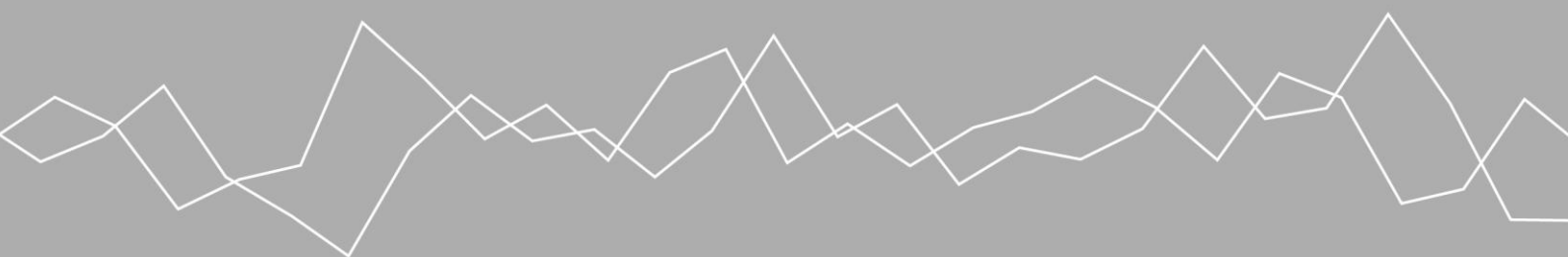


Windmolens en welvaart



Amsterdam, november 2014
In opdracht van Stichting Natuur & Milieu

Windmolens en welvaart

De maatschappelijke kosten en baten van windenergie op de Noordzee

Bert Tieben
Bert Hof



seo economisch onderzoek

“De wetenschap dat het goed is”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport nr. 2014-57

ISBN 978-90-6733-763-2

Copyright © 2014 SEO Amsterdam. Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen en dergelijke, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
2	Windenergie op de Noordzee	3
2.1	Investerings.....	3
2.2	Rendement.....	4
3	Maatschappelijke kosten en baten	9
3.1	Werkgelegenheid.....	9
3.2	Indirecte effecten.....	10
3.3	Externe effecten	10
3.4	Het effect van windenergie op de welvaart.....	14
3.5	Gevoeligheidsanalyse	17
4	Conclusies.....	19
	Literatuur	21
Bijlage A	Het effect van emissierechten op de elektriciteitsprijs.....	23

1 Inleiding

Wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van investeringen in windenergie op de Noordzee? Veroorzaken windmolens inderdaad een schadepost van € 5 miljard, zoals recent in de media is gesuggereerd? Dit onderzoek zet de feiten op een rij en analyseert het effect van windenergie op de economische welvaart.

Het ministerie van Economische Zaken heeft Decisio en Witteveen+Bos een maatschappelijke kosten-baten analyse laten uitvoeren voor het plaatsen van windturbines binnen de 12-mijlszone (hierna: *Decisio rapport*). Bij het aanbieden van dit rapport aan de Tweede Kamer is veel ophef ontstaan door uitspraken van het CPB dat windenergie maatschappelijk gezien meer kost dan het oplevert. Daarbij is sprake van een negatief saldo van € 5 miljard.¹

Stichting Natuur & Milieu heeft SEO Economisch Onderzoek gevraagd onderzoek uit te voeren naar de maatschappelijke kosten en baten van windenergie op zee. Het doel van dit onderzoek is om via een objectieve economische analyse een bijdrage te kunnen leveren aan het maatschappelijk debat over windenergie als duurzame energiebron. De centrale vraag van dit onderzoek is:

Wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van de investeringen in windenergie op de Noordzee, zoals afgesproken in het Energieakkoord?

Methode

Deze maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is gebaseerd op kengetallen. Dit betekent dat voor de analyse geen gebruik is gemaakt van analyses met modellen van de elektriciteitsmarkt. De gegevens over prijzen en hoeveelheden zijn ontleend aan algemeen geaccepteerde bronnen zoals de referentieramingen en de Nationale Energieverkenning van ECN. Ook is gebruik gemaakt van gegevens uit andere MKBA's van windenergie zoals CPB (2013) en CE Delft en Ecofys (2014).

Het doel van de MKBA is om het welvaartseffect te berekenen van investeringen in windenergie. Dit gebeurt op een integrale manier: alle directe, indirecte en externe effecten worden in de analyse betrokken. Het is van belang om daarbij dubbeltellingen te voorkomen. Effecten worden zoveel mogelijk in euro's gewaardeerd om ze vergelijkbaar te maken. Bij niet-kwantificeerbare effecten geeft de MKBA in elk geval een beschrijving van het effect. Waar mogelijk wordt ook de richting van het effect aangegeven – positief of negatief op het saldo van de maatschappelijke kosten en baten.²

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van deze maatschappelijke kosten-batenanalyse. Dit hoofdstuk berekent ook de business case. Hoofdstuk 3 gaat in de op de maatschappelijke effecten. De scenario's voor de toekomstige rol van het ETS zijn een centraal onderdeel van dit hoofdstuk. Hoofdstuk 4 vat de resultaten samen en sluit af met een conclusie.

¹ <http://nos.nl/artikel/706554-5-miljard-schade-door-windmolens.html>

² De standaard aanpak voor het uitvoeren van MKBA's is beschreven in Romijn en Renes (2013).

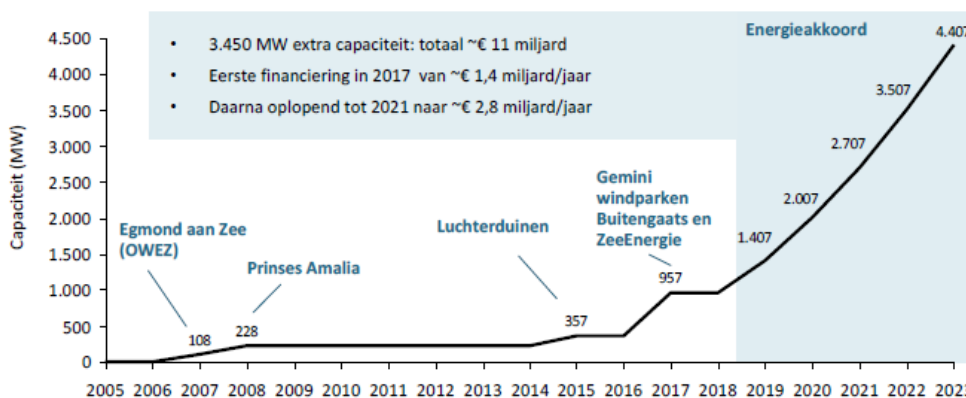
2 Windenergie op de Noordzee

Centraal in dit onderzoek staat de afspraak uit het Energieakkoord om te investeren in 3450 MW Windenergie op de Noordzee. De financiële kosten van dit investeringsproject zijn hoger dan de verwachte financiële opbrengsten. Het bouwen van windmolens op zee is nog relatief duur, maar de kosten hiervan dalen snel door de technologische ontwikkeling. Bij de opbrengsten speelt een rol dat bij gunstige weersomstandigheden alle windmolens tegelijk produceren. Dit drukt de gemiddelde opbrengst van de elektriciteit die de windmolens produceren.

2.1 Investerings

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse vergelijkt de effecten van een investering met de situatie in het uitgangspunt. Dit uitgangspunt is het nulalternatief, de situatie die zich zal voordoen – nu en in de toekomst – als de voorziene investeringen niet worden uitgevoerd. Dit onderzoek richt zich op de in het Energieakkoord afgesproken investeringen in windenergie op de Noordzee als onderdeel van het pakket maatregelen dat nodig is om in 2023 te voldoen aan de doelstelling van 16 procent duurzame energie. Dit betreft in totaal 4450MW aan operationeel windvermogen op zee.³ Hiervan is 957 MW al gegund, inclusief subsidie. Deze investeringen zijn onderdeel van het *nulalternatief*, omdat ze ook zonder het Energieakkoord worden gerealiseerd. De additionele investeringen beslaan verschillende windparken met een totaal vermogen van 3450 MW. Dit is het *projectalternatief* dat centraal staat in deze maatschappelijke kosten-batenanalyse.

Figuur 2.1 Fasering aanleg windparken



Bron: Nederlandse investeringsinstelling (2014)

Afbakening

De MKBA van Decisio (2014) is een ijkpunt voor de analyse van dit rapport. Decisio (2014) berekent de effecten van verschillende projectalternatieven gericht op het realiseren van windenergie binnen de 12-mijlszone. Dit rapport sluit aan bij *variant 1* van Decisio (2014): realisatie van 3450 MW windenergie zo veel mogelijk binnen de 12-mijlszone. De andere varianten van het rapport, deels met meer vermogen en deels voor een groter deel buiten de 12 mijlszone, blijven

³ SER (2013), p. 70.

buiten beschouwing. Volgens Decisio is het gezien het zoekgebied realistisch om 2550 MW te realiseren binnen de 12 mijlszone; het overige deel van het te plaatsen vermogen is gesitueerd buiten de 12 mijlszone.

Tijdshorizon

De keuze van de tijdshorizon van een MKBA is afhankelijk van de aard van het te onderzoeken probleem. Bij investeringen in infrastructuur en gebiedsontwikkeling is een lange tijdshorizon gebruikelijk. Voor dit type investeringen kan aangenomen worden dat een lange periode nodig is om de investeringen terug te verdienen.⁴ CPB (2013) en Decisio (2014) berekenen kosten en baten van windenergie over een periode tot en met 2040. Andere MKBA's van hernieuwbare energie hanteren een horizon van 100 jaar (Daniëls e.a. 2012). Dit rapport volgt deze benadering om rekening te kunnen houden met de effecten op de zeer lange termijn. Dit betekent dat naast de aanlegkosten ook vervangingsinvesteringen onderdeel zijn van het projectalternatief.

2.2 Rendement

2.2.1 Kosten

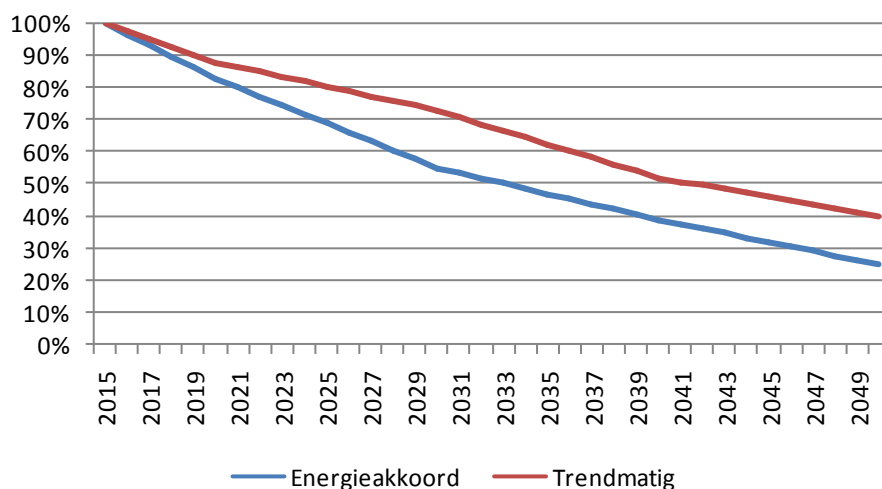
De *aanlegkosten* van windenergie op zee kennen verschillende onderdelen, zoals de kosten van de turbines, de fundering en de kabel voor de aansluiting op het hoogspanningsnet. Decisio (2014) maakt een uitsplitsing van deze kosten op basis van gedetailleerde kosteninformatie van ECN. Deze bron is helaas niet openbaar. Daarom is als kengetal gerekend met de gemiddelde aanlegkosten voor windenergie op zee zoals berekend door ECN voor de SDE+ subsidie. Deze kosten zijn € 3500 per kW.⁵ De aanlegkosten zijn daarmee hoger dan verondersteld in Decisio (2014).

De kosten van windenergie op zee dalen snel. Voor de aanlegkosten is het daarom van belang rekening te houden met de leer- en schaafeffecten. We hanteren hiervoor de veronderstellingen van het Energieakkoord over het tempo van de kostendaling. Daarnaast gebruiken we de schatting van Decisio van de in de literatuur veronderstelde kostendaling, een trendmatig pad (zie Figuur 2.2).

⁴ Zie: Romijn en Renes (2013), p. 87.

⁵ Zie: ECN (2014a), p. 49.

Figuur 2.2 Het Energieakkoord veronderstelt een relatief snelle kostendaling



Bron: Decisio (2014)

Verder zijn de *kosten voor onderhoud* van belang. ECN stelt deze kosten op € 0,1 mln per MW. Ook deze kosten zijn iets hoger dan verondersteld in Decisio (2014): € 0,082 mln per MW.⁶ De impact van leereffecten op de onderhoudskosten is meer onzeker. CPB (2013) stelt dat de onderhoudskosten van al geplaatste windturbines niet zullen dalen. Leereffecten hebben dus alleen invloed op een nieuwe generatie windturbines. Deze studie veronderstelt dat de onderhoudskosten met 5 procentpunt dalen bij vervanging van de windturbine.

Turbines worden na hun economische levensduur vervangen. Na 20 jaar vinden vervangingsinvesteringen plaats. Funderingen en kabels gaan langer mee. Voor deze onderdelen is gerekend met vervangingsinvesteringen om de 40 jaar.

Windenergie is een fluctuerende bron. De productie is afhankelijk van de weeromstandigheden. Dit brengt voor windenergie extra kosten met zich mee. Vanwege de hogere kans op onbalans en uitval moet door de netbeheerder *extra reservevermogen* worden aangehouden. Deze kosten worden verrekend via een opslag op de transporttarieven. CPB (2013) hanteert kengetallen uit IEA studies, die concluderen dat bij 10 procent windpenetratie de additioneel benodigde reservecapaciteit 1 procent bedraagt van het toegevoegde windvermogen. De kosten van dit reservevermogen zijn netto contant € 46,9/kW/jaar.⁷

2.2.2 Opbrengsten

De opbrengst van de met windenergie opgewekte elektriciteit is afhankelijk van de groothandelsprijs. Deze prijs kan fluctueren. Op het moment van schrijven van dit rapport schommelt de prijs op de APX *day ahead* markt tussen € 36 en € 47,5 per MWh.⁸ De gemiddelde day ahead prijs was in 2013 € 52 per MWh, maar zal in 2014 niet hoger zijn dan gemiddeld € 43

⁶ Op basis van Tabel 3.1, Decisio (2014), p. 21.

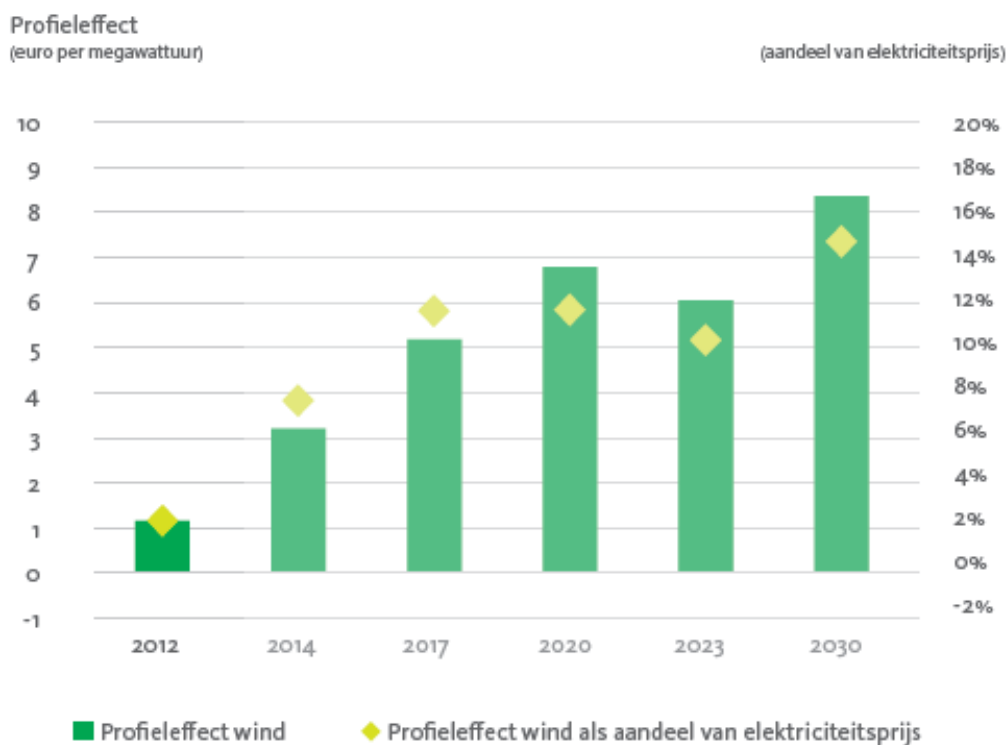
⁷ Zie: CPB (2013), p. 37.

⁸ Prijzen genoteerd in de week van 7 tot 14 november 2014.

per MWh. ECN (2014b) verwacht dat deze prijs oploopt naar €60 per MWh in 2023 om vervolgens te dalen naar €59 per MWh in 2030. Met Decisio (2014) is verondersteld dat de groothandelsprijs daarna stijgt tot €74 per MWh in 2040.

Windmolens hebben als eigenschap dat hun productie sterk gecorreleerd is vanwege de invloed van de weersomstandigheden. Een depressie met harde wind beïnvloedt meestal het hele land waardoor de windmolens tegelijk veel elektriciteit produceren. De correlatie van de productie van windenergie is het *profieffect*. Dit effect houdt in dat de exploitanten van windenergie gemiddeld een lagere prijs ontvangen dan andere basislastproducenten waarvan de centrales niet sterk gecorreleerd draaien. Hoe hoger het percentage windenergie in de productiemix, hoe sterker dit effect zal zijn. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met het opgesteld windvermogen in omliggende landen. Het profieffect drukt de exploitatieopbrengst van windenergie.

Figuur 2.3 Het profieffect loopt op naar circa 14,5 procent in 2030



Bron: ECN (2014b), p. 111

Er wordt bij de opbrengsten geen rekening gehouden met een restwaarde van de activa, omdat de MKBA uitgaat van vervangingsinvesteringen en continuering van de productie na 2040.

2.2.3 Rendement

Het financiële rendement van de investeringen in windenergie op zee is berekend op basis van de kosten en exploitatieopbrengsten. Bij deze berekening wordt geen rekening gehouden met subsidies, omdat subsidies in een MKBA geen effect hebben. De reden hiervoor is dat subsidies een financieringsbron zijn voor de investeringen in windenergie. Voor het welvaartseffect zijn de

kosten van de investering bepalend. Voor een private investeerder draagt subsidie uiteraard wel bij aan het rendement van zijn investering.

Tabel 2.1 Het financiële rendement van windenergie op zee is negatief*

Business case (mln €)	2015-2114 (a)	2015-2040 (b)	Decsio (2014) (c)	Vershil (b-c)
Investeringen	€-7.310	€-7.074	€-6.319	€-755
Onderhoud	€-3.365	€-2.523	€-2.875	€ 352
Productieopbrengsten	€8.518	€6.076	€5.739	€337
Balans/reserve	€-152	€-14	€ -	€-14
Restwaarde	€0	€206	€206	€0
Totaal business case	€-2.308	€-3.329	€-3.249	€-80

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent

Tabel 2.1 verklaart het financiële rendement van de investeringen in windenergie op zee. Mede door de langere tijdshorizon is het rendement minder negatief dan in Decsio (2014). Dit komt doordat toekomstige vervangingsinvesteringen profiteren van lagere aanleg- en onderhoudskosten. In vergelijking met Decsio (2014) is een extra kostenpost opgenomen, de reservecapaciteit (extra reservevermogen, zie hierboven). De productieopbrengsten zijn beïnvloed door de profieffecten. In vergelijking met Decsio (2014) is van belang dat gerekend is met lagere groothandelsprijzen. Daar staat tegenover dat het profieffect kleiner is (zie Figuur 2.3). Per saldo zijn de opbrengsten hoger. Om de vergelijking met Decsio (2014) te kunnen maken rapporteert Tabel 2.1 ook de business case voor een periode van 25 jaar. Deze vergelijking laat zien dat een langere tijdshorizon windenergie in staat stelt meer inkomsten te genereren. Dit verbetert de business case voor windenergie.⁹

Het leereffect is belangrijk voor de uitkomst. Bij het trendmatige pad voor de leereffecten zijn de investerings- en onderhoudskosten hoger. De business case valt dan bijna € 900 miljoen lager uit. De gevoeligheid op dit punt is dus aanzienlijk.

Tabel 2.2 Een kleiner leereffect verslechtert de business case

Business case (mln €)	2015-2114 (a)	2015-2040 (b)	Decsio (2014) (c)	Vershil (b-c)
Investeringen	€-8.199	€-7.711	€-6.319	€-1.392
Onderhoud	€-3.365	€-2.523	€-2.875	€ 352
Productieopbrengsten	€8.518	€6.076	€5.739	€337
Balans/reserve	€-152	€-14	€ -	€-14
Restwaarde	€0	€206	€206	€0
Totaal business case	€-3.198	€-3.966	€-3.249	€-717

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent

⁹ Merk op dat dit rapport rekent met hogere kosten dan Decsio (2014).

Dit geldt ook voor het veronderstelde prijspad van elektriciteit. De prijzen gehanteerd in CPB (2013) zijn hoger dan in deze studie.¹⁰ Voor de gevoeligheidsanalyse gebruiken we het middenprijspad van CPB (2013).¹¹ Prijzen in dit scenario lopen van €63/MWh in 2015 tot € 98/MWh in 2040. Toepassing van dit prijspad leidt ertoe dat de business case positief wordt bij een tijdshorizon van 100 jaar, ook bij toepassing van het trendmatig pad voor de leereffecten. Bij de kortere tijdshorizon tot 2040 blijft het economisch rendement ook bij deze hogere prijzen negatief.

Tabel 2.3 Bij hogere prijzen is het financiële rendement positief

Business case (mln €)	2015-2114 (a)	2015-2040 (b)	Decsio (2014) (c)	Vershil (b-c)
Investeringen	€ -8.199	€ -7.711	€ -6.319	€ -1.392
Onderhoud	€ -3.365	€ -2.523	€ -2.875	€ 352
Productieopbrengsten	€ 11.783	€ 8.576	€ 5.739	€ 2.837
Balans/reserve	€ -152	€ -14	€ -	€ -14
Restwaarde	€ 0	€ 206	€ 206	€ 0
Totaal business case	€ 67	€ -1.465	€ -3.249	€ 1.784

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent

¹⁰ De reden hiervan is dat de marktverwachtingen snel zijn veranderd, mede onder invloed van een groter aandeel hernieuwbare energie op de Noord-West Europese elektriciteitsmarkt. Zie: ECN (2014b), p. 108.

¹¹ Zie hiervoor, CPB (2013), p. 56.

3 Maatschappelijke kosten en baten

Het welvaartseffect van windenergie op de Noordzee wordt sterk bepaald door de vermeden emissie van CO₂. Bij een goed werkend ETS-systeem treedt het waterbedeffect op en zijn er geen maatschappelijke baten als gevolg van vermeden CO₂-emissie. Er zijn verschillende scenario's waarbij de waardering van CO₂ wel onderdeel is van de MKBA. Op basis van de ondergrens van de schadekostenwaardering van CO₂ bedraagt het saldo van maatschappelijke kosten en baten minimaal 806 miljoen euro. Dit positieve effect loopt op tot 12,4 miljard voor de bovengrens van de schadekostenwaardering.

3.1 Werkgelegenheid

De investering in windenergie op zee beïnvloedt de arbeidsmarkt. De Jager e.a. (2014) inventariseren de werkgelegenheid gemoeid met de aanleg, productie en exploitatie van windparken op zee. Van deze keten is de werkgelegenheid in de bouw van windparken op zee van belang voor dit rapport. Op basis van de bruto productie per werknemer en de totale investering is het aantal bruto arbeidsjaren in de bouw van windparken berekend. Dit is het *directe werkgelegenheidseffect*. Dit is een eerste inschatting. Voor een meer gedetailleerde berekening moet een verdere uitsplitsing worden gemaakt van het type werkzaamheden dat nodig is voor de aanleg en de opleiding en vaardigheden van de betrokken werknemers.

Investeringen in de aanleg van windenergie genereren ook vraag naar de diensten en producten van toeleveranciers. Dit geeft aanleiding tot *indirecte werkgelegenheid*. Input-outanalyse van andere bouwwerkzaamheden laten zien dat de indirecte werkgelegenheid circa 50 procent bedraagt van de directe werkgelegenheid.¹² In totaal is de som van directe en indirecte werkgelegenheid voor de investeringen in windenergie op zee 33 duizend arbeidsjaren (Tabel 3.1). Deze werknemers zijn voor een deel afkomstig uit bestaande banen. Om de netto toevoeging aan de werkgelegenheid te berekenen moet rekening worden gehouden met verdringing. Volkerink e.a. (2012) veronderstellen hiervoor een percentage van 50 procent dat is onderbouwd door analyse van de relatie tussen de natuurlijke werkloosheid en de feitelijke werkloosheid in de bouwsector. Ook zal een deel van de werknemers afkomstig zijn uit het buitenland. Volgens de Jager e.a. (2014) is dit percentage bij bouwwerkzaamheden voor windenergie 15 procent. Op basis van deze kengetallen is de netto werkgelegenheid berekend op 11,7 duizend arbeidsjaren (Tabel 3.1).

Bij de berekening is verondersteld dat de arbeidsmarkt reageert op exogene prikkels zoals een grote investering. Lonen passen zich aan waardoor vraag en aanbod op de arbeidsmarkt op termijn naar evenwicht tenderen. Deze termijn is circa 10 jaar (Koopmans en Volkerink 2014). Hierdoor verdwijnt de extra werkgelegenheid op termijn weer, het netto effect is nul. De tijdelijke impuls voor de arbeidsmarkt kan gewaardeerd worden door te kijken naar het verschil van het gemiddelde loon in de bouwsector en het reserveringsloon. Hiervoor is als maatstaf het ww-loon genomen.¹³

¹² Zie: Volkerink e.a. (2012).

¹³ Het gemiddeld jaarloon in de bouw is volgens het CBS € 38.720. Het gemiddeld ww-loon is € 26.917 (bron: UWV).

De impuls voor de werkgelegenheid levert een maatschappelijke baat op die netto contant € 29 miljoen bedraagt.

Tabel 3.1 Investeren in windenergie op zee creëert tijdelijk extra werk

	2019	2020	2021	2022	2023	2024-2033
Investering (miljoen €)	1.260	1.575	1.715	1.820	1.890	-
Bruto arbeidsjaren (direct)	3.426	4.283	4.663	4.949	5.139	-22.460
Bruto arbeidsjaren (indirect, multiplier 1,5)	1.713	2.141	2.332	2.474	2.570	-11.230
Bruto arbeidsjaren (totaal)	5.139	6.424	6.995	7.423	7.709	-33.691
Netto arbeidsjaren (totaal)	2.184	2.512	2.481	2.366	2.172	-11.716

Bron: SEO Economisch Onderzoek

3.2 Indirecte effecten

Indirecte effecten zijn effecten van de investering die zijn doorgegeven naar andere markten. Voor windenergie gaat het hier om effecten op de zandwinningsmarkt, scheepvaart, visserij, olie- en gaswinning, defensie en de telecommunicatiesector in verband met het mogelijk moeten verleggen van kabels. Decisio (2014) bevat een gedetailleerde analyse van deze indirecte effecten, die belangrijk zijn voor de locatiekeuze van de windparken. Voor windparken buiten de 12 mijlszone zullen de kosten van de indirecte effecten vaak lager zijn.

De kosten van aanpassingen zijn eenmalig; andere kosten zoals de effecten op de visserij en de zandwinning blijven bestaan zolang de windparken aanwezig zijn op de Noordzee. Dit rapport neemt de schattingen van Decisio (2014) over. De netto contante waarde van de indirecte kosten is € 76 miljoen. De effecten op de veiligheid van de scheepvaart en de winning van olie en gas is niet gekwantificeerd. De kosten hiervan hebben een negatief effect op de welvaart.

3.3 Externe effecten

Externe effecten zijn effecten van investeringen die ongeprijsd zijn. Daarmee wordt bedoeld dat er geen marktprijs is voor dit type effecten. Wel kunnen marktprijzen een rol spelen om de waarde van het effect te schatten. Dit kan ook om andere methoden vragen zoals studies naar de betalingsbereidheid van burgers en bedrijven of het berekenen van preventie- en schadekosten.

3.3.1 Vermeden CO₂-emissies

Scenario's

In hoeverre baten van CO₂-reductie als gevolg van de aanleg van een windpark kunnen worden meegenomen, hangt in de eerste plaats af van het heersende en toekomstige CO₂-beleid. Aangezien politieke besluitvorming hierover inherent onzeker is, is het niet realistisch om hierover maar één toekomstbeeld te hanteren. Bij onzekerheid over toekomstige ontwikkelingen die van belang zijn

voor de omvang van kosten en baten is het in een MKBA gebruikelijk om met verschillende toekomstscenario's te werken, óók met betrekking tot toekomstig beleid.

Voor de huidige analyse worden daarom de volgende beleidsscenario's gehanteerd:

1. *Een goed werkend EU-ETS.* In dit scenario kent het ETS een effectief (knellend) plafond met bijbehorende prijzen van verhandelbare emissierechten. Het ETS kent geen weeffouten (zoals carbon leakage) die het plafond feitelijk ondermijnen.
2. *Een niet-effectief EU-ETS.* In dit scenario is het plafond niet of nauwelijks effectief en zijn de prijzen van verhandelbare emissierechten navenant laag of nul.
3. *Alternatief (effectief) beleid* om de uitstoot van CO₂ te beperken (niet via plafond).

Deze scenario's zijn bedoeld om ruimte te bieden aan variatie in uitkomsten, afhankelijk van toekomstige beslissingen met betrekking tot CO₂-beleid. Onder een goed werkend EU-ETS zal een reductie in lokale uitstoot geen CO₂-baten genereren (anders dan een besparing op de aankoop van emissierechten). Onder een niet-werkend EU-ETS (of het verlaten van dit systeem) zal een reductie in lokale uitstoot juist wel CO₂-baten geven. Er vallen nu geen rechten vrij als gevolg van de productie met windenergie, die elders kunnen worden ingezet. Bij alternatief beleid geeft een reductie in lokale uitstoot ook CO₂-baten. Specifiek is van belang of in Europees verband nieuwe afspraken worden gemaakt met bindende verplichtingen over het verder terugdringen van CO₂-emissies. Een vuistregel in MKBA's is dat bij internationale verplichtingen de baten van CO₂-emissies meewegen bij het bepalen van het effect op de welvaart.

Schadekosten

Emissie van CO₂ veroorzaakt op termijn maatschappelijke schade. De schadekosten omvatten alle meetbare negatieve effecten die kunnen worden toegeschreven aan milieuvuiling. Hierin zitten de directe en indirecte negatieve effecten van CO₂-emissie. Denk bij het directe effect bijvoorbeeld aan het productieverlies als gevolg van milieuvuiling. Andere directe en indirecte effecten betreffen (CE Delft 2010):

- effecten voor menselijke gezondheid (voortijdig overlijden en ziekte);
- effecten voor productiviteit van ecosystemen;
- effecten voor materialen en gebouwen;
- effecten voor de veerkracht van ecosystemen (biodiversiteit inbegrepen).

Bij de waardering van deze schadekosten worden verschillende methoden gehanteerd. Soms kunnen kosten direct berekend worden. In andere gevallen berekent de literatuur effecten op basis van de betalingsbereidheid van burgers en bedrijven. Een voorbeeld is de betalingsbereidheid van mensen om via het voorkomen van milieuvuiling langer in goede gezondheid te kunnen leven.

Er zijn verschillende bronnen voor de schadekosten van CO₂-emissies. De schattingen kennen een bandbreedte, die wordt bepaald door de kans dat klimaatschade als gevolg van CO₂-emissies optreedt. De extreme waarden worden bepaald door de kans dat de klimaatschade zeer hoog zal zijn of juist erg meevalt. In beide gevallen is sprake van een zeer kleine kans. De baat van meevallende klimaatschade is relatief beperkter dan de zeer hoge kosten in de extreme situatie van grote klimaatschade. Dit verklaart de scheve verdeling in de schadekosten – of *social cost of carbon* – zoals gerapporteerd in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 De schadekosten van CO2 zijn minimaal € 7 in 2012 en maximaal € 224 in 2050

Bron		2012	2020	2030	2040	2050
CE-Delft-CO2-Laag	mln. Euro / Mton	7,0	17,0	22,0	22,0	20,0
CE-Delft-CO2-Midden	mln. Euro / Mton	25,0	40,0	55,0	70,0	85,0
CE-Delft-CO2-Hoog	mln. Euro / Mton	45,0	70,0	100,0	135,0	180,0
Watkiss-CO2-Laag	mln. Euro / Mton	19,3	22,8	27,8	31,8	40,3
Watkiss-CO2-Midden	mln. Euro / Mton	30,5	36,3	44,3	50,2	64,0
Watkiss-CO2-Hoog	mln. Euro / Mton	120,9	156,7	163,4	183,6	223,9

Bronnen: CE Delft (2010, p. 96) en CE Delft (2008, pp. 17-18); Watkiss e.a. (2006, p. 74).

CO2-emissiefactor

Om de vermeden uitstoot van windenergie op zee te bepalen is gerekend met een CO2-emissiefactor. Deze is ontleend aan Harmelink e.a. (2012) en bedraagt in 2010 0,57 kg/kWh. Deze waarde is bepaald aan de hand van de emissie van een referentiepark met een mix van gascentrales, kolencentrales en nucleair vermogen. Doordat het elektrisch rendement van de gascentrales verbetert, daalt de CO2-emissiefactor in de loop van de tijd. Voor dit onderzoek is een veronderstelling gemaakt over het tempo waarin dit rendement van de gascentrales verbetert. Op dit moment is het maximale rendement van een STEG-turbine 61 procent. Verondersteld is dat na afloop van de economisch levensduur alle gascentrales worden vervangen door turbines met dit maximale rendement. De emissiefactor daalt hierdoor op termijn naar 0,35 kg/kWh.

Effect van het ETS op de elektriciteitsprijs

In een werkend ETS-systeem heeft CO2-emissie effect op de elektriciteitsprijs en dus op de business case voor windenergie op zee (zie Bijlage A). De uitstoot door gebruik van meer conventionele energie in het nulalternatief dan in het projectalternatief impliceert dat of elders in Nederland minder CO2 wordt uitgestoten, waarmee kosten gemoeid zijn, of dat er meer emissierechten moeten worden geïmporteerd. De kosten van de geïmporteerde emissierechten zijn gelijk aan de marginale kosten om CO2 te reduceren. De vermeden aankoop van emissierechten zijn dus uiteindelijk bedrijfseconomische baten die in de elektriciteitsprijs zijn geïnternaliseerd (Verrips 2005).

De ETS prijs bepaalt daarom mede de marginale kosten van elektriciteitsproductie. Decisio (2014) hanteert hiervoor de ETS-prijzen zoals berekend voor de doorrekening van het Energieakkoord. Deze prijs is lager dan eerdere schattingen van het PBL omdat het overschot aan rechten is toegenomen net als de politieke onzekerheid over mogelijke aanpassingen van het ETS-stelsel. Dit overschot betekent dat de markt voor CO2-rechten niet werkt, gezien het overschot zou de prijs naar nul moeten tenderen. Als sprake is van een goed werkend ETS moet de ETS prijs hoger zijn dan verondersteld in Decisio (2014), wat betekent dat de marginale kosten en dus de elektriciteitsprijs ook hoger zal zijn. Bij scenario's met een goed werkend ETS moet zal kortom de exploitatieopbrengst verbeteren. Hiermee is rekening gehouden door een opslag op de elektriciteitsprijs gebaseerd op het verschil tussen de ETS-prijs uit Decisio (2014) en het Energieakkoord en de ETS-prijs uit de Nationale Energieverkenning voor het scenario met vastgesteld en voorgenomen beleid (ECN 2014b). Onderdeel van dit scenario is een aanscherping van de reductiefactor, een lineaire factor waarmee het aanbod van emissierechten elk jaar wordt verlaagd, van 1,74 procent (circa 38 miljoen rechten) naar 2,2 procent (circa 48 miljoen rechten). Dit verhoogt de toekomstige ETS-prijs. Gevolg is dat in het scenario met een goed werkend ETS

er geen maatschappelijke baat is als gevolg van vermeden CO₂-emissie, maar wel een hogere exploitatieopbrengst als gevolg van een hogere ETS-prijs. Dit verschil in de exploitatieopbrengst is € 300 miljoen euro (netto contante waarde).

3.3.2 Overige emissies

Elektriciteitsproductie in gas- en kolencentrales veroorzaakt emissies van NO_x, SO₂ en fijnstof (pm₁₀). Bij een toenemend marktaandeel van windenergie wordt op deze emissies bespaard. Voor NO_x en SO₂ wordt gerekend met de preventiekosten, omdat er voor deze emissies op nationaal niveau normen voor de uitstoot bestaan. Deze preventiekosten zijn respectievelijk € 9,4 per kg en € 5,4 per kg. Voor fijnstof bestaan alleen normen voor de concentratie en niet voor de uitstoot op nationaal niveau. Hier is gerekend met de schadekosten, die € 44,3 per kg bedragen (prijsspeil 2012). Dit zijn de waarden die CPB (2013) ook hanteert. De waarde van deze overige emissies bedraagt € 303 miljoen. Deze maatschappelijke baat is netto contant gemaakt met een disconteringsvoet van 4 procent.¹⁴

3.3.3 Voorzieningszekerheid

Windenergie kan afhankelijk van de productiemix een effect hebben op de voorzieningszekerheid. De voorzieningszekerheid betreft het op lange termijn beschikbaar zijn van voldoende energiebronnen om aan de vraag naar energie te voldoen. Als deze beschikbaarheid vermindert, wordt de energiemarkt vatbaar voor onverwachte prijsschokken die een negatieve invloed hebben op de betaalbaarheid van energie en de investeringsbereidheid. Dit zijn de economische kosten van verminderende voorzieningszekerheid.

Wind is afhankelijk van de weersomstandigheden altijd beschikbaar. Dit geldt niet voor gascentrales, die eventueel door extra windvermogen uit de markt worden verdrongen. De verminderende afhankelijkheid van toekomstige gasleveranties verbetert de voorzieningszekerheid, omdat Nederland zonder deze besparing in toenemende mate afhankelijk wordt van gasimporten.

De baten van voorzieningszekerheid zijn niet in Decisio (2014) meegenomen. Het CPB (2013) geeft de baten in termen van meer voorzieningszekerheid weer in een gevoeligheidsanalyse: “In de KBA komen de baten voor de voorzieningszekerheid tot uitdrukking in een gevoeligheidsanalyse door een afslag van de disconteringsvoet van 0,8%[-punt] van de baten uit elektriciteitsverkoop uit windenergie na 2020. [...] De baten zijn bij een afslag van de disconteringsvoet van 0,8% ca. 0,4 mld euro NCW hoger dan zonder de afslag.” De reden dat deze baten in de gevoeligheidsanalyse staan is: “[d]e wetenschappelijke discussie over de validiteit van deze aanpak heeft [...] nog geen eenduidige conclusie opgeleverd.” Deze redeneerlijn sluit aan bij Verrips (2005, hoofdstuk 9).

De door CPB (2013) geuite twijfel betreft het bestaan van de baten van voorzieningszekerheid middels een afslag op de discontovoet op de exploitatie-baten. De hoofdanalyse stelt de baten op nul, de gevoeligheidsanalyse gaat dus uit van de genoemde afslag op de discontovoet. In de

¹⁴ Voor onomkeerbare langetermijneffecten kan in de discontovoet van MKBA's met een lagere risico-opslag worden gerekend. De risico-opslag is normaal 3 procentpunt en mag gehalveerd worden. De discontovoet voor dit soort externe effecten daalt daarom van 5,5 procent naar 4 procent.

gevoeligheidsanalyse wordt niet verondersteld dat de het effect op de voorzieningszekerheid *negatief* kan zijn.

De onderhavige MKBA gaat pragmatisch om met baten van voorzieningszekerheid en berekent deze door middel van een 0,4-procentpunt lagere discontovoet op de exploitatiebaten. Middels de gevoeligheidsanalyse kan dan worden onderzocht wat het effect op het saldo van maatschappelijke baten minus kosten is als dit effect niet optreedt (geen afslag op de discontovoet) of juist hoger is (0,8-procentpunt zoals in de gevoeligheidsanalyse van CPB (2013)).

Bij toepassing van de afslag van 0,4 procentpunt ontstaat een maatschappelijke baat met een omvang van € 858 miljoen (netto contant).

3.3.4 Recreatie

Decisio (2014) berekent maatschappelijke kosten voor het effect van windmolens op zee op de recreatie. De conclusie is dat toeristen het uitzicht van windmolens op zee negatief beleven. De onderbouwing van dit effect is gebaseerd op één studie (ZKA 2013). Deze studie heeft een enquête uitgevoerd waarbij mensen foto's van zeeuitzichten moeten beoordelen met windmolens op verschillende afstanden. Het direct rapporteren van dergelijke waardeoordelen is eenzijdig, omdat overige kenmerken van de recreatie (strand, zon, zee) niet tegelijk worden beoordeeld: de nadruk ligt op het negatieve aspect van een vervuilde horizon. Via een vignettenanalyse kan een dergelijk bias beter worden voorkomen. Bovendien hoeft een gerapporteerde beleving niet overeen te komen met de daadwerkelijke beleving (Dolan en Metcalf 2008). Het economisch effect van een verminderde beleving van het zee-uitzicht hoeft niet automatisch te resulteren in een veranderde voorkeur voor recreatie. Het is deze laatste factor die bepalend is voor het economische effect. Gezien het ontbreken van gefundeerde studies naar dit effect, veronderstelt dit rapport als kwalitatief oordeel dat de maatschappelijke kosten van het effect op recreatie negatief zijn zonder voor deze post een bedrag in euro's op te nemen.

3.3.5 Emissies van zandwinning en de aanleg van windparken

Decisio (20140) berekent de extra emissies als gevolg van het omvaren van schepen die betrokken zijn bij de zandwinning. Ook voor de aanleg van windparken zijn scheepsbewegingen nodig die emissies veroorzaken. De schattingen van Decisio op dit punt zijn overgenomen.

3.4 Het effect van windenergie op de welvaart

De scenario's voor het ETS-systeem bepalen in grote mate het saldo van de maatschappelijke kosten en baten. Tabel 3.3 vergelijkt het saldo van de MKBA voor het scenario met een goed werkend ETS en een niet goed functionerend ETS. In het laatste geval wordt de vermeden CO₂-emissie gewaardeerd met de schadekostenmethodiek. De tabel laat de ondergrens zien van deze waardering. Wat opvalt is dat bij deze lage waardering het saldo van maatschappelijke kosten en baten met € 800 miljoen positief is. Merk op dat de business case bij een werkend ETS beter is (minder negatief) omdat de ETS-prijs in dat geval hoger is. Dit zal tevens de elektriciteitsprijs verhogen waardoor de exploitatieopbrengsten van windenergie relatief verbeteren.

Tabel 3.3 Bij een niet-werkend ETS is het saldo van kosten en baten positief

Scenario (NCW mln €)	Werkend ETS	Niet-werkend ETS - ondergrens CO2 waarde
<i>Business case</i>		<i>Business case</i>
Investerings	€-7.310	Investerings €-7.310
Onderhoud	€-3.365	Onderhoud €-3.365
Productieopbrengsten	€8.706	Productieopbrengsten €8.391
Balans/reserve	€-152	Balans/reserve €-152
Restwaarde	€0	Restwaarde €0
Totaal business case	€-2.120	Totaal business case €-2.436
<i>Werkgelegenheid</i>	€29	<i>Werkgelegenheid</i> €29
<i>Indirecte effecten</i>	€-76	<i>Indirecte effecten</i> €-76
<i>Externe effecten</i>		<i>Externe effecten</i>
CO2	€0	CO2 €2.239
Overige emissies	€304	Overige emissies €304
Voorzieningszekerheid	€858	Voorzieningszekerheid €829
Recreatie	€0	Recreatie €0
Emissies zandwinning en aanleg	€-85	Emissies zandwinning en aanleg €-85
Saldo	€-1.088	Saldo €806

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent respectievelijk 4 procent voor niet omkeerbare externe effecten

Tabel 3.4 presenteert de resultaten onder veronderstelling dat het ETS niet goed werkt. In die situatie knelt het plafond niet en draagt productie van elektriciteit met windenergie bij aan de reductie van CO2-emissie. De waardering hiervan gebeurt op basis van de schadekostenmethodiek met een ondergrens, een middenpad en een bovengrens. De ondergrens van de CO2-waarde zorgt voor een positief saldo van maatschappelijke kosten en baten. Dit laat zien hoe belangrijk het is om scenario's voor de (toekomstige) werking van het ETS-systeem bij de analyse van windenergie op zee te betrekken. Voor de bovengrens is het MKBA-saldo € 12,4 miljard. Gegeven de zeer kleine kans op grote klimaatschade als gevolg van CO2-emissies, zal het welvaartseffect van windenergie op zee potentieel groot zijn.

Tabel 3.4 Windenergie draagt maximaal € 12 miljard bij aan de welvaart

Scenario niet-werkend ETS	Ondergrens CO2	Middenwaarde CO2	Bovengrens CO2
<i>Business case</i>			
Investeringen	€ -7.310	€ -7.310	€ -7.310
Onderhoud	€ -3.365	€ -3.365	€ -3.365
Productieopbrengsten	€ 8.391	€ 8.391	€ 8.391
Balans/reserve	€ -152	€ -152	€ -152
Restwaarde	€ 0	€ 0	€ 0
Totaal business case	€ -2.436	€ -2.436	€ -2.436
<i>Werkgelegenheid</i>			
	€ 29	€ 29	€ 29
<i>Indirecte effecten</i>			
	€ -76	€ -76	€ -76
<i>Externe effecten</i>			
CO2	€ 2.239	€ 7.068	€ 13.834
Overige emissies	€ 304	€ 304	€ 304
Voorzieningszekerheid	€ 829	€ 829	€ 829
Recreatie	€ 0	€ 0	€ 0
Emissies zandwinning en aanleg	€ -85	€ -85	€ -85
Saldo	€ 806	€ 5.635	€ 12.401

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent respectievelijk 4 procent voor niet omkeerbare externe effecten

Een alternatief scenario is om te veronderstellen dat het ETS de komende jaren wordt verbeterd via een lager plafond en backloading waardoor het systeem beter gaat werken.¹⁵ Na 2030 wordt het mogelijk vervangen door beleid gebaseerd op bindende afspraken in de EU. Het waterbedeffect betekent in dit geval dat de vermeden CO₂-emissies tot 2030 niet meetellen, na 2030 is dat wel het geval. Tabel 3.5 presenteert de resultaten voor verschillende schadekosten van CO₂. Ook dit scenario betekent dat bij de ondergrens van de CO₂-waarde het saldo van de maatschappelijke kosten en baten positief uitvalt. Bij hogere waardes loopt dit saldo op tot € 9,5 miljard.

¹⁵ Zie de voorstellen besproken in PBL (2013).

Tabel 3.5 Na 2030 vervanging ETS door strengere Europees beleid

Scenario werkend ETS tot 2030	Ondergrens CO2	Middenwaarde CO2	Bovengrens CO2
<i>Business case</i>			
Investeringen	€-7.310	€-7.310	€-7.310
Onderhoud	€-3.365	€-3.365	€-3.365
Productieopbrengsten	€8.518	€8.518	€8.518
Balans/reserve	€-152	€-152	€-152
Restwaarde	€0	€0	€0
Totaal business case	€-2.308	€-2.308	€-2.308
<i>Werkgelegenheid</i>			
	€29	€29	€29
<i>Indirecte effecten</i>			
	€-76	€-76	€-76
<i>Externe effecten</i>			
CO2	€1.507	€5.288	€10.652
Overige emissies	€304	€304	€304
Voorzieningszekerheid	€835	€835	€835
Recreatie	€0	€0	€0
Emissies zandwinning en aanleg	€-85	€-85	€-85
Saldo	€207	€3.988	€9.352

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent respectievelijk 4 procent voor niet omkeerbare effecten

3.5 Gevoeligheidsanalyse

De kosten van windenergie hebben invloed op de business case en daarmee op het saldo van de MKBA. We veronderstellen hogere onderhoudskosten, die gebaseerd zijn op de berekening van ECN. Ook veronderstellen we een trendmatig pad voor de leereffecten. De resultaten staan in Tabel 3.6. De tabel toont het *verschil* in de business case. Daarnaast is het MKBA-saldo weergegeven voor de scenario's werkend ETS en niet-werkend ETS (onder- en bovengrens). Hogere kosten resulteren in een slechtere business case. In dit geval wordt het MKBA-saldo ook slechter. Bij een niet-werkend ETS duikt het saldo voor de ondergrens nu ook onder de nullijn en wordt negatief.

De gevoeligheidsanalyse kijkt ook naar de invloed van hogere prijzen. Hiervoor is gerekend met het middenpad uit CPB (2013). De business case verbetert hierdoor met meer dan € 3 miljard, de invloed van de prijsscenario's is dus groot. Het MKBA-saldo gaat tevens omhoog. Ook voor het scenario met een werkend ETS is het MKBA-saldo nu positief. Een combinatie van hogere kosten en hoger prijzen verbetert de business case en het MKBA-saldo in iets mindere mate.

Tabel 3.6 Bij hogere prijzen verbetert de business case en het MKBA-saldo

Effect op....	Δ Business case	MKBA saldo		
		Werkend ETS	Niet werkend ETS	
Variant		Ondergrens CO2	Ondergrens CO2	Bovengrens CO2
Hogere kosten	- € 1.640	€ -2.729	€ -834	€ 10.760
Hogere prijzen	+ € 3.265	€ 2.480	€ 4.375	€ 15.970
Hogere prijzen en hogere kosten	+ € 1.623	€ 839	€ 2.734	€ 14.329

Bron: SEO Economisch Onderzoek

* Alle bedragen zijn netto contant gemaakt met een discontovoet van 5,5 procent respectievelijk 4 procent voor niet omkeerbare externe effecten

4 Conclusies

Het welvaartseffect van investeringen in windenergie op de Noordzee is sterk afhankelijk van de waarde van CO₂-emissies. Bij een goed werkend ETS systeem is het effect op de welvaart per saldo negatief, omdat vermeden CO₂-emissies niet meetellen. Bij een niet-goed werkend ETS is het effect op de welvaart per saldo positief.

Dit rapport brengt in kaart de maatschappelijke kosten en baten van investeringen in windenergie op de Noordzee. Het gaat daarbij om de afspraken in het Energieakkoord om uiterlijk in 2023 3450 MW extra vermogen te plaatsen.

Deze MKBA maakt een onderscheid tussen scenario's voor de werking van het ETS, het Europese emissiehandelssysteem voor CO₂. Als dit systeem goed werkt, mag de vermeden CO₂ van extra windenergie niet worden geteld als een effect op de welvaart. De reden hiervoor is dat vermeden CO₂ onder een knellend emissieplafond ruimte creëert voor emissies elders (waterbedeffect). Er is dan per saldo geen effect op de emissies. Het financiële rendement van de investering in windenergie op de Noordzee is voor dit scenario met - € 2,1 miljard negatief. Er zijn echter verschillende externe effecten die positief meetellen, zoals de vermeden overige emissies (NO_x, SO₂ en fijnstof). Ook heeft windenergie een positief effect op de voorzieningszekerheid. Het effect hiervan is € 858 miljoen. Per saldo is het MKBA-saldo bij een goed werkend ETS systeem negatief met - € 1,1 miljard (netto contante waarde).

Op dit moment is de ETS-prijs erg laag. Er is een overschot aan rechten in de markt, theoretisch zou de prijs naar nul moeten tenderen. Het feit dat de prijs van een CO₂-emissierecht hoger dan nul is wijst erop dat het systeem niet goed functioneert. Als het plafond niet knelt, tellen de vermeden CO₂-emissies wel mee als een welvaartseffect. De waarde van de vermeden CO₂ is bepaald op basis van de schadekosten. Deze schadekosten kennen een boven- en een ondergrens. Deze grenzen geven de extreme kansen weer op klimaatschades. Deze schade kan meevallen of juist erg hoog zijn. In beide gevallen praten we over kleine kansen. Daar tussenin ligt een middenwaarde.

Op basis van de schadekosten kunnen de maatschappelijke kosten en baten van windenergie op zee bepaald worden. Het saldo is bij de ondergrens positief met € 806 miljoen (netto contante waarde), voor de bovengrens is de waarde ruim € 12 miljard (netto contante waarde). In potentie kan een investering in windenergie een groot effect op de welvaart hebben. De verklaring hiervan ligt bij het voorkomen van een extreme situatie waarin de klimaatschade erg hoog uitvalt. De kans hierop is klein. In het middenscenario voor de CO₂-waarde is het MKBA-saldo positief met € 5,6 miljard (netto contante waarde).

Een laatste scenario veronderstelt een goed werkend ETS tot 2030. Daarna wordt het systeem vervangen door Europees beleid met strengere afspraken. De CO₂-baten tellen in dit scenario pas mee na 2030. De uitkomsten liggen voor dit scenario tussen € 207 miljoen (ondergrens) en € 9,5 miljard (bovengrens).

De berekende saldi worden beïnvloed door de gehanteerde kosten en prijzen. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat hogere kosten het MKBA-saldo negatief beïnvloeden, bij hogere prijzen wordt het positieve effect op de welvaart groter. Opvallend is dat bij het gehanteerde prijsscenario in de gevoeligheidsanalyse ook de business case positief is. Het financiële rendement van de investering is in dit geval positief, investeren in windenergie op de Noordzee levert ook in financiële zin een positief resultaat op.

Literatuur

- CE Delft en Ecofys (2014), Argumenten in het maatschappelijke debat en politieke besluitvorming rond windenergie op zee, Delft.
- CE Delft (2010), Handboek schaduw prijzen, Delft.
- CPB (2013), KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land, Den Haag.
- Daniëls, B., Tieben, B., Weda, J., Hekkenberg, M., Smekens, K. & Vethman, P. (2012). Kosten en baten van CO2-emissiereductie maatregelen. SEO-rapport, 2012-32. Amsterdam: SEO & ECN.
- Decisio en Witteveen+Bos (2014), MKBA Windenergie binnen de 12-mijlszone, Amsterdam.
- Dolan, P. en R. Metcalfe (2008), Comparing Willingness-To-Pay and Subjective Well-Being in the Context of Non-Market Goods, CEP Discussion Paper No 890.
- ECN (2014a), Eindadvies basisbedragen SDE+ 2014, Amsterdam.
- ECN (2014b), Nationale Energieverkenning 2014, Amsterdam.
- Harmelink, M., L. Bosselaar, J. Gerdes, P. Boonekamp, e.a. (2012), Berekening van de CO2-emissies, het primair fossiel energieverbruik en het rendement op elektriciteit in Nederland, Agentschap NL, CBS, PBL en ECN.
- Jager, D. de, V. van Gastel en T. Winkel (2014), Economische impact van het Nederlandse cluster Wind op Zee, Ecofys, Rotterdam.
- Koopmans, CC. en M. Volkerink (2014), Zorgen overheidsbestedingen voor extra banen?, Tijdschrift voor Arbeidsmarktvraagstukken, vol. 30(1), pp. 40-52.
- Nederlandse investeringsinstelling (2014), Aanbeveling wind op zee, Den Haag.
- PBL (2013), Evaluation of policy options to reform the EU Emissions Trading System, Den Haag.
- Romijn, G. en G. Renes (2013), Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse, CPB/PBL, Den Haag.
- Verrips, A. (2005), Windenergie op de Noordzee, een maatschappelijke kosten-batenanalyse, CPB bijzondere publicatie nr. 57, Den Haag.
- Volkerink, M., Rougoor, W., Tieben, B., Blom, M. & Schepers, B. (2012). Bouwen en banen. SEO-rapport, 2012-91. Amsterdam: SEO.

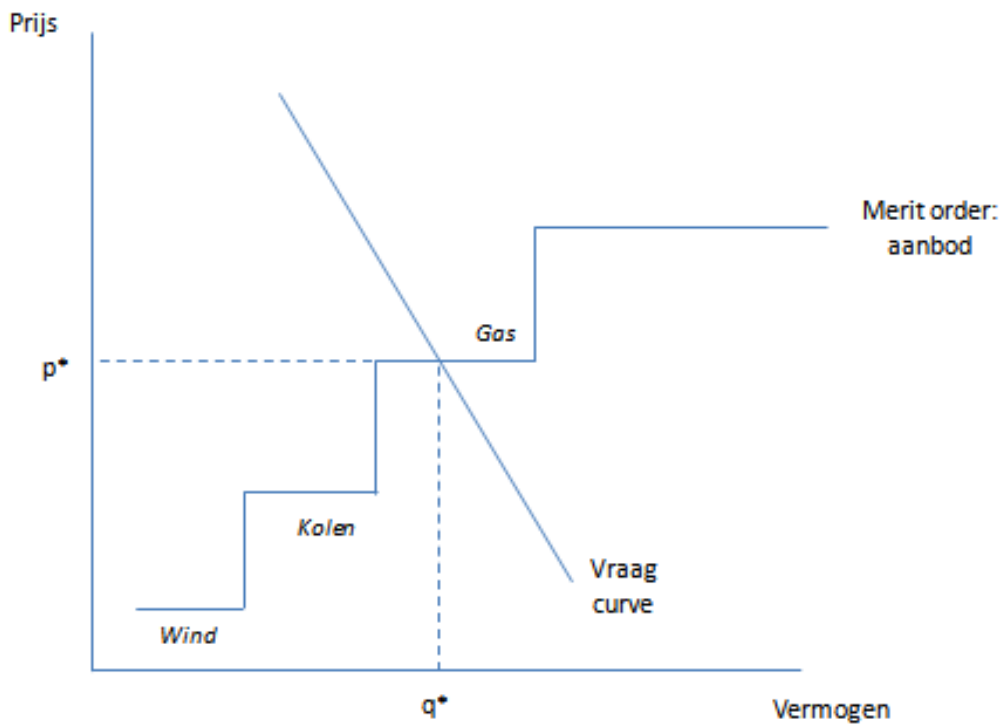
Watkiss, P., Anthoff, D., Downing, T., Hepburn, C., Hope, C.W., Hunt, A. & Tol, R.S.J. (2006),
The Social Costs of Carbon (SCC) Review: Methodological Approaches for Using SCC
Estimates in Policy Assessment, Department for Environment, Food and Rural Affairs,
London.

ZKA Consultants & Planners (2014), Onderzoek effecten Wind op Zee op recreatie en toerisme,
Waalwijk.

Bijlage A Het effect van emissierechten op de elektriciteitsprijs

De effecten van de aanleg van een windpark worden geïllustreerd middels figuren. Figuur S.1 geeft een mogelijke beginsituatie weer.

Figuur S.1 Vraag naar en aanbod van elektriciteit zonder extra windparken op zee

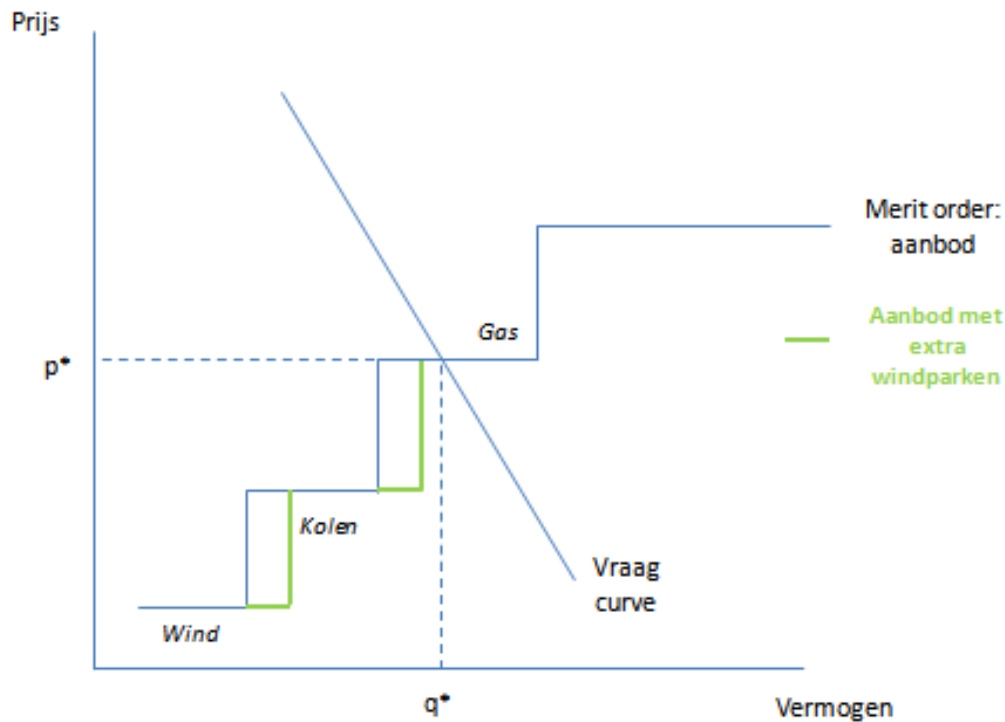


Bron: SEO Economisch Onderzoek

Het aanbod is weergegeven middels een gestileerde *merit order* voor wind, kolen, gas. Vraag en aanbod zijn aan elkaar gelijk bij p^* . Het consumentensurplus wordt gevormd door het deel onder de vraagcurve, boven de prijs p^* ; het producentensurplus door het deel boven de aanbodcurve, onder de prijs p^* . (Deze surplussen zijn niet weergegeven in de figuur om de figuur niet 'te vol' te maken.)

Figuur S.2 gaat uit van aanleg van windparken op zee, waardoor de merit order naar rechts opschuift. Deze verschuiving is weergegeven met de groene lijnen.

Figuur S.2 Verschuiving merit order zonder prijseffect door extra windparken op zee



Bron: SEO Economisch Onderzoek

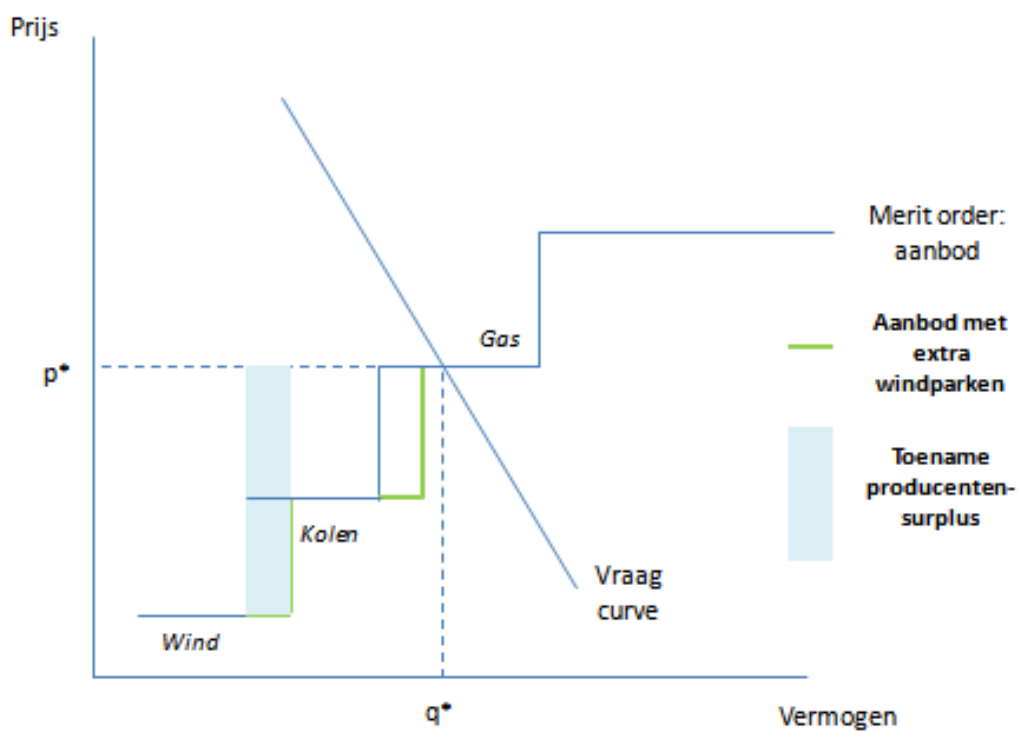
Door de verschuiving van de merit order neemt het producentensurplus toe. (Omdat de prijs niet wijzigt, blijft het consumentensurplus hetzelfde.) Figuur S.3 geeft de toename in het producentensurplus weer (de lichtblauwe rechthoeken).

Gegeven de investeringskosten die nodig zijn voor aanleg van de windparken kan de toename in het producentensurplus worden berekend door de prijs te vermenigvuldigen met de verkoop van elektriciteit uit de extra windparken op zee en daar de daarvoor benodigde kosten af te trekken. Dit is in grote lijnen de benadering in de business case in Decisio (2014). Naast de kosten voor investeringen en de restwaarde voor funderingen en aansluitingen bestaat deze business case uit de opbrengsten uit exploitatie en de kosten voor beheer en onderhoud.

De toename in het producentensurplus wordt veroorzaakt door de lagere marginale kosten van windenergie ten opzichte van fossiele energie. Onderdeel van dit verschil is dat voor windenergie geen emissierechten hoeven te worden aangekocht, terwijl dat voor fossiele energie wel nodig is. In de merit order (d.w.z. in de marginale kosten) dient de aankoop van deze emissierechten dan wel goed te zijn opgenomen. Op deze manier beïnvloedt de aankoop van emissierechten de prijs p^* .¹⁶

¹⁶ Een andere manier om op dezelfde resultaten te komen is gevolgd in Verrips (2005). Daar worden de bedrijfseconomische baten ingedeeld naar vermeden investerings-, onderhouds- en brandstofkosten (paragraaf 7.1) en vermeden aankoop van CO₂-rechten (paragraaf 7.3). Deze twee tezamen zijn op te vatten als de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit. In plaats van het gebruiken van een elektriciteitsprijs hiervoor is de kostprijs van verdrongen fossiele opwekking bepaald, die aan de marge gelijk zou moeten zijn aan de elektriciteitsprijs. Apart daarvan zijn de bespaarde CO₂-rechten ingeschat.

Figuur S.3 Toename producentensurplus



Bron: SEO Economisch Onderzoek



seo economisch onderzoek

Roetersstraat 29 . 1018 WB Amsterdam . T (+31) 20 525 16 30 . F (+31) 20 525 16 86 . www.seo.nl