

Maatschappelijke kosten-batenanalyse naar inpassing van zonne- en windenergie op land

Onderzoek in opdracht van Enpuls – maart 2021

Inhoudsopgave



Introductie



Meegenomen effecten in de MKBA



NCW Resultaten



Conclusies & implicaties voor beleid



Bijlagen

- Inzichten gevoeligheidsanalyse
- Resultaten LCOE (break-even elektriciteitsprijs)

Berenschot

The background of the slide features a large white wind turbine in the center, with its three blades extending upwards. Below the turbine, there is a vast field of solar panels arranged in neat rows. The sky is filled with large, white, fluffy clouds, and the overall lighting suggests a bright, sunny day.

Managementsamenvatting

Aanleiding en opdrachtformulering

Aanleiding

Het ontwikkelen van zonne- en windenergie is noodzakelijk om de doelstelling van 35 TWh duurzame elektriciteit op land uit het Klimaatakkoord te halen. Er zijn echter serieuze uitdagingen bij de inpassing van wind- en zon-pv-projecten, onder andere vanwege het gebruik van schaars beschikbare ruimte en capaciteit op het netwerk.

Er zijn verschillende varianten van hernieuwbare opwek op land mogelijk, bijvoorbeeld zonneweides, zon-op-daken en greenfield of repowering windparken. Elk van deze varianten kent positieve en negatieve (maatschappelijke) effecten, welke deels vanuit de businesscase worden vergoed. Om te bepalen welk alternatief van opwekking van hernieuwbare opwek wenselijk is vanuit maatschappelijk oogpunt, is in opdracht van Enpuls door Berenschot en Kalavasta een maatschappelijke kosten-batenanalyse uitgevoerd (MKBA).

Het doel van deze MKBA is om alle effecten van acht alternatieven voor het opwekken van hernieuwbare energie inzichtelijk te maken, waardoor algemene inzichten over de wenselijkheid (in de tijd) vanuit businesscase- en maatschappelijk perspectief verkregen kunnen worden. De verschillende resultaten zijn middels de Netto Contante Waarde (NCW)-methodiek met elkaar vergeleken en maken het mogelijk om onderbouwd keuzes te maken over de wijze waarop Nederland hernieuwbare opwek wil realiseren.

Wat is een (kengetallen) MKBA?

Een MKBA is een methode om overzichtelijk alle effecten (kosten en baten) van een project in kaart te brengen. Naast de gebruikelijke kosten en baten van een businesscase worden in een MKBA ook de indirecte kosten en baten en externe effecten meegenomen. Eventuele effecten die buiten de directe scope van een project vallen en dus voor een projectontwikkelaar niet/minder meegenomen worden in de besluitvorming, maar wel voor bijvoorbeeld een beleidsmaker relevant zijn – worden op deze wijze inzichtelijk gemaakt.

Er zijn drie soorten MKBA, te weten: de multi-criteria-analyse, een kengetallen-MKBA en een volledige (project-)MKBA. Dit onderzoek hanteert als methode de kengetallen-MKBA. Hiermee kunnen generieke projectalternatieven met elkaar vergeleken worden en kunnen algemene conclusies getrokken worden. Input voor een kengetallen-MKBA komt veelal uit deskresearch en hierdoor kunnen de meeste van de gevonden effecten gekwantificeerd en gemonetariseerd worden. In een MKBA worden effecten zoveel mogelijk in geld uitgedrukt en blijven subsidies en belastingen (denk aan: SDE, salderen, ODE, EB, etc.) buiten beschouwing.

Subsidies en belastingen hebben namelijk geen invloed op de totale welvaart, het zijn (slechts) instrumenten om de totale welvaart tussen bevolkingsgroepen- en/of sectoren te (her-)verdelen en maken het mogelijk om privaat onrendabele projecten te financieren.

De figuur rechts zet op hoofdlijnen uiteen hoe de mogelijke resultaten te interpreteren.

	Businesscase perspectief	Maatschappelijk perspectief
Resultaat NCW = positief	Project is winstgevend (exclusief belastingen). Er is geen argument voor subsidie.	Positieve directe, indirecte en externe effecten zijn groter dan eventuele negatieve effecten. Project vergroot totale welvaart.
Resultaat NCW = negatief	Project is verlieslatend en indien het maatschappelijk perspectief positief is, kan gekozen worden voor subsidiëring	Project heeft meer negatieve dan positieve effecten. Er is een argument voor additionele heffingen.

Beschrijving projectalternatieven en algemene uitgangspunten (zon)

- Voor alle projectalternatieven voor zon geldt dat er:
 - een vermogen van 7,5MW wordt opgesteld
 - er wordt gerekend met 3% transportverliezen
 - de technische levensduur van de installaties 25 jaar is
 - het piekvermogen van de zonnepanelen 320 Wp is.



1: Zonneweide

- Plaatsing op agrarische grond
- In het buitengebied
- 5,4 MW aansluiting (DC/AC ratio van 1,4)
- 5% eigen gebruik
- Ontwikkeltermijn van twee jaar



2: Zon-op-bedrijfsdaken
(laag eigen gebruik)

- Plaatsing op aaneengesloten bedrijventerrein
- 5,4 MW aansluiting (DC/AC ratio van 1,4)
- 30% eigen gebruik
- Ontwikkeltermijn van twee jaar



3: Zon-op-bedrijfsdaken
(hoog eigen gebruik)

- Plaatsing op aaneengesloten bedrijventerrein
- 5,4 MW aansluiting (DC/AC ratio van 1,4)
- 60% eigen gebruik
- Ontwikkeltermijn van één jaar



4: Zon-op-dak, particulier

- Plaatsing op verspreide woningen
- Geen verzwarend net
- 30% eigen gebruik
- Lagere efficiëntie omvormer (95% tegenover 98%)
- Ontwikkeltermijn van één jaar

Beschrijving projectalternatieven en algemene uitgangspunten (wind)

- Voor alle projectalternatieven voor wind geldt dat er:
 - een vermogen van 7,5MW wordt opgesteld
 - er wordt gerekend met 3% transportverliezen
 - er geen eigen gebruik is
 - de technische levensduur van de installaties twintig jaar is.
 - uitgegaan wordt van een gemiddelde windsnelheid van 7,5-8 m/s



5: Greenfield-locatie nabij stedelijk gebied

- Plaatsing nabij stedelijk gebied
- Lange ontwikkeltermijn van zeven jaar (inclusief bouwperiode)



6: Repowering nabij stedelijk gebied

- Plaatsing nabij stedelijk gebied
- Lange ontwikkeltermijn van zes jaar (inclusief bouwperiode)



7: Greenfield locatie in het buitengebied

- Plaatsing in het buitengebied
- Lange ontwikkeltermijn van zes jaar (inclusief bouwperiode)



8: Repowering in het buitengebied

- Plaatsing in het buitengebied
- Ontwikkeltermijn van vijf jaar (inclusief bouwperiode)

Inpassing van zonne- en windenergie heeft verschillende effecten. Opgeteld geven directe, indirecte en externe effecten de maatschappelijke waarde

Introductie
Effecten
Resultaten
Conclusies
Bijlagen

Directe effecten

Kosten

- Investeringskosten panelen/turbines/etc.
- Exploitatiekosten
- Financieringskosten
- Ontwikkelkosten (onder andere buurtfonds)

Baten

- Verkoop van elektriciteit, *uitgaande van gemiddelde prijs KEV2019/KEV2020*
- Verkoop GvO-certificaten

Businesscase-perspectief

Indirecte effecten

Kosten

- Netverzwarkosten
- Vergunningsverlenging
- Verlies van landbouwgrond

Baten

- Werkgelegenheidsbaten
- Uitgaven vanuit buurtfonds

Externe effecten

Kosten

- Leefkwaliteit (onder andere afname woningwaarde)
- (Verlies) van landschapskwaliteit

Baten

- Verbeterde bodemkwaliteit/biodiversiteit
- Vermeden CO₂ en overige emissies
- Verbeterde luchtkwaliteit

Kwalitatieve effecten

- Polarisatie
- Burgerparticipatie
- Energieonafhankelijkheid
- Kennisontwikkeling

Maatschappelijk perspectief

In 2021 hebben – vanuit MKBA-oogpunt – alle acht de alternatieven een negatieve businesscase en een positieve maatschappelijke waarde

Business case perspectief

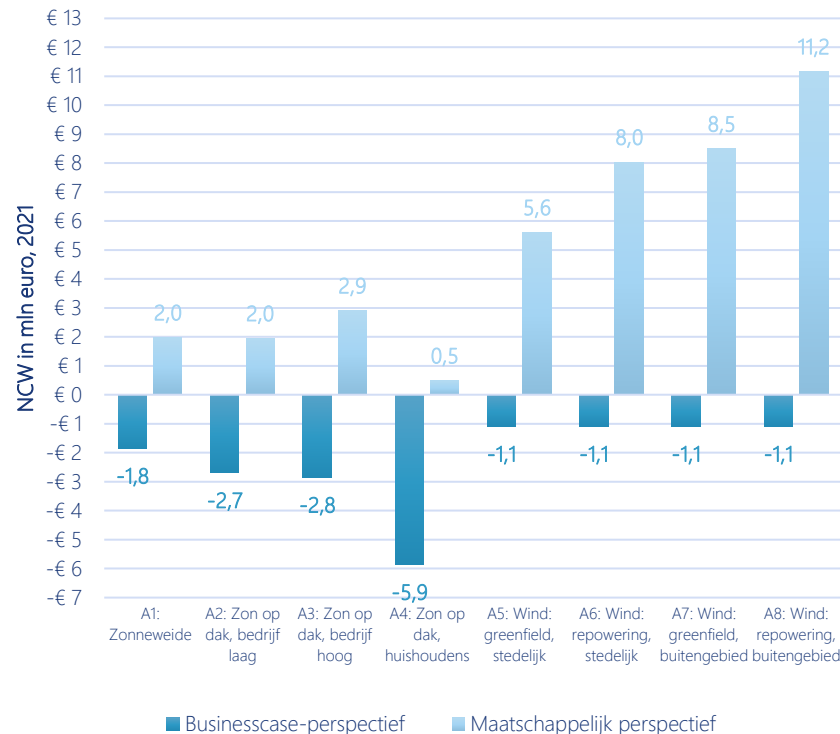
- De NCW voor de businesscase is negatief voor alle alternatieven. Deze uitkomst is te verwachten aangezien zonne- en windenergie op dit moment wordt gesubsidieerd. Door hoge investeringskosten en nagenoeg geen schaalvoordelen is de NCW van zon-op-woningen het laagst.

Maatschappelijk perspectief

- De NCW vanuit maatschappelijk perspectief is positief voor alle alternatieven. Het is daarom te rechtvaardigen dat er subsidie is om de onrendabele top van projecten te financieren.
- De maatschappelijke waarde van windenergie is groter dan die van zonne-energie. *Let op: de impact van windturbines op de landschaps-waarde kon niet gekwantificeerd worden. Dit effect dempt waarschijnlijk de maatschappelijke waarde van de alternatieven voor wind.*
- De ontwikkeltermijn heeft een grote impact op de maatschappelijke waarde. Dit komt met name vanwege de dalende meeropbrengst van CO₂-reductie indien deze reductie later in de tijd plaatsvindt. .

De Netto Contante Waarde (NCW)

De NCW geeft de waarde van een project over de gehele levensduur. De NCW houdt rekening met het feit dat effecten in de toekomst vandaag een lagere waarde hebben. Dit heet ook wel disconteren. Private partijen hanteren hiervoor een WACC (weighted average cost of capital), voor publieke effecten (zoals vermijden CO₂-uitstoot) is er de OEl Leidraad.



Voor 2030 veranderen de resultaten door toedoen van lagere investeringskosten en afnemende baten per vermeden ton CO2

Introductie

Effecten

Resultaten

Conclusies

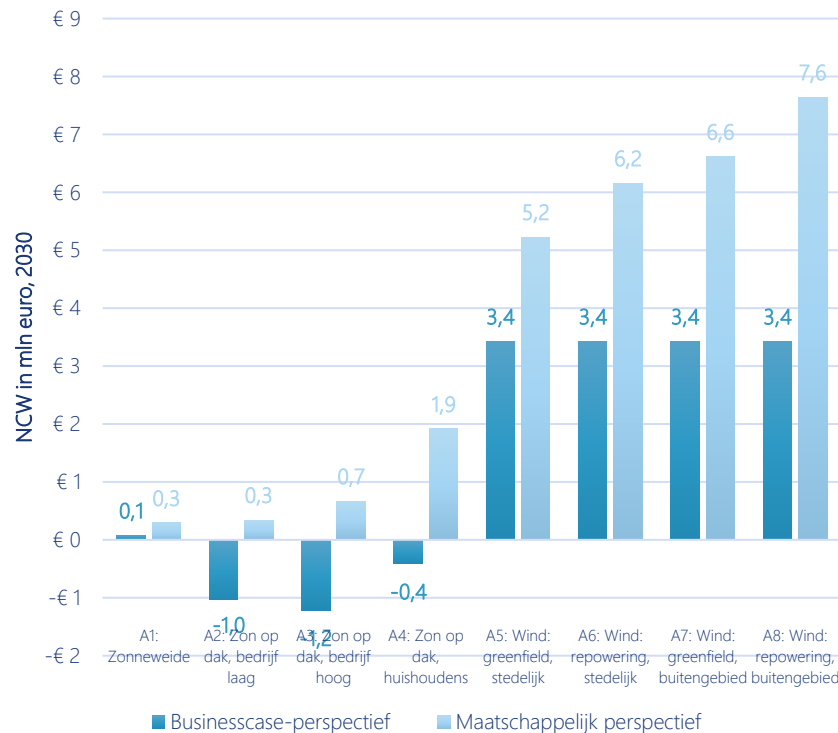
Bijlagen

Business case perspectief, doorkijk 2030

- De NCW is in 2030 positief voor windenergie. Voor zonne-energie geldt dit alleen voor zonneweides.
- Aangezien de investeringskosten bij zon-op-woningen naar verwachting het meeste dalen, verbetert de business case hier in verhouding het meest.

Maatschappelijk perspectief, doorkijk 2030

- De maatschappelijke NCW van de eerste drie alternatieven is lager dan in 2020. De overige alternatieven stijgen licht. De maatschappelijke waarde van windenergie is groter dan die van zonne-energie. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat niet alle effecten (zoals invloed op landschapswaarde, gezondheid, etc.) gekwantificeerd konden worden.
- De groei van de maatschappelijke NCW is te wijten aan lagere investeringskosten en lagere vermeden baten per ton CO₂.
- O.a. de kosten vanwege netverzwaring maakt dat de NCW van zonneweides achterblijft.
- Richting 2050 is de verwachting dat de maatschappelijke waarde van zon-op-woningen blijft stijgen. Dit komt door afnemende investeringskosten en overwegend meer positieve indirecte-/externe effecten dan negatieve.
- Een kortere ontwikkelingstijd geeft een hogere maatschappelijke waarde voor windenergie projecten.



Indirecte en externe effecten niet gekwantificeerd in de MKBA

Introductie

Kwalitatieve bevindingen

In dit onderzoek zijn ook zes effecten meegenomen die niet te kwantificeren zijn op basis van bestaande kengetallen.

1. Landschapskwaliteit

De impact op de landschapskwaliteit van zonne- en windenergie is over het algemeen negatief, waarbij de (negatieve) impact van windenergie vaak groter is dan die zonne-energie. Op projectniveau is het misschien mogelijk om dit effect wel mee te nemen in een project MKBA. Echter, ook op lokaal niveau blijft kwantificering van dit effect een lastige opgave.

2. Polarisatie

Er bestaat een polariserende werking door de inpassing van zonne- en windenergie. De landschapsimpact van met name wind, maar ook zonneweides, kunnen de lokale verdeeldheid vergroten.

3. Burgerparticipatie

Alle alternatieven bieden mogelijkheden voor burgers deel te nemen aan de energietransitie. Voor zon-op-dak zijn respectievelijk de postcoderoosregeling en de salderingsregeling van kracht. Voor zonneweides en windenergie geldt dat lokale participatie kan leiden tot een aanzienlijke waardeverhoging van het project. Echter, het is onduidelijk in hoeverre dit in de praktijk gebeurt

4. Energieonafhankelijkheid

De afhankelijkheid van de energieleverancier neemt af voor zon-op-dak vanwege het hogere percentage eigen gebruik.

5. Kennisontwikkeling

De installatie van zonnepanelen en windturbines heeft zowel innovatie als verhoging van de arbeidsproductiviteit tot gevolg.

6. Kwaliteit van leven

Windenergie heeft een negatieve impact op de kwaliteit van leven. Een groot deel van dit effect is gewaardeerd in woningwaardedaling*. Eventueel verlies van recreatieve waarde van een gebied is niet gewaardeerd.

*Toelichting woningwaardedaling:

De totale daling in woningwaarde gerelateerd aan de komst van een windmolenpark is sterk afhankelijk van het aantal woningen in een straal van 2,5 kilometer en de gemiddelde WOZ-waarde. In deze studie zijn hypothetische locaties in stedelijk / landelijk gebied ontwikkeld, daarom is voor stedelijk gebied uitgegaan van een daling van het gemiddelde (570.000 euro woningwaarde daling) en voor landelijk gebied van de mediaan (97.000 euro daling van de woningwaarde). Dit grote verschil toont aan dat totale daling woningwaarde per project/locatie zeer sterk kan verschillen.

Effecten

Resultaten

Conclusies

Bijlagen

Beschouwing van resultaten

Ontwikkeling elektriciteitsprijs en vraag naar elektriciteit

- De voornaamste baat in de businesscase zijn inkomsten uit verkoop van elektriciteit; de inkomsten zijn afhankelijk van veel externe factoren. Deze schommeling in prijs speelt tot 2025 voor een projectontwikkelaar een kleine rol. Na 2025 speelt deze een zeer grote rol en indien de vraag naar elektriciteit niet toeneemt (wat invloed heeft op de gemiddelde prijs) is het zeer de vraag of projecten zonder subsidie uit kunnen.

Inschatten netkosten toename duurzame opwek

- De netkosten zijn zeer lastig in te schatten en variëren sterk per locatie. Netkosten kunnen nihil zijn door aanwezige infrastructuur of enkele malen hoger dan ingeschat.
- Het is aan te bevelen om in de toekomst nader te onderzoeken in hoeverre additionele kosten van netverzwaring aan projectontwikkelaars is door te belasten/mee te nemen in de SDE++ methodiek, zeker in geval van een positieve BC zonder subsidies.

Tempo van innovatie en gerelateerde kostendaling

- We verwachten dat de kosten van een zonnepaneel en de installatie daarvan afnemen. Gepresenteerde studieresultaten worden hier sterk door beïnvloed.
- Tevens probeert men de afstand en tijd tussen elektriciteitsopwek en -verbruik zo klein mogelijk te maken. Dit vergroot het percentage eigen gebruik.

Alternatieve vormen van opwek

- Er zijn naast de acht beschouwde alternatieven ook andere technische oplossingen, denk aan: wind-op-zee, zon-op-water, zon-op-gevels, etc.
- Het is aan te bevelen om deze studie in de toekomst uit te breiden naar meer vormen en deze integraal te beschouwen vanuit maatschappelijk oogpunt.



Conclusies en implicaties voor beleid

Conclusies

- De systematiek van de SDE++ houdt onvoldoende rekening met alle effecten van een project. Hierdoor worden projecten geprioriteerd op basis van laagste subsidie-intensiteit per vermeden ton CO₂, maar niet vanuit maatschappelijk perspectief. Indien de SDE-systematiek ook rekening zou houden met indirecte en externe effecten worden mogelijk andere projecten geprioriteerd dan nu het geval.
- Eventuele vertraging van een project heeft grote gevolgen voor de maatschappelijk waarde van een project.
- Vanwege de verwachte kostendaling van zonne- en windenergie kunnen op termijn zonneweides en windparken subsidieeloos worden gerealiseerd. De ontwikkeling van de elektriciteitsprijs speelt hier een zeer belangrijke factor in.
- Niet iedereen heeft momenteel in gelijke mate toegang tot bestaande financiële instrumenten (bijvoorbeeld investeren in zon-op-dak), hierdoor neemt de kloof tussen wel-/niet vermogende huishoudens toe. Dit kan weerstand tegen de energietransitie in de hand werken. Ook is momenteel onduidelijk in hoeverre de ambitie van 50% lokaal eigendom (Klimaatakkoord) voldoende wordt nagestreefd/gehaald. Dit is negatief voor het draagvlak.

Implicaties voor beleid

1. **Verhouding opwek wind en zon in de RES maatschappelijk niet optimaal:** volgens het PBL zorgt een verhouding van ongeveer 4:1 gedurende het jaar gemiddeld voor de beste balans op het netwerk op nationale schaal. De ontwikkeling naar een 1:1 verhouding (in MWh) maakt dat de totale systeemkosten hoger zullen uitvallen dan nodig en dat de inkomsten uit zon lager zullen zijn voor de projectontwikkelaar.
2. **Kijk bij inpassen van een windpark naar meer dan alleen direct financiële factoren:** kijk bij ontwikkeling van wind-op-land in welke mate landschappen met een hoge waarde, natuur- en broedgebieden en gebieden met hoge woondichtheid ontzien kunnen worden, bijvoorbeeld door te clusteren.
3. **Kort ontwikkeltijd van projecten in:** het Rijk, provincies, gemeenten en overige betrokken organisaties kunnen de maatschappelijke waarden van projecten vergroten door zich in te spannen om de totale ontwikkeltijd van zowel zon als wind te verkleinen. Alternatief kan (of additioneel) ingezet worden op efficiënter gebruik van het net, zodat men eerder aangesloten kan worden.
4. **Opwek moet ook na 2025 kunnen:** enkele alternatieven zijn niet rendabel zonder SDE. Zet subsidies op prijs en/of stem vraag- en aanbod beter af.
5. **Zon-op-dak (van particulieren/hoog eigen gebruik) blijven stimuleren:** opties zijn in 2030 nauwelijks rendabel, terwijl ze het grootste draagvlak hebben.
6. **Na 2030 (mogelijk) indirecte kosten internaliseren:** indien in de periode 2030-2050 de situatie ontstaat dat het businesscaseresultaat van een project groter is dan de maatschappelijke waarde, een ongewenste situatie, is het van belang om indirecte kosten in de businesscase op te nemen.

Berenschot

The background of the slide features a large white wind turbine in the center, with its three blades extending upwards. Below the turbine, there are rows of solar panels installed on a grassy field. The sky is filled with large, white, fluffy clouds, and the overall lighting suggests a bright, sunny day.

2

Bijlagen

Uitkomsten en conclusies gevoeligheidsanalyse

In deze MKBA is een groot aantal kengetallen gehanteerd om zowel het businesscase-perspectief als het maatschappelijk perspectief in beeld te brengen. Deze kengetallen hebben een grote invloed op de uitkomsten. Vanwege deze reden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Gevoeligheidsanalyse

Een gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de invloed van verschillende parameters op de uitkomst. De gevoeligheidsanalyse toont de NCW-uitkomst voor 2021 indien een bepaalde parameter aangepast wordt in het rekenmodel. De hiernavolgende parameters zijn aangepast:

- GvO inkomsten 0 euro
- de kosten van kapitaal (WACC) (variatie van 0,5%)
- toename van het rendement van de omvormer naar 99% (zon)
- de (economische) levensduur naar 30 jaar (zon) en 25 jaar (wind)
- afschrijvingstermijn elektriciteitsnetten (25 jaar in plaats van 40 jaar)
- kosten van netverzwaring (variatie van 50%)
- vertraging project (met additioneel 1 jaar), waardoor pas later in de tijd CO₂-reductie optreedt (bijvoorbeeld vanwege vertraging vergunning of niet tijdige verzwaring van het elektriciteitsnet).

Belangrijkste resultaten business case perspectief

- Het wegvallen van inkomsten uit GvO's heeft op alle alternatieven een negatieve impact. Voor de windalternatieven is deze impact groter dan voor de zonalternatieven, aangezien wind meer elektriciteit produceert.
- Variatie van de WACC heeft een grote impact op de resultaten. Een hogere WACC leidt tot een slechtere businesscase, terwijl een lagere WACC een positieve invloed heeft op de businesscase.
- Het verlengen van de economische levensduur heeft een zeer gunstige uitwerking op de windalternatieven.

Belangrijkste resultaten maatschappelijk perspectief

- Hogere kosten voor netverzwaring hebben een negatieve impact op het maatschappelijke perspectief van zon- en windalternatieven.
- Vertraging van het project heeft vooral een negatieve impact op het maatschappelijke perspectief van de windalternatieven.

Het rekenmodel is op aanvraag beschikbaar, zodat iedereen zijn/haar eigen analyse met de gekozen parameters kan uitvoeren. Neem hiervoor contact op met een van de auteurs of zie de website van Enpuls.

The levelized cost of electricity (LCOE): de break-even-elektriciteitsprijs

De LCOE

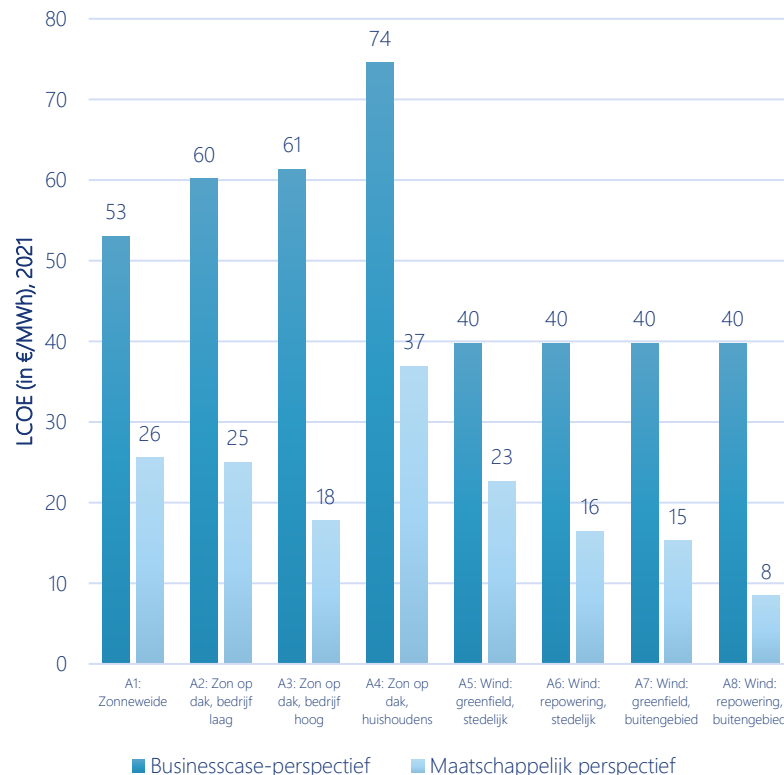
De LCOE geeft de elektriciteitsprijs die moet worden betaald om de kosten te dekken. De LCOE is onafhankelijk van de marktprijs van elektriciteit. Omdat projecten ook een invloed hebben op de marktprijs is het een nauwkeurige vorm van vergelijken. Wanneer de LCOE hoger is dan de marktprijs van elektriciteit dan is het project niet rendabel omdat er betere opties zijn. In de analyse is geen rekening gehouden met belastingen.

Business case perspectief

- De LCOE is voor alle businesscases hoger dan de huidige voor alle alternatieven. De businesscase is dus niet rendabel. Dit is ook te verwachten aangezien er op dit moment wordt gesubsidieerd om de businesscase positief te maken.

Maatschappelijk perspectief

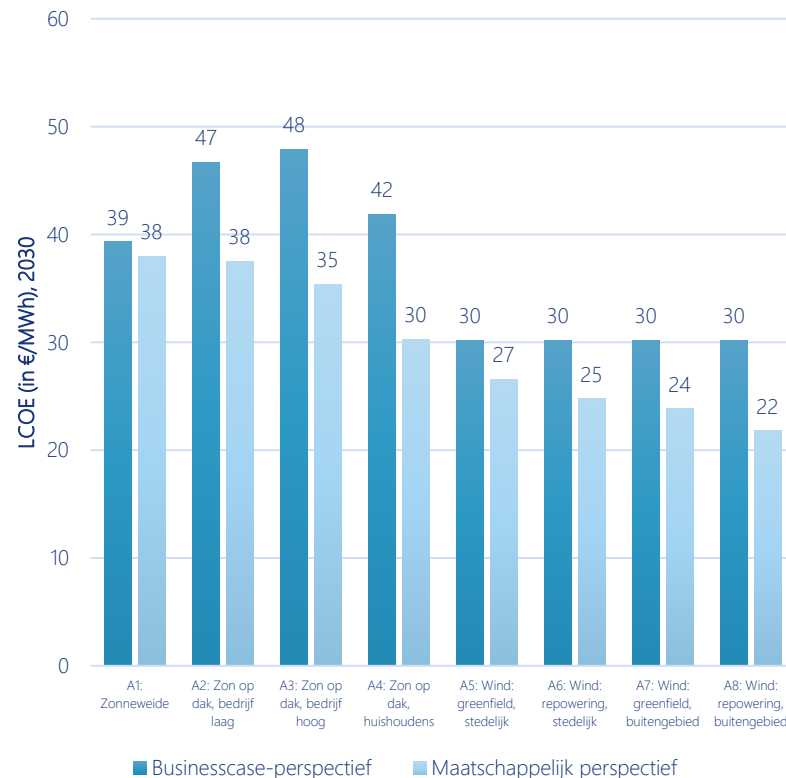
- De LCOE is vanuit maatschappelijk perspectief veel lager dan de marktprijs voor zonne- en windenergie respectievelijk 36 en 31 euro per MWh. Dit komt onder andere doordat ook maatschappelijke baten een grote invloed hebben. Het maatschappelijk effect van zon-op-daken en wind repowering in het buitengebied is het grootst en heeft de grootste prijsdaling tot gevolg.



LCOE, doorkijk naar 2030

LCOE, doorkijk naar 2030

- Voor 2030 valt op dat voor windparken de break-even-elektriciteitsprijs gelijk of lager is dan de verwachte elektriciteitsprijs van 31 euro per MWh. Dit betekent dat windparken in 2030 of iets eerder zonder subsidie rendabel ontwikkeld kunnen worden. Voor zonne-energie is dit niet het geval.





Berenschot

www.berenschot.nl

[in/berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)