

Windenergie op zee *Kansen voor opschaling boven de Wadden*

April 2014



Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
Achtergrondschems van de rapportage	
2. Bestaande plannen (Gemini)	6
Nederlands grootste windpark op zee komt boven de Wadden te liggen	
3. Locatiestudie	7
1. Zee - Boven de Wadden als gunstige en goedkopere locatie op zee	
2. Infrastructuur - De Eemshaven als gunstige locatie: sneller en beter	
3. Beleid - Uitgesproken Groningse ambities voor energie en offshore	
4. Uitbreidingsscenario's	10
Kansen voor opschaling boven de Wadden	
Geraadpleegde bronnen	13
Bijlagen	14
Toelichting op afwegingskader locatiekeuze	
Rekenvoorbeeld 3.000 MW boven de Wadden	

Windenergie op zee

Kansen voor opschaling boven de Wadden

Samenvatting

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft een Ontwerp-Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee opgesteld (december 2013). In deze ontwerp-structuurvisie is onder andere het gebied Ten Noorden van de Waddeneilanden aangewezen voor windenergie.

De provincie Groningen ziet kansen voor de verdere ontwikkeling van offshore wind in Noord-Nederland en in Groningen en de Eemshaven als "Energyport" in het bijzonder en heeft Deloitte gevraagd deze te belichten in dit rapport.

Boven de Wadden wordt het grootste offshore windpark van Nederland gerealiseerd: Gemini. De twee Geminiparken (Buitengaats en ZeeEnergie) zullen samen een vermogen van 600 MW opleveren en worden via de Eemshaven aangesloten op het hoogspanningsnet.

Het gebied boven de Wadden biedt energetische voordelen met potentieel lagere kosten per eenheid opgewekt vermogen.

Aanwezigheid van een goede infrastructuur in de haven en goede verbindingen met het achterland vermindert initiële investeringen bij de aanleg van een windpark. De Eemshaven heeft geïnvesteerd ten behoeve van de offshore windsector en heeft bovendien ruimte gereserveerd. Marktpartijen zien de Eemshaven als goede uitvalsbasis voor offshore windenergie.

Stakeholders in Groningen hebben duidelijke ambities voor de ontwikkeling van de offshore wind sector in de Groningse regio en de mogelijke bediening van Duitse windparken op zee.

Het gebied boven de Wadden is qua windcondities zeer interessant om windenergie te ontwikkelen. Technologische ontwikkelingen, schaalvoordelen door de aansluiting van windparken te clusteren en een integrale aanpak van de stroomaansluiting maken het mogelijk dat bij opschaling de infrastructurele kosten per eenheid opgewekt vermogen afnemen. De combinatie met de relatief gunstige windcondities zorgt voor een concurrerende Levelized Cost of Energy.

Het gebied boven de Wadden kan daarmee energetisch en economisch gezien een flinke bijdrage leveren aan de doelstellingen uit het Energieakkoord. Zeker wanneer hier ruimte wordt geboden voor in totaal 3.000 MW aan windenergie.

De provincie Groningen wil met dit rapport een bijdrage leveren om het aanwijzen van een groter windgebied boven de Wadden door het Rijk mogelijk te maken.



1. Inleiding

Achtergrondschemts van de rapportage

De (ontwerp) Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft een Ontwerp-Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee opgesteld (december 2013). In deze ontwerp-structuurvisie is onder andere het gebied Ten Noorden van de Waddeneilanden aangewezen voor windenergie (zie kader).

Mede op basis van de zienswijzen en diverse adviezen stelt de minister van Infrastructuur en Milieu samen met de minister van Economische Zaken de definitieve Rijksstructuurvisie vast. Ook de provincie Groningen en haar partners hebben zienswijzen opgesteld. In een Nota van Antwoord bij de Rijksstructuurvisie wordt opgenomen of en op welke wijze de zienswijzen in de ontwerp Rijksstructuurvisie en de plan-Milieueffect rapportages zijn verwerkt.

Ontwerp-Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee - Gebied Ten Noorden van de Waddeneilanden (3.3):

“Het aangewezen gebied omvat mede de ruimte die gemoed is met de zogenoemde, reeds afgegeven, ronde 2-vergunningen. Aanlanding van windenergie bij de Eemshaven ligt voor de hand. Er is beperkt scheepvaartverkeer in het gebied, hoge gemiddelde windsnelheid en het ligt op een grote afstand tot de kust.

Het defensie-oefengebied is nodig voor de uitvoering van defensietaken en leent zich vanwege de onveiligheid niet voor permanent medegebruik door windparken.

Verwacht wordt dat er ruimte voor windparken kan worden gevonden nabij huidige olie- en gasplatforms op basis van maatwerkafspraken in de ruimte (mogelijkheden binnen de 5 NM-zone) of tijd (beëindiging van de winning door uitputting van het veld). Daarom wordt in het gebied de ruimte nabij platforms die vanuit andere overwegingen reeds beschikbaar is, aangewezen als windenergiegebied. Indien dit niet gebeurt, kan die ruimte anders niet voor maatwerk benut worden.”

Energie-akkoord voor duurzame groei

In de zomer van 2013 is er door 47 partners onder leiding van de SER het “Energie-akkoord voor duurzame groei” tot stand gekomen. Dit akkoord is nodig om te voldoen aan de Europese doelstelling van 14% duurzame energieproductie in 2020 en 16% in 2023. Een belangrijke bijdrage aan de duurzame energiemix moet komen van offshore wind. In het Energie-akkoord is een taakstelling van 4.450 MW opgenomen in het jaar 2023.

In de Ontwerp Rijksstructuurvisie is ruimte gereserveerd voor windgebieden op zee met een potentieel vermogen van ruim 9.400 MW.

Momenteel heeft Nederland een vermogen van 228 MW aan windparken op zee (5% van de doelstelling). De komende jaren komen daar nog twee windparken bij. Dat zijn Luchterduinen voor de Hollandse kust en het windpark Gemini boven Schiermonnikoog (gezamenlijk vermogen van 729 MW).

Het Rijk zal in samenspraak met andere partijen zorgen voor een evenwichtige belangenafweging ten opzichte van ander ruimtegebruik van de Noordzee bij het aanwijzen van locaties en het voorbereiden van vergunningverlening (incl. MER-rapportages).

Rapport Deloitte

Dit rapport geeft een high level analyse van de kansen voor de ontwikkeling van meerdere windparken ten noorden van de Waddenzee en aansluiting op de Eemshaven.

De inhoud van dit rapport is gebaseerd op publieke bronnen en de geraadpleegde bronnen. Deloitte heeft geen activiteiten uitgevoerd die het karakter hebben van een controle op financiële en economische cijfers en neemt derhalve geen verantwoordelijkheid voor de hardheid en volledigheid van de gepresenteerde informatie.

Afwegingskader Locatiestudie

De selectie van een vestigingsplaats voor bedrijfsactiviteiten is veelal een gevoelig proces. Mede daarom is het belangrijk om de voor- en nadelen van de mogelijke vestigingsplaatsen zo objectief mogelijk te vergelijken. Deloitte Real Estate heeft hiervoor het Location Strategy & Site Selection Framework[®] ontwikkeld. In dit afwegingskader worden de kosten van vestiging op de locaties afgezet tegen de condities van de verschillende locaties. Met condities wordt bedoeld op meer kwalitatieve factoren, zoals de beschikbaarheid van gekwalificeerd personeel, beschikbaarheid van werklocaties en bereikbaarheid.

Het afwegingskader is ook geschikt om de kernkwaliteiten van de Eemshaven in kaart te brengen voor de vestiging en aanlanding van windparken. Bijlage 1 toont dit afwegingskader, waarbij de specifieke wensen en eisen aan windparken en aanlandlocaties zijn bepaald. Het afwegingskader in de Bijlage is ingevuld voor het gebied boven de Wadden als mogelijke locatie voor het windpark en de Eemshaven als potentiële aanlandlocatie.

2. Bestaande plannen

Nederlands grootste windpark op zee komt boven de Wadden te liggen

Boven de Wadden wordt het grootste offshore windpark van Nederland gerealiseerd: Gemini. De twee Geminiparken (Buitengaats en ZeeEnergie) zullen samen een vermogen van 600 MW opleveren en worden via de Eemshaven aangesloten op het hoogspanningsnet.

Park Gemini

Het Gemini windpark wordt het grootste offshore windpark van Nederland. Het betreft twee windparken van elk 300 MW in de gebieden Buitengaats en ZeeEnergie (zie nr. 13 en 15 op de kaart in figuur 1). De windparken liggen ongeveer 55 kilometer ten noorden van Schiermonnikoog.

De elektriciteit wordt opgewekt door 150 windturbines en worden aangesloten op twee offshore converter stations. Vanaf hier gaan er twee exportkabels naar de Eemshaven en sluiten daar aan op het landelijk hoogspanningsnet.

Een totale investering van € 2,8 miljard, goed voor elektriciteit voor 10% van alle Nederlandse huishoudens

Het Gemini windpark zal jaarlijks 785.000 huishoudens van elektriciteit voorzien, dit is ca. 10% van alle Nederlandse huishoudens. Het windpark levert een CO₂ reductie op van 1.250.000 ton (bron: website Gemini).

De totale investering in het park wordt geraamd op € 2,8 miljard. In 2015 zal worden gestart met de bouw van het windpark. In 2017 moet Gemini volledig operationeel zijn. De verwachting is dat er tijdens de bouw 500 fte aan personeel benodigd is en 120 fte tijdens de operationele fase.

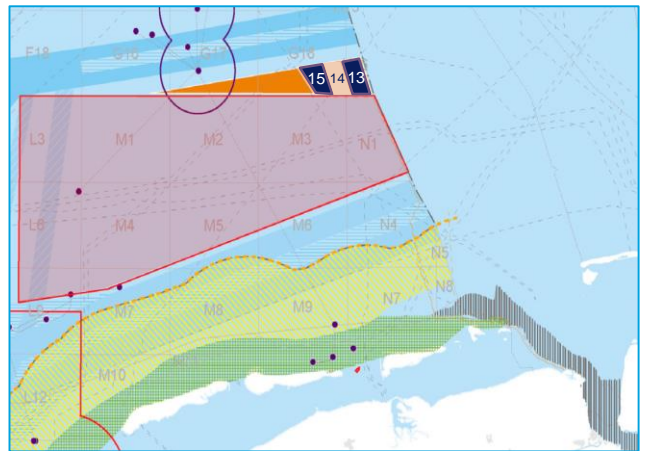
Alle vergunningen en SDE subsidies zijn toegekend

Het windpark heeft alle vergunningen reeds doorlopen en heeft vanuit het Rijk een SDE subsidie toegekend gekregen. Op 4 april 2014 heeft het Gemini consortium een overeenkomst gesloten voor de afname van windenergie met het Zeeuwse energiebedrijf Delta.

De financiering van het project is met behulp van circa 10 internationale banken waaronder de Europese Investeringsbank nagenoeg rond, de financial close wordt op korte termijn verwacht.

De Rijksstructuurvisie wijst gebieden aan voor windenergie

Tussen de twee Gemini windparken Buitengaats en ZeeEnergie ligt Clearcamp met een potentieel vermogen van 275 MW (nr. 14 op de kaart in figuur 1). Daarnaast wijst het Rijk in de Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee een gebied ten westen van Gemini aan (oranje driehoek op de kaart). Dit gebied heeft een maximale grootte van 805 MW. Samen vormt dit een totaal windpark met een vermogen van 1.680 MW.



Figuur 1. Kaart gebied Ten Noorden van de Waddeneilanden
Bron: Ontwerp Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee

De provincie Groningen ziet mogelijkheden om het gebied uit de Rijksstructuurvisie te vergroten

De provincie Groningen pleit voor meer windenergie boven de Wadden omdat dit gebied bij uitstek geschikt is voor windenergie en een groter aandeel binnen de ambities van het Rijk kan leveren.

Het gebied van de Structuurvisie wordt begrensd door het oefengebied van Defensie (rode blok op de kaart); dat is "nodig voor de uitvoering van defensietaken en leent zich vanwege de onveiligheid niet voor permanent medegebruik door windparken".

De provincie Groningen wil een goede afweging tussen de belangen van het defensiegebied en de belangen vanuit energieopbrengsten en kostprijsverlaging van windenergie op zee.

3. Locatiestudie - zee

Boven de Wadden als gunstige en goedkopere locatie op zee

Het gebied boven de Wadden biedt energetische voordelen met potentieel lagere kosten per eenheid opgewekt vermogen.

De locatiekeuze van windenergie op zee is afhankelijk van een aantal factoren. Deze factoren zijn onder te verdelen in factoren op zee en infrastructurele factoren. Daarnaast kan (lokaal) beleid ten aanzien van offshore windenergie van invloed zijn op de locatiekeuze. Factoren voor een locatiekeuze op zee zijn:

1. De windsnelheid op zee
2. Afstanden tot de kust
3. Fysieke omstandigheden van de bodem en zee

Meer wind boven de Wadden heeft exponentieel effect op de opbrengsten uit wind

De formule voor energie uit wind is als volgt:

Energie uit wind

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} * \rho * A * (v)^3$$

Waarbij:

P_{wind}	= Vermogen opgewekt door de wind	[W=J/s]
ρ	= Dichtheid van de lucht	[kg/m ³]
v	= Snelheid van de wind	[m/s]
A	= Oppervlak beschreven door de rotorbladen	[m ²]

De belangrijkste factor in deze formule is de windsnelheid. Omdat deze tot de macht drie staat, kan worden afgeleid dat wind een exponentieel effect heeft op de energie-efficiency en energieopbrengsten. Aan de kust en vooral boven open zee waait het gemiddeld harder dan diep landinwaarts.

Deze inzichten geven de importantie aan van het kiezen van de juiste locatie voor een windturbine. Een locatie op zee heeft ten eerste de voorkeur. Omdat het boven de Wadden significant harder waait, en de variabiliteit van de wind minder is dan ten westen van de Nederlandse kust (zie figuur 2), levert een zelfde windpark in het noorden meer vermogen (ca. 7 tot 15% in vollasturen).

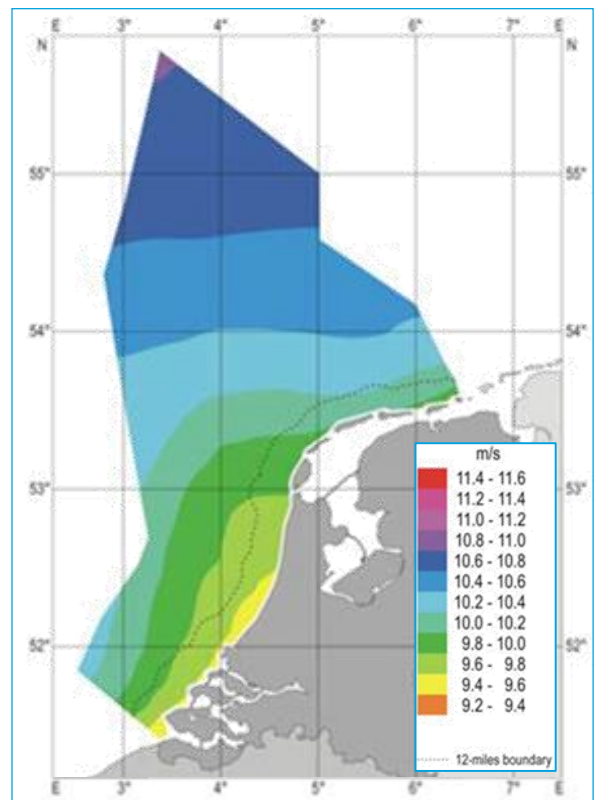
Grotere afstand tot de kust heeft impact op kosten

Waar een grotere afstand tot de kust een positieve invloed heeft op de windsnelheid, heeft deze afstand een negatieve invloed op de kosten en opbrengsten voor de aansluiting. Immers, de afstand die met een kabel moet worden overbrugd tot de aansluiting aan land is groter. De verwachting is dat de invloed van deze factor in de toekomst afneemt (zie hoofdstuk 4). Daarnaast speelt de afstand tot de haven een rol bij de aanleg en service in de exploitatiefase.

Voor de realisatie van de aansluiting naar het land gaat de kabelaanleiding door een kwetsbaar gebied. Dit vergt een zorgvuldige aanpak met zo min mogelijk belasting van het Waddengebied.

Fysieke omstandigheden van de bodem zijn geen beperking boven de Wadden

Andere aspecten die een relatie hebben met de kosten en opbrengsten van wind op zee, zijn onder andere de bodemgesteldheid en waterdiepte. Ontwikkelaars van windparken geven aan dat de grondpositie en zeebodem boven de Wadden goed zijn. TenneT geeft aan dat de zeebodem hier voornamelijk bestaat uit geconsolideerde draagkrachtige zandlagen; de fundaties voor de monopiles hoeven daarom minder diep geheid te worden. Bovendien is de zeebodem buiten de Waddenzee stabiel, er lopen er in tegenstelling tot de zuidelijke Noordzee geen bodemdunnen die kabels kunnen blootleggen. Boven de Wadden is het water iets dieper dan elders in de Nederlandse wateren, maar dat leidt volgens ontwikkelaars met dezelfde techniek tot beperkte hogere kosten.



Figuur 2. Gemiddelde windsnelheid voor de Nederlandse kust
Bron: ECN

3. Locatiestudie - infrastructuur

De Eemshaven als gunstige locatie: sneller en beter

Aanwezigheid van een goede infrastructuur in de haven en goede verbindingen met het achterland vermindert initiële investeringen bij de aanleg van een windpark. De Eemshaven heeft geïnvesteerd ten behoeve van de offshore windsector en heeft bovendien ruimte gereserveerd. Marktpartijen zien de Eemshaven als goede uitvalsbasis voor offshore windenergie.

Ten aanzien van de infrastructuur spelen de volgende factoren een rol:

1. Fysieke kenmerken en bereikbaarheid
2. Planologische ruimte
3. Faciliteiten voor de netbeheerder
4. Capaciteit van het netwerk

Fysieke kenmerken en bereikbaarheid zijn verbeterd, en ruimte is gereserveerd voor bedrijven in de offshore windsector

De haveningang van de Eemshaven is breed en toegankelijk voor grote schepen. De haven beschikt over een goede service infrastructuur en service industrie voor offshore wind- en gasproductie. De Eemshaven faciliteert op verschillende wijzen de ontwikkeling en operaties voor offshore wind. Hiervoor zijn investeringen gedaan en gepland, en is ruimte gereserveerd in de haven:

- Kades worden verzwaard ten behoeve van zwaardere constructies, de Beatrixhaven wordt uitgegraven en een zwaaiakom wordt aangelegd (gereed in 2015).
- Bereikbaarheid en responstijden worden verbeterd door de realisatie van een helikopterplatform. Dit zal begin 2016 gereed zijn en kan gebruikt worden voor de bouw en het onderhoud van windmolens op zee.
- Circa 80 ha. van het bedrijventerrein is 'dedicated to offshore wind', en is gereserveerd voor de offshore windenergie sector.

Planologische procedures zijn al doorlopen voor de aanleg van een kabelstraat

De windparken op zee kunnen vlot worden aangesloten via de Eemshaven. De planologische procedures voor de aanleg van een kabelstraat vanaf het Gemini windpark naar de Eemshaven zijn al doorlopen. Destijds heeft het Rijk een MER uitgevoerd voor Gemini, alsmede een Milieu Effectstudie (MES) voor overige kabels en leidingen (bron MES).

Hoewel er voor iedere nieuwe verbinding tussen windpark en land een nieuwe vergunning moet worden aangevraagd, kan door de reeds uitgevoerde Milieu Effectstudie de doorlooptijd aanzienlijk worden verkort.

Aansluiting van de windparken is op orde in de Eemshaven

TenneT en Groningen Seaports hebben gezamenlijk de energie infrastructuur gerealiseerd in de Eemshaven. Er is capaciteit beschikbaar voor het aansluiten van extra windparken. In feite kan worden gesproken over een 'plug & play' situatie op het hoofdspanningsnet.

- TenneT heeft geïnvesteerd in nieuwe schakelstations, daardoor is voldoende capaciteit op het openbare net of kan vlot worden uitgebreid.
- In het bestemmingsplan van de Eemshaven is rekening gehouden met de realisatie van aanvullende substations en converters. Hier is reeds in geïnvesteerd door Groningen Seaports en TenneT (ca. 18 hectares land is opgespoten en verhoogd ten behoeve van deze stations).
- De Eemshaven heeft twee kabelcorridors (trajecten), beide bieden ruimte aan meervoudige DC en AC kabels.

De betrouwbaarheid van het net is kritisch voor de ontsluiting van windparken. Mede daarom is door TenneT geïnvesteerd in het verder vergroten van de betrouwbaarheid van het energienet van de Eemshaven.

Voor de toepassing van verdere technologische ontwikkelingen, zoals de mogelijkheid om gebruik te maken van HVDC-kabels voor verhoogde transportcapaciteit, gelden geen ruimtelijke beperkingen.

De capaciteit op het 380 kV-netwerk is geen bottleneck

Het uitbreiden van de energieproductie kan leiden tot knelpunten op het netwerk. Bij uitbreiding in de Eemshaven zou dit kunnen gelden voor de noord- en westzijde van de landelijke 380 kV-ring. Het project 'Noord-West 380 kV', een netverzwaring, is hiervoor een oplossing.

Er is echter ruimte ontstaan om de noodzakelijke netverzwaringen gefaseerd aan te leggen. Dit heeft te maken met het uitblijven van investeringen in een nieuwe gascentrale in de Eemshaven en reductie van energie uit de bestaande centrales. Daardoor ontstaan vooralsnog geen knelpunten op het netwerk.

Onderzoek van TenneT hiernaar heeft uitgewezen dat in een eerste fase de aanleg van een 380 kV-verbinding voldoende capaciteit biedt voor de realisatie van windparken boven de Wadden (TenneT, Samenvatting Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2013).

3. Locatiestudie - beleid

Uitgesproken Groningse ambities voor energie en offshore

Stakeholders in Groningen hebben duidelijke ambities voor de ontwikkeling van de offshore wind sector in de Groningse regio en de mogelijke bediening van Duitse windparken op zee.

Eemshaven als uitvalsbasis voor de offshore windenergie sector

Eemshaven als uitvalsbasis voor de offshore windenergie sector. Dat is de ambitie van Groningen Seaports en de provincie Groningen. Om dat te bereiken wordt geïnvesteerd in de infrastructuur in de haven.

Ook op verschillende andere beleidsterreinen wordt door Groningen Seaports, de provincie en andere regionale stakeholders de ontwikkeling van de offshore windenergie sector verder gestimuleerd:

- Groningen Seaports werkt samen met de provincie Groningen en de gemeente Eemshaven aan een testveld voor prototype offshore windturbines. De provincie heeft het gebied hiervoor planologisch aangewezen en ECN en Nuon werken momenteel een plan uit voor het testveld.
- Door te investeren in onderwijs wordt de beschikbaarheid van technisch personeel verbeterd, van MBO tot WO niveau. De oprichting van de Energy Academy Europe (EAE) draagt hier aan bij. Dit is een instituut waar onderwijs, onderzoek en innovatie op het terrein van energie samenkomen. Daarnaast wordt de samenwerking tussen onderwijsinstellingen, Energy Valley en overheden gestimuleerd.
- De provincie heeft haar beleid onder meer vastgelegd in het Projectplan Offshore Wind 2012-2015.

Het resultaat van investeringen en beleid is zichtbaar in de regio. Het netwerk van MKB-ers in de Offshore Wind (NNOW network) is zeer actief en de beschikbaarheid van geschoold personeel op MBO-niveau is verbeterd.

Internationale connectie van de Eemshaven

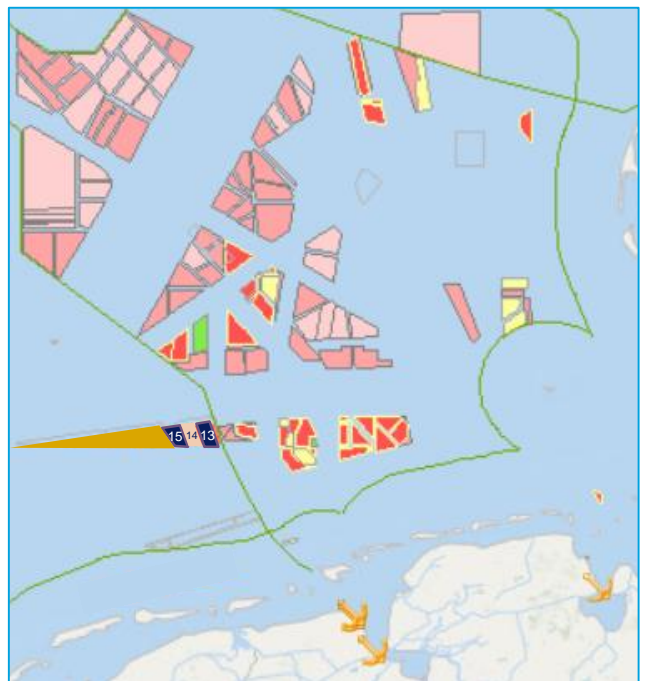
De Eemshaven is gelegen nabij Duitsland. De grens met Duitsland loopt immers vanuit de Eemshaven naar het noordwesten langs Gemini, waardoor Duitse windparken direct ten noorden van de Eemshaven zijn gesitueerd (zie figuur 3). Daarmee is de Eemshaven gunstig gelegen voor het onderhoud van huidige (Borwin en Dolwin clusters) en toekomstige windparken en conversieplatforms op het Duitse continentale plat.

TenneT onderzoekt of het mogelijk is de windparken boven de Duitse kust te servicen vanuit, en aan te sluiten op het net via de Eemshaven. Indien TenneT besluit dit meer vanuit de Eemshaven te doen, dan betekent dit een uitbreiding van het cluster. Een versterking van het offshore cluster in de Eemshaven door de aansluiting van aanvullende Nederlandse windparken kan een rol spelen in deze afweging voor de offshore windsector.

In de huidige praktijk wordt voor de Duitse windparken vaak gebruik gemaakt van de Eemshaven. Zo zijn diverse windparken gebouwd vanuit de Eemshaven. De Eemshaven wordt door marktpartijen gezien als uitstekende uitvalsbasis voor de realisatie en operations van de Duitse en Nederlandse windparken.

Groningen wil niet alleen via de Eemshaven de Duitse windparken faciliteren, maar wil juist ook voor de Nederlandse markt een rol spelen.

De mogelijke komst van een kabelfabriek naar de Eemshaven sluit aan bij deze ontwikkelingen en past bij de ambities van Groningen Seaports en de provincie Groningen.



Figuur 3. De (geplande) windparken ten noorden van Nederland en Duitsland en de grenzen op zee (groene lijnen)
Bron: 4C Offshore

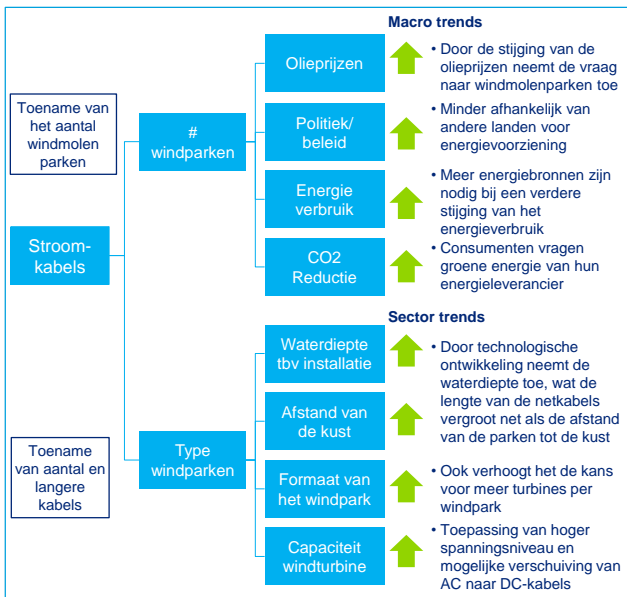
4. Uitbreidingsscenario's

Kansen voor opschaling boven de Wadden

Het gebied boven de Wadden is qua windcondities zeer interessant om windenergie te ontwikkelen. Technologische ontwikkelingen, schaalvoordelen door de aansluiting van windparken te clusteren en een integrale aanpak van de stroomaansluiting maken het mogelijk dat bij opschaling de infrastructurele kosten per eenheid opgewekt vermogen afnemen. De combinatie met de relatief gunstige windcondities zorgt voor een concurrerende Levelized Cost of Energy. Het gebied boven de Wadden kan daarmee energetisch en economisch gezien een flinke bijdrage leveren aan de doelstellingen uit het Energieakkoord. Zeker wanneer hier ruimte wordt geboden voor in totaal 3.000 MW aan windenergie.

Ontwikkeling naar grotere windparken, in dieper water en verder van de kust

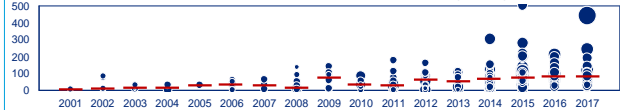
De algemene trend voor de offshore windsector is dat de technologische ontwikkeling zorgt voor schaalvergroting. Windparken worden steeds groter, het aantal molens per park neemt toe. Daarnaast zien wij de ontwikkeling dat windparken op steeds grotere afstand van de kust en daarmee ook in steeds dieper water worden gerealiseerd.



Figuur 4. Markttrends voor offshore kabelaan sluitingen
Bron: EWEA; 4C Offshore, Deloitte Analysis

molens per park

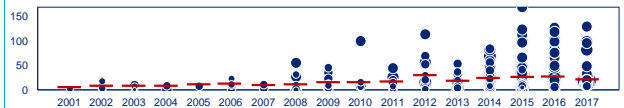
Het aantal windmolens per park neemt toe; schaalvergroting



Nadere analyse leert dat windmolens op steeds diepere locaties worden geplaatst, steeds hoger worden (de windsnelheid neemt meer dan lineair toe met de as-hoogte) en het vermogen van de turbines toeneemt tot 7,5 en 10 MWatt

Kust afstand (km)

De gemiddelde afstand van windpark tot kust neemt toe, toch zijn er nog veel windparken binnen 20 km van de kust



○ = 6 MW vermogen per turbine

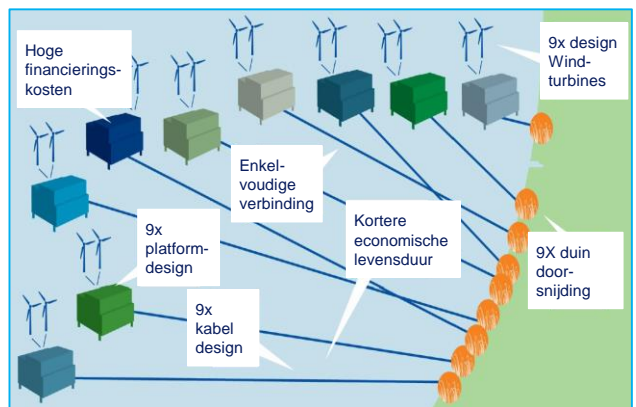
— Mediaan

Figuur 5. Ontwikkelingen windparken in de periode 2001-2017
Bronnen: 4C Offshore oktober 2012, TenneT, Deloitte analyse

Ontwikkeling van enkelvoudige verbindingen naar het land naar clustering en stopcontacten op zee

In de huidige situatie worden de windparken met individuele aansluitingen aan het landelijk net gekoppeld. De Belgische netbeheerder Elia spreekt zelfs van een 'spaghetti-scenario' als op de huidige wijze wordt doorontwikkeld.

TenneT heeft recent een visie netontwerp en uitrolstrategie ontwikkeld, zoals weergegeven in figuur 6.



Figuur 6. Illustratie van ontwikkeling via individuele aansluitingen (locaties zijn fictief weergegeven)

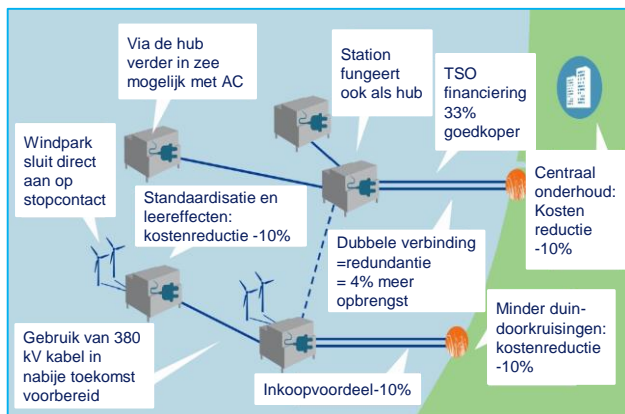
Bron: TenneT

4. Uitbreidingsscenario's

Kansen voor opschaling boven de Wadden

De visie van TenneT beschrijft een aantal huidige knelpunten en toekomstige oplossingen.

Huidige situatie	Toekomstige situatie
Enkelvoudige verbindingen	Dubbele verbinding (hogere betrouwbaarheid)
Per windpark een kabel aanleggen en aansluiten op land	Minder kabels naar de kust en aansluiten op land Efficiëntere aansluitingen naar verder gelegen gebieden
Hoge financieringskosten	TSO financiering 33% goedkoper
Weinig standaardisatie in kabel- en platformdesign	Turbines direct aansluiten op stopcontact, uitsparen verzamelplatforms
Belastend voor de leefomgeving	Minder belastend voor de leefomgeving

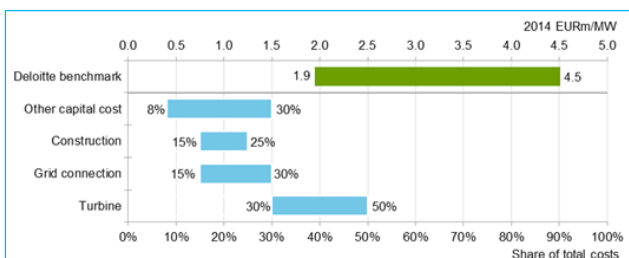


Figuur 7. Illustratie van de toekomstige situatie en ontwikkelingen (locaties zijn fictief weergegeven)

Bron: TenneT

TenneT als netbeheerder op zee

Op dit moment komen de kosten van de aanleg van een aansluiting tussen een windpark op zee en het elektriciteitsnet voor rekening van de exploitant van het windpark. De kosten zijn relatief hoog, ca. 15 tot 30% heeft betrekking op infrastructuur.



Figuur 8. Kosten voor aanleg windpark op zee

Bron: Deloitte, gebaseerd op 40 marktrapporten en 34 projecten

Om te zorgen voor een integrale en geclusterde aanpak, bepleit de markt een centrale regierol voor TenneT. Indien TenneT de verantwoordelijkheid (en financiering) van de netaansluitingen op zee overneemt, dan kan zij over de verschillende projecten heen beoordelen wat de beste oplossing is, technisch én financieel. TenneT zal dan ook zoeken naar synergie en de losse aansluitingen per windpark beperken.

Deze 'socialisering' kan tevens financiële voordelen opleveren en zorgen voor verlaging van de SDE subsidie per geleverd kWh (zie ook TenneT en Taskforce Windenergie op Zee).

Taskforce Windenergie op Zee:

TenneT kan een net op zee realiseren tegen lagere kapitaallasten als gevolg van een veertigjarige afschrijvingstermijn. Ook heeft TenneT een significant inkoopvoordeel ten opzichte van concessiehouders die ieder voor zich een netaansluiting realiseren. De Taskforce schat dit inkoopvoordeel op 10%.

In recente berichtgeving geeft TenneT zelf ook aan deze regierol op zee te willen nemen. 'Nederland dreigt anders een flinke kostenbesparing mis te lopen', stelt ir. Rob van der Hage van TenneT (maart 2014).

Schaalvergroting en clustering van windparken leidt tot kostenreductie, efficiency en versnelling.

Partijen in de sector (onder andere TenneT en ECN) zijn het erover eens dat grotere parken voordeliger zijn in de uitvoering en exploitatie.

Een combinatie met schaalgrootte is het geclusterd en planmatig realiseren van windparken. Het geclusterd ontwikkelen en bouwen kan volgens de markt leiden tot rationalisatie en kostenvoordeel. Met een planmatige aanpak, strategie en uitrol kan dat voordelen opleveren, onder andere in realisatie- en personeelskosten.

Taskforce Windenergie op Zee:

De Taskforce adviseert om een gelijkmatige en seriematige realisatie van de grote concessies en daarmee de leercurve te bevorderen, om tot een lagere SDE-bijdrage te komen. De Taskforce schat in dat het totale ingeschatte effect een daling van de investeringskosten van 6,5% over de periode 2011-2020 (op nominale basis) zal zijn.

Green Deal en Energieakkoord:

Het Energie-akkoord gaat uit van een gemiddelde kostprijsreductie van 40% per MWh, te realiseren over de periode 2014-2014, conform de Green Deal gesloten tussen Rijk en sector.

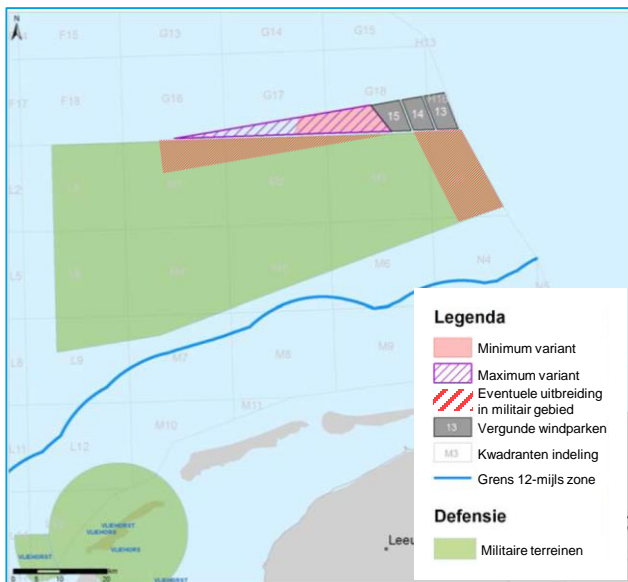
4. Uitbreidingsscenario's

Kansen voor opschaling boven de Wadden

Varianten voor verdere opschaling boven de Wadden

Voor de ontwikkeling van windparken boven de Wadden zien wij drie varianten:

1. In de huidige situatie wordt het windpark Gemini gerealiseerd met een totaalvermogen van 600 MW. Deze plannen Gemini bevinden zich in de afrondende fase (financial close). Keuzes voor realisatie en type aansluiting zijn reeds gemaakt.
2. Verdere ontwikkeling van de aangewezen gebieden uit de Rijksstructuurvisie. Naast Gemini wordt Clearcamp (275 MW) en een gebied ten westen van Gemini (805 MW) gerealiseerd. Een additioneel vermogen van 1.080 MW bovenop Gemini.
3. Een verdere uitbreiding van het gebied over de randen van het Defensiegebied. Een windpark met totaal vermogen van 3 GW, waarbij dus 1.320 MW aan extra windpark wordt gerealiseerd naast de aangewezen gebieden. Er zijn twee mogelijkheden tot uitbreiding:
 - I. Uitbreiding richting het westen.
 - II. Uitbreiding richting zuidoosten.



Figuur 9. Windenergie op zee

Bron: MER Windenergie op zee, bewerkt door Deloitte

Bij een opschaling van het vermogen aan windparken kunnen de infrastructurele kosten per eenheid opgewekt vermogen dalen. De huidige methode van enkelvoudige verbindingen naar de kust is daarbij economisch niet efficiënt en zou gepaard gaan met diverse kabels door het Waddengebied.

Op het moment dat gekeken wordt naar grotere clusters van windparken die seriematig worden aangelegd, kan ook gekeken worden naar een geclusterde aansluiting van de kabels.

Er zijn hiervoor verschillende mogelijkheden die nader onderzocht kunnen worden. Zo pleiten verschillende partijen voor de mogelijkheid een 'Stopcontact op Zee' te realiseren, waarbij er één aansluiting via een converterstation en één kabel naar de kust wordt gelegd.

Uit interviews met marktpartijen en stakeholders blijkt dat verwacht wordt dat een combinatie van schaalgrootte en het geclusterd en planmatig realiseren van windparken kostenvoordelen oplevert en de afstand tot de kust ook minder relevant wordt.

Een kwantitatieve onderbouwing van deze analyse blijkt echter op dit moment lastig. Zo moet bijvoorbeeld de nieuwe regierol van TenneT nog gestalte krijgen. Verder bestaat er grote onzekerheid in de markt voor de toepassing van nieuwe technieken ten behoeve van grootschalig geclusterde netaansluitingen. Naarmate de kabelaansluiting specialer wordt, zijn er minder partijen op de markt die dit kunnen (oligopolie). De huidige productiecapaciteit van dergelijke kabels wordt beschouwd als een bottleneck, waardoor betrokken partijen terughoudend zijn met kwantitatieve (kosten)schattingen.

Rekenvoorbeeld 3.000 MW boven de Wadden

De provincie Groningen heeft berekend wat een windpark van 3.000 MW boven de Wadden aan SDE+ besparing zou opleveren. Deze berekening is gebaseerd op de volgende aannames:

1. Gelijke kosten (gelijke Levelized Cost of Energy, €/kWh).
2. Een kostprijs van 10 cent/kWh in 2020.
3. Een prijs van grijze elektriciteit van 4 cent/kWh en daarmee een SDE van 6 cent/kWh in 2020.
4. Een doelstelling in TWh (of PJ) in plaats van MW.
5. Een aanpassing van het huidige systeem van de vollasturen-cap.

Op basis van deze aannames en de vollasturen voor boven de Wadden en de Hollandse Kust, komt deze berekening op een SDE+ besparing van ruim € 725 miljoen over 15 jaar.

Met een andere aanname voor de grijsprijs (6 cent i.p.v. 4 cent/kWh) is de SDE+ besparing berekend op € 485 miljoen.

Zie de Bijlage voor verdere onderbouwing van de aannames.

Het gebied boven de Wadden kan energetisch en economisch gezien een bijdrage leveren aan de doelstellingen uit het Energieakkoord. Zeker wanneer hier ruimte wordt geboden voor in totaal 3.000 MW aan windenergie.

Geraadpleegde bronnen

- Bestuurlijk Overleg Noord-Nederland en de stichting Energy Valley, Switch noordelijke energie agenda, 2014
- Deloitte Denmark, analysis offshore projects based on IRENA 2012
- De Ingenieur, webartikel "TenneT wil regierol op zee", 20 maart 2014
- Elia, High-voltage grid in the North Sea, A vision for the future, 2014
- European Network of Transmission System Operators for Electricity (NSCOGI), Offshore Transmission Technology, 2011
- Green Deal van Nederlandse Wind Energie Associatie met de Rijksoverheid, 2011
- Groningen Seaports, Zienswijze op het voornemen Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee, 29 april 2013
- Ministerie van Economische Zaken, Milieueffectstudie Kabels en Leidingen Waddengebied, 2013
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ontwerp Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee, 2013
 - Zienswijzen ontwerp Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee:
 - Provincie Groningen, 18 februari 2014
 - Groningen Seaports, 17 februari 2014
 - Energy Valley, 19 februari 2014
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Notitie Reikwijdte en Detailniveau, 2013
 - Zienswijzen op Notitie Reikwijdte en Detailniveau Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee:
 - Provincie Groningen, 7 mei 2013
 - Energy Valley, 1 mei 2013
 - Groningen Seaports, 29 april 2013
- Provincie Groningen, Projectplan Offshore Wind 2012-2015, 2011
- Rabobank, Reaching EUR 10c /KWh... - 10 Ways to cut subsidies in offshore wind, 2011
- RWS Water, Verkeer en Leefomgeving, Milieueffectrapport Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee, Ten Noorden van de Waddeneilanden, 2013
- Taskforce Windenergie op Zee, Eindrapport Taskforce Windenergie op Zee, 2010
- TenneT, Visie Netontwerp en uitrolstrategie (Concept presentatie), 2014
- TenneT, 'Voor de Zekerheid', Samenvatting Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2013, 2013

Geraadpleegde websites:

- 4C Offshore (<http://www.4coffshore.com/offshorewind/>)
- Gemini (<http://www.gemini-wind.eu/>)

(Telefonische) interviews en informele consultatie:

- Blix Renewable Energy BV
- Boskalis
- Deloitte
- ECN
- Energy Valley
- Groningen Seaports
- Provincie Groningen
- TenneT
- Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI)
- Typhoon
- Van Oord
- VSMC

Bijlagen

- 1. Afwegingskader locatiestudies**
- 2. Rekenvoorbeeld 3.000 MW boven de Wadden**

Bijlage 1

Toelichting op afwegingskader locatiekeuze

Deloitte Real Estate heeft het Location Strategy & Site Selection Framework[®] ontwikkeld. Dit is een afwegingskader op basis waarvan locaties op objectieve criteria kunnen worden vergeleken op aantrekkelijkheid voor vestiging. De methodiek is ook geschikt om de kernkwaliteiten van de Eemshaven in kaart te brengen voor de vestiging en aanlanding van windparken.

Bij de locatiekeuze van wind op zee dienen de kosten en condities van verschillende locaties te worden vergeleken. De condities, of kwalitatieve factoren, zijn onder te verdelen in zee, infrastructuur en beleid, zoals weergegeven in figuur 10.

Factoren relevant voor zee zijn de windsnelheid op zee, afstanden tot de kust en fysieke omstandigheden van de bodem en zee. Factoren relevant voor infrastructuur zijn fysieke kenmerken en bereikbaarheid, planologische ruimte, faciliteiten voor de netbeheerder en capaciteit van het netwerk. Factoren relevant bij beleid zijn de aanwezigheid van een cluster, in termen van bedrijven, kennis en talent.

Voor iedere factor geldt dat de score wordt bepaald door de mate waarin de locatie voldoet aan een aantal indicatoren. Bij voorkeur zijn deze indicatoren objectief waar te nemen. Het onderstaande afwegingskader toont het afwegingskader voor windparken en aanlandplaatsen.

Voor het gebied boven de Wadden en de Eemshaven zijn de factoren geanalyseerd op hoofdlijnen. Dit heeft geresulteerd in waardering in de vorm van een groene, oranje of rode kleur. Groen betekent dat de locatie goed scoort op de factor, bij oranje is dit beperkt het geval en bij rood scoort de locatie slecht.

De analyse leert dat het gebied boven de Wadden voor wat betreft het windpark op zee goed scoort voor wat betreft windkracht op zee en de fysieke gesteldheid. De meest geschikte locaties zijn echter wat verder van de kust gelegen.

De Eemshaven scoort op infrastructuur ronduit goed omdat de operationele infrastructuur, de planologische inpassing, faciliteiten voor de netbeheerder en capaciteit van het net op orde zijn.

Het beleid van de overheden in de regio is gunstig voor wat betreft het realiseren van een cluster met bedrijvigheid, kennis en talent. De omvang van dit cluster verdient echter aandacht.

Nadere invulling van het afwegingskader kan bovenstaande scores onderbouwen. Deze invulling bestaat enerzijds uit het toekennen van een weging aan de individuele factoren, en anderzijds uit het invullen van de scores van de indicatoren. Dit kan gedaan worden voor meerdere locaties waardoor een objectief beeld ontstaat van de meest gunstige locatie.

Thema's en factoren	Indicator	Bron	Score Eemshaven
Zee (windmolenpark op zee)			
Windsnelheid op zee			
Windkracht	Windkracht in Beaufort	ECN	
Afstand tot de kust			
Afstand tot de kust voor kabel	Afstand windmolenpark tot aanlandplaats	TenneT, Rijksdriehoekscoördinaten	
Afstand tot de kust voor service	Afstand windmolenpark tot service-/onderhoudsplaats	TenneT, Rijksdriehoekscoördinaten	
Fysieke omstandigheden bodem en zee			
Diepte	Diepte van de zee	Ingenieursbureaus	
Bodemgesteldheid	Grondpositie en gesteldheid van de bodem	Ingenieursbureaus	
Infrastructuur (aansluiting op land)			
Operationele infrastructuur aan wal			
Beschikbaarheid 'natte' kavels	Uitgeefbare 'natte' kavels op bedrijventerrein (ha)	Bedrijvenlocaties.nl	
Beschikbaarheid uitgeefbare kavels	Uitgeefbare bedrijfskavels op bedrijventerrein (ha)	Bedrijvenlocaties.nl	
Faciliteiten haven	Faciliteiten voor build & operate	Havenauthoriteit	
Nabijheid helikopterplatform	Afstand tot dichtstbijzijnde helikopterplatform	Google maps, kilometers	
Planologische ruimte			
Kabelstraat	Procedurale vordering kabelstraat	Gemeente	
MER studie	MER studie reeds uitgevoerd?	Gemeente	
Knelpunten	Overige knelpunten voor de aanleg	Gemeente	
Faciliteiten voor de netbeheerder			
Aansluiting	Eenvoud tot aansluiten op hoogspanningsnet	TenneT	
Aanwezigheid van netinfra	Schakelstations, convertors en substations	TenneT	
Capaciteit van het netwerk			
Nabijheid energiecentrale	Afstand tot dichtstbijzijnde energiecentrale	Google maps, kilometers	
Energieinfrastructuur	Aanwezigheid 380kV netwerk	TenneT	
Nabijheid afnemers energie	Aanwezigheid bedrijvigheid en huishoudens	CBS	
Beleid (visie overheid)			
Cluster (bedrijvigheid)			
Aanwezigheid energiecluster	Bedrijventerrein gerelateerd aan energie (#)	Parkmanagement, KvK	
Nabijheid technische opleidingen	Afstand tot dichtstbijzijnde technische MBO	Google maps, kilometers	
	Afstand tot dichtstbijzijnde technische HBO	Google maps, kilometers	
Aanwezigheid MKB	Aantal bedrijven in gemeente	CBS, KvK	
Cluster (kennis en talent)			
Uitstroom technische opleidingen	Jaarlijkse uitstroom technische MBO'ers	Gegevens van opleiding	
	Jaarlijkse uitstroom technische HBO'ers	Gegevens van opleiding	
Beschikbare arbeid	Aantal werklozen	CBS, per provincie	
Aanwezigheid technisch personeel	MBO gediplomeerden met technische opleiding	CBS, per regio	
	HBO gediplomeerden met technische opleiding	CBS, per regio	
Concurrentie om personeel	Aantal vacatures	Werk.nl	

Figuur 10. Afwegingskader windparken op zee en aanlandplaatsen

Bron: Deloitte Real Estate

Bijlage 2

Rekenvoorbeeld 3.000 MW boven de Wadden

De provincie Groningen heeft eerder op basis van beschikbare informatie berekend dat een windpark van 3.000 MW boven de Wadden een SDE+ besparing zou opleveren van ruim 1 miljard euro.

Deze berekening was gebaseerd op de volgende aannames:

1. Gelijke kosten (Levelized Cost of Energy: de kosten per kWh). De investeringskosten boven de Wadden zijn momenteel hoger vanwege de grotere afstand, dit blijkt ook uit de gegevens van die uit het model van de TKI Wind op Zee komen. Wanneer er boven de Wadden grootschalig wordt uitgerold is de verwachting dat deze kosten kunnen dalen. Het rapport van de Taskforce Wind op Zee gaat bij gelijkmatige en seriematige realisatie van grote concessies, uit van een nominale kostendaling van 6,5% als gevolg van rationalisatie, langdurige relaties en inverdieneffecten van herhaling. Uitgaande van een kostendaling van 6,5% zien we in berekeningen van de TKI Wind op Zee, dat de kostprijs van elektriciteit (Levelized Cost of Energy, ofwel LCoE) voor een windpark boven de Wadden dicht bij die van een windpark voor de Hollandse Kust komt. De LCoE gaat dan van € 173/MWh naar € 162/MWh. Een snelle grootschalige uitrol in grote concessies voor de Hollandse Kust ligt niet direct voor de hand, aangezien de ruimte beperkt is en hier meerdere activiteiten plaatsvinden. De kostenbesparing van 6,5% als gevolg van de gelijkmatige en seriematige realisatie van grote concessies valt hier dan ook niet snel te verwachten.
2. Uitgaande van een kostprijs van 10 cent/kWh in 2020. Dit is de kostprijs waar de sector naar toe werkt, zoals ook blijkt uit de Green Deal die is gesloten tussen NWEA en het Rijk en die is herbevestigd in het Energieakkoord voor duurzame groei.
3. Uitgaande van een prijs van grijze elektriciteit van 4 cent/kWh en daarmee een SDE+ van 6 cent/kWh in 2020. Dit is uiteraard afhankelijk van de prijs van grijze stroom in 2020 en die kan niemand voorspellen.
4. Uitgaande van een doelstelling in TWh (of PJ) in plaats van opgesteld vermogen in MW.

5. Uitgaande van een aanpassing van het huidige systeem van de vollasturen-cap, waarbij windrijke gebieden met een hoge elektriciteitsopbrengst nu worden benadeeld vanwege de maximering in de vollasturen.

Op basis van deze aannames en de vollasturen voor boven de Wadden en de Hollandse Kust, komt deze berekening op een SDE+ besparing van ruim € 725 miljoen euro over 15 jaar (looptijd van de SDE+). Immers, wanneer de doelstelling wordt geformuleerd in geleverd vermogen (geleverde elektriciteit) in plaats van opgesteld vermogen, is er minder SDE+ nodig om de doelstelling te halen bij windparken met een hogere elektriciteitsopbrengst.

Het verschil met het eerder door de provincie berekende bedrag van 1 miljard euro is toe te schrijven aan verschillen in gehanteerde vollasturen. Het TKI Wind op Zee model hanteert voor het gebied boven de Wadden 4.007 vollasturen, terwijl eerder gerekend was met een aantal 4.333, bekend vanuit windpark Gemini. Het verschil in vollasturen tussen Boven de Wadden en Hollandse kust is in deze berekening daarom teruggebracht van ca. 15% naar ca. 7%.

Ook met de lagere vollasturen vanuit de TKI Wind op Zee is in deze berekening het verschil nog steeds aanzienlijk. De meest onzekere factor hierin is de prijs van grijze elektriciteit. Wanneer de verhoudingen andersom liggen (grijze elektriciteit 6 ct/kWh en SDE+ 4 ct/kWh) is de SDE+ besparing berekend op 485 miljoen euro.

Voorbeeld berekening:

	Vermogen MW	Vollasturen per jaar	Productie (TWh)	Huishoudens (x 1.000)
Boven de Wadden	3.000	4.007	12,0	3.599
Hollandse Kust	3.000	3.738	11,2	3.357
Verschied		269	0,8	242

Gemiddeld elektriciteitsverbruik/hh	3.34 kWh
Kostprijs wind op zee in 2020	0 ct/kWh
Kostprijs grijze elektriciteit in 2020	10 ct/kWh
SDE+ bedrag in 2020	4 ct/kWh
SDE+ duur	6 Jaar
	15

Jaarlijkse SDE+ besparing	€ 48,4 mln.
SDE+ besparing over looptijd SDE+ subsidie	€ 726,3 mln.

Onderwerp: Windenergie op zee
Kansen voor opschaling boven de Wadden

Datum: 18 April 2014

Kenmerk: 311383692

Opdrachtgever: Provincie Groningen

Verantwoordelijk partner: Frank ten Have

Auteurs: Janko Lindenbergh en Ruben Zonnevijlle

Deloitte.

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, a UK private company limited by guarantee (“DTTL”), its network of member firms, and their related entities. DTTL and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) does not provide services to clients. Please see www.deloitte.nl/about for a more detailed description of DTTL and its member firms.

Deloitte provides audit, tax, consulting, and financial advisory services to public and private clients spanning multiple industries. With a globally connected network of member firms in more than 150 countries and territories, Deloitte brings world-class capabilities and high-quality service to clients, delivering the insights they need to address their most complex business challenges. Deloitte’s more than 200,000 professionals are committed to becoming the standard of excellence.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or their related entities (collectively, the “Deloitte network”) is, by means of this communication, rendering professional advice or services. No entity in the Deloitte network shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this communication.