

Alternatieve energietransitie kan Europese klimaatrekening fors reduceren

De ambitieuze doelstellingen van de energietransitie in Europa vraagt ook offers van burgers. Welke transitie-scenario's kunnen de kosten voor de burger beperken zonder de klimaatdoelstellingen uit het oog te verliezen?

IN HET KORT

- Distributie en toepassing van waterstof uit vergassing met CO₂-opslag kan de Europese klimaatrekening met veertig procent verlagen.
- Negatieve emissies van biomassa-vergassing met CO₂-opslag maakt dure maatregelen als energieneutraal wonen overbodig.
- Waterstof uit kolenvergassing met CO₂-opslag is goedkoper en verdringt groene waterstof uit elektrolyse via windenergie.

JOHANNES BOLLEN

Onderzoeker bij het Centraal Planbureau

De benodigde energietransitie om Europa rond 2050 CO₂-neutraal te laten zijn, zal in alle lidstaten economisch gevoeld gaan worden. We zien zelfs al aan het begin van die transitie, in bijvoorbeeld Frankrijk, dat de aankondiging van een groene taks op brandstof een golf van protest van de 'gele hesjes' heeft opgeroepen. Tegen de achtergrond van deze weerstand bij burgers is het relevant om van een aantal kansrijke alternatieve transitie-modellen te onderzoeken in welke mate die de maatschappelijke kosten aanzienlijk verminderen.

Transitiemodellen

Het huidige transitie-model in Europa richt zich vooral op het stimuleren van windenergie. Het fluctuerende aanbod hiervan brengt extra kosten met zich mee, via netwerkverzwaring en centrales die moeten draaien wanneer het niet waait. Maar aan de andere kant kan een surplus aan windturbines buiten de elektriciteitspiek, wanneer het wel waait, aangewend worden om via 'gratis' wind waterstof te produceren zonder dat er CO₂ vrij komt.

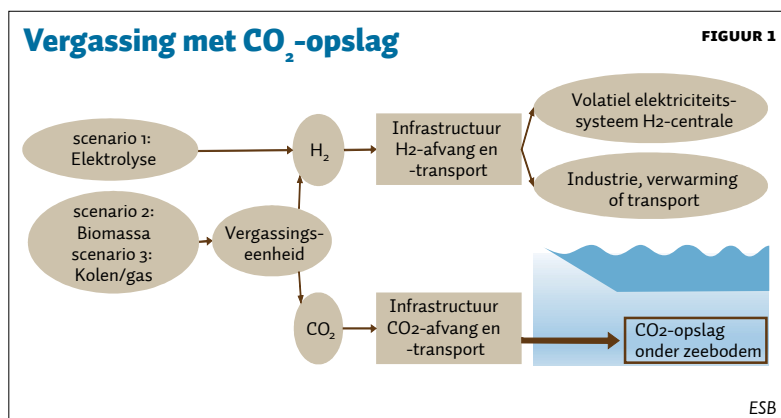
De Europese Commissie stelt dat waterstof voor de energietransitie nuttig is voor een aantal transporttoepassingen (EC, 2018). De klimaatrekening kan echter omlaag als waterstof grootschaliger wordt toegepast, bijvoorbeeld door waterstof op te maken via vergassing van biomassa of kolen in combinatie met CO₂-opslag.

Waterstof heeft als brandstof geen nadelige gevolgen voor het milieu, en kan naast transporttoepassingen gebruikt worden in een flexibele elektriciteitscentrale voor de leveringszekerheid, en in allerlei processen in de industrie – of zelfs in verwarmingsinstallaties als vervanger voor gas. Bovendien kunnen de negatieve emissies van de biomassa-vergassing met CO₂-opslag het emissiebudget van andere sectoren verruimen, waardoor je daar dan dure maatregelen kunt uitstellen of er zelfs vanaf te zien (denk bijvoorbeeld aan energieneutraal wonen). En kolenvergassing met CO₂-opslag heeft zo veel waterstofpotentieel dat waterstofcentrales de uitbreiding van dure nucleaire centrales kunnen voorkomen terwijl er tegelijkertijd extra schone brandstof beschikbaar komt voor andere toepassingen. Figuur 1 illustreert dit met een tweetal alternatieve transitie-modellen voor waterstof via vergassing, naast het meer traditionele scenario van waterstof uit elektrolyse via windenergie.

In het ene alternatieve transitie-model mag biomassa ingezet worden voor vergassing om waterstof te produceren, terwijl er in het tweede alternatief ook gekozen mag worden voor kolenvergassing. De waterstof is als schone brandstof toe te passen, terwijl het productieproces van vergassing ook schoon kan zijn als de vrijkomende CO₂ bij het vergassingsproces afgevangen en opgeslagen wordt onder bijvoorbeeld de Noordzee (hierna CCS genoemd, van het Engelse *CO₂ Capture and Storage*).

Modelsimulaties van de energietransitie

De effecten op de energieprijzen van de verschillende transitie-scenario's zijn te berekenen met een werelddekkend klimaat-



energie-economiemodel genaamd *Model for Evaluating Regional and Global impacts of the Greenhouse gas Effect*, oftewel MERGE (Aalbers en Bollen, 2017a; Blanford et al., 2015). Het optimalisatiemodel maakt onderscheid tussen de belangrijkste regio's, waaronder Europa. MERGE berekent tot aan 2100 het energieverbruik en -aanbod van kolen, olie en gas, de daaraan verbonden CO₂-emissies, de prijzen van fossiele energie, en de inzet van opties en kosten om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan.

De centrale aanname in de berekeningen gaat uit van de kostenoptimalisatie van een emissiepad voor de wereld, horend bij een doel van maximaal twee graden temperatuurstijging, terwijl de EU-emissies met 95 procent omlaag moeten. Om het effect op de maatschappelijke kosten van de vergassingsvarianten te analyseren, zullen er drie transitie-modellen bekeken worden met verschillende manieren om waterstof te produceren:

1. het 'alleen wind'-scenario 1, waarbij waterstof slechts via elektrolyse ontstaat;
2. het '+ BECCS'-scenario 2: als scenario 1, maar nu ook waterstof uit biomassa-vergassing met CCS (ook wel BECCS (*Bio-Energy with Carbon Capture Storage*) genoemd);
3. het '+ grijs'-scenario 3: als scenario 2, maar nu ook waterstof uit vergassing van aardgas of kolenvergassing met CCS.

Transitiescenario 1

Door de emissiereductie van 95 procent zal in dit transitie-model de koolstofprijzen in Europa stijgen, omdat we duurdere maatregelen moeten nemen om de uitstoot steeds verder te beperken. De emissiereductie in dit scenario leidt tot een stijging van de koolstofprijzen in Europa naar 150 euro/tCO₂ in 2030 en 350 euro/tCO₂ in 2050. De hoogte van de koolstofprijzen is gelijk aan de marginale kosten van de emissiereductie van de duurste maatregel op het Europese grondgebied, en uit Aalbers en Bollen (2017a) en Koelemeijer et al. (2017) weten we dat dit om maatregelen buiten het emissiehandelssysteem (*Emissions Trading System*, ofwel ETS) gaat.

Maar naast de stijgende koolstofprijzen zal ook de elektriciteitsprijzen meer dan verdubbelen, naar 120 euro/MWh in 2050. De stijging van de groothandelsprijzen is toe te schrijven aan de uitbreidingskosten van het netwerk, om zo de hoge pieken te kunnen opvangen bij een aandeel in de windenergie van zestig procent in 2050. Maar ook zijn er investeringen noodzakelijk in schone maar dure nucleaire basislasttechnologie (vervanging en expansie). In de daluren wanneer er een 'overcapaciteit' is aan windenergie, schakelen de windturbines van elektriciteitsproductie over naar groene waterstofproductie via elektrolyse of ze worden uitgezet ('verspilling').

Omdat windenergie zorgt voor een volatiel aanbod, zijn er in dit transitie-model ook een paar minder goedkope opties nodig die de leveringszekerheid (mede) garanderen. Het gaat hier om enerzijds voltijs draaiende biomassa- of nucleaire centrales (relatief duur), en anderzijds om flexibele deeltijdgascentrales. Figuur 2 toont dat in 2050 zal in Europa de capaciteit van gas ongeveer 220 Giga Watt (GW) zijn (aandeel is rond de 15%). De capaciteit van de

(bijna) voltijs draaiende centrales op biomassa stijgt tot 70 GW (aandeel is 4%) en 270 GW nucleair (aandeel is 13%). Maar voor de huidige kolencentrales is er, door de hoge CO₂-prijzen voor 2030, al geen plaats meer.

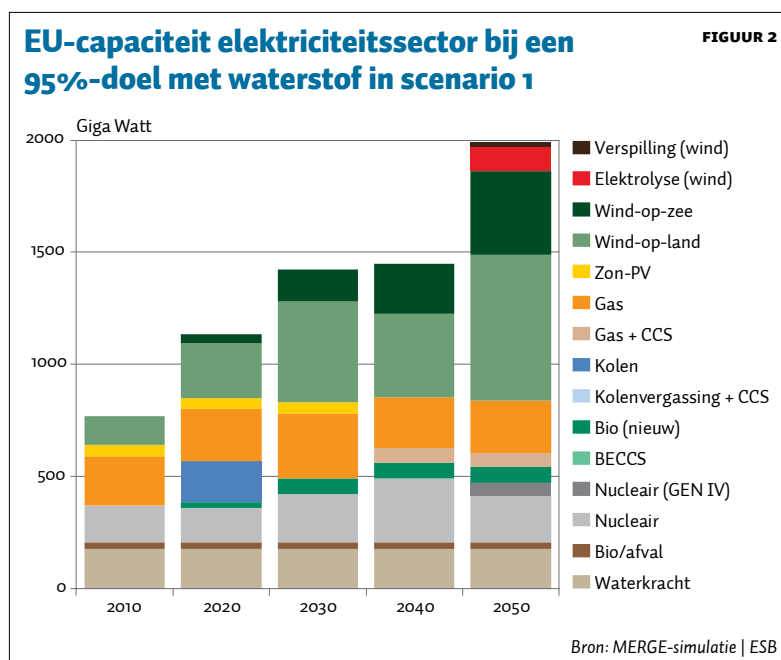
De eerder gemelde, stijgende prijzen van elektriciteit en CO₂ leiden tot aanpassingen in de Europese economie, waardoor het bruto binnenlands product (bbp) in 2050 2,3 procent lager uitkomt dan in een scenario zonder klimaatbeleid (netto contante waarde van het bbp-verlies is 0,5 procent, ofwel 8.000 euro per Europeaan).

Transitiescenario 2

In dit transitie-model breiden we het palet aan schone energieproductie uit met biomassa-vergassing (BECCS). De klimaatrekening kan dalen doordat de negatieve emissies van BECCS een slimme herallocatie van sectorale emissies mogelijk maakt. Als de emissies van de elektriciteitssector omlaag gaan en die van andere sectoren omhoog, dan kunnen de duurdere maatregelen als energieneutrale woningen of gebouwen vermeden worden. De CO₂-prijzen in 2050 is lager dan in scenario 1: bijna 200 euro/tCO₂ in plaats van 350 euro/tCO₂.

De herallocatie van emissies zien we ook terug in de veranderingen in de energievraag en -productie. Figuur 3 laat aangaande alle drie de scenario's voor de periode 2030–2050 de vraag zien naar energie per energiedrager (3a) en de energieproductie in de elektriciteitssector (3b). Het veruimde koolstofbudget wordt gevuld met goedkope olie en gas, terwijl dure biobrandstoffen overbodig worden.

Het andere relevante mechanisme dat de klimaatrekening doet dalen, is dat BECCS het palet aan schone elektriciteitsopties uitbreidt. De vraag is hoe belangrijk dat is. Figuur 3b laat zien dat het productieaandeel van windenergie licht daalt. Ondanks het feit dat de investeringskosten van windturbines de helft zijn van BECCS drukt het relatief dure BECCS in dit scenario de gemiddelde elektriciteitsprijzen. De reden is dat BECCS nucleaire energie verdringt (waarvan de investeringskosten 30 tot 165 procent



hoger zijn dan BECCS). Hierdoor komt de elektriciteitsprijs in 2050 uit op 110 euro/MWh in plaats van op de 120 euro/MWh in scenario 1.

In vergelijking met scenario 1 daalt de prijs van CO₂ met veertig procent en die van elektriciteit met tien procent. Hierdoor daalt de klimaatrekening met twintig procent, ofwel tot 6.300 euro per Europeaan.

Een veelgehoord bezwaar tegen BECCS is dat daardoor de productie van biomassa in de wereld zou stijgen, maar dat hoeft niet. BECCS verhoogt weliswaar de vraag naar biomassa in elektriciteitscentrales, maar toch daalt de totale vraag naar biomassa, omdat de vraag naar biobrandstoffen voor transportdoeleinden wegvalt (olievraag stijgt, zie scenario 2 ten opzichte van scenario 1). Het scenario met de biobrandstoffen is dus duurder, en daarmee inefficiënt (Aalbers en Bollen, 2017b).

Transitiescenario 3

Scenario 2 laat dus zien dat de introductie van BECCS in de energieproductie de prijs van zowel CO₂ als van elektriciteit verlaagt ten opzichte van scenario 1. In scenario 3 is ook de waterstof productie toegestaan uit vergassing van kolenvergassing met CCS (zonder CCS past niet met het koolstofbudget). Nu daalt de klimaatrekening nog verder door een verdere diversificatie van het elektriciteitsaanbod en de mogelijkheid om nog meer dure maatregelen te vermijden, bijvoorbeeld het bouwen van energieneutrale gebouwen of woningen of warmtepompen aanbrengen in bestaande woningen. Figuur 3 illustreert deze verschuivingen door de staafjes van scenario 2 en scenario 3 met elkaar te vergelijken. Waterstof wordt belangrijker.

Het kostenvoordeel komt nu door de introductie van kolenvergassing met CCS en verdringing van nucleaire energie, omdat de investeringskosten van kolenvergassing met CCS minimaal veertig procent lager liggen ten opzichte van nucleair. Elektrolyse blijkt nu te duur, omdat kolenvergassing ook windenergie minder dominant maakt.

Belangrijker is echter dat de kolenvergassing met CCS zoveel waterstof produceert dat het naast toepassing ervan in waterstofcentrales ook elders gebruikt kan worden (vraag naar fossiel daalt, want olie sterk omlaag en gas licht omhoog, zie figuur 3a). En dat betekent dat de CO₂-emissies omlaag gaan, waardoor de koolstofprijs met bijna twintig procent daalt. Maar de gemiddelde energieprijzen daalt ook met 33 procent, omdat de extra waterstof uit kolenvergassing met CCS goedkoper is dan de waterstof uit BECCS, en windenergie in scenario 2. Dure maatregelen als CO₂-neutraal wonen worden weer verder overbodig (ook het blokje 'ander schoon' is verdwenen). Dit scenario levert wel de meeste CCS op, maar tot 2050 wordt de Europese CO₂-opslagcapaciteit voor nog geen twintig procent gebruikt (CPB en PBL, 2015; IPCC, 2005; Aalbers en Bollen, 2017a).

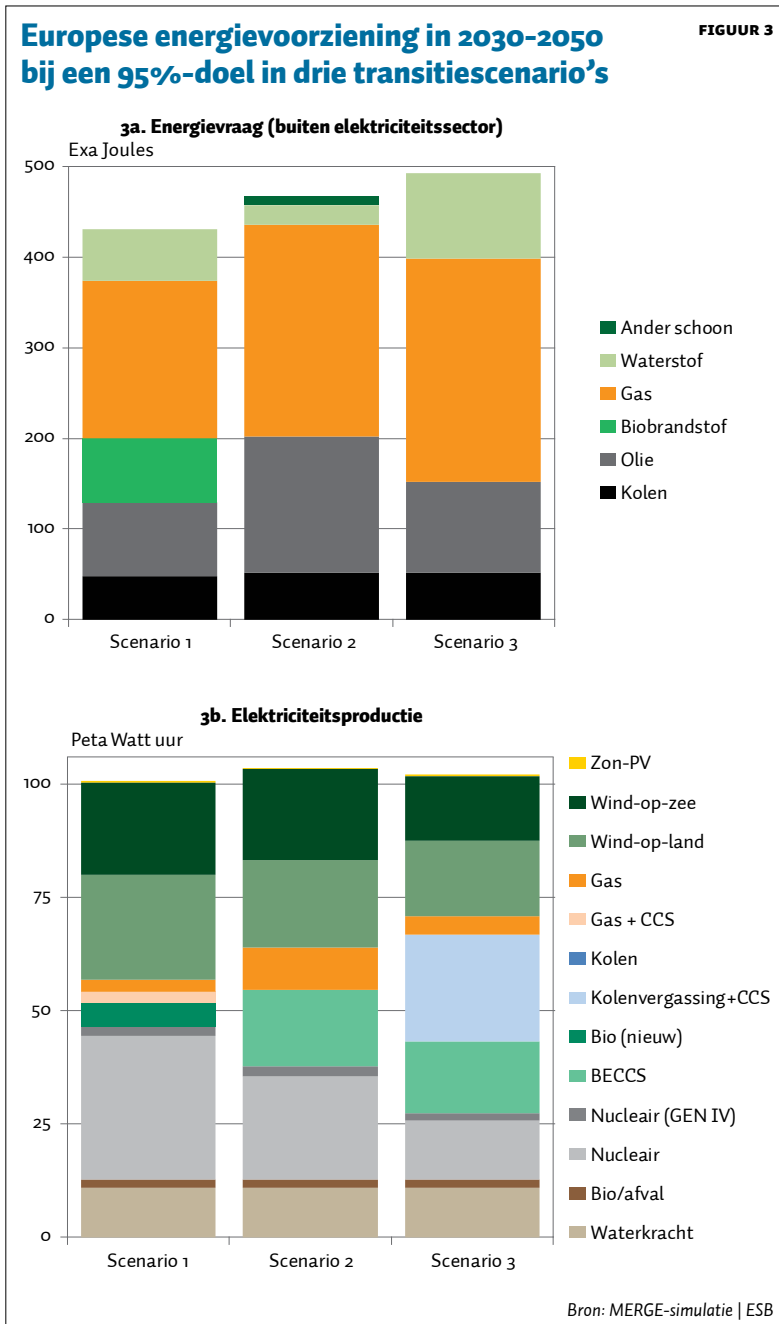
Windenergie blijft ook in het eindbeeld van scenario 3 bestaan, en over de tijd zal er veel extra capaciteit komen, maar het gaat minder snel dan in scenario 1. Waterstof uit elektrolyse lijkt alleen bestaansrecht te hebben bij de duurdere transitie modellen met hele grote productieaandelen van windenergie.

Vergassing leidt tot een breder en gelijkmatiger verdeelde elektriciteitsportfolio. Kolenvergassing met CCS maakt het klimaatbeleid weer twintig procent goedkoper. De klimaatrekening daalt dan tot 4.900 euro per Europeaan, ofwel een bbp-verlies in 2050 van 1,4 procent in plaats van 2,3 procent in scenario 1 door lagere prijzen van energie, elektriciteit en CO₂.

Vaak wordt waterstof uit aardgas als alternatief genoemd voor kolenvergassing, maar dat blijkt te duur. Hoewel de opslagkosten voor kolen driemaal zo hoog zijn als voor gas, zijn de CO₂-opslagkosten zelf echter van beperkt belang. Aangezien steenkool behoorlijk goedkoper is dan aardgas is waterstof uit aardgas dus te duur.

Conclusie

Er zijn kostenvoordelen door vergassing met CCS (tabel 1), zonder dat dit ten koste gaat van het klimaatdoel van 95 procent emissiereductie in 2050 (mits de afgevangen CO₂



wordt opgeslagen). Een transitie scenario met waterstof uit slechts windenergie is het duurste van de drie scenario's. In scenario 2 drukken de negatieve emissies van biomassa de prijzen voor CO₂ en elektriciteit. En kolenvergassing versterkt dit mechanisme nog meer, waardoor bijvoorbeeld dure energieneutrale woningen en warmtepompen in bestaande woningen nog overbodiger worden of nog langer kunnen worden uitgesteld.

Obstakels voor vergassing

Ondanks de maatschappelijke baten zal vergassing niet zomaar van de grond komen. Vergassing heeft overheidssteun nodig voordat deze privaat kan renderen. En die ondersteuning is bij vergassing ingewikkelder dan bij subsidies voor windmolens. De reden is dat windenergiesubsidies in bijvoorbeeld Nederland slechts het kostprijverschil afdekken tussen groene en grijze stroom. Maar bij vergassing gaat het om een systeembrede set van technologieën die gesteund zouden moeten worden: distributie en toepassing van waterstof voor de elektriciteitsproductie, warmte en transport en afvang, transport en opslag van CO₂. De verschillende onderdelen van vergassing met CCS en de toepassingen van waterstof zijn echter al wel beproefd, zoals de Willem-Alexander centrale in Buggenum die werkte op waterstof uit kolenvergassing (maar in 2013 gesloten), de experimenten met afvang, transport en opslag van CO₂ in de Noordzee (CCP, 2019), de Magnum-centrale in de Eemshaven die met waterstof experimenteert en de waterstofbussen. Maar dat is allemaal nog zeer kleinschalig en aan de dure kant.

Een ander obstakel is dat de ETS-prijs onvoldoende hoog is door het overaanbod aan emissierechten, zodat private partijen niet kiezen voor vergassing met CO₂-opslag. Bovendien zetten windenergiesubsidies andere technologieën die niet voor subsidie in aanmerking komen op achterstand. Verder erkent de Europese ETS-richtlijn de negatieve emissies van BECCS niet (Aalbers en Bollen, 2017b). Ook het imago speelt een rol, althans bij kolenvergassing. Immers, de huidige EU-plannen voorzien al in een uitfasering van kolencentrales, en dan is kolenvergassing met CCS niet het eerste waaraan gedacht wordt. Maar hier gaat men voorbij aan het argument dat de klimaatrekening omlaag kan.

Een volgend obstakel betreft het plaatsen van schotten tussen de verschillende sector doelen. Het huidige klimaatbeleid in Europa richt zich vooral op kostenefficiëntie van oplossingen bij vooraf vastgestelde emissiereductiepercentages voor de ETS-sector (2,2 procent per jaar tot aan 2030 en een versnelling daarvan na 2030), waardoor bij een emissiereductie van 95 procent van alle emissies ook het budget voor de andere sectoren vastligt. Maar scenario 2 laat zien dat de negatieve CO₂-emissies van BECCS bij een lager ETS-doel (en dus een impliciet hoger emissiebudget voor andere sectoren) de klimaatrekening kunnen verlagen.

Tot slot, een laatste obstakel voor vergassing betreft het volgende. Het maatschappelijke voordeel van vergassing blijkt niet als het beleid slechts focust op de emissiereducties in 2030, en geen rekening houdt met de langetermijndoelen en toepassingen die consequenties hebben voor meerdere sectoren tegelijkertijd (CPB/PBL/SCP, 2014).

Samenvatting van de drie transitie scenario's

TABEL 1

	Netto contante waarde klimaatrekening		CO ₂ prijs	Elektriciteitsprijs
	Bbp verlies			
	tot aan 2050	in 2050	in 2050	in 2050
	In euro per Europeaan	In procenten	In euro/tCO ₂	In euro/MWh
Scenario 1	8000	2,3	350	120
Scenario 2	6300	2,2	200	110
Scenario 3	4900	1,4	170	105

ESB

Energie uit wind-op-zee heeft nu een businesscase, omdat de overheid deze techniek geholpen heeft met subsidies. Voor vergassing met CO₂-opslag, de distributie van waterstof en de waterstoftoepassingen is die overheidssteun er niet. Dus is er voor vergassing niet zozeer sprake van een ontbrekende business case, maar ontbreekt het aan overheidssteun. Als we nu al beginnen met de opschaling van vergassing met CO₂-opslag wordt het mogelijk om in de toekomst verder op te schalen, zodat die businesscase er kan komen, en zo veel duurdere klimaatmaatregelen vermeden kunnen worden.

Literatuur

- Aalbers, R. en J. Bollen (2017a) *Biomass energy with carbon capture and storage can reduce climate policy costs of the EU's energy roadmap with 15-75%*, Background Document to CPB Policy Brief 2017/02. CPB Background Document, July 2017.
- Aalbers, R. en J. Bollen (2017b) *Biomassa met CO₂ opslag direct inzetten*. CPB Policy Brief 2017/02. Blanford, G., R. Aalbers, J. Bollen en K. Folmer (2015) *Technological uncertainty in meeting Europe's decarbonisation goals*. CPB Discussion Paper, 301.
- CCP (2019) *CO₂ capture project*. Publicatie te vinden op www.co2capture-project.org.
- CPB en PBL (2015) *Cahier klimaat en energie: toekomstverkenning WLO*. PBL-publicatienummer 1684.
- CPB/PBL/SCP (2014) *Monitor duurzaam Nederland 2014: verkenning. Uitdagingen voor adaptief energie-innovatiebeleid*. PBL-publicatienummer 1510.
- EC (2018) *Final report of the high-level panel of the European decarbonisation pathways initiative*. Brussel: Europese Commissie. Te vinden op ec.europa.eu.
- IPCC (2005) *Carbon dioxide capture and storage: special report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Koelemeijer, R., P. Koutstaal, B. Daniels en P. Boot (2017) *Nationale kosten energietransitie in 2030*. PBL-publicatienummer 2888.