



Centraal Planbureau

CPB Notitie | 19 april 2011

# **Second opinion MKEA van ruimtelijke opties voor offshore Windenergie**

*Op verzoek van het Ministerie  
van Verkeer en Waterstaat,  
Directie Water*





# CPB Notitie

Aan:

**Centraal Planbureau**  
Van Stolkweg 14  
Postbus 80510  
2508 GM Den Haag

T (070) 3383 380  
I [www.cpb.nl](http://www.cpb.nl)

**Auteur:**  
Eugene Verkade

**Datum:** 19 april 2011

## Second opinion MKEA van ruimtelijke opties voor offshore Windenergie

### 1 Samenvatting

Het CPB heeft een second opinion uitgevoerd over de Maatschappelijke Kosteneffectiviteit van ruimtelijke opties voor offshore Windenergie, opgesteld door Decisio en komt daarbij tot de volgende bevindingen:

- Het rapport over de MKEA is helder geschreven en de berekeningen en uitkomsten, voor zover het CPB deze in detail heeft kunnen nagaan, zijn degelijk onderbouwd.
- De saldoverschillen tussen de projectalternatieven zijn uitermate beperkt ten opzichte van de omvang van het tekort en de onzekerheden in een aantal cruciale posten en bovendien worden zij voor een belangrijk deel ingegeven door de keuze om de inrichting van de projectalternatieven te baseren op opgesteld vermogen. Indien wordt uitgegaan van de opgewekte hoeveelheid duurzame elektriciteit als uitgangspunt in plaats van het opgestelde vermogen dan verkleinen de verschillen tussen de meeste varianten nog verder. De verschillen tussen de KBA-uitkomsten vormen derhalve geen goede basis om een besluit op te baseren welk projectalternatief de voorkeur zou verdienen.
- Hoewel een MKEA primair gaat om het onderling vergelijken van projectalternatieven, passen hier toch enige opmerkingen omtrent het project zelf. Alle projectalternatieven kennen een zwaar negatief maatschappelijk rendement van €11-12 mld in NCW bij investerings- en exploitatiekosten van €25-27 mld euro in NCW. Ook blijft volledig buiten beeld in welke mate de opgewekte energie ten koste gaat van binnenlandse productie van andere typen van energie en is niet duidelijk in hoeverre opgewekte elektriciteit wordt geëxporteerd. Dit is met name essentieel met het oog op de achterliggende doelstelling om energie duurzamer te gaan opwekken. Mogelijk kan het nakomen van internationale afspraken door Nederland andere landen ertoe aanzetten deze afspraken eveneens na te komen.

## 2 Inleiding

De directie Water van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft het CPB verzocht een second opinion te maken van een kosteneffectiviteitsanalyse (KEA) bij “de zoekopdracht om ruimte te vinden voor 3000 MW aan windenergie op de Noordzee voor de Hollandse kust en tenminste 1000 MW in het zoekgebied ten noorden van de Waddeneilanden”. Deze second opinion is gebaseerd op een eindrapport van Decisio van 6 oktober 2010.

## 3 Inhoud KEA op hoofdlijnen

### Achtergrond

De 3000 MW is onderdeel van een bredere doelstelling van het kabinet om 6000 MW aan vermogen voor windenergie in de Noordzee actief te hebben in 2020. Voorliggende KEA vergelijkt de maatschappelijke kosten en baten van varianten met elkaar die verschillen in de locaties waar de 6000 MW aan windturbines op zee wordt geplaatst. De alternatieven variëren in de mate waarop rekening is gehouden met andere functies, zoals scheepvaart, olie- en gaswinning en visserij. Daarnaast verschillen de varianten in de wijze waarin rekening is gehouden met ecologische effecten en de mate waarin ook dichtbij de kust windparken worden geplaatst. Het doel van de KEA is om inzicht te verschaffen in de effecten die optreden bij verschillende locatiekeuzes om deze 6000 MW te realiseren.

### Zes hoofdvarianten

De aanleg van in totaal 6000 MW staat gepland in drie ronden. Een klein deel daarvan met een geïnstalleerd vermogen van 228 MW is in ronde 1 verwezenlijkt. Voor de nabije toekomst zijn er vergunningen afgegeven voor 12 nog aan te leggen parken met een op te stellen vermogen van 950 MW, de zogenaamde ronde 2 windparken. Verondersteld is dat er in elk geval 950 MW operationeel is in 2013.<sup>1</sup> Tussen 2013 en 2018 wordt dan de resterende 4822 MW aangelegd om in 2020 de volledige 6000 MW operationeel te hebben. Wat betreft de locatie voor de ronde 2 en 3 windparken zijn er zes hoofdvarianten ontwikkeld. Deze worden als volgt omschreven:

1. Geen aanpassingen scheepvaartstelsel en verleende vergunningen
2. Extra ruimte voor windenergie met behoud van reeds vergunde windparken
3. Ruimte voor windenergie en veiligheidszones van 2 nautische mijl
4. Grote aaneengesloten windparken
5. Zoveel mogelijk windenergie dichtbij de kust en inpassing ronde 2 vergunningen
6. Als 5, maar met veiligheidszones voor de scheepvaart

*Variant 1* gaat uit van een strikte hantering van de beleidsmatige uitgangspunten van het Nationaal Waterplan/Beleidsnota Noordzee. Het betreft een restrictieve invulling, waarbij alle parken uit de ronde 2 vergunningen ook daadwerkelijk worden aangelegd en het bestaande scheepvaartroutestelsel intact blijft.

In *variant 2 en 3* wordt het scheepvaartroutestelsel wel aangepast om extra ruimte nabij de kust te creëren. In *variant 3* wordt geen rekening gehouden met bestaande vergunningen. Tegenover een gunstige ontwikkeling van investeringskosten en/of exploitatie-resultaten staan dan vooral extra kosten voor de scheepvaart door langere vaarroutes.

---

<sup>1</sup> Inmiddels blijkt er slechts subsidie te zijn toegekend voor 700 MW.

In *variant 4, 5 en 6* wordt de locatie van de parken nog eens gezien met het oog op lagere aanlegkosten. Zowel bundeling (met indien nodig eventueel loslaten ronde 2 vergunningen) als aanleg dicht bij de kust is goedkoper. In het laatste geval zal er sprake zijn van kleine of grotere aanpassingen voor de scheepvaartroutes.

### **Per hoofdvariant 4 invullingen**

Per hoofdvariant wordt een *basisinvulling* gemaakt, waarin rekening wordt gehouden met ecologische restricties, in het bijzonder de instandhoudingsdoelstelling (normen) van broedkolonies in natura 2000 gebieden van de kleine mantelmeeuw. Mogelijk komt meer potentiële ruimte voor de bouw van windmolens beschikbaar als meer bekend is over het gedrag van de kleine mantelmeeuw. In de *ontwikkelingsgerichte invulling* is in beeld gebracht hoe dit er dan maximaal uit kan zien. Voor beide invullingen (met uitzondering van hoofdvariant 1) is er een *a-variant*, waarbij niet binnen de 12 mijlszone gebouwd wordt en een *b-variant*, waarbij dit wel aan de rand, dat wil zeggen tussen 10 en 12 mijl uit de kust in beperkte mate is toegestaan. Er resteren in totaal dan 22 varianten.

### **Vier zoekgebieden op de Noordzee**

Er worden op de Noordzee vier zoekgebieden onderscheiden: de Waddenkust, de Hollandse kust dichtbij of verder weg uit de kust bij IJmuiden en de Zeeuwse kust bij Borssele. De aangewezen gebieden in Borssele en ten noorden van de Waddeneilanden zijn bij de basisinvulling in iedere variant identiek. De varianten verschillen dan alleen in de ruimte die gevonden wordt nabij de Hollandse kust. Het restant wordt geplaatst ver uit de kust bij IJmuiden. In de ontwikkelingsinvulling wordt minder geplaatst voor de Waddenkust.

### **Referentiepunt nulalternatief**

In een MKEA worden alternatieve projecten onderling vergeleken. Daarbij wordt elk van de alternatieven afgezet tegen een nulalternatief. Het nulalternatief beschrijft een situatie waarin onder dezelfde gegeven macro-economische uitgangspunten het project niet wordt uitgevoerd. Voor het onderling vergelijken is de precieze uitkomst van het nulalternatief dus strikt genomen niet van belang, tenzij onder andere macro-economische uitgangspunten de alternatieven verschillend beïnvloeden. Toch passen hier enige kanttekeningen (zie paragraaf 4).

### **Gevoeligheidsanalyses**

In deze MKEA worden een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om toch enig inzicht in te krijgen in de effecten van andere uitgangspunten.

### **Onderscheiden effecten**

Zoals gebruikelijk wordt er bij elk van de alternatieven onderscheid gemaakt tussen directe, indirecte en externe effecten. De directe effecten, met name de aanlegkosten, zijn veruit het grootst. Het exploitatiesaldo maakt deze maar voor ongeveer voor de helft goed. Zowel indirecte effecten als externe effecten verslechteren beide het resultaat met maximaal ongeveer 10% van de aanlegkosten. Daarbij is nog geen rekening gehouden met niet in geld uit te drukken effecten met name voor milieu. De KBA-saldi van alle varianten zijn dus zwaar negatief. De MKEA richt zich op verschil in aanlegkosten in samenhang met de omvang van indirecte en externe effecten. De verschillen zijn relatief klein ten opzichte van het initiële investeringsbedrag.

### **Uitkomsten MKEA Decisio**

De varianten 4 en 5 blijken in alle gevallen het kosteneffectiefst.

## 4 Projectbeoordeling

### 4.1 Nulalternatief en uitgangspunten projectalternatieven

In de KEA wordt geen nulalternatief omschreven waartegen de effecten van de verschillende varianten zijn afgezet. Impliciet lijkt het nulalternatief 'huidig beleid' te zijn gehanteerd, waarna de projectalternatieven zijn toegevoegd. De uitgangspunten van de projectalternatieven zijn echter niet bij voorbaat helder, soms bestaan er meerdere mogelijkheden die uiteenlopende consequenties hebben voor de uitkomsten van de KEA. Gaat de in de projectvarianten opgewekte elektriciteit ten koste van opgewekte elektriciteit door kolen, gas of andere energiedragers? Blijft de Nederlandse elektriciteitsproductie op hetzelfde niveau en wordt met de 'nieuwe elektriciteit' binnenlandse productie verdrongen of neemt de binnenlandse elektriciteitsproductie navenant toe en exporteert Nederland de toename aan elektriciteit? Neemt het aandeel duurzame energie in projectvarianten waarin meer elektriciteit door windmolens op zee wordt opgewekt toe in vergelijking tot projectvarianten waarin minder elektriciteit op deze wijze wordt opgewekt of bestaan er in deze varianten uitgespaarde kosten om eenzelfde aandeel aan duurzame elektriciteit op een andere wijze op te wekken? Bijgaande vragen zijn van belang met het oog op achterliggende doelstellingen, maar het is minder duidelijk hoe ze de uitkomsten van de MKEA kwantitatief beïnvloeden.

Omdat het hier om een kosteneffectiviteitsanalyse gaat, zijn ondanks de fors negatieve KBA-saldi van alle alternatieven, de onderlinge verschillen tussen de alternatieven relevant. Toch past daarbij in dit geval een kanttekening. Van belang is op welke gronden de alternatieven zijn geformuleerd. De varianten zijn nu ingestoken vanuit de doelstelling om een vermogen<sup>2</sup> van 6000 MW op zee te installeren, maar verschillen in hoeveelheid geproduceerde duurzame elektriciteit, omdat de hoeveelheid wind per locatie verschilt. Het ligt meer in de rede om de opbrengst van duurzame elektriciteit als uitgangspunt te nemen en deze in de projectalternatieven constant te houden. In dat geval hoeft er minder vermogen te worden geplaatst in projectvarianten waarbij de elektriciteitsopbrengst nu relatief hoger is dan in andere projectvarianten. Met een hogere opbrengst aan duurzame elektriciteit in de projectalternatieven waarbij de windmolens verder uit de kust staan, zouden namelijk kosten kunnen worden bespaard om tot eenzelfde doelstelling te komen voor duurzame energie (bijvoorbeeld opgelegd vanuit de EU) ten opzichte van de projectvarianten met een lagere elektriciteitsopbrengst doordat de windmolens dicht bij de kust zijn geplaatst. Het verschil in de KBA-uitkomsten tussen de projectvarianten wordt hiermee voor een belangrijk deel teniet gedaan.

### 4.2 Directe effecten

De directe effecten hebben rechtstreeks betrekking op de aanleg van het windmolenpark. Het betreft met name aanlegkosten en de exploitatiesaldo van het windmolenpark. Eventuele kosten omtrent het niet doorgaan van in ronde 2 verleende vergunningen worden als PM meegenomen.

#### Aanlegkosten

Deze kosten zijn gebaseerd op berekeningen die aangeleverd zijn door ECN. Van belang zijn type turbine, type fundering en aanleg kabels, elk met een eigen levensduur. Daarnaast spelen afstand tot haven en tot aansluitpunt op land en zeediepte een rol. Aanleg dichterbij de kust is aanzienlijk goedkoper. Uitgaande van turbines van 5 MW kan er gemiddeld per km<sup>2</sup> ongeveer 6 MW worden opgewekt. Schaalvoordelen treden op tot een omvang van 500 MW per park. Windmolens vangen elkaars wind af. Bij parken van 300-500ha bedraagt dit zog-effect ca 5,5%. Wordt een park nog groter, dan treedt er een extra zog-effect van 2-6% op. Verdere optimalisatie is nog mogelijk in gebieden met relatief lage aanlegkosten. Geluidswerende maatregelen moeten ecologische schade bij aanleg voorkomen.

---

<sup>2</sup> Vermogen is op te vatten als de te leveren hoeveelheid arbeid per tijdseenheid bij voldoende wind.

## Exploitatiesaldo

Windmolens verder weg op zee leveren meer elektriciteit omdat het er meer en harder waait. Daar staan hogere exploitatiekosten tegenover. De aanvaartijd vanuit de havens voor onderhoud is langer en de slijtage aan de turbines groter. In de basisinvulling vallen beide tegen elkaar weg en verschilt het exploitatiesaldo tussen de varianten niet noemenswaard. Naarmate in de ontwikkelingsvarianten er meer windmolens dicht bij de kust worden aangelegd, dalen de opbrengsten harder dan de exploitatiekosten. Een deel van de lagere aanlegkosten wordt zo teniet gedaan.

## Overig directe effecten

Een deel van de parken waarvoor een zogenaamde ronde 2-vergunning is verstrekt zal geen subsidie ontvangen. De verwachting is dat de niet-gesubsidieerde parken niet worden aangelegd in de tweede ronde, waardoor naar een andere locatie moet worden gezocht of een vergunning worden afgekocht. Indien dit tot kosten zal leiden, zullen deze echter klein zijn.

**Tabel 4.1 Uitkomsten directe effecten samengevat (in €-mld)**

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Basisinvulling, ecologische restricties, aanleg buiten 12 mijlszone						
Aanlegkosten	-€ 19,9	-€ 19,8	-€ 19,0	-€ 18,9	-€ 19,0	-€ 18,9
Exploitatie kosten	-€ 7,6	-€ 7,6	-€ 7,6	-€ 7,5	-€ 7,4	-€ 7,3
Exploitatie opbrengsten	<u>€ 16,4</u>	<u>€ 16,4</u>	<u>€ 16,2</u>	<u>€ 16,1</u>	<u>€ 16,1</u>	<u>€ 15,9</u>
Totaal directe effecten	-€ 11,1	-€ 11,1	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,4
Ontwikkelingsinvulling, geen ecologische restricties, aanleg buiten 12 mijlszone						
Aanlegkosten	-€ 19,7	-€ 19,4	-€ 18,8	-€ 18,1	-€ 17,9	-€ 18,0
Exploitatie kosten	-€ 7,6	-€ 7,5	-€ 7,5	-€ 7,2	-€ 7,2	-€ 7,1
Exploitatie opbrengsten	<u>€ 16,5</u>	<u>€ 16,4</u>	<u>€ 16,2</u>	<u>€ 15,7</u>	<u>€ 15,7</u>	<u>€ 15,6</u>
Totaal directe effecten	-€ 10,8	-€ 10,5	-€ 10,1	-€ 9,6	-€ 9,4	-€ 9,5
Basisinvulling, ecologische restricties, aanleg deels binnen 12 mijlszone						
Directe effecten		-€ 19,3	-€ 19,0	-€ 18,9	-€ 18,9	-€ 18,8
Exploitatie kosten		-€ 7,5	-€ 7,5	-€ 7,5	-€ 7,4	-€ 7,3
Exploitatie opbrengsten		<u>€ 16,2</u>	<u>€ 16,2</u>	<u>€ 16,1</u>	<u>€ 16,1</u>	<u>€ 16,0</u>
Totaal directe effecten		-€ 10,6	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,2
Ontwikkelingsinvulling, geen ecologische restricties, aanleg deels binnen 12 mijlszone						
Aanlegkosten		-€ 18,5	-€ 18,1	-€ 17,4	-€ 17,2	-€ 17,5
Exploitatie kosten		-€ 7,4	-€ 7,3	-€ 7,1	-€ 7,0	-€ 7,0
Exploitatie opbrengsten		<u>€ 16,0</u>	<u>€ 15,8</u>	<u>€ 15,3</u>	<u>€ 15,3</u>	<u>€ 15,4</u>
Totaal directe effecten		-€ 9,8	-€ 9,6	-€ 9,1	-€ 9,0	-€ 9,2

De uitkomsten in tabel 4.1 lijken plausibel. Ze worden volledig gedomineerd door de directe effecten, met name de aanlegkosten, welke variëren van € 17 tot € 20 miljard. Het exploitatiesaldo is altijd positief, maar maakt het investeringsbedrag ruwweg maar voor iets minder dan de helft goed.

Bij de basisinvulling buiten de 12 mijlszone zijn variant 1 en 2 zijn het duurst in aanleg. De varianten 3 tm 6 zijn alle ongeveer € 1 mld goedkoper. De ontwikkelingsinvulling heeft een beperkt effect van € ¼ mld in variant 1 en 3, bijna een € ½ mld in variant 2 en rond de € 1 mld in de varianten 4, 5 en 6. Loslaten van de 12-mijlsgrens heeft weinig invloed op de aanlegkosten bij de basisinvulling, maar in de ontwikkelingsinvulling wordt variant 6 een € ½-mld en de andere varianten ongeveer € ¾ mld goedkoper in aanleg.

De varianten met de hoogste aanlegkosten genereren ook het gunstigste exploitatiesaldo. Het saldo van de directe effecten loopt daardoor minder uiteen. De varianten 4, 5 en 6 scoren in bijna alle gevallen het gunstigst. Bij de basisinvulling doet ook variant 3 het goed.

### 4.3 Indirecte effecten

Indirecte effecten hangen niet rechtstreeks met de fysieke aanleg samen, maar vloeien er wel uit voort. Aanleg van het windmolenpark betekent dat ruimtegebruik voor andere gebruikers van de zeeoppervlakte restrictiever wordt. Activiteiten op de Noordzee van een aantal sectoren zal daar hinder van ondervinden, zoals : olie- en gaswinning, scheepvaart, havens, zandwinning en de visserij. Genoemde indirecte effecten zullen geen van alle positief zijn ten opzichte van het nulalternatief, maar tussen de varianten onderling wel in omvang verschillen. De indirecte effecten verschillen marginaal tussen de vier invullingen van de hoofdvariant. Veruit de belangrijkste indirecte effecten betreffen de olie- en gaswinning en het scheepverkeer.

#### Olie- en gasindustrie

De varianten zijn zo vorm gegeven dat exploitatie van bestaande olie- en gasvelden niet in het geding komt. Wel kan de bereikbaarheid van huidige platforms verslechteren of kunnen al ontdekte olie- en gasvoorraden (prospects) moeilijker of zelfs geheel onbereikbaar worden. De schade hiervan is uiterst beperkt in variant 6. In de overige varianten belooft hij ongeveer € 0,1 mld oplopend tot € 0,3 mld in variant 1 en bijna € 0,6 mld in variant 3.

#### Scheepvaart en havens

In sommige varianten zullen schepen moeten omvaren om de haven te bereiken. Dit gaat gepaard met extra brandstofkosten en operationele kosten. De schade hiervan belooft zo'n € 0,2 - € 0,3 mld. Grotere schade treedt er op in variant 6, namelijk € 0,9 mld. Daarnaast neemt de kans op aanvaringen toe. De schade hiervan bedraagt minder dan € 0,1 mld in alle varianten. Beide effecten zijn ingeschat door het onderzoeksbureau MARIN. Door slechtere bereikbaarheid lopen de Nederlandse havens overslag en daarmee havengeld mis, door ECORYS ingeschat op maximaal ongeveer € 0,1 mld in variant 6.

**Tabel 4.2 Uitkomsten indirecte effecten samengevat (in €-mld)**

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
	€-mld					
Olie en gaswinning	-€ 0,32	-€ 0,14	-€ 0,57	-€ 0,12	-€ 0,10	-€ 0,03
Scheepvaart & havens	-€ 0,23	-€ 0,31	-€ 0,37	-€ 0,39	-€ 0,47	-€ 1,10
Overig indirecte effecten (a)	-€ 0,00	-€ 0,00	-€ 0,00	-€ 0,00	-€ 0,00	-€ 0,00
	+PM	+PM	+PM	+PM	+PM	+PM

(a) Bij loslaten 12 mijlsgrens treedt wel een klein negatief effect op voor de visserij en de zandwinning .



### **Overige indirecte effecten : zandwinning, visserij, radarverstoring en recreatie**

Zandwinning moet verder uit de kust plaatsvinden en wordt daardoor duurder. Visserij moet uitwijken. Radarsystemen worden mogelijk verstoord. Mogelijkheden voor recreatievaart worden beperkt. Vrij uitzicht van het strand wordt beïnvloed. Alle deze effecten zijn relatief klein of (nog) niet goed in te schatten. In het laatste geval worden ze als PM post opgenomen.

De indirecte effecten zijn klein in verhouding tot de directe effecten. De varianten 1, 2, 4, en 5 hebben ongeveer een gelijke omvang van ongeveer € 0,5 - 0,6 mld. Variant 3 scoort ongunstiger door verliezen bij de olie- en gaswinning. Variant scoort 6 het ongunstigst door verliezen bij de scheepvaart.

Een apart punt van aandacht is de mogelijke effecten voor de arbeidsmarkt. Aanleg van het windmolenpark creëert extra banen in de offshore industrie. In het algemeen zal dit om substitutie gaan van bestaande werkgelegenheid. In het rapport is dan ook terecht geen arbeidsmarkteffect meegenomen.

Tot slot is het zo dat Nederland internationale afspraken gemaakt heeft over de overgang naar duurzame energie. Het kan zijn dat dit project bijdraagt aan het nakomen van die afspraak hetgeen dan een (politieke) baten oplevert. Verder kan het nakomen van internationale afspraken door Nederland ertoe bijdragen dat andere landen meer geneigd zijn om hun afspraken eveneens na te komen. Dit zou dan op een indirecte manier bijdragen aan de mondiale kennisopbouw en navenante additionele (mondiale) kostendalingen. De kennis ontbreekt op dit moment om te beoordelen in hoeverre dit project daadwerkelijk bijdraagt aan het nakomen van onze internationale afspraken en wat de eventueel (politieke) baten daarvan zouden zijn.

## **4.4 Externe effecten**

Externe effecten zijn effecten die ten gevolge van het project zullen optreden, maar waar de exploitant in zijn afweging normaliter geen rekening mee houdt. Het zijn vooral effecten met betrekking tot natuur en milieu, die voor een belangrijk deel niet in geld zijn uit te drukken, zoals vermeden emissies van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), zwaveloxiden (SO<sub>2</sub>) en fijn stof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>) ten opzichte van een nulalternatief waarin eenzelfde hoeveelheid elektriciteit uit niet-duurzame bronnen zou zijn opgewekt (m.n. kolen en gas). Deze KEA is op een andere wijze opgesteld, waarbij geen analyse is gepleegd welke energiebronnen zijn verdrongen door de inzet van windenergie op de Noordzee. Het is ook niet geheel zeker dat de opgewekte elektriciteit door windenergie gepaard gaat met een lagere verontreinigende emissies voor Nederland. Inmiddels is besloten tot de bouw van diverse kolencentrales in Nederland. Gezien de lange levensduur van deze centrales, is het ook mogelijk dat de opgewekte elektriciteit in de projectalternatieven door windenergie op zee ten koste gaat van elektriciteitsimport (met uitstoot in het buitenland) en zelfs uiteindelijk wordt geëxporteerd naar het buitenland, waarbij de hoeveelheid opgewekte elektriciteit uit kolen en gas in Nederland niet wijzigt ten opzichte van de situatie zonder de plaatsing van de voorgestelde windenergie op zee. In dat geval zijn er terecht geen baten voor Nederland opgenomen voor vermeden emissies (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en fijn stof) in de projectalternatieven. Indien de hoeveelheid opgewekte elektriciteit door kolen en gas in Nederland wel daalt in de projectalternatieven ten opzichte van de situatie met ongewijzigd beleid, dan zou mogelijk een additionele baat van maximaal 10% (bij volledige verdringing) van de investerings- en exploitatiekosten moeten worden opgenomen.

Twee externe effecten worden wel in geld uitgedrukt, de extra emissies bij aanleg en door omvaren. Beide effecten zijn negatief. De schade van CO<sub>2</sub> uitstoot is niet onderscheidend tussen de varianten. Waardering van uitstoot door omvaren wel en belooft zo'n € 0,2 - € 0,3 mld oplopend tot bijna € 1 mld in variant 6.

In de KBA-tabel met netto contante waarden is, terecht, geen post opgenomen voor een reductie van CO<sub>2</sub> door de elektriciteitsproductie zelf. Reden hiervoor is dat de elektriciteitssector deel uitmaakt van het

emissiehandelssysteem en dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt bepaald door het CO<sub>2</sub>-plafond<sup>3</sup>. Een geringere uitstoot van CO<sub>2</sub> door de opwekking van elektriciteit door duurzame bronnen verdringt daarmee andere maatregelen om CO<sub>2</sub> te reduceren binnen het emissiehandelssysteem. De 'uitgespaarde emissierechten' zijn besloten in de elektriciteitsprijs die de exploitatieopbrengsten van de alternatieven bepalen. In de KBA-tabel met fysieke effecten is de reductie van CO<sub>2</sub> in Mton nog wel opgenomen als afzonderlijke post. Dit is niet terecht en geeft een verkeerde voorstelling van zaken.

### Ecologie

De Plan-MER is nog niet gereed. Bestaand ecologisch onderzoek en tussenresultaten uit de Plan-MER geven aan dat de belangrijkste effecten zullen optreden op het gebied van geluid en in de relatie tot de instandhoudingsdoelstellingen van kolonies van de kleine mantelmeeuw. De geluidseffecten kunnen door mitigerende maatregelen worden ondervangen, en met de basisinvulling blijven de mortaliteitscijfers van de kleine mantelmeeuw in alle varianten binnen de norm. In de ontwikkelingsgerichte invulling geldt dit bij huidige uitgangspunten niet. Vanuit ecologisch oogpunt geldt: hoe verder uit de kust hoe beter. De 'Bruine Bank', een gebied in het zoekgebied IJmuiden, wordt mogelijk als natuurgebied aangewezen. Wat betreft de ecologische effecten bestaan er dus nog onzekerheden.

**Tabel 4.3 Uitkomsten externe effecten samengevat (in €-mld)**

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
	€-mld					
CO <sub>2</sub> uitstoot bij aanleg	-€ 0,16	-€ 0,16	-€ 0,16	-€ 0,16	-€ 0,16	-€ 0,16
Uitstoot bij omvaren	-€ 0,14	-€ 0,20	-€ 0,25	-€ 0,25	-€ 0,30	-€ 0,96
Overig externe effecten	PM	PM	PM	PM	PM	PM

Ook de externe effecten, althans voor zover ze in geld zijn uit te drukken, zijn relatief klein. Variant 6 scoort verreweg het ongunstigst wat betreft de externe effecten. De andere varianten ontlopen elkaar niet veel.

## 4.5 Uitkomsten MKEA

Projectvariant 4a ontwikkeling heeft (van de A-varianten) relatief het gunstigste saldo van kosten en baten: een negatief saldo van NCW 10.513 mld euro (dit is bijna 42% van de totale NCW van investerings- en exploitatiekosten van dit alternatief). Het KBA-saldo van bijvoorbeeld de ontwikkelingsvariant 1 is ca 1.1 mld euro negatiever. Het additionele negatieve saldo van 1,1 mld euro van variant 1 komt overeen met 4,1% van de NCW van de totale investerings- en exploitatiekosten van dit alternatief. Omdat de windmolens in dit alternatief echter verder uit de kust staan dan in variant 4a ontwikkeling, is de elektriciteitsopbrengst 4,9% hoger. Indien er zeg 4,9% minder windmolens zouden worden geplaatst, zouden de aanleg- en exploitatiekosten ceteris paribus ook ca 4,9% lager uitvallen. De exploitatieopbrengsten zouden eveneens ca 4,9% lager uitvallen, maar deze bedraagt 60% van de totale NCW van investerings- en exploitatiekosten. Varianten 3 (alleen bij basisinvulling) t/m 6 scoren het beste wat betreft de directe effecten. Variant 6 scoort echter ongunstig bij zowel de indirecte als de externe effecten. Ook variant 3 vertoont relatief ongunstige indirecte effecten. De doelstelling om 6000 MW aan windenergie op de Noordzee te behalen wordt derhalve tegen de laagste maatschappelijke kosten gerealiseerd in variant 4 (grote aaneengesloten parken) en variant 5 (aanleg dicht bij de kust). Echter in het saldo zijn de effecten die niet goed in geld zijn uit te drukken (zoals

<sup>3</sup> Mogelijk bestaat er een tweede-orde-effect, omdat internationale afspraken mbt het CO<sub>2</sub>-plafond mogelijk worden beïnvloed door het potentieel dat toeneemt met de windparken.

ecologische effecten, conflicten met ronde 2 vergunningen) nog niet meegenomen. Bovendien is geen rekening gehouden met verschil in elektriciteitsopbrengst.<sup>4</sup>

**Tabel 4.4 Totale effecten samengevat (in €-mld)**

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Basisinvulling, ecologische restricties, aanleg buiten 12 mijlszone						
Directe effecten	-€ 11,1	-€ 11,1	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,4
Indirecte effecten	-€ 0,6	-€ 0,4	-€ 0,9	-€ 0,5	-€ 0,6	-€ 1,1
Externe effecten	-€ 0,3+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,5+PM	-€ 1,1+PM
Totaal saldo	-€ 12,0+PM	-€ 11,9+PM	-€ 11,7+PM	-€ 11,2+PM	-€ 11,3+PM	-€ 12,6+PM
Ontwikkelingsinvulling, geen ecologische restricties, aanleg buiten 12 mijlszone						
Directe effecten	-€ 10,8	-€ 10,5	-€ 10,1	-€ 9,6	-€ 9,4	-€ 9,5
Indirecte effecten	-€ 0,6	-€ 0,4	-€ 0,9	-€ 0,5	-€ 0,6	-€ 1,1
Externe effecten	-€ 0,3+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,5+PM	-€ 1,1+PM
Totaal saldo	-€ 11,6+PM	-€ 11,3+PM	-€ 11,4+PM	-€ 10,5+PM	-€ 10,5+PM	-€ 11,8+PM
Basisinvulling, ecologische restricties, aanleg deels binnen 12 mijlszone						
Directe effecten		-€ 10,6	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,3	-€ 10,2
Indirecte effecten		-€ 0,4	-€ 0,9	-€ 0,5	-€ 0,6	-€ 1,1
Externe effecten		-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,5+PM	-€ 1,1+PM
Totaal saldo		-€ 11,4+PM	-€ 11,6+PM	-€ 11,2+PM	-€ 11,3+PM	-€ 12,4+PM
Ontwikkelingsinvulling, geen ecologische restricties, aanleg deels binnen 12 mijlszone						
Directe effecten		-€ 9,8	-€ 9,6	-€ 9,1	-€ 9,0	-€ 9,2
Indirecte effecten		-€ 0,5	-€ 0,9	-€ 0,5	-€ 0,6	-€ 1,1
Externe effecten		-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,4+PM	-€ 0,5+PM	-€ 1,1+PM
Totaal saldo		-€ 10,7+PM	-€ 10,9+PM	-€ 10,1+PM	-€ 10,0+PM	-€ 11,5+PM

Optellen van directe, indirecte en externe effecten geeft het saldo van de totale maatschappelijke effecten voor elke variant.

Volledig negeren van de ecologische restricties leidt bij aanleg buiten de 12 mijlszone uiteindelijk tot een gunstiger maatschappelijk saldo van € 0,3 tot € 0,8 miljard. Wordt bovendien de 12 mijlsgrens losgelaten dan verbetert het saldo nog eens met € 0,3 tot € 0,6 miljard. Bij vasthouden aan de ecologische restricties is door loslaten van de 12 mijlszone echter veel minder winst te behalen

<sup>4</sup> Lagere elektriciteitsproductie draagt minder bij aan de doelstelling om 20 procent van de energievoorziening in 2020 duurzaam op te wekken. Dit verschil bedraagt maximaal 0,4 TWh (dit is bijna 2% minder elektriciteitsproductie dan in de hoogste variant en 0,3% van de huidige elektriciteitsvraag). Om deze doelstelling te halen, zal in de varianten waarin minder stroom wordt opgewekt, nog extra geïnvesteerd moeten worden. Dit is buiten de scope van de MKEA gelaten. Gekozen is om de MKEA alleen te richten op de effecten van het plaatsen van 6000 MW.

## 4.6 Subsidies

Elektriciteitsproductie door wind op zee blijft, gegeven de veronderstelde energieprijzen, de komende decennia verliesgevend. De productiekosten bedragen tussen de 13,5 en 19 cent per kWh bij een veronderstelde energieprijs van 6,6 cent per kWh. De overheid zal dit verschil moeten bijpassen in de vorm van een subsidie. De berekende subsidiebedragen zijn echter groter dan het tekort per variant. Dan komt omdat voor producenten van windenergie gegeven het te lopen risico een hoger rendement op eigen vermogen zullen verlangen dan de in de MKEA gehanteerde discontovoet.<sup>5</sup> Kosteneffectievere varianten scoren veelal gunstiger wat betreft de benodigde subsidie. Deze varieert van € 12 tot € 14,5 mld in NCW, wat overeenkomt met € 1,7 - € 2 mld per jaar.

Het subsidiebedrag speelt echter in de MKEA geen directe rol, zolang alle kosten en baten maar in Nederland neerslaan. De MKEA richt zich op de totaaleffecten voor Nederland en subsidies zijn dan niets anders dan een inkomensoverdracht van de overheid aan de particuliere sector. Mocht een deel van de baten wel in het buitenland neerslaan, bijvoorbeeld omdat buitenlandse producenten de windmolens bouwen en exploiteren waardoor een deel van de subsidie weglekt dan is er wel een aanvullend effect.

## 4.7 Onzekerheid en risico

De uitkomsten van de MKEA zijn gebaseerd op onzekere inschattingen voor de lange termijn. Zoals in paragraaf 2 al even is aangestipt, is deze inschatting van met name energieprijzen, technologie en internationaal milieubeleid van invloed op de uitkomsten. In de MKEA gaat het primair om de rangschikking. De vraag is dan in hoeverre andere aannames zouden leiden tot een andere rangschikking. In de MKEA wordt een aantal onzekerheden besproken, zoals leereffecten en te verwachten toekomstige prijsdalingen. Toekomstige energieprijzen en internationaal milieubeleid komen minder aan bod. Er zijn verschillende manieren om met onzekerheid om te gaan, zoals het gebruik van scenario's of gevoeligheidsanalyses. Risico komt mede tot uiting in het gebruik van een disconteringsvoet. Risico kunnen vaak worden beperkt door het project te faseren.

### Leereffecten en toekomstige prijsdalingen

Windenergie op zee is een relatief nieuw technologie. De verwachting is dat door leereffecten en technologische ontwikkelingen kosten van turbines en overige componenten (exclusief fundering) in de toekomst nog fors zullen dalen. Momenteel zijn er slechts twee aanbieders. De verwachting is dat in de snelgroeiende markt daar in de toekomst meer bij zullen komen en de prijzen verder onder druk komen te staan. De mate waarin is onzeker. ECN gaat uit prijsdalingen van 20-25% in 2020 en 33-35% in 2040. Ook onderhoud zal vanwege leereffecten op termijn goedkoper worden naar verwachting in dezelfde orde van grootte. Uitstel van aanleg loont derhalve.

### Scenario's

Om het grote aantal mogelijke uiteenlopende ontwikkelingen te beperken is het vaak handig om logische combinaties van aannames te bundelen in een beperkt aantal scenario's. Het gebruik van scenario's biedt een mogelijkheid om de robuustheid van de maatregelen te checken. In de analyse is niet gekozen voor een aanpak met verschillende toekomstscenario's. De rentabiliteit van windenergie is afhankelijk van aan de opbrengstenzijde de toekomstige elektriciteitsprijzen, die weer afhankelijk zijn van de toekomstige prijzen van energiedragers (m.n. olie, gas, kolen), de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten en de ontwikkeling en vormgeving van het emissiehandelssysteem. De rentabiliteit is aan de kostenkant weer afhankelijk van de ontwikkeling in de investerings- en onderhoudskosten. Die mate waarin de investerings- en onderhoudskosten in de toekomst dalen is weer afhankelijk van de mate waarin mondiaal geïnvesteerd

---

<sup>5</sup> Uitgaande van een verhouding eigen vermogen versus vreemd vermogen van 40% om 60% en een vereist rendement van 15% op eigen vermogen en 5% op vreemd vermogen.

wordt in offshore windparken. Gebruik van scenario's kan de onzekerheden systematischer in beeld brengen.

### **Gevoeligheidsanalyses**

Opstellers kiezen voor het gebruik van een aantal gevoeligheidsanalyses, waarin steeds een aanname wordt gevarieerd. Doorgerekend worden situaties:

- Waarin de helft van de kosten en opbrengsten in het buitenland terecht komt,
- Waarin met een andere CO<sub>2</sub> prijs wordt gerekend (€ 10, € 20 en € 50/ton in plaats van € 30/ton)
- Waarin met een andere kostendaling van investeringen en onderhoud wordt gerekend (10% of 50% in 2040 in plaats van 30%)
- Waarin met een andere discontovoet wordt gerekend (4% en 7% in plaats van 5,5%)
- Waarin uitgegaan wordt van een eenmalige aanleg.

De effecten van de alternatieve aannames kunnen aanzienlijk zijn, oplopend tot enkele miljarden euro's. Meer buitenlandse betrokkenheid verslechtert het resultaat met gemiddeld € 1,5 mld met name omdat per saldo een deel van de subsidies, bedoeld om producenten een gewenst rendement te geven, weglekt naar het buitenland. Hogere CO<sub>2</sub> prijzen verbeteren het saldo met ruim € 2 mld., optimistischer kostendaling met ruim € 3,5 mld. Ook eenmalige aanleg verbetert het saldo omdat exploitatie ook op lange termijn negatief blijft. Hoewel de alternatieven per variant iets verschillend kunnen uitpakken, blijven de onderlinge verschillen min of meer gelijk.

### **Disconteringsvoet**

De gehanteerde disconteringsvoet bepaalt in welk mate je de toekomst laat meewegen. Uitgegaan wordt van een disconteringsvoet van 5,5%, bestaande uit een risicovrije voet van 2,5% plus een risico-opslag van 3%. Dit is overeenkomstig de meest recente richtlijn van de werkgroep discontovoet voor projecten waarvoor het risico moeilijk is in te schatten. In varianten met onomkeerbare milieueffecten mag eventueel met een lagere risico opslag van 1,5% worden gerekend. Bovenstaande gevoeligheidsanalyses laten zien dat dit geen effect heeft op de rangorde.

### **Fasering**

Fasering brengt flexibiliteit en de mogelijkheid om de risico's te beperken. De gevoeligheidsanalyse met eenmalige aanleg laat zien dat exploitatie (met huidige elektriciteitsprijzen) ook op lange termijn negatief blijft. Turbines moeten na 20 jaar worden vervangen en vergen dan een nieuwe investering. Vertraging van de investering lijkt dus in alle gevallen gunstig.

## **5 Conclusies**

In de MKEA Windenergie Noordzee is een zestal hoofdvarianten doorgerekend met elk vier subvarianten en een groot aantal gevoeligheidsanalyses. Uit de berekeningen komt naar voren dat aanleg in grote aaneengesloten parken (variant 4) of aanleg zoveel mogelijk dichtbij de kust (variant 5) het kosteneffectiefst is bij het streven om 6000 MW aan vermogen op te stellen. Op grond van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses lijkt dit resultaat ook redelijk robuust. De berekeningen en de uitkomsten lijken, gegeven de gemaakte veronderstellingen goed onderbouwd, maar vormen nog geen goede basis voor de besluitvorming welk projectalternatief de voorkeur zou verdienen, gegeven een aantal relativerende opmerkingen.

Het investeringsbedrag is aanzienlijk, gemiddeld € 18,5 mld. De verschillen tussen de hoofdvarianten per gekozen invulling bedragen maximaal € 1 mld. De exploitatiesaldi lopen maximaal € 0,5 mld uiteen en het

saldo van de indirecte effecten en van de externe effecten elk maximaal ongeveer € 0,5 mld. Hoofdvarianten met relatief gunstiger exploitatiesaldi kennen tegelijkertijd vaak weer de ongunstigste indirecte en externe effecten. De resultaten werken dan tegen elkaar in. De uiteindelijke onderlinge verschillen worden kleiner zeker in verhouding tot het grote investeringsbedrag.

Een belangrijk punt is voorts dat indien de varianten zouden zijn opgesteld op basis van het criterium van de hoeveelheid te produceren duurzame elektriciteit in plaats van vermogen de onderlinge verschillen nog kleiner worden. Elektriciteitsproductie hangt naast vermogen ook af van hoeveelheid wind op de locatie. Over een aantal zaken bestaat onzekerheid, die nog nader uitgezocht moet worden, zoals optimalisatie van de aanleg e.d. Ook de bestaande vergunningen uit ronde 2 zijn wellicht uit kosten oogpunt niet optimaal. Elk uitstel loont zolang exploitatie structureel verliesgevend blijft.

Gevoeligheidsanalyses laten zien dat de uitkomsten behoorlijk worden beïnvloed door de aannames. Andere technologische ontwikkeling met andere kostenontwikkeling kan het saldo met miljarden beïnvloeden. Dat is op zich al weer meer dan dat de varianten onderling verschillen. Vanuit dat perspectief zijn de onderlinge verschillen dermate klein, dat geconstateerd kan worden dat ze eigenlijk nauwelijks meer onderscheidend zijn.





Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau  
Van Stolkweg 14  
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag  
T (070) 3383 380

[info@cpb.nl](mailto:info@cpb.nl) | [www.cpb.nl](http://www.cpb.nl)

April 2011