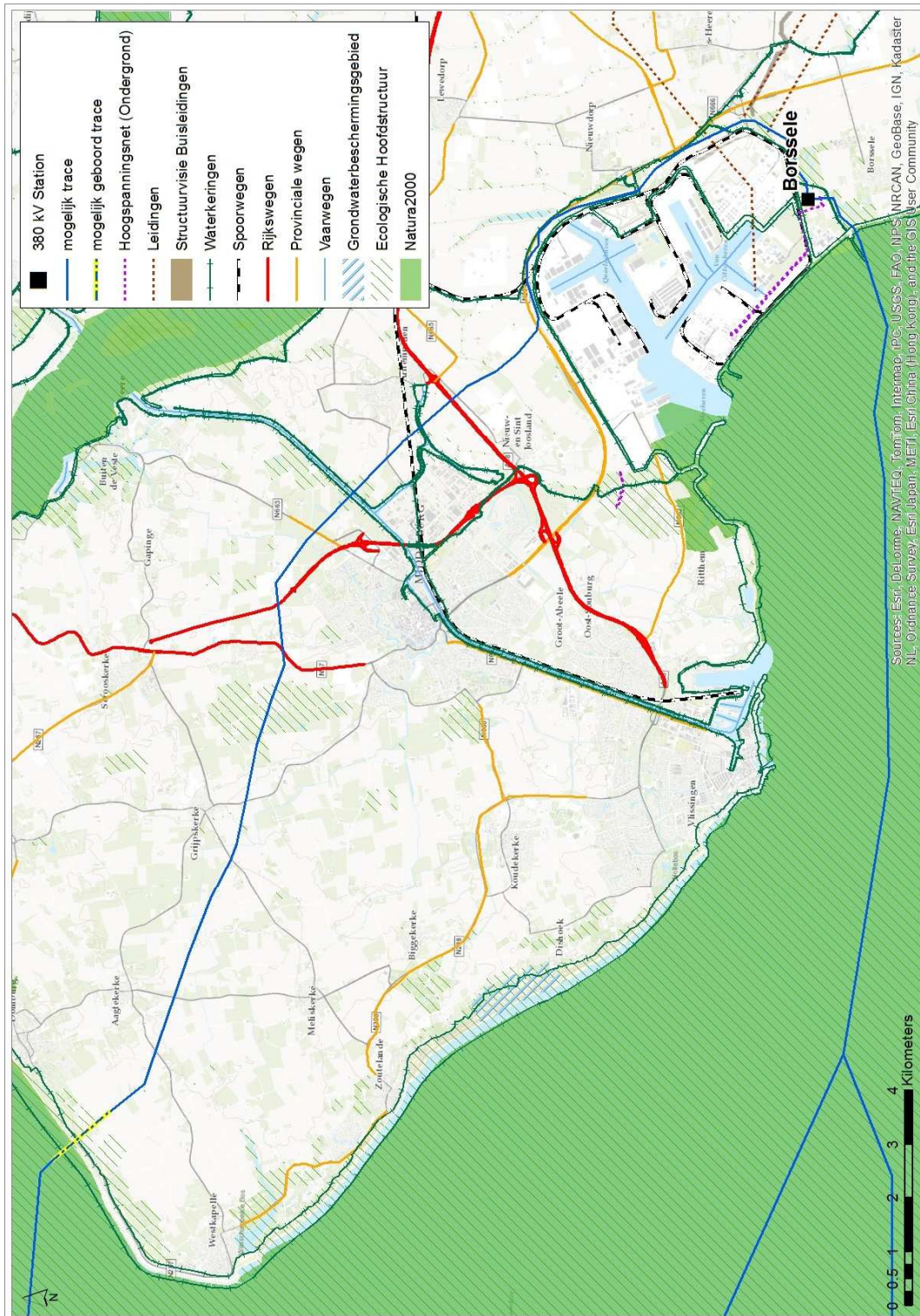
#### **Windparken in de 12-mijlszone**

Voor de kust van Zeeland ligt een zoekgebied voor windparken binnen de 12-mijlszone (zoekgebied 1 uit de Quickscan, juni 2013). Verbinding op het station Borssele ligt voor de hand. Voor de ruimtelijke inpassing van een extra kabeltracé op land en zee wordt een gecoördineerde gebundelde aanleg (via mantelbuizen) geadviseerd. Door de extra verbinding neemt de kans op congestieproblemen op station Borssele toe.

#### **Conclusies 380 kV-station Borssele**

De locatie lijkt vooralsnog haalbaar voor verbinding van windenergie op zee, met name een tracé over land, maar een locatiestudie is nodig om de aandachtspunten nader te onderzoeken en mogelijke kabeltracés te identificeren. Vanuit ruimtelijk oogpunt is er geen lock-in en kunnen meerdere parken radiaal worden aangesloten.

Er ontstaan mogelijk congestieproblemen als er grootschalige energie wordt aangeleverd door windenergie voordat de Zuid West 380 kV-transportverbinding is gerealiseerd.



Figuur 25: Detailkaart omgeving station Borssele

#### 4.4 Risico's en risicobeheersing

Met betrekking tot de ruimtelijke ordening zijn een aantal risico's en mogelijke mitigerende maatregelen geïdentificeerd.

##### **Vertraging procedures**

Vertraging in de vergunningprocedure voor de zee- en landkabel en de (eventueel benodigde) transformatorstations. Naar verwachting is geldt dit risico vooral op land door andere functies (natuur, stedelijk gebied) en/of door de verwachte overlast. Mitigerende maatregelen zijn onder andere:

- Gebruik maken van voorwerk dat door de ontwikkelaars is gedaan.
- Uit ervaring van Eneco bij vergunningenprocedure Luchterduinen blijkt dat geboorde tracés in plaats van gegraven tracés leiden tot minder overlast en als gevolg daarvan minder bezwaarschriften.
- Bundeling van kabels voor de aanlanding en inpassing heeft vanuit bestuurlijk-juridisch en maatschappelijk opzicht de voorkeur. Qua planning is dit mogelijk minder wenselijk. Er kan worden overwogen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen) om herhaalde overlast te beperken.
- Maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak is van groot belang voor een vlot verloop van de procedures en voor het voorkomen c.q. beperken van beroep. Het is daarom van belang om bij de keuze van het tracé en de locatie van het transformatorstation natuurgebieden en bebouwing zoveel mogelijk te vermijden en hinder voor verkeer en omwonenden zoveel mogelijk te beperken. In de praktijk blijkt dat een vlotte en zorgvuldige voorbereiding van de procedures, inclusief overleg met belanghebbenden, de doorlooptijd van het bestuurlijk-juridische traject beperken.

##### **Ruimtelijke inpassing transformatiestation(s) op land**

Een transformatorstation voor de opwerking van 220 kV naar 380 kV kan bij het aansluitstation of aan de kust worden geplaatst. De locatie voor een transformator op land is moeilijk te vinden. Er zal altijd een uitruil met andere functies moeten plaatsvinden. De inpassing zal naar verwachting tot maatschappelijke en bestuurlijke weerstand leiden, waarbij de weerstand voor inpassing nabij de kust naar verwachting groter zal zijn in verband met de natuurwaarden en belevingsaspecten en bestaande ruimtelijke functies.

Nader onderzoek en verder overleg moeten meer uitsluitel geven over de mogelijke ruimtelijke inpassing van transformatorstations. De inpassing zal daarom onderdeel moeten zijn van de beleidsvoorbereiding. Ook is nodig om via een rijksinpassingsplan de ruimte beschikbaar te krijgen als bestemming voor een transformator-/converterstation. Per 400 MW zullen de kosten van een transformatorstation afhankelijk van de technische uitwerking variëren van enkele miljoenen tot 10 miljoen euro. Gezien de ruimtelijke en economische consequenties wordt aanbevolen om bij nieuwbouw van een transformatorstation rekening te houden met (toekomstig) gezamenlijk gebruik (ook als geen sprake is van een stopcontact).

##### **Capaciteit aansluitstations**

Specifiek voor de inpassing op de Maasvlakte en Borssele kan worden vastgesteld dat de inpassing van 1200 MW op de grenzen van de netwerkcapaciteit stuit en er mogelijk

congestieproblemen ontstaan. In de praktijk blijkt dat marktwerking op de energiemarkt ertoe leidt dat fossiele centrales afregelen bij een groot aanbod wind. Daarnaast is de realisatie van de voorgenomen netverzwaringen Randstad 380 kV (Beverwijk, Vijfhuizen en Wateringen) en Zuid West 380 kV (Borssele) van belang.

#### 4.5 Vergelijking van de Aansluitstations

In het schema (Tabel 16) zijn de voor- en nadelen van de verschillende aansluitstation ten opzichte van elkaar tot uitdrukking gebracht. Hierna worden de vergelijkingen per aspect kort toegelicht.

Tabel 16: Relatieve Vergelijking Aansluitstations

Station	Beverwijk	Vijfhuizen	Wateringen	Maasvlakte		Borssele	
				Noord	Zuid	Kruising Westerschelde	Via land
Capaciteit transportnetwerk	+	+	+	0	0	0	0
Complexiteit aanlanding	-	+	+	--	-	--	+
Ruimtelijke complexiteit landtracé	-	--	-	+	+	+	+
Maatschappelijke complexiteit	-	-	-	+	+	+	+
Lengte landtracé	-	--	-	+	+	+	--
Kosten tracé	-	--	-	--	+	--	+

##### Capaciteit transportnetwerk

TenneT geeft aan dat er op alle stations ruimte is voor verbinding van rond de 1000 MW, maar op stations Maasvlakte en Borssele zijn er wel aandachtspunten met betrekking tot capaciteit en ontstaan er mogelijk congestieproblemen.

##### Complexiteit aanlanding

Bij Beverwijk is de aanlanding voor de kust door de grote hoeveelheid bestaande kabels die bij IJmuiden binnenkomen complex. Aanlanding kan bij Beverwijk, Vijfhuizen en Wateringen via strand en duingebied. Door gestuurde boringen onder het duingebied kunnen effecten op de waterkering en het duingebied worden geminimaliseerd. Aanlanding bij Maasvlakte is complexer door de kruising met de vaargeul Maasmonding en Yangtzehaven indien voor noordelijke route wordt gekozen en door Voordelta indien voor zuidelijke route wordt gekozen. Aanlanding bij Borssele is complex indien voor aanlanding via kruising met de Westerschelde wordt gekozen, aanlanding tussen Westkapelle en Domburg en dan via een landtracé is wel mogelijk.

##### Ruimtelijke complexiteit landtracé

Tracéstudies voor Beverwijk en Wateringen laten zien dat meerdere tracés mogelijk zijn, maar er zijn aandachtspunten door dichtbebouwd gebied, natuurgebieden, kabels en leidingen. Voor de overige locaties zijn geen tracéstudies uitgevoerd. Wel is een belangrijk aandachtspunt de (waarschijnlijke) noodzaak tot oprichting van een

220 kV/380 kV-transformatorstation dat moet worden ingepast bij het aansluitstation of direct achter de kustverdediging in of nabij natuurgebieden.

Een tracé naar Vijfhuizen is complex vooral door de breedte van het duingebied en de aanwezigheid van drinkwaterbeschermingsgebieden en de stad Haarlem. De tracés op land naar Borssele en Maasvlakte zijn relatief eenvoudig.

### **Lengte landtracé**

Beverwijk en Wateringen zijn gelegen op ongeveer 10 km van de kust. Het station Vijfhuizen staat 14 km hemelsbreed van de kust, maar het tracé is mogelijk langer omdat wellicht om het stedelijk gebied van Haarlem heen een tracé gevonden moet worden. Op de Maasvlakte is het tracé een paar kilometer lang. In Borssele is het tracé een paar honderd meter als via aanlanding via kruising met de Westerschelde wordt gekozen en 50 tot 60 km als voor aanlanding bij Domburg wordt gekozen. Bij koppeling aan provinciale wegen volgt het laatste tracé een relatief open terrein met weinig grondeigenaren.

### **Maatschappelijke complexiteit**

Overlast door werkzaamheden treedt voornamelijk op in bebouwd gebied en wanneer wegen moeten worden afgesloten door kabelaanleg werkzaamheden. De maatschappelijke weerstand verhoogt (sterk) wanneer hetzelfde tracé meerdere keren “open” moet doordat er kabels bij komen na verloop van tijd. Er is ook sprake van overlast door werkzaamheden op natuurwaarden (duingebied). Dit geldt vooral voor de tracés naar de stations Beverwijk, Vijfhuizen en Wateringen.

### **Kosten tracé**

Over de kosten van de tracés zijn weinig gegevens bij Royal HaskoningDHV bekend. De tracés Beverwijk en Wateringen worden voor een groot deel geboord als Eneco, Nuon of Dong de ontwikkelaar zijn. Volgens deze bedrijven is er slechts een beperkt kostenverschil tussen gestuurde boringen en ingraven van kabels in grotendeels stedelijk gebied, omdat er veel infrastructurele obstakels zijn die kostenverhogend werken (zie paragraaf 3.4 voor een afweging tussen boren en graven). Daarbij komt dat de kosten van kabelaanleg ten opzichte van de totale investeringskosten van windparken beperkt zijn.

Voor het tracé naar Vijfhuizen zijn naar verwachting ook boringen nodig in elk geval door duingebied en dan verder afhankelijk van het gekozen tracé. De grotere tracélengte maakt het tracé naar Vijfhuizen naar verwachting duurder dan Beverwijk en Wateringen. Ook is de afstand op zee vanaf de windgebieden naar het landingspunt in de buurt van Zandvoort iets groter dan de afstand vanaf de windgebieden naar Katwijk aan Zee. De aantakking op de Maasvlakte via de noordkant zal duur en complex zijn, omdat een diepe boring onder de vaargeul in de Maasmonding vereist is. Via aanlanding op de zuidzijde van de Maasvlakte kunnen de kosten naar verwachting lager zijn. De aantakking op Borssele via een diepe boring onder de Westerschelde zal naar verwachting complex en duur zijn; via landtracé (gegraven) zullen de kosten naar verwachting lager zijn.

## 5 ORGANISATIE

In dit hoofdstuk zijn de organisatorische verschillen en aandachtspunten van een landelijke netbeheerder (TenneT) versus afzonderlijke windparkontwikkelaars in beeld gebracht.

### 5.1 Inleiding

De verantwoordelijkheden voor de voorbereiding, de aanleg en het beheer van verbindingen tussen windparken en het landelijk hoogspanningsnet kunnen worden toebedeeld aan een netbeheerder of aan afzonderlijke windparkontwikkelaars. Tot op heden worden windparken met een netverbinding over zee en land tot aan het elektriciteitsnet aangelegd en gefinancierd door de windparkontwikkelaars. Deze kosten worden gesubsidieerd op basis van de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE). Op dit moment heeft TenneT géén wettelijke taak om netverbindingen aan te leggen. Het Energieakkoord geeft hiertoe het volgende aan: 'Er komt, daar waar dit efficiënter is dan een directe verbinding van windparken op het landelijke hoogspanningsnet, een net op zee. TenneT krijgt de verantwoordelijkheid hiervoor. Over de vormgeving en randvoorwaarden zal op korte termijn een besluit worden genomen door het kabinet. Zo nodig zal dit vervolgens in wetgeving worden verwerkt'.

#### **Risico's verantwoordelijkheid netverbinding op zee**

De risico's voor de verantwoordelijke partij betreffen het niet tijdig aanleggen (tijdigheidsrisico) en het niet beschikbaar hebben van een netverbinding voor elk windpark op zee (beschikbaarheidsrisico). De gevolgrisico's van een niet-tijdige en niet-beschikbare verbinding zijn het aansprakelijkheidsrisico ten aanzien van mogelijke omzetsderving of verhoogde kosten van een windparkontwikkelaar en het financieringsrisico van zowel de netverbinding als het windpark. De keuze van het toedelen van deze verantwoordelijkheden beïnvloedt het eigenaarschap van risico's en de wijze van risicobeheersing met o.a. een regeling van aansprakelijkheden van de verantwoordelijke partij.

#### **Vraagstukken**

In dit hoofdstuk worden de volgende kernvragen behandeld:

- Wat is een passende toedeling van verantwoordelijkheden naar de landelijke netbeheerder en/of windparkontwikkelaars voor aanleg en beheer van verbindingen tussen windparken op zee en het hoogspanningsnet, op basis van afspraken en planning van windparken op zee in het Energieakkoord?
- Hoe kunnen de risico's ten aanzien van tijdigheid, beschikbaarheid, aansprakelijkheid en financierbaarheid worden gematigd en beheerst voor een landelijke netbeheerder én de afzonderlijke windparkontwikkelaars?

#### **Aanpak**

Op basis van analyse van bestaande onderzoeken, gesprekken met TenneT, NWEA en afzonderlijke windparkontwikkelaars, de workshop van 20 februari 2014 en expert judgement wordt in dit hoofdstuk ingegaan op deze vraagstukken. In dit hoofdstuk wordt een afweging gemaakt over een toedeling van verantwoordelijkheden voor de netverbindingen op zee aan de hand van de thema's (Tabel 17). Bovendien wordt in het

bijzonder de organisatorische aspecten voor *Optie 2 Gecoördineerde radiale* verbindingen behandeld.

Tabel 17: Behandelde thema's

Thema	Paragraaf
Tijdigheid en ruimtelijke inpassing	5.2
Beschikbaarheid: leveringszekerheid en netstabiliteit	5.3
Beheersen financiële schade windparkontwikkelaar door niet-tijdige verbinding	5.4
Beheersen aansprakelijkheden netbeheerder bij niet-tijdige en niet-beschikbare verbinding	5.5
Toedeling verantwoordelijkheden in andere Europese landen	5.6
Kostendragerschap	5.7
Wijze van bekostiging	5.8
Financieringslasten	5.9
Organisatorische aspecten optie 2 gecoördineerde radiale verbinding	5.10

## 5.2 Tijdigheid en ruimtelijke inpassing

De voorbereiding tot de aanleg van een netverbinding richt zich o.a. op de ruimtelijke inpassing: het aanvraag- en besluitvormingproces van vergunningen, tracéontwikkeling, besluitvorming procedures, technische locatieonderzoeken en een MER. Voor de aanleg van netinfrastructuur op zee moet rekening worden gehouden met vele randvoorwaarden, zoals aangegeven in hoofdstuk 4.

Windparkontwikkelaars bezien nauwlettend het risico van een niet-tijdig gerealiseerde verbinding. Het gaat hierbij in het bijzonder om de onzekerheid van het tijdig gereed zijn van verbindingen voor de eerstkomende windparken op zee, zoals gepland in het Energieakkoord. Het niet op tijd gereed zijn heeft mogelijk omzetsderving of additionele kosten tot gevolg. Windparkontwikkelaars hebben in de gesprekken en de workshop aangegeven dit risico bij voorkeur te willen beperken door de benodigde directe verbindingen voor eigen windparken zelf aan te leggen. Bij een directe verbinding voor een individueel windpark zal de snelheid van handelen van marktpartijen in de voorbereidingsfase naar verwachting groter zijn dan die van een landelijke netbeheerder. Windparkontwikkelaars hebben namelijk al veel voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd.

Indien er sprake is van een 'verplichte' verbinding bij één netbeheerder, bijvoorbeeld bij een stopcontact op zee, dient het stopcontact gereed te zijn voordat begonnen kan worden met het installeren van de turbines (het platform is noodzakelijk om de veiligheidssystemen van de turbines te laten werken). Voor de windparkontwikkelaar ontstaan dan behalve een afhankelijke situatie mogelijk ook suboptimale oplossingen en mogelijk financiële schade door te maken extra kosten en uitgestelde inkomsten wanneer het stopcontact niet gereed is op de daarvoor vastgestelde datum.

Op land kan de ruimtelijke inpassingproblematiek van kabeltracés een inperking van de keuzevrijheid van windparkontwikkelaar betekenen. Een landelijke netwerkbeheerder is beter in staat de planologische processen te coördineren waardoor bijvoorbeeld het aantal kustdoorsnijdingen wordt geminimaliseerd en kan rekening houden met een op langere termijn (inter)nationale ontsluiting op de Noordzee. Het aanwijzen van de verantwoordelijkheid van netverbindingen aan een landelijke netbeheerder biedt voordelen boven individuele windparkontwikkelaars door de coördinatiekracht bij

ruimtelijke inpassing van kabeltracés met alle betrokken sectoren en milieuaspecten zoals visserij en beschermde vogels.

### 5.3 Beschikbaarheid: leveringszekerheid en netstabiliteit

TenneT heeft momenteel de taak te zorgen voor een betrouwbare en kostenefficiënte elektriciteitsvoorziening op het land. In de afgelopen jaren heeft TenneT ervaring opgedaan in het realiseren van verbindingen op zee in Duitsland. TenneT heeft kennis en kunde opgebouwd in de continuïteit van het afvoeren van geproduceerde elektriciteit met congestie- en calamiteitenmanagement. Op basis van net management kan een landelijke netbeheerder sturen in capaciteit en beschikbaarheid van alle verbindingen op zee. Hierdoor is een landelijke netbeheerder in staat de elektriciteit vanuit windparken naar het hoogspanningsnet op land te routeren en prioriteren.

Windparkontwikkelaars die zelfstandig radiale verbindingen realiseren zijn onderling minder gericht op ieders overwegingen of omstandigheden. Het vergt extra coördinatie van ieder windparkontwikkelaar om interferentie van kabeltracés en calamiteiten te managen. Elke windparkontwikkelaar met een radiale verbinding is aangewezen op de stabiliteit en beschikbaarheid van de eigen netverbinding en heeft bij tijdelijke storing geen andere mogelijkheden van routing van de geproduceerde elektriciteit ten opzichte van een gezamenlijk net met een stopcontact op zee.

Voor de beheersing van het beschikbaarheidsrisico heeft het de voorkeur om de verantwoordelijkheid van TenneT uit te breiden naar netverbindingen op zee. Een landelijke beheerder wordt ten opzichte van individuele windparkontwikkelaars beter in staat geacht tot:

- Waarborgen van leveringszekerheid;
- Coördineren van de operaties in één hand voor netstabiliteit, onder meer van belang bij calamiteiten waarbij snelheid van communicatie en handelen voorop staat en de verantwoordelijke partij voorrang moet kunnen afdwingen bij o.a. leveranciers en schepen;
- Vooraf inbouwen van capaciteit met uniforme netonderdelen, dat voldoende flexibel is voor windparken op zee in de verdere toekomst.



#### 5.4 Beheersen risico's van niet-tijdige verbinding voor windparkontwikkelaar

Het Energieakkoord geeft aan dat 'daar waar dit efficiënter is dan een directe verbinding van windparken op het landelijke hoogspanningsnet, er een net op zee komt waarvoor TenneT de verantwoordelijkheid krijgt'. Dit voornemen leidt er toe dat een windparkontwikkelaar nog geen directe zekerheden heeft op een tijdige en beschikbare verbinding voor zijn windpark. Voorbeelden van potentiële schade op het financiële plan (business case) van een windparkontwikkelaar als gevolg van een niet-tijdige of tijdelijk verstoorde verbinding, zijn:

- Gederfde opbrengsten door het niet kunnen invoeden van opgewekte elektriciteit;
- Kosten als gevolg van vertraagde netverbinding;
- Kosten veroorzaakt door vertraagde levering van elektriciteit vanuit het windpark;
- Kosten voor het aanpassen van het initiële financieel plan van de windparkontwikkelaar doordat aannames over opbrengsten en dekking van financieringslasten veranderen. Bijvoorbeeld hernieuwde aannames over zekerheid en periode van het terugbetalen van financieringslasten als gevolg van lagere en/of uitgestelde opbrengsten.
- Imagoschade voor de windparkontwikkelaar.

Een windparkontwikkelaar wenst inzicht over de mate waarin zijn financiële plan niet geheel kan worden gerealiseerd doordat een andere partij (netbeheerder) verantwoordelijk is voor een tijdige en beschikbare verbinding van zijn windpark.

In de opzet van de tijdsplanning van een windpark op zee wordt het stopcontact ruim voor het begin van de installatie van turbines gereed gemaakt. De totale verbinding kan wat later wordt gerealiseerd dan het stopcontact. Echter, dit heeft zeker niet de voorkeur vanwege tijdelijke extra kosten om de windturbines in bedrijf te stellen.

Een windparkontwikkelaar wenst vooral inzicht of de risico's voor opbrengstderving en/of kostenverhoging worden vergroot of verkleind in geval sprake is van een 'verplichte' verbinding bij één netbeheerder (met een stopcontact). Het risico van een niet-tijdige verbinding voor windparkontwikkelaar kan in dat geval worden beheerst als de volgende maatregelen worden ingesteld door de Rijksoverheid:

- In de tender en in de voorwaarden tot vergunning van een kavel wordt de windparkontwikkelaar verplicht tot afstemming met de netbeheerder over de tijdsplanning en technische uitvoering van de verbinding. Het moment van het in bedrijf nemen van de verbinding, in het bijzonder het stopcontact, wordt tussen de windparkontwikkelaar en netbeheerder afgesproken en gecommuniceerd met de Rijksoverheid. Dit geeft de windparkontwikkelaar en netbeheerder extra stimulans om raakvlakken met elkaar af te stemmen;
- De start van de SDE subsidie, die hoort bij de gunning van een kavel aan de windparkontwikkelaar, moet zijn afgestemd op de realisatie van het stopcontact.

Met deze maatregelen kunnen de gevolgen voor het financiële plan van een windparkontwikkelaar door het risico van een niet-tijdige verbinding enigszins worden beperkt. Namelijk, in zijn financiële plan sluit de windparkontwikkelaar het startmoment van zijn opbrengsten uit SDE subsidie (naast verkoop van elektriciteit) aan op het afgesproken moment van in bedrijf name van de verbinding.

## 5.5 Beheersen aansprakelijkheden netbeheerder bij niet-tijdige en niet-beschikbare verbinding

Een mogelijk gevolg van een niet-tijdige of niet volledig beschikbare netverbinding is dat de landelijke netbeheerder aansprakelijk zou kunnen worden gesteld door een windparkontwikkelaar voor geleden financiële schade (opbrengstderving en kostenverhoging). Gezien de geschetste mogelijke maatregelen zoals beschreven in paragraaf 5.4 om de financiële schade te beperken zou de aansprakelijkheid vooral optreden bij grove nalatigheid door de netbeheerder.

De aansprakelijkheid zou voor de netbeheerder onbeperkt zijn indien grove nalatigheid per gebeurtenis wordt toegerekend. Hierdoor kunnen er voor de netbeheerder zeer hoge tot onbetaalbare claims ontstaan. Dit kan uiteindelijk de mogelijkheden tot financiering van netverbindingen ernstig beperken. Externe financiers hebben geen zicht op de maximale financiële gevolgen van onbeperkte aansprakelijkheid die het rendement op hun investeringen verlagen.

De landelijke netbeheerder kan één of meerdere maatregelen inzetten om de aansprakelijkheid te beheersen ten aanzien van potentiële schade van een windparkontwikkelaar door een niet-tijdige of niet volledig beschikbare netverbinding:

1. Wettelijk beperken van aansprakelijkheid;
2. Inbouwen van redundantie in de netverbinding;
3. Managen van raakvlakken tussen het windpark en de netverbinding. Dit betreft de fysieke en organisatorische 'knip' van verantwoordelijkheden voor de verbinding zoals aangegeven in paragraaf 5.4.

De maatregelen 1 en 2 in de volgende subparagrafen toegelicht.

### 5.5.1 Beperken aansprakelijkheid

Het beperken van aansprakelijkheid kan plaatsvinden met behulp van een plafondbedrag ('cap') per gebeurtenis of met 'liquidated damages'.

#### **Cap per gebeurtenis**

De aansprakelijkheid voor de landelijke netbeheerder kan worden beperkt door een plafond ('cap') per gebeurtenis in te stellen in combinatie met het verwerken van additionele kosten boven dit plafond in het transporttarief aan afnemers van elektriciteit. Met dit plafond en een aangepaste tariefstelling is de aansprakelijkheid door de landelijke netbeheerder te verzekeren bij een verzekeringsmaatschappij. De maximale financiële gevolgen van het aansprakelijkheidsrisico per schadegebeurtenis worden hierdoor inzichtelijk voor externe financiers waardoor zij bereid zijn financiering te verschaffen tegen gunstigere voorwaarden. Voor helderheid naar windpark ontwikkelaars en de landelijke netbeheerder zou deze cap, in combinatie met tariefstelling, uniform dienen te gelden voor alle windparkontwikkelaars en in wetgeving moeten worden vastgelegd. De schade van een gebeurtenis zou boven de cap kunnen uitkomen. Om de cap per gebeurtenis te kunnen toepassen, zouden deze meerkosten moeten worden gesocialiseerd. Dit betekent dat de netbeheerder in staat zou moeten zijn om de meerkosten op te nemen in de tariefstelling aan de eindgebruikers.

### **Liquidated damages**

Een alternatief voor het instellen van een cap per gebeurtenis zijn 'delay en/of performance liquidated damages (LD's)', naar analogie van het turbinebouw- en levercontract (EPC-contract) bij windparken. Bij dit type contract betaalt de EPC contractor (aannemer) voor de schade die een windparkontwikkelaar heeft bij het niet voldoen aan vereiste prestatiestandaarden. LD's zijn vaste bedragen, die beide contractpartijen overeenkomen en die voldoende zijn om de financiële verliezen van de windparkontwikkelaar te dekken. Deze verliezen zijn als gevolg van late oplevering van de netwerkverbinding (bij delay LD's), of als het windpark niet kan presteren volgens contractspecificaties doordat het netwerk niet goed presteert (bij performance LD's).

Deze vaste bedragen zouden vooraf berekend kunnen worden zodat deze voldoende zijn om de netto contante waarde van het financiële verlies te dekken van verminderde prestatie van het windpark over de levensduur van het project. Ten opzichte van een cap per schadegebeurtenis voorkomen deze LD's mogelijk lange disputen over de oorzaak en het specifieke bedrag van het financiële verlies per gebeurtenis.

Echter, deze LD's zouden in tegenstelling tot een 'cap' per gebeurtenis per windparkontwikkelaar moeten worden afgesproken. De uitwerking van LD's met elke windparkontwikkelaar zou pas plaats kunnen vinden na gunning van een kavel. Hiertoe zou de netbeheerder met elke windparkontwikkelaar een privaatrechtelijke overeenkomst over LD's moeten sluiten. Aangezien afspraken over LD's parkspecifiek zijn en privaatrechtelijke overeenkomsten pas na tenders door de Rijksoverheid kunnen worden afgesloten, kunnen LD's niet concreet in wetgeving worden verankerd.

### **Conclusie**

De aansprakelijkheid voor de netbeheerder bij het niet-tijdig of niet-beschikbaar hebben van een verbinding geldt in het bijzonder indien sprake is van grove nalatigheid. Gezien de mogelijkheid om met wetgeving voorafgaand aan tenders door de Rijksoverheid zekerheid te verschaffen over een aansprakelijkheidsregeling heeft een cap per schadegebeurtenis de voorkeur boven LD's. Hierbij dient de Rijksoverheid de potentiële meerkosten boven de cap te socialiseren. Anders gezegd, de Rijksoverheid zou de netbeheerder de bevoegdheid moeten geven om de meerkosten boven de cap te verwerken in de tariefstelling van de eindgebruikers.

#### 5.5.2 Redundantie

Volledige aansprakelijkheid voor beschikbare verbindingen kunnen netverbindingen extra duur maken, zeker als te allen tijde beschikbaarheid van de netverbinding wordt vereist. In dit geval zou namelijk het inbouwen van N+1 redundantie door een extra kabel noodzakelijk zijn (paragraaf 3.2 en 3.3.4). Het onderstaande, gesimplificeerde, rekenvoorbeeld geeft hiertoe meer inzicht.

#### Rekenvoorbeeld Redundantie

Dit voorbeeld beschrijft de casus van een radiaal aangesloten windpark met 400 MW vermogen en een verbinding naar het landelijk hoogspanningsnet bestaande uit één kabel van 400 MW. Berekend wordt wat het verlies van inkomsten is bij uitval van deze kabel en hoe dit zich verhoudt tot het installeren van een extra kabel van 400MW:

- Bij 100% beschikbaarheid: 8760 uren per jaar
- Kans niet-beschikbaarheid: 3%, ofwel 260 niet-productieve uren per jaar
- Opbrengstderving per uur bij maximale opbrengst (slechts 1000 uur per jaar, zie Figuur 11):  
€ 150 per MWh \* 400 MW kabel = € 60.000,-
- Opbrengstderving per jaar bij gemiddelde opbrengst van het windpark van 40%: € 60.000,- per uur \* 260 uren \* 40% ~ € 6,3 miljoen
- Investering van een extra (tweede) kabel met aansluitvoorzieningen op zee en land: € 50 miljoen voor 20 km off shore en € 80 miljoen voor 40 km off shore)

Op basis van deze 3% niet-beschikbaarheid is de terugverdientijd van de investering van een extra kabel zonder rekening te houden met rente 8 tot 13 jaar. Met een rentevoet van 5% is deze 11 tot 21 jaar.

#### Conclusie

Het aanbrengen van redundantie in de vorm van een extra kabel leidt tot een lange terugverdientijd. Ook is er een geringe kans op niet-beschikbaarheid van de kabel. Het heeft daarom de voorkeur om redundantie te beschouwen als gedeeltelijke en zeer tijdelijke opbrengstderving voor een windparkontwikkelaar als gevolg van tijdelijke uitval van de verbinding.

Wanneer een verbinding bestaat uit meerdere kabels zal het effect van gedeeltelijke redundantie zoals beschreven in paragraaf 3.3.4 de opbrengstderving verder verkleinen ten opzichte van de in het voorbeeld genoemde radiale situatie.

## 5.6 Toedeling verantwoordelijkheden in andere Europese landen

In de ons omringende landen is ervaring opgedaan met de toedeling van verantwoordelijkheden voor aanleg en beheer van netverbindingen. Deze zijn hieronder beschreven.

#### *Denemarken*

In Denemarken werd de verantwoordelijkheid voor de verbinding naar het windpark Horns Rev (en ook voor de latere windparken) bij de landelijke netbeheerder gelegd. Hierdoor ontstond een substantiële verlaging van financieringslasten en risico's voor de windparkontwikkelaars.

#### *Duitsland*

In Duitsland zijn de landelijke netwerkbeheerders verantwoordelijk voor de aanleg van de verbindingen voor windparken op zee, zowel voor platforms als voor directe verbindingen. In wetgeving is de aansprakelijkheid voor de landelijke netwerkbeheerders vastgelegd ten aanzien van het tijdigheids- en beschikbaarheidsrisico. Mede omwille van het verkrijgen van externe financiering is de aansprakelijkheid beperkt door een plafondbedrag ('cap') per gebeurtenis in te stellen in combinatie met het verwerken van additionele kosten boven dit plafond in het transporttarief naar de elektriciteitsgebruikers. Hierbij zijn tijdigheid en beschikbaarheid nader gedefinieerd in aantal dagen.

### *België*

In België zijn de bestaande windparken tot nu toe elk afzonderlijk aangesloten. Om van een dergelijk “spaghetti scenario” van kabels af te stappen, wil de landelijk netbeheerder Elia een ‘vermaasd net’ in de Noordzee ontwikkelen. Dit houdt in dat de windparken worden aangesloten op stopcontacten op zee. Er wordt een planmatige aanpak toegepast; alle windparken liggen naast elkaar in één geclusterd gebied. Dit maakt centralisatie en standaardisatie mogelijk.

Het ‘Belgian Offshore Grid’ omvat de realisatie van een hoogspanningsnet op zee om toekomstige windparken in de Belgische Noordzee te verbinden met het hoogspanningsnet op het vasteland ter hoogte van Zeebrugge (project Stevin). De Stevin verbinding zal zorgen voor het verzekerd transport van de elektriciteit afkomstig van de windparken en van de onderzeese verbinding met de UK naar het binnenland.

### *Verenigd Koninkrijk*

In het Verenigd Koninkrijk richt men zich op de oprichting van meerdere speciale Transmission System Operator (TSO’s) voor windenergie op zee.

Het Verenigd Koninkrijk heeft de bouw en exploitatie van verbindingen voor wind op zee gereguleerd waarbij sprake is van radiale verbindingen. Voor de realisatie van elke radiale verbinding wordt een tender gehouden voor het vergeven van licenties tot bouw en/of beheer door Offshore Transmission Owners (OFTO’s). Bij de toepassing van deze regelgeving is sprake van een overgangsperiode en een blijvend regime. De overgangsregeling omvat twee tenderrondes (reeds plaatsgevonden), waarbij een windparkontwikkelaar de verbinding legt en deze vervolgens overdraagt aan een beheerpartij, de OFTO. Bij aanbestedingen van de directe verbindingen zijn er twee opties mogelijk:

- OFTO’s ontwerpen, bouwen, beheren directe verbindingen, of
- Windparkontwikkelaars bouwen de directe verbindingen en dragen deze over naar OFTO’s nadat de bouw van een windpark is voltooid.

Voor beide opties geldt dat de partij die als OFTO optreedt niet alleen beheerder is van de gerealiseerde verbinding, maar ook verantwoordelijk is voor de realisatie. Op basis van Europees recht mag in Nederland het eigenaarschap en het beheer van een verbinding niet worden gesplitst. Het OFTO model is hiermee niet in strijd aangezien de rollen van eigenaar en beheerder van een verbinding ook niet gesplitst mogen zijn.

### *Leerpunten uit buitenlandse praktijk*

De praktijk in het buitenland levert meerdere leerpunten op.

- Ten eerste kan er onderscheid worden gemaakt tussen verantwoordelijkheid in de aanleg- en exploitatiefase van netverbindingen. Hierbij is het mogelijk dat de windparkontwikkelaar met een vergunning voor een kavel (op basis van de komende tenders van de Rijksoverheid) de netverbinding ontwikkelt (conform vooraf vastgelegde specificaties van de netwerkbeheerder) en bij in bedrijf name het eigendom overdraagt aan de landelijke netbeheerder tegen een vooraf vastgelegde vergoeding en afspraken.
- Ten tweede heeft het toedelen van verantwoordelijkheden voor aanleg van verbindingen aan de netbeheerder of windparkontwikkelaar invloed op de wijze van uitgifte van gebieden door het Rijk. Vanuit mogelijkheden voor standaardisatie van een netinfrastructuur op zee heeft het voordelen om kavels voor meerdere windparken uit te geven die zich bevinden in één gebied in plaats van kavels die geografisch verspreid zijn over meerdere gebieden.
- Ten derde zou het voor de markt (windparkontwikkelaars en financiers) duidelijk moeten zijn of netverbindingen op zee wel of geen gereguleerde asset (nutsvoorziening) zijn, met name in de gebruiksfase. Indien de status van gereguleerde asset geldt voor netverbindingen op zee, dan kan een verbijzonderd tarief door de netbeheerder aan windparkexploitanten worden toegerekend. Met dit verbijzonderde tarief is de netbeheerder beter in staat om investeringen in netverbindingen op zee, in het bijzonder de meerkosten ten opzichte van een verbinding op land van hetzelfde vermogen te bekostigen. Dit is verder toegelicht in paragraaf 0.

## **5.7 Kostendragerschap**

Indien de netbeheerder verantwoordelijk wordt voor de aanleg en beheer van een net op zee, liggen gebundelde verbindingsopties waarschijnlijk het meest voor de hand (aansluitopties 3, 4 en 5). Dit geldt vooral als op langere termijn grotere vermogens worden ontwikkeld op locaties die verder uit de kust liggen. In dat geval is het kostendragerschap voor de windparkontwikkelaar beperkt tot de kosten van (1) de windturbines, (2) de kabels tussen windturbines en (3) het (hoogspanning)station van het windpark en de kabels naar het stopcontact. De netbeheerder draagt de rest van de kosten van de investeringen voor het net op zee inclusief verzamelplatforms, kabelstraten voor de duindoorkruising, eventuele transformatorstations en de kabels op land.

De netbeheerder kan standaardisatie bereiken over een lange tijdshorizon indien zij de verantwoordelijkheid krijgt toebedeeld om te voorzien in een geheel net op zee. Standaardisatie van de netinfrastructuur op zee heeft voordelen op langere termijn maar mogelijk ook beperkingen op korte termijn. De voordelen zijn het waarborgen van het aan land brengen van elektriciteit, flexibiliteit in netuitbreiding en kostenreductie. Kostenreductie is mogelijk ten aanzien van:

- Grootschalige inkoop (kabels, platforms)
- Lagere afschrijving kabels (langere tijdshorizon t.o.v. ontwikkelaar)
- Centraal onderhoud
- Leereffecten
- Lagere financieringslasten (zie ook paragraaf 0)

De beperkingen van standaardisatie op korte termijn zijn hogere initiële investeringsbehoefte in een netwerk dat in eerste instantie nog niet optimaal (volledig) gebruikt wordt en niet volledig ontwikkelde, betrouwbare techniek (bijvoorbeeld, de aanleg van een 380 kV-kabel met een capaciteit van 1200 MW, terwijl nog maar 1 windpark van 350 MW in eerste instantie wordt aangesloten).

Ten aanzien van de radiale verbindingsopties kunnen de vele planologische randvoorwaarden op zee per windpark en per windparkontwikkelaar leiden tot verschillende (maatschappelijke) kosten voor mitigatie- en exploitatiemogelijkheden. Door relatief schaarse locatiemogelijkheden en ruimtelijk beleid wordt de windparkontwikkelaar 'gedwongen' tot duurdere netwerkoplossingen dan vanuit bedrijfseconomische redenen gewenst. De overheid beziet het gevolg van de (meer)kosten van een radiale verbinding ten opzicht van de maatschappelijke kosten. De overheid kan hierdoor andere overwegingen hebben ten aanzien van een radiale verbinding dan een windparkontwikkelaar.

Indien een landelijke netbeheerder op basis van een lange termijn netplanning rekening houdt met ruimtelijke reserveringen en ecologische effecten dan zal dit een optimalisatie van tijd, afstemming en geld inhouden ten opzichte van individuele benaderingen waarvan locatie en timing op voorhand veel moeilijker te voorspellen zijn.

Verder betekent een kostendragerschap voor windparkontwikkelaars dat door de nodige omvangrijke investeringen in netwerken, de verhouding met de *core-business* – het exploiteren van wind op zee – verslechtert. Voor goede parkprestaties dient de windparkontwikkelaar de samenwerking met de landelijke netbeheerder te hebben voor de gekozen kabelconfiguratie, de technische vormgeving, de kosten van de configuratie en de afspraken over de tijdsplanning.

Gezien de planologische coördinatie en standaardisatiemogelijkheden, met kostenreductie op lange termijn tot gevolg, heeft het de voorkeur om TenneT aan te wijzen als verantwoordelijke partij voor de aanleg en beheer van netverbindingen op zee.

## 5.8 Wijze van bekostiging netverbinding

Indien TenneT verantwoordelijk is voor netverbindingen, dan zullen benodigde investeringen de kosten voor aanleg en beheer hoger worden voor deze netbeheerder. Ter dekking van de meerkosten voor netverbindingen zouden mogelijk andere afspraken moeten worden gemaakt over de doorrekening van de meerkosten naar tarieven voor de afnemers (windparkontwikkelaars).

Hierbij kan de netverbinding op zee als nutsvoorziening ('regulated asset') worden gedefinieerd waarbij windparkontwikkelaars tegen gereguleerde tarieven gebruik kunnen maken naar analogie van verbindingen op land. Daarentegen zullen de budgetten die nodig zijn voor de verstrekking van SDE-subsidies voor windparkontwikkelaars verlaagd kunnen worden. Immers, de parkkosten voor windparkontwikkelaars worden lager als zij geen kosten dragen voor aanleg en beheer van een verbinding. Voor het beheersen van de bekostiging van netverbinding kunnen de meerkosten van (netwerk-) investeringen worden afgewogen tegen de effecten van verminderde SDE-subsidies voor de windparkontwikkelaars.

## 5.9 Financieringslasten

Een uitgangspunt bij de financierbaarheid van een net op zee is dat de financieringslasten van de investeringen lager uitvallen als deze onder de landelijke netbeheerder geplaatst worden, dan wanneer deze investeringen ondergebracht worden bij windparkontwikkelaars. De aanneme hierbij is dat TenneT op basis van haar kernactiviteiten, praktijkervaringen met net op zee (in Duitsland) en onderpand (waardevolle activa op land en op zee) tegen gunstiger voorwaarden (rentetarieven, afschrijvingstermijnen) financiering kan aantrekken dan de afzonderlijke windparkontwikkelaars. Deze omstandigheid pleit voor het onderbrengen van beheer en lasten bij TenneT.

Ook voor een windparkontwikkelaar verbetert de financierbaarheid. Als TenneT verantwoordelijk is voor de netverbinding, dan zullen financiers van de windparkontwikkelaars lagere voorwaarden stellen. De risico's van tijdigheid en beschikbaarheid als ook de kosten van de netverbinding behoren dan namelijk niet meer tot het windparkproject.

Echter, of de netbeheerder daadwerkelijk kan voorzien in de totale investeringsbehoefte voor alle verbindingen van (toekomstige) windparken op zee, zal bevestigd moeten worden in de praktijk. De plaatsgevonden externe financiering van verbindingen op zee in Duitsland, aangelegd en beheerd door een landelijke netbeheerder, geven de bereidheid tot financiering aan.

Ten aanzien van het matigen van financieringslasten voor zowel een landelijke netbeheerder als de windparkontwikkelaars heeft het voordelen om de verantwoordelijkheid van netverbindingen te beleggen bij TenneT.



## 5.10 Organisatorische aspecten bij optie 2 gecoördineerde radiale verbinding

Naast technische en ruimtelijke ordening aspecten vergt optie 2, gecoördineerde radiale verbinding, organisatorisch ook bijzondere aandacht. Bij een aanlandpunt waarbij meerdere radiale verbindingen in gecoördineerde vorm mogelijk zijn, zou de eerst komende windparkontwikkelaar verantwoordelijk zijn om de capaciteit op het landtracé aan te leggen ten behoeve van alle toekomstige aan te sluiten windparken. De eerst komende windparkontwikkelaar zou hierbij niet alleen een investering moeten doen voor verbinding op land voor het eigen windpark maar ook aanvullende voorinvesteringen ten behoeve van andere windparkontwikkelaars of de netwerkbeheerder.

De bijzondere verantwoordelijkheden en bekostiging van het landtracé bij een gecoördineerde radiale verbinding kunnen in de tenderdoor de Rijksoverheid worden meegegeven en in de vergunning worden vastgelegd<sup>15</sup>. Om dit te bewerkstelligen dient de Rijksoverheid hiertoe het initiatief te nemen waarbij voor de uitvoeringswijze de markt kan worden geconsulteerd.

Bij inzet van deze instrumenten moet duidelijkheid worden verschaft over de volgende thema's:

- Het aanwijzen of de bijzondere verantwoordelijkheid aan de eerst komende windparkontwikkelaar geldt voor elke locatie (aanlandingspunt en landtracé).
- Het verschaffen van inzicht in de meerkosten voor het ontwikkelen van de aanvullende capaciteit ten behoeve van toekomstige windparken die gebruik maken van het gecoördineerde landtracé.
- Het bepalen voor welk deel de eerst komende windparkontwikkelaar wordt gecompenseerd voor de meerkosten van het ontwikkelen van de aanvullende capaciteit en in welke vorm dit plaatsvindt.
- Het wettelijk verplicht stellen van de overdracht van de gehele verbinding aan de netbeheerder of een deel van de verbinding aan een toekomstige windparkontwikkelaar.
- Het vaststellen van het overdrachtmoment of overdrachtmomenten.
- Het stellen van eisen en normen aan de technische uitvoering van het gecoördineerde landtracé, die bij overdracht aan de netbeheerder in overeenstemming moeten zijn met eisen en normen die deze voor dit type verbinding hanteert.

Bovenstaande thema's zullen leiden tot een complexe juridische en organisatorische situatie, die als nadeel zal moeten worden meegenomen bij de afweging voor optie 2. Hierbij wordt de situatie waarbij de overdracht naar toekomstige windparkontwikkelaars (voor het 2<sup>e</sup> en mogelijk 3<sup>e</sup> aan te sluiten windpark) moet plaatsvinden extra complex, omdat deze windparkontwikkelaars pas in de toekomst bekend zullen worden en het eigendom van het tracé moet worden opgesplitst tussen de verschillende windparkontwikkelaars.

---

<sup>15</sup> In het inpassingsplan kunnen alleen ruimtelijke reserveringen worden opgenomen, maar geen financiële afspraken worden gemaakt.

## 5.11 Vergelijking Netbeheer

In dit hoofdstuk is aan de hand van thema's geanalyseerd hoe verantwoordelijkheden voor aanleg en beheer van verbindingen tussen windparken op zee en het hoogspanningsnet naar de landelijke netbeheerder en/of windparkontwikkelaars. In de Tabel 18 is per thema aangegeven of er bij dit thema een positief (+), neutraal (0) of negatief (-) effect is in geval de landelijke netbeheerder c.q. een windparkontwikkelaar deze verantwoordelijkheden heeft.

Tabel 18 Relatieve Vergelijking Organisatie

Thema	Landelijk netbeheerder TenneT	Windparkontwikkelaar
Beheersen van tijdigheid en ruimtelijke inpassing	+	o/-
Zekerheid van tijdige verbinding op korte termijn	0	+
Beheersen van beschikbaarheid	+	o/-
Beheersen van aansprakelijkheden	+	o/-
Invullen van kostendragerschap	+	o/-
Mogelijkheden voor bekostiging	+	-
Matigen van financieringslasten	+	-

Ten aanzien van het inrichten van aansprakelijkheden zou met de volgende zaken rekeningen kunnen worden gehouden:

- Voor het verschaffen van zekerheid naar windparkontwikkelaars en de landelijke netbeheerder voorafgaand aan tenders door de Rijksoverheid zou een cap per gebeurtenis uniform dienen te gelden voor alle windparkontwikkelaars en in wetgeving moeten worden vastgelegd. Hierbij dient de Rijksoverheid de potentiële meerkosten boven de cap te socialiseren.
- Het heeft de voorkeur om redundantie te beschouwen als gedeeltelijke en zeer tijdelijke opbrengstderving voor een windparkontwikkelaar als gevolg van tijdelijke uitval van één van de kabels waaruit de verbinding bestaat.

Indien voor de tender van 2015 wordt besloten tot radiale aansluiting van een vergund windpark uit Ronde 2 en ontwikkelaars zelf het kabeltracé te laten ontwikkelen, kan worden overwogen om de ontwikkelaars te verplichten op land reeds een verbinding voor meerdere windparken te realiseren (direct realiseren van kabelverbindingen of alleen mantelbuizen waardoor later kabels getrokken kunnen worden) en hun daarvoor financieel te compenseren. Hiermee wordt teveel hinder voor omwonenden en verkeer voorkomen terwijl de financiële compensatie voorkomt dat een partij nadelig wordt beïnvloed in de tender. Deze optie is alleen mogelijk wanneer alle juridische, organisatorische en financiële aspecten van deze samenwerking en financiële compensatie in de tender duidelijk zijn vastgelegd.

Op **korte termijn** is de zekerheid van een tijdig gerealiseerde verbinding voor de windparkontwikkelaars en financiers van de eerstkomende windparken essentieel. Financiers van windparken zullen het tijdigheidsrisico inprijzen in financieringsvoorwaarden als er geen volledige duidelijkheid is over een haalbare realisatie van verbindingen. Bezien vanuit een korte tijdshorizon voor de eerste tender

heeft het daarom voordelen om de individuele windparkontwikkelaars de verantwoordelijkheid toe te bedelen voor de aanleg en het beheer van de verbinding.

Bezien vanuit een **lange tijdshorizon** heeft het duidelijke voordelen om de landelijke netbeheerder TenneT de verantwoordelijkheid te geven voor de aanleg en het beheer van netverbindingen op zee op basis van stopcontacten op zee (aansluitopties 3, 4 en 5). Op lange termijn zijn er namelijk voordelen te behalen ten aanzien van netstabiliteit, leveringszekerheid, planologische coördinatie, financieringslasten, standaardisatie en gepaard gaande kostenreductie.

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In deze studie zijn drie configuraties voor windenergie op zee beschouwd, waarbij wordt uitgegaan van de ontwikkeling van windparken op verschillende afstanden vanuit de kust (1200 MW op 20 km, 40 km en 80 km). Voor het opstellen van de uitrolstrategie voor windparken op zee en de bijbehorende netverbindingen wordt geadviseerd om de hele opgave voor wind op zee (3450 MW vanaf 2015) te beschouwen. Met een uitrol van 3 x 1200 MW is er in totaal 3450 MW haalbaar, maar zonder coördinatie tussen de gebieden. Met de ringstructuuroptie geven wij een doorkijk naar de totale verbinding. Voordelen van een netwerk op zee zullen significanter worden bij hogere vermogens.

### 6.1 Conclusies vooral gerelateerd aan techniek

1. Er wordt geconcludeerd dat alle beschouwde verbindingsopties (direct radiaal, gecoördineerd radiaal, stopcontact op zee, stopcontact op land en een netwerk) vanuit technisch oogpunt in principe mogelijk zijn, maar waarbij belangrijke voorkeuren, beperkingen en voorwaarden gelden zoals in onderstaande conclusies verder wordt behandeld.
2. Er is bij gelijk spanningsniveau (220 kV) en totaal vermogen (1200 MW) geen verschil tussen het aantal benodigde kabels en daarmee samenhangende kosten voor verbinding via een stopcontact of radiale verbindingen. Wanneer alleen naar investeringskosten van de kabels wordt gekeken, zal een stopcontact (op zee of op land) technisch-economisch aantrekkelijk worden indien 380 kV-kabels kunnen worden toegepast, want dan kan worden bespaard op het aantal kabels (op zee en/of op land) en dus op de kosten. Met een stopcontact op zee zullen de economische besparingen groter zijn dan bij een stopcontact op land.
3. Bij een stopcontact op zee is het eventueel mogelijk om windparkplatforms uit te sparen door toepassing van een combi verzamelplatform waarbij het verzamelplatform en een aantal park platforms worden geïntegreerd. Met het wegvallen van een windparkplatform zal een component met een hoog risico profiel uit de scope van de windpark ontwikkelaar worden weggenomen en daarmee leiden tot lagere financieringslasten (mits het combi verzamelplatform op tijd beschikbaar is en er een regeling is voor aansprakelijkheid bij niet op tijd leveren en uitval van het platform). Het gaat hierbij dus in eerste instantie om een verplaatsing van de kosten aangezien de variatie van totale kosten van alle platforms (inclusief eventuele extra bekabeling) tussen de technische varianten binnen de onzekerheidsmarges ligt die in deze studie zijn gehanteerd.
4. Windpark ontwikkelaars zullen bij een radiale verbinding de capaciteit van hun park afstemmen op de kabelcapaciteit (maximaal 350-400 MW per 220 kV-zeekabel). Met een stopcontact op zee is de kabelcapaciteit niet meer maatgevend in het ontwerp van de windparkontwikkelaar en werkt deze daardoor niet meer als een beperking. Dit komt doordat de verbinding naar de aanlanding dan door de netbeheerder wordt afgestemd op het totaal benodigde vermogen van de op het verzamel platform aangesloten windparken.
5. Transportafstand. Vanwege de beperking in transport afstand komt voor een directe verbinding met 380 kV wisselspanning alleen configuratie 1 (20 km) en mogelijk

configuratie 2 (40 km) in aanmerking. Wel zouden parken in configuratie 3 (80 km) via een netwerk op zee (optie 5) op termijn via een eerder aangelegd verzamelplatform op 380 kV kunnen worden aangesloten of direct via een verzamelplatform halverwege. Afhankelijk van de transportafstand kan een gelijkspanningssysteem economisch aantrekkelijker zijn dan wisselspanning. Het omslagpunt ligt tussen de 80 km en 120 km kabellengte. Voor windparken op 80 km van de kust zal de toepassing van gelijkspanning daarom meegenomen moeten worden in de overweging.

6. Met betrekking tot planning en capaciteit is er op zee op beperkte schaal onderscheid tussen de verbindingsopties. Voor alle opties geldt namelijk dat er voor fabricage van zeekabels en platforms wereldwijd beperkte capaciteit beschikbaar is. Wel kan bij gecoördineerde aanleg het schaalvoordeel mogelijk een positieve invloed hebben op beschikbaarheid van productie capaciteit (zowel met betrekking tot kabels als tot platforms) en kunnen tegenslagen in de planning door bijvoorbeeld weerscondities later binnen de looptijd van het project worden ingelopen (door gebruik te maken van de tijds marge van latere installatie time slots).
7. Aandachtspunten realisatietijd. Omdat de beschikbaarheid van voldoende materiaal en materieel (o.a. kabelproductiecapaciteit, kabellegschepen, kraanschepen, platforms) van belang is voor de realisatietijd, zou deze beschikbaarheid nader geïnventariseerd moeten worden. Voor 380 kV-zeekabels geldt daarbij dat deze technologie nog in ontwikkeling is en rekening gehouden moet worden met een ontwikkelingstijd van naar schatting 3 tot 5 jaren. Voor 380 kV-zeekabels, die zwaarder zijn en een grotere diameter hebben dan de tot nu toe toegepaste zeekabels, zullen bijvoorbeeld de installatieschepen aangepast moeten worden.

## 6.2 Conclusies vooral gerelateerd aan ruimtelijke aspecten

8. Er wordt geconcludeerd dat alle beschouwde verbindingsopties (direct radiaal, gecoördineerd radiaal, stopcontact op zee, stopcontact op land en een netwerk) vanuit het oogpunt van de ruimtelijke ordening in principe mogelijk zijn, maar waarbij belangrijke voorkeuren, beperkingen en voorwaarden gelden zoals in onderstaande conclusies verder wordt behandeld.
9. Vanuit de natuur- en gebruiksfuncties op land zijn er geen significante belemmeringen te verwachten ongeacht de opties indien (op delen van het tracé) gebruik wordt gemaakt van gestuurde boringen. Wel heeft bundeling van kabels (in ruimte en tijd) vanuit bestuurlijk, juridisch en maatschappelijk opzicht de voorkeur om herhaalde hinder voor omgeving en natuur te voorkomen en ruimtebeperking in de ondergrond te beperken. Het kan hier gaan om het direct realiseren van kabelverbindingen voor meerdere windparken of een combinatie van een kabelverbinding en mantelbuizen waardoor later kabels getrokken kunnen worden. Dit leidt wel tot een tijdelijk inefficiënt gebruik van de kabels en tot hogere financieringslasten.
10. Voor bundeling heeft het de voorkeur dat de kabels door middel van een stopcontact op zee in beheer van de netbeheerder worden aangelegd, maar er kan in bepaalde gevallen ook tot bundeling worden gekomen door middel van een gecoördineerde aanpak met meerdere partijen (zie hiervoor conclusie 26).

11. Ruimtelijke inpassing transformatiestation(s) op land. In sommige gevallen is het nodig een transformatorstation (en AC/DC convertorstation) op te richten om 220 kV-zeekabels aan te sluiten op het landelijk hoogspanningsnet. De oprichting van een transformatorstation heeft consequenties voor de ruimtelijke ordening; er is een terrein ter grootte van een half voetbalveld nodig dat op ruime afstand van bebouwing ligt. Een transformatorstation kan nabij het aansluitstation of aan de kust worden geplaatst; in beide gevallen zal de inpassing tot maatschappelijke en bestuurlijke weerstand leiden, waarbij de weerstand voor inpassing nabij de kust naar verwachting groter zal zijn in verband met de natuurwaarden en belevingsaspecten en de bestaande gebruiksfuncties.
12. In de omgeving van de aansluitstations Beverwijk, Vijfhuizen en Wateringen lijkt ruimte voor een station te vinden (bij de aansluitstations Maasvlakte en Borssele is ruimte beschikbaar). De ruimte is echter schaars en er zal altijd een uitruil met andere functies moeten plaatsvinden. Om die reden kan alleen nader onderzoek en overleg uitsluitsel geven. De ruimtelijke en technische inpassing van een transformatorstation zal daarom onderdeel moeten zijn van de beleidsvoorbereiding. Ook is nodig om via een rijksinpassingsplan de ruimte beschikbaar te krijgen als bestemming voor een transformatorstation. Per 400 MW zullen de kosten van een transformatorstation afhankelijk van de technische uitwerking variëren van enkele miljoenen tot 10 miljoen euro. Gezien de ruimtelijke en economische consequenties wordt aanbevolen om bij nieuwbouw van een transformatorstation voor radiale verbinding rekening te houden met andere toekomstige verbindingen van windparken (bij stopcontacten gebeurt dat automatisch).
13. Voor wat betreft verbinding met het (toekomstige) 380 kV station Beverwijk zijn belangrijke onderwerpen voor overleg (1) de kruising van de zeekering met de beheerder, (2) de mogelijkheden voor de doorvoer van een kabel over het terrein van Tata Steel en (3) de mogelijkheden voor de bouw van een transformatorstation op het terrein van Tata Steel, en (4) de bouw van een transformatorstation met de gemeente. Op basis van tracéstudies kan geconcludeerd worden dat er meerdere tracés mogelijk zijn om het station Beverwijk vanaf de kust te bereiken. Er zijn meerdere aanlandingspunten langs de kust mogelijk hetgeen wel invloed heeft op de benodigde kabel lengte. Een geboord tracé vanaf Wijk aan Zee heeft de voorkeur van Eneco voor verbinding Q4/Q4 West. Op dit tracé kunnen meerdere kabels worden gelegd onder of naast elkaar. Naar verwachting zal met een 220 kV-kabel de elektriciteit van de windparken aan land gebracht worden. Er dient daarom (als voorwaarde) ruimte gevonden te worden voor een transformatorstation van 220 kV naar 380 kV. In de nabijheid van het station Beverwijk is hier ruimte voor, maar dit dient met de gemeente afgestemd te worden. Indien aan deze voorwaarde wordt voldaan, is er geen lock-in situatie. Tevens wordt, ter overweging, aanbevolen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (of een 380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen) om herhaalde overlast te beperken.
14. Verbinding met het (toekomstige) 380 kV station Vijfhuizen voor windparken op zee is niet eenvoudig, maar lijkt vooralsnog haalbaar. Het vinden van een tracé is echter een flinke uitdaging. Een mogelijke optie zou kunnen zijn om het geboorde tracé door het duingebied te bundelen met de provinciale weg (Zeeweg, N201) of de

spoorlijn Haarlem-Zandvoort (minimale afstand 20 m bewaren in verband met elektromagnetisch veld). Als voorwaarde geldt de veiligstelling van het grondwaterbeschermingsgebied waarvoor met het verantwoordelijk waterleidingbedrijf en met de provincie afspraken gemaakt moeten worden. Ook is het van belang om een goed tracé te vinden onder of rondom het stedelijk gebied van Haarlem. Naast het station Vijfhuizen lijkt ruimte beschikbaar voor een transformatorstation, maar ervaring met Randstad 380 kV Noord leert dat inpassing op bezwaren stuit, en dit moet bestuurlijk worden afgestemd. Er is op korte termijn een gedetailleerde locatiestudie nodig om de aandachtspunten nader te onderzoeken en mogelijke kabeltracés te identificeren. Tevens wordt, ter overweging, aanbevolen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (of een 380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen) om herhaalde overlast te beperken.

15. Met betrekking tot verbinding op het bestaande 380 kV-station Wateringen. Op basis van tracéstudies kan worden geconcludeerd dat er meerdere tracés mogelijk zijn om het station Wateringen vanaf de kust te bereiken. Een grotendeels geboord tracé vanaf Kijkduin heeft de voorkeur van Nuon en Dong. Naar verwachting zal elk windpark met een 220 kV-kabel worden verbonden. Het landtracé wordt door Nuon en Dong ontwikkeld voor 3 windparken en er wordt dus ruimte gezocht voor 3 verbindingen van 220 kV. Er dient (als voorwaarde) ruimte gevonden te worden voor een transformatorstation van 220 kV naar 380 kV. Direct aan de kust lijkt de ruimte voor een transformatorstation beperkt door de hoge bebouwingsdichtheid. Er is ruimte op de sportvelden ten zuiden van de Machiel Vrijenhoeklaan, maar het is niet waarschijnlijk dat de gemeente die gronden zal afstaan en het zal tot grote maatschappelijke weerstand kunnen leiden. Naast het station Wateringen lijkt er voldoende ruimte te zijn; de inpassing dient bestuurlijk afgestemd te worden. Indien aan deze voorwaarde wordt voldaan, is er geen lock-in situatie. Tevens wordt, ter overweging, aanbevolen om een voorinvestering te doen waarbij meerdere verbindingen in één keer worden gerealiseerd (of een 380 kV-kabel of meerdere mantelbuizen) om herhaalde overlast te beperken.
16. Verbinding met het bestaande 380 kV-station Maasvlakte vooralsnog haalbaar, maar er is een locatiestudie nodig om de aandachtspunten nader te onderzoeken en mogelijke kabeltracés te identificeren. Bij benadering met een kabel vanuit het noorden dient de zeer diepe vaargeul van de Nieuwe Waterweg en de Yangtzehaven te worden gekruist. Benadering vanuit de zuidkant lijkt daarom het meest aantrekkelijk maar dan wordt het Natura 2000-gebied Voordelta (slechte staat van instandhouding) doorsneden.
17. Verbinding met het bestaande 380 kV-station Borssele lijkt vooralsnog haalbaar, maar er is een locatiestudie nodig om de aandachtspunten nader te onderzoeken en mogelijke kabeltracés te identificeren. De kabel kan via een diepe boring onder de vaargeul en dan via de Westerschelde naar zee lopen, maar een waarschijnlijk goedkoper alternatief is een tracé over land richting Westkapelle/Domburg.
18. Inpassing op het landelijk 380 kV-net. In deze studie is op basis van input van TenneT verondersteld dat de inpassing van 1000 MW op één aansluitstation van het landelijk hoogspanningsnet mogelijk is. Specifiek voor Maasvlakte en Borssele wordt vastgesteld dat de inpassing van 1000 MW op de grenzen van de

netwerkcapaciteit stuit en er mogelijk congestieproblemen optreden (voor Borssele zijn die opgelost zodra de Zuid West 380 kV-transportverbinding wordt gerealiseerd). In de praktijk blijkt dat marktwerking op de energiemarkt ertoe leidt dat fossiele centrales afregelen bij een groot aanbod wind. Er is behoefte aan aanpassingen in de regelgeving zodat beter met capaciteitsproblemen kan worden omgegaan.

19. Met 380 kV-kabels is het aantal kabels en daarmee de breedte van het tracé minder dan bij 220 kV-kabels. De magnetische veldsterkte van het totale kabeltracé is afhankelijk van de ligging van de kabels en de stroom door de kabels (en zal project specifiek berekend moeten worden). Bij een kabeltracé is er aan maaiveld een zone waarbinnen het elektromagnetische veld groter is dan 0,4  $\mu$ T. De breedte van deze zone moet per situatie worden berekend en is afhankelijk van locatie specifieke eigenschappen van de ondergrond, het aantal kabels, de diepteligging, de installatie wijze en de stroom door de kabels (welke kleiner wordt bij hogere spanning).
20. Proceduretijden. De realisatie van kabeltracés en stations vereist het doorlopen van een aantal stappen (tracéstudie, vergunningen, contracting & engineering, levertijd componenten, bouw stations zee en land, kabelleggen). Het traject van vergunningverlening en het verkrijgen van gronden beslaat een belangrijk deel van de totale doorlooptijd. Maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak is van groot belang voor een vlot verloop van de procedures en voor het voorkomen c.q. beperken van beroep. Het is daarom van belang om bij de keuze van het tracé en de locatie van het (eventueel benodigde) transformatorstation, natuurgebieden en bebouwing zoveel mogelijk te vermijden en hinder voor verkeer en omwonenden zoveel mogelijk te beperken. In de praktijk blijkt dat een vlotte en zorgvuldige voorbereiding van de procedures, inclusief overleg met belanghebbenden, de doorlooptijd van het bestuurlijk-juridisch traject beperken.
21. Vanuit de natuur- en gebruiksfuncties op zee zijn geen significante belemmeringen te verwachten ongeacht de opties. Eventuele negatieve effecten zijn te mitigeren. Wel heeft bundeling van kabels (in ruimte en tijd) de voorkeur in bestuurlijk en juridisch opzicht en vanuit andere functies op de Noordzee (visserij en recreatievaart, natuurbelasting en ruimtebeperking voor andere infrastructuur in de bodem). Een aandachtspunt zijn de veiligheidsafstanden tussen kabels; in sommige gevallen is het mogelijk dat de veiligheidsafstanden kleiner zijn dan de gebruikelijke veiligheidsafstand van 500 m aan weerszijden. Er dienen dan vooraf afspraken te worden gemaakt met de overige kabelexploatanten of de kabels moeten in beheer zijn bij één partij (in de praktijk blijken dit soort afspraken niet eenvoudig). Om het proces van proximity agreements te versoepelen kunnen in de tender, vergunning of het ruimtelijk besluit voorwaarden worden opgenomen of kan tussen windparkontwikkelaars en de overheid een intentieovereenkomst worden afgesloten. In de tender, vergunning, ruimtelijk besluit of intentieovereenkomst moet worden vastgelegd welke maximale onderlinge afstand tussen kabels door windparkontwikkelaars moet worden geaccepteerd.
22. Ontwikkeling van windparken in de 12-mijlszone. In de 'Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone' zijn vier gebieden langs de kust van Noord- en Zuid-Holland en Zeeland aangewezen als zoekgebied voor ontwikkeling van windparken op zee in de 12-mijlszone. Van de vier beschouwde



zoekgebieden zal naar verwachting alleen het gebied voor de kust tussen Zandvoort en Katwijk aan Zee faciliterend kunnen werken voor een net op zee.

23. Concrete windenergiegebieden. Indien een aantal parken radiaal wordt aangesloten, is mogelijk een schaalstap naar een net op zee niet meer haalbaar; de voordelen van economy of scale kunnen dan verloren gaan. Dit zal leiden tot hogere kosten. De economische waarde van een stopcontact is afhankelijk van de nabijheid van een cluster van toekomstige windparken dat op het stopcontact zal aansluiten. Beleidsmatig kan de keuze worden gemaakt om te starten met de ontwikkeling van windparken en de realisatie van (radiale) verbindingen die geheel autonoom bedreven worden, omdat de afstand tot een volgend cluster zo groot is dat een stopcontact niet van toepassing is. Aan de andere kant kan er ook gekozen worden om te beginnen met een cluster waarvan zeker is dat een stopcontact een verstandige keuze is. In beide gevallen is, nu meer inzicht is in de technisch-economische aspecten van een stopcontact op zee, een vertaling naar de gereserveerde ruimte voor windenergiegebieden van belang.
24. Europees net. Een Europees netwerk op zee zou voordelen kunnen bieden met betrekking tot energie-uitwisseling en leveringszekerheid. Technisch gezien is het mogelijk om het windenergiegebied Borssele te verbinden met de in ontwikkeling zijnde Belgische energie-eilanden. België houdt in het ontwerp van het net geen rekening met de capaciteit van Nederlandse parken in het windenergiegebied Borssele. Ook is de verbinding tussen windparken in de Hollandse Kust of in IJmuiden-Ver met Engelse windparken technisch gezien mogelijk. De verbinding van internationale windparken is juridisch echter zeer complex. Op dit moment loopt er een onderzoek naar de technische, financiële en juridische haalbaarheid van een verbinding tussen windparken in twee verschillende landen (TKI Wind op Zee).

### **6.3 Conclusies vooral gerelateerd aan organisatorische en financiële aspecten**

25. Op korte termijn is de zekerheid van een tijdig gerealiseerde verbinding voor de windparkontwikkelaars en financiers van de eerstkomende windparken essentieel. Financiers van windparken zullen het tijdigheidsrisico inprijzen in financieringsvoorwaarden als er geen volledige zekerheid is over realisatie van verbindingen. Bezien vanuit een korte tijdshorizon voor de eerste tender (2015) heeft het daarom voordelen om de individuele windparkontwikkelaars de verantwoordelijkheid toe te bedelen voor de aanleg en het beheer van de verbinding.
26. Indien voor de tender van 2015 wordt besloten tot radiale aansluiting van een vergund windpark uit Ronde 2 en ontwikkelaars zelf het kabeltracé te laten ontwikkelen, kan worden overwogen om de ontwikkelaars te verplichten op land reeds een verbinding voor meerdere windparken te realiseren (direct realiseren van kabelverbindingen of alleen mantelbuizen waardoor later kabels getrokken kunnen worden) en hun daarvoor financieel te compenseren. De financiële compensatie voorkomt dat een partij nadelig wordt beïnvloed in de tender. Deze optie is alleen mogelijk wanneer alle juridische, organisatorische en financiële aspecten van deze samenwerking en financiële compensatie in de tender en vergunning duidelijk zijn vastgelegd.

27. Kostenvoordelen van netbeheerder. Bij een vergelijking van de kosten van alleen technische componenten liggen de verschillen tussen radiale verbindingen en een netwerk binnen de onzekerheidsmarges. Echter, gezien vanuit de mogelijkheden in organisatie en financiering bij stopcontact op zee of op land zijn er kostenvoordelen te behalen wanneer de netbeheerder integraal verantwoordelijk wordt gemaakt voor de verbindingen. Het gaat hierbij om 1) lagere financieringskosten, 2) lagere afschrijving doordat kan worden uitgegaan van een langere gebruikstermijn van de platforms en kabels, 3) inherente redundantie (minimaal 50%), 4) kostenreductie door grootschalige inkoop (door zekerheid te creëren bij fabrikanten met betrekking tot afname over een termijn van meerdere jaren), 5) standaardisatie en leereffecten, 6) centraal onderhoud en beheer. Bij alle vermelde kostenvoordelen geldt, hoe meer aangesloten vermogen, hoe groter de voordelen.
28. Gezien vanuit een lange tijdshorizon heeft het duidelijke voordelen om de landelijke netbeheerder de verantwoordelijkheid toe te bedelen voor de aanleg en het beheer van een net op zee. Op lange termijn zijn namelijk voordelen te behalen ten aanzien van netstabiliteit, leveringszekerheid, planologische coördinatie, financieringslasten, standaardisatie en gepaard gaande kostenreductie.
29. Redundantie. Het maken van extra kabelverbindingen waardoor volledige N+1 redundantie kan worden verkregen, wordt met het oog op de kosten van zee kabelverbindingen niet haalbaar geacht. Wel haalbaar is een kabelverbinding met beperkte capaciteit tussen twee windparken die beide met een enkele kabelverbinding zijn aangesloten op het hoogspanningsnet.
30. Volgordelijkheid. De volgordelijkheid van een net op zee is van belang; dat betekent dat de verbinding gerealiseerd moet zijn voordat de windturbines van het windpark geïnstalleerd kunnen worden. Daarnaast is het van belang dat het wettelijk kader duidelijk is voor sluiting van de tender. Dit betekent dat duidelijk moet zijn of de tender uitgaat van aansluiten door middel van een stopcontact of een radiale verbinding. De kern is dat er op tijd een stabiel investeringsklimaat moet zijn, anders wordt deze instabiliteit ingeprijsd in de tender. Als het risico te groot is dan zullen partijen geen bod uitbrengen. Als er een net op zee komt, dan moeten alle voorwaarden van tevoren helder zijn (wettelijk kader, aansprakelijkheidsregelingen, etc.).

## LITERATUUR

ARCADIS: MER en Passende beoordeling windparken en kabeltracé Gemini (Typhoon offshore), 2012

ARCADIS: Milieueffectstudie Kabels en Leidingen Waddengebied, oktober 2013

Brochures kabelfabrikanten

CIGRÉ: "483 - Guidelines for the design and construction of AC offshore substations"

CIGRÉ: "379 – Update of service experience of HV underground and submarine cable systems", April 2009

Crown Estate: Submarine cables and offshore renewable energy installations, Proximity Study, Revision 5.0/24-04-2012

Ecofys: Project kabel op zee, januari 2009

Ecofys: Analyse netverbinding Q4/Q4 West, Helmveld en Brown Ridge Oost, 2012

Elia Group: Presentatie stopcontact op zee voor Europese landverbinding van windenergie, 26 november 2013, Northsea Energy Industry 2020 Rotterdam

Guidelines for assessment of investment cost for offshore wind generation

NSCOGI/ENTSO-E: Offshore Transmission Technology, 24-11-2011, update 16-10-2012

KEMA: Kwantificeren kostenverschillen: landelijke netbeheer versus private partijen, 15-12-2009

KEMA: Connect 6000 MW, Bestuurlijke aandachtspunten aanlanding elektrische infrastructuur offshore windparken, februari 2004

KEMA: Presentatie Netbeheer op zee, Kwantificeren kostenverschillen: landelijk netbeheerder versus private partijen, 15 december 2009

KEMA: Verbinding van 6.000 MW offshore windvermogen op het Nederlandse elektriciteitsnet Deel 1: Net op zee, 29 oktober 2003

RWS: Richtlijnen Vaarwegen 2011

RWS: Richtlijn Boortechnieken RWS 2004

Ministerie IenM: Structuurvisie buisleidingen 2012-2035

Ministerie IenM: Structuurvisie Wind op Zee (concept)

Ministerie IenM: Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone,  
juni 2013

SER: Energieakkoord voor Duurzame Groei 2013

SenterNovem/TU Delft: Elektriciteitsinfrastructuur op zee voor 6000 MW windvermogen,  
afstudeeronderzoek Jord Engel in samenwerking met, juni 2004

Technisch Rapport Duinwaterkeringen

Witteveen+Bos: Voorkeursalternatief en varianten onshore kabeltracé Q4 (west), 2014

[www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)

## **BIJLAGE: JURIDISCHE ACHTERGROND**

Deze bijlage bevat een juridische analyse van publiekrechtelijke wet- en regelgeving en de daarmee verbonden procedures en toestemmingen die van toepassing zijn op het verbinden van windparken op zee met het landelijk hoogspanningsnet. De aanleg en exploitatie van de windparken blijft in deze analyse buiten beschouwing. Waar dat in de analyse van belang is, zal worden ingegaan op de juridische/procedurele consequenties van de verschillende technische opties.<sup>16</sup> Ook zal aandacht worden besteed aan het toepassingsbereik van de wetten en regels in relatie tot de Nederlandse exclusieve economische zone (EEZ), de 12-mijlszone (territoriale zee, TZ), en het gemeentelijk en provinciaal grondgebied (kilometerzone, vaak één kilometer).

Allereerst wordt ingegaan op de kaderstellende nationale wet- en regelgeving op het gebied van het omgevingsrecht. Daarna wordt een vergunningenoverzicht gepresenteerd waarin ook gemeentelijke en provinciale toestemmingen worden behandeld.

### **I Nationaal Juridisch kader**

#### **Wet ruimtelijke ordening (inclusief rijkcoördinatie)**

Op grond van de Wet ruimtelijke ordening (hierna Wro) moeten gemeenten voor hun grondgebied een bestemmingsplan vaststellen, waartoe ook de ondergrond en de zone 1 km in zee behoort. Het aanleggen van een kabel zal dus binnen het bestemmingsplan moeten passen. Indien de aanleg planologisch niet is toegestaan, moet het bestemmingsplan worden aangepast of moet een omgevingsvergunning op grond van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo, waarover later meer) worden afgegeven die de afwijking mogelijk maakt.

Buiten de zone 1 km in zee maar binnen de EEZ heeft de gemeente ten aanzien van de Wro geen rechtsmacht om een bestemmingsplan vast te stellen. Voor die zone geldt dat het Rijk een Rijksbestemmingsplan *kan* vaststellen. Dat is tot op heden niet gebeurd en zal naar alle waarschijnlijkheid ook niet gebeuren.<sup>17</sup>

Wanneer provinciale of nationale belangen dat rechtvaardigen, voorziet de Wro in de mogelijkheid dat het provinciebestuur of het Rijk een inpassingsplan vaststelt voor een bepaalde locatie of een bepaald tracé. Een inpassingsplan treedt in de plaats van de ter plaatse geldende ruimtelijke (bestemmings)plannen. In de praktijk wordt het instrument inpassingsplan veel gebruikt bij de aanleg van gemeentegrensoverschrijdende infrastructurele projecten. In sommige gevallen is het vaststellen van een rijksinpassingsplan verplicht. Dat volgt dan uit een specifieke wettelijke regeling. Voor zover hier van belang kan in dit verband worden gewezen op de artikelen 9b en 20a van de Elektriciteitswet.

#### **Artikel 9b**

<sup>16</sup> Voor zover hier van belang, worden de volgende technische opties onderscheiden: directe verbinding van windpark op hoogspanningsstation TenneT, verbinding via stopcontact (op zee of land), directe verbinding waarbij gebruik maakt van een van te voren aan te leggen (of aan te wijzen) corridor.

<sup>17</sup> Zie brief 15 juni 2011, nr. IenM/BSK-2011/79314. Hierin geeft de staatssecretaris aan geen gebruik te willen maken van deze bevoegdheid.

1. De procedure, bedoeld in artikel 3.35, eerste lid, aanhef en onderdeel c, van de Wet ruimtelijke ordening, is van toepassing op de aanleg en uitbreiding van:

a. een productie-installatie, met inbegrip van de verbinding van die installatie op een net, met een capaciteit van ten minste 100 MW, indien het betreft een installatie voor de opwekking van duurzame elektriciteit met behulp van windenergie;<sup>18</sup>(...)

#### **Artikel 20a**

1. De procedure bedoeld in artikel 3.35, eerste lid, aanhef en onderdeel c, van de Wet ruimtelijke ordening, is van toepassing op een uitbreiding van het landelijk hoogspanningsnet voor zover het betreft:

a. de van dat net deel uitmakende netten bestemd voor het transport van elektriciteit op een spanningsniveau van 220 kV of hoger en die als zodanig worden bedreven met inbegrip van de verbindingen op die netten,<sup>19</sup> (...)

Uit de verwijzing naar artikel 3.35 lid 1 onderdeel c Wro volgt niet alleen de verplichting tot het opstellen van een rijksinpassingsplan (indien het bestemmingsplan niet voorziet in een verbinding), maar ook tot rijksgecoördineerde besluitvorming. Dit komt er in beginsel op neer dat alle voor de uitvoering van het project benodigde uitvoeringsbesluiten gecoördineerd worden voorbereid. Het ministerie van Economische Zaken is belast met deze coördinatie. Coördinatie houdt in dat alle benodigde vergunningen en ontheffingen voor het project, voor zover deze zijn genoemd in het Uitvoeringsbesluit rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten, inclusief een eventueel inpassingsplan (als daar sprake van is), tegelijkertijd worden opgesteld en ter inzage worden gelegd. Op dat moment kan iedereen daarop een zienswijze geven. De overheden nemen daarna de definitieve besluiten ook weer tegelijkertijd, rekening houdend met de ontvangen adviezen en zienswijzen. Als een burger of organisatie die belanghebbend is bij het besluit het niet eens is met een of meer van de besluiten, kan hij direct beroep instellen bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (ABRS). De rijkscoördinatieregeling kent dus geen bezwaarfase of beroep in twee instanties (eerst rechtbank, dan hoger beroep bij de ABRS).

Bij rijkscoördinatie blijft de initiatiefnemer verantwoordelijk voor een goede projectvoorbereiding en het aanvragen van alle benodigde vergunningen en ontheffingen. De uitvoeringsbesluiten blijven de verantwoordelijkheid van dezelfde overheden als wanneer het project niet door het Rijk gecoördineerd zou worden. De coördinerende minister bepaalt echter, in overleg met de betrokken overheden, wanneer

<sup>18</sup> In de memorie van toelichting bij dit artikel (Kamerstukken vergaderjaar 2007-2008, 31326, nr. 3 p.4) staat over de verbinding van de productielocatie op het net het volgende: "Hoewel vanuit de systematiek van de Elektriciteitswet 1998 de verbinding onderdeel uitmaakt van het net (vgl. CBb 5 november 2003, AB 2004, 299 en CBb 18 juli 2007, nr. AWB 05/591) is in dit wetsvoorstel ook de verbinding op een net van een productie-installatie waarop de rijkscoördinatieregeling van toepassing is onder deze regeling gebracht. Reden hiervoor is dat de verbinding een essentieel onderdeel is voor het functioneren van de productie-installaties. Immers, zonder verbinding kan de opgewekte elektriciteit niet worden getransporteerd. Als de verbinding niet onder het bereik van de rijkscoördinatieregeling voor de productie-installatie zou worden gebracht, zouden voor de realisering van de installatie en de verbinding aparte procedures moeten worden gevolgd. Dit is onwenselijk."

<sup>19</sup> Met de inwerkingtreding van de Crisis- en herstelwet is artikel 20a van de Elektriciteitswet aangepast. In de toelichting bij deze wetswijziging staat het volgende: "Daarnaast wordt met de voorgestelde wijziging buiten twijfel gesteld dat verbindingen voor de toepassing van artikel 20a onderdeel uitmaken van (die delen van) het landelijk hoogspanningsnet waarop zij «aantakken». Gelet op de aard en functie van het landelijk hoogspanningsnet zal dat in de regel om «zware» verbindingen gaan, waarbij sprake zal zijn van complexe besluitvorming en zwaarwegende (algemene) belangen. Zie Tweede Kamer 2009-2010, 32127, nr 3."

alle ontwerpbesluiten en definitieve besluiten genomen worden. Ook verzorgt deze minister de kennisgeving en terinzagelegging van de (ontwerp-)besluiten.

Als een bevoegd gezag niet wenst mee te werken aan het verlenen van een uitvoeringsbesluit heeft de coördinerende minister de mogelijkheid om dit besluit zelf te nemen. In de praktijk wordt hier terughoudend mee omgegaan.

Hieronder zijn de procedures van het rijksinpassingsplan (groene procedure, boven) en van de uitvoeringsbesluiten (gele procedure, onder) schematisch weergegeven.



Figuur 26: Procedureschema rijkscoördinatie

#### *Conclusie en relatie tot opties*

Het rijkscoördinatie regime (RCR) is van toepassing bij een verbinding van een windpark van 100 MW of meer en bij uitbreiding van het landelijk net indien het spanningsniveau 220 kV of hoger bedraagt.

Voor alle opties die in dit rapport worden onderzocht bestaat een verplichting tot gecoördineerde besluitvorming middels RCR. Waar de aanleg en aanwezigheid van het net niet past binnen geldende bestemmingsplannen (op land en tot 1 km in zee) bestaat bovendien de verplichting tot het opstellen van een Rijksinpassingsplan.

De technische opties verschillen van elkaar in de wijze waarop de benodigde verbindingen worden gerealiseerd. Dit heeft ook consequenties voor de procedure. Ter illustratie worden hieronder twee technische opties besproken:

1. Bij een keuze voor de technische optie 'stopcontact op zee', kunnen stopcontact en de verbinding op het hoogspanningsstation in één rijksinpassingsplan worden geregeld. Alle benodigde uitvoeringsbesluiten worden dan gecoördineerd voorbereid.
2. Bij een keuze voor radiale verbindingen zal voor elke verbinding een verplichting gelden tot gecoördineerde besluitvorming en (eventuele) vaststelling van een

rijksinpassingsplan voor het bestemde gebied. Deze optie leidt dan ook tot (veel) meer besluitvormingsprocedures en rechtsbeschermingsmomenten.

### **Natuurbescherming: Flora- en faunawet en Natuurbeschermingswet 1998**

Sinds 1 januari 2014 gelden de Flora- en faunawet (Ffw) en de Natuurbeschermingswet 1998 (Nbw 1998) ook binnen EEZ. Dat betekent dat de effecten van de aanleg en aanwezigheid van verbindingen op zee én op land zullen moeten worden getoetst aan beide wetten. Vóór 1 januari 2014 vond deze toetsing nog plaats in het kader van de Watervergunning op grond van de Waterwet (dáárvoor: vergunning op grond de Wet beheer rijkswaterstaatswerken).

#### *Ffw*

Een Ffw ontheffing zal doorgaans nodig zijn als door de aanleg of aanwezigheid van de verbinding dier- en plantensoorten (op zee en/of op land) worden vernield, verontrust, gedood of verstoord. Voor de specifieke verboden worden verwezen naar de artikelen 8 t/m 12 Ffw. De Ffw is daarnaast van belang bij het vaststellen van een inpassingsplan of bestemmingsplan. In de toelichting bij deze ruimtelijke plannen zal namelijk moeten worden ingegaan op de vraag in hoeverre de Ffw aan de uitvoerbaarheid van het ruimtelijke plan in de weg staat.

#### *Nbw 1998*

Waar het bij de Ffw gaat om de bescherming van soorten, ongeacht de plek waar deze voorkomen, gaat het bij de Nbw 1998 om de bescherming van aangewezen natuurgebieden. Dit kunnen beschermde natuurmonumenten zijn, maar in de meeste gevallen gaat het om de krachtens Europees recht aangewezen Natura 2000-gebieden. Voor de Natura 2000-gebieden strekt het beschermingsregime zich niet alleen uit tot handelingen in de gebieden, maar ook tot handelingen buiten die gebieden die een (significant) negatief effect kunnen hebben op habitats en soorten in die gebieden (externe werking). Wat betreft de effecten op zee kan worden gedacht aan vertroebeling, geluidverstoring bij de aanlegwerkzaamheden, lokale opwarming (microbenthos) en EM-velden. Bij de effecten op land kan worden bijvoorbeeld gedacht aan areaalverlies. Voor dergelijke handelingen zal een Nbw-vergunning moeten worden aangevraagd. Wanneer significante negatieve gevolgen op Natura 2000-gebieden op voorhand niet kunnen worden uitgesloten, is het opstellen van een passende beoordeling (artikel 19e Nbw 1998) noodzakelijk.

Voor zover dat nu kan worden overzien zijn de volgende Natura 2000-gebieden op zee relevant:

- Waddenzee, van belang voor het windenergiegebied ten noorden van de Wadden en Noordzeekustzone
- Voordelta, van belang bij de windenergiegebieden voor Hollandse Kust en Borssele en verbinding op 380 kV station Maasvlakte 2
- Vlakte van Raan, met name van belang bij het windenergiegebied Borssele en verbinding op 380 kV station

Binnen de EEZ zijn daarnaast de Doggersbank, de Klaverbank en het Friese Front aangewezen, maar deze liggen ver van de zoekgebieden, waardoor de aanleg van een



kabel of bouw van stopcontacten naar alle waarschijnlijkheid geen effecten zullen hebben op deze gebieden.

Eenmaal aan land is de kans eveneens groot dat de kabel een of meerdere Natura 2000-gebieden doorkruist. Dit betreft met name de Natura 2000-gebieden in het duin.

- NoordHollands Duinreservaat van belang bij de windenergiegebieden voor Hollandse Kust en IJmuiden Ver en aansluiting bij Beverwijk
- Kennemerland-Zuid van belang bij de windenergiegebieden voor Hollandse Kust en IJmuiden Ver en aansluiting bij Vijfhuizen
- Solleveld & Kapittelduinen van belang bij de windenergiegebieden voor Hollandse Kust en IJmuiden Ver en aansluiting bij Wateringen
- Spanjaardsduin van belang bij de windenergiegebieden voor Hollandse Kust en IJmuiden Ver en aansluiting bij Wateringen
- Westduinpark & Wapendal van belang bij de windenergiegebieden voor Hollandse Kust en IJmuiden Ver en aansluiting bij Wateringen
- Westerschelde & Saeftinghe, met name van belang bij het windenergiegebied Borssele en aansluiting op 380 kV station

De Nbw 1998 is niet alleen van belang in verband met het vergunningenspoor, maar ook bij het vaststellen van een inpassingsplan of bestemmingsplan. Volgens artikel 19j Nbw 1998 moet er namelijk bij het vaststellen van een dergelijk plan rekening worden gehouden met de gevolgen van dat plan voor Natura 2000-gebieden. Zo nodig moet ook in dat spoor een passende beoordeling worden opgesteld.

#### *Conclusie en relatie tot ruimtelijke configuratie en locatie van aansluiting*

Afhankelijk van de te kiezen locatie zullen er meer of minder effecten zijn op beschermde natuurwaarden en meer of minder Natura 2000-gebieden betrokken zijn. Op zee bevinden de relevante Natura 2000-gebieden zich in de Waddenzee, en ten zuiden van de havenmond van de Rotterdamse haven. Op land bevinden de Natura2000-gebieden zich met name in de duingebieden.

#### **Wet milieubeheer/ Besluit milieueffectrapportage**

Uit hoofdstuk 7 van de Wet milieubeheer (Wm) en het Besluit milieueffectrapportage (Besluit m.e.r.) kan worden afgeleid voor welke activiteiten het verplicht is om een milieueffectrapport (MER) op te stellen. In de bijlage bij het Besluit m.e.r. wordt de m.e.r.-plicht gekoppeld aan plannen en besluiten. De regelgeving over milieueffectrapportage is van toepassing binnen de gehele EEZ (artikel 7.2 lid 7 Wm). Hieronder wordt in kort bestek ingegaan op de plan- en de project-m.e.r.-plicht.

#### *Plan-m.e.r.-plicht*

Er zijn twee omstandigheden die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER:

1. Het plan is opgenomen in kolom 3 van onderdeel C of D van de bijlage bij het Besluit m.e.r., én is kaderstellend voor een besluit dat is opgenomen in kolom 4 van onderdeel C of D (artikel 7.2 lid 2 Wm).
2. Het plan maakt activiteiten mogelijk waarvoor op grond van artikel 19j van de Natuurbeschermingswet 1998 een passende beoordeling moet worden gemaakt. Dit

is het geval indien niet op voorhand kan worden uitgesloten dat het plan kan leiden tot significante gevolgen op Natura 2000-gebieden.

Wat betreft omstandigheid (1) kan worden gewezen op categorie D.24.1 van de bijlage bij het Besluit m.e.r. Daaruit volgt dat een plan (bestemmingsplan of inpassingsplan) plan-m.e.r.-plichtig is als het de aanleg, wijziging of uitbreiding van een ondergrondse hoogspanningsleiding betreft met een spanning van 150 kV of meer, én het een lengte betreft van 5 kilometer of meer in een gevoelig gebied. De term 'gevoelig gebied' is in onderdeel A van het Besluit m.e.r. gedefinieerd en omvat – kort samengevat – beschermde natuurmonumenten, Natura 2000-gebieden, gebieden van internationale betekenis ter uitvoering van het verdrag van Ramsar, de ecologische hoofdstructuur (tot drie mijl uit de kust) en de bij provinciale milieuverordening aangewezen milieubeschermingsgebieden. Naar alle waarschijnlijkheid zal er voor alle te overwegen locaties en technische opties sprake zijn van een doorkruising van een gevoelig gebied op zee en/of op land. Daarbij is het aannemelijk dat in veel gevallen ook de lengte van de verbinding door een gevoelig gebied meer zal bedragen dan 5 km. Nu daarnaast sprake is van kaderstelling voor – in ieder geval – de watervergunning die in kolom 4 van categorie D.24 is genoemd, lijkt daarmee voldaan aan omstandigheid (1). Voor wat betreft omstandigheid (2) is van belang of het plan voorziet in activiteiten waarvoor op voorhand niet kan worden uitgesloten dat deze geen significante gevolgen zullen hebben voor beschermde natuurwaarden in Natura 2000-gebieden. Onder verwijzing naar het onderdeel 'natuurbescherming' uit deze analyse lijkt ook aan omstandigheid (2) te worden voldaan.

#### *Project-m.e.r.-plicht / m.e.r.-beoordelingsplicht*

Nu de aanleg van een ondergrondse hoogspanningsverbinding niet in onderdeel C, maar uitsluitend in onderdeel D is opgenomen, bestaat er in zoverre geen directe project-m.e.r.-plicht. Uit categorie D.24.1, kolom 4, van de bijlage bij het Besluit m.e.r. kan worden afgeleid dat de benodigde watervergunning die voorziet in de aanleg van de ondergrondse hoogspanningsverbinding m.e.r.-beoordelingsplichtig is. Anders dan bij de plan-m.e.r.-plicht, geldt hier dat de criteria '150 kV' en '5 kilometer door gevoelig gebied' slechts indicatief zijn. Dit betekent dat het bevoegd gezag voor de watervergunning in alle gevallen moet beoordelen of er belangrijke nadelige effecten kunnen ontstaan die aanleiding geven tot het opstellen van een project-MER.

#### *Conclusie en relatie tot opties*

Vanwege de mogelijke natuureffecten lijkt het opstellen van een plan-MER in het kader van de ruimtelijke besluitvorming noodzakelijk.

Verder zal in het kader van de te verlenen watervergunning moeten worden beoordeeld (m.e.r.-beoordeling) in hoeverre belangrijke nadelige effecten kunnen optreden die aanleiding geven tot het opstellen van een project-MER.

### **Wet algemene bepalingen omgevingsrecht**

De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) geldt niet in de EEZ, maar wel in de territoriale zee, de Waddenzee en op land. Volgens de Wabo is het, voor zover hier van belang, verboden om zonder omgevingsvergunning bouwwerken te bouwen, een werk of werkzaamheden (graven of slopen) uit te voeren in strijd met het bestemmingsplan (voorheen aanlegvergunningstelsel), gronden te gebruiken in strijd met een bestemmingsplan, houtopstanden te kappen en een inrit of weg aan te leggen of te veranderen.

#### *Conclusie en relatie tot opties*

Of een vergunning daadwerkelijk nodig is, hangt voor de meeste handelingen af van het ter plaatse geldende bestemmingsplan of de algemene plaatselijke verordening (APV). Voor de omgevingsvergunning voor het bouwen van bouwwerken (voorheen de bouwvergunning) gelden nationale regels. Voor dit wettelijk kader wordt ervan uitgegaan dat de bouw van een stopcontact en de aanpassing van het hoogspanningsstation, voor zover nodig, in ieder geval vergunningplichtig zijn voor de activiteit bouwen. Voor kabels die buiten industriegebieden worden aangelegd is vrijwel altijd een wabo nodig voor de aanleg.

### **Waterwet**

De Waterwet (Wtw) is van toepassing binnen de gehele EEZ (artikel 1.4 Wtw). Uit de Wtw en het bijbehorende Waterbesluit kunnen diverse handelingen worden afgeleid die met de aanleg en aanwezigheid van de verbinding samenhangen en vergunningplichtig kunnen zijn. Voor de activiteiten op zee wordt in dat verband gewezen op het gebruikmaken van en het verrichten van diverse handelingen (aanleg en bouwactiviteiten) in of op een 'waterstaatswerk' (zie uitgebreid artikel 6.5 onderdeel c Wtw). In het Waterbesluit is expliciet bepaald dat het verboden om zonder watervergunning gebruik te maken van de Noordzee door installaties of kabels en leidingen te plaatsen of neer te leggen (artikel 6.13 lid 1 onder c Waterbesluit). Voor de Waddenzee geldt een vergelijkbaar verbod (zie artikel 6.12 Waterbesluit). Voor de activiteiten op land, specifiek het leggen van de kabel in, op of nabij een waterkering geldt eveneens een vergunningplicht (zie ook artikel 6.5 onderdeel c Wtw).

#### *Conclusie en relatie tot opties*

In alle gevallen zal het aanvragen van een watervergunning noodzakelijk zijn. Zoals uit het vorige onderdeel bleek, zal in het kader van deze vergunning door het bevoegd gezag moeten worden beoordeeld of er belangrijke nadelige effecten voor het milieu kunnen optreden die aanleiding geven tot het opstellen van een project-MER.

### **II Benodigde vergunningen en besluitvormingsprocedure**

Voor de verbinding van windenergie op zee op het landelijk hoogspanningsnet zijn diverse vergunningen benodigd. Enerzijds voor de aanleg van de kabel, anderzijds voor de bouw van stations. Als mogelijke aanlandopties zijn reeds benoemd: 380 kV-stations Borssele, Maasvlakte, Wateringen, Vijfhuizen en Beverwijk. In de onderzoeksfase kan van de volgende vergunningen sprake zijn voor de verbinding van windenergie op zee op het landelijk hoogspanningsnet (geldig voor alle opties).

**Tabel 19: Vergunningenscan**

Vergunning	Vergunningplichtige activiteit
Omgevingsvergunning	Bouw transformatorstations (op zee of op land) Aanpassingen/uitbreidingen 380 kV stations Borssele, Maasvlakte, Wateringen, Vijfhuizen en Beverwijk Kappen van bomen Werk of werkzaamheden uitvoeren in strijd met bestemmingsplan Gebruik/bouwen in strijd met het bestemmingsplan
Watervergunning	Aanleg kabel op of onder zeebodem Aanleg kabel door, onder nabij waterkering. Doorkruisen watergang Bemaling, activiteiten in/op/nabij waterkeringen en/of oppervlaktewater
Ontheffing Flora- en faunawet	Uitvoeren van activiteiten die schadelijk zijn voor beschermde dier- en plantensoorten, zowel op zee als op land.
Vergunning Natuurbeschermingswet 1998	Uitvoeren van activiteiten die schadelijk zijn voor natuurwaarden in beschermde natuurmonumenten en Natura 2000-gebieden
Ontheffing provinciale milieuverordening	Uitvoeren van activiteiten met effecten op provinciale milieubeschermingsgebieden (stiltegebieden, grondwaterbeschermingsgebieden)
Vergunning Spoorwegwet	Uitvoeren activiteiten nabij spoor
Vergunning Provinciale Wegenverordening	Uitvoeren activiteiten nabij provinciale weg
Vergunning Provinciale Scheepvaartwegenverordening	Uitvoeren activiteiten nabij provinciale vaarweg
Ontheffing Wet Luchtvaart ministerie van IenM (Inspectie Leefomgeving en Transport)	Werkzaamheden op, nabij 380 kV station Vijfhuizen, die de toegestane hoogtes overstijgen i.v.m. luchthaven Schiphol

Naast bovenstaande vergunningen zijn uiteraard vergunningen/ontheffingen/meldingen in de uitvoeringsfase noodzakelijk. Deze hebben een beperkte doorlooptijd en worden doorgaans door de aannemer aangevraagd. Gelet hierop worden die toestemmingen in de meeste gevallen ook buiten de hierna te bespreken rijkscoördinatieregeling gehouden waardoor de afzonderlijk openstaan voor bezwaar en beroep.

### Besluitvormingsprocedure

Eerder in deze analyse is bij het onderdeel Wet ruimtelijke ordening al stilgestaan bij de mogelijk van toepassing zijnde rijkscoördinatieregeling. Uitbreidingen van het landelijke hoogspanningsnet op een spanningsniveau van 220 kV of hoger vallen automatisch onder rijkscoördinatie op grond van artikel 20a elektriciteitswet. Voor overige uitbreidingen van het net kan de Minister de rijkscoördinatieregeling van toepassing verklaren op grond van artikel 20c elektriciteitswet.

Indien de rijkscoördinatieregeling van rechtswege toepassing is of indien daarvoor wordt gekozen, worden alle hiervoor genoemde besluiten gecoördineerd voorbereid via de uniforme openbare voorbereidingsprocedure van afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht (Awb). Dit houdt kort samengevat in dat de ontwerpbesluiten voor alle vergunningen en het ontwerp Rijksinpassingplan (als daar sprake van is) tegelijkertijd

worden opgesteld en ter inzage liggen en een ieder daarop binnen dezelfde termijn van 6 weken zienswijzen naar voren kan brengen. Tegen de vastgestelde definitieve besluiten kan bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State in beroep worden gegaan.

In het geval de rijkscoördinatie­regeling niet van toepassing is of wordt verklaard, doorlopen de hiervoor genoemde toestemmingen ieder hun eigen procedure en rechtsgang. Soms is dat de uniforme openbare voorbereidingsprocedure uit de Awb met een beslistermijn van 6 maanden en de verplichting om een ontwerp ter inzage te leggen, en soms is het de kortere procedure van titel 4.1 Awb met een beslistermijn van 8, 13 of 16 weken en met een bezwaarfase. In alle gevallen, behalve voor de Nbw-vergunning, geldt in die situatie dat de beroepsprocedure bij twee instanties plaatsvindt: eerst bij de rechtbank, sector bestuursrecht en in hoger beroep bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State.