



Planbureau voor de Leefomgeving

Recente ontwikkelingen in het klimaat- en energiebeleid

Balans van de
Leefomgeving 2014

DEEL 3

Beleidsstudie

Recente ontwikkelingen in het klimaat- en energiebeleid

Balans van de Leefomgeving 2014 – deel 3

Jan Ros en Pieter Boot
10 september 2014

Recente ontwikkelingen in het energie- en klimaatbeleid.

Balans van de Leefomgeving 2014 – deel 3

© PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)

Den Haag, 2014

PBL-publicatienummer: 1539

Auteurs

Jan Ros en Pieter Boot

Contact

Jan Ros (jan.ros@pbl.nl)

Met bijdrage van

Hans Elzenga

Met dank aan

Het PBL is Joop Oude Lohuis (Ecofys) bijzonder erkentelijk voor zijn review van het conceptrapport.

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Tekstredactie

Simone Langeweg Tekst- en Communicatieadvies

Productie

Uitgeverij PBL

Opmaak

Textcetera, Den Haag

U kunt de publicatie downloaden via de website www.pbl.nl. Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Ros J., P. Boot (2014). *Recente ontwikkelingen in het energie- en klimaatbeleid. Balans van de Leefomgeving 2014 – deel 3*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het PBL is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

Samenvatting 6

1 Inleiding 7

2 Doelstellingen voor de lange termijn 8

3 Tussendoelen voor 2020 10

4 Drie doelen of één doel voor 2030? 12

5 Het tempo van de energietransitie 14

6 Beleidsprikkelers voor innovatieve energietechnologie 18

Literatuur 20

Bijlage 1 21

Systeemopties voor 80 procent emissievermindering 21

Samenvatting

Energietransitie vraagt voorbereidingstijd

Met het Energieakkoord is onder meer het beleid voor hernieuwbare energie in Nederland tot 2023 geconcretiseerd. Een meer geleidelijke realisatie van de doelstelling van 16 procent – in 2023 in plaats van 2020, zoals vastgelegd in het Regeerakkoord – heeft een flinke lastenverlichting met zich meegebracht. Dit laat ook zien dat voor een kosteneffectief transitiepad veel tijd nodig is.

Tempo van introductie hernieuwbare energie moet nog flink omhoog

De ambitie om in 2050 een vermindering van de broeikasgasemissies met ten minste 80 procent te realiseren vraagt een inzet van hernieuwbare energiebronnen van 35-80 procent. De laagste waarde is alleen voldoende als alle technische opties voor energiebesparing worden benut en jaarlijks zo'n 80 megaton CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen. Ontwikkeling van de CO₂-opslag stagneert echter. Extrapolatie van het benodigde tempo tot 2020/2023 zou voor Nederland uitkomen op 30-35 procent hernieuwbare energie in 2050.

Doorzetten als het moeilijk wordt

Een transitieproces gaat niet altijd van een leien dakje. Dit is nu duidelijk zichtbaar in de elektriciteitsmarkt. Het is van belang het beleid tijdig bij te sturen, juist om de gewenste richting naar vergroening vast te kunnen houden.

Wat nu nog innovatief is, moet het beeld van 2050 bepalen

Tot 2050 moeten technologieën voor schone energie – deels overlappend en vergelijkbaar met hernieuwbare energie – in een stevig tempo worden geïntroduceerd. Hiervoor is het nodig een flink aantal nog nauwelijks (<1 procent van de totale productie in de verschillende sectoren) toegepaste innovaties voortvarend te ontwikkelen tot marktrijpe opties.

Meer langjarige beleidstrajecten nodig om innovatie in praktijk te brengen

Het Energieakkoord geeft slechts beperkt extra impulsen aan innovatieve opties. Voor het realiseren van een vermindering van broeikasgasemissies in Nederland met 80-95 procent in 2050 is het daarom des te belangrijker te werken aan de invulling van concrete, op innovatie gerichte activiteiten, zoals demonstratieprojecten en ondersteuning in de eerste fase van toepassing.

1 Inleiding

Schoon, zeker, betaalbaar en kansrijk. Dat zijn de vier trefwoorden waarmee een duurzaam energiesysteem meestal wordt gekenmerkt. In de praktijk betekent *schoon* vooral CO₂-arm, oftewel zo min mogelijk broeikasgasemissies, al verdienen bijvoorbeeld luchtverontreiniging en biodiversiteit ook aandacht. *Zeker* omvat vermindering van de afhankelijkheid van (fossiele) grondstoffen en van de import ervan uit een beperkt aantal landen. Zeker kan ook gaan over het klein houden van de faalkansen in het energiesysteem. *Betaalbaar* spreekt voor zich, zowel voor bedrijven als voor huishoudens; kostenefficiëntie vormt hier het kernbegrip. *Kansrijk* heeft betrekking op de economische kant van het energiesysteem en de rol die Nederland en Nederlandse bedrijven kunnen spelen, ook op internationale energiegerelateerde markten. Innovatie draagt hieraan bij. Hier ligt een relatie met vergroening van de economie, maar ook in het fossiele systeem liggen er in de huidige situatie kansen voor bedrijven. Win-win-win-win zou natuurlijk prachtig zijn, maar de praktijk maakt duidelijk dat dit meestal niet mogelijk is. Er moeten lastige afwegingen worden gemaakt. Daarbij is er geen hiërarchie in de genoemde doelstellingen. Prioriteiten liggen voor iedere persoon en iedere maatschappelijke partij anders en kunnen veranderen in de tijd. De ontwikkelingen in het beleid van de laatste jaren

– met als opvallend wapenfeit het in 2013 onder regie van de SER tot stand gekomen Energieakkoord (SER 2013) – geven enig inzicht in de gemaakte afwegingen.

Het Regeerakkoord vermeldt dat grote hervormingen en noodzakelijke doorbraken mogelijk zijn op energiegebied. Die vragen veel tijd. In dit hoofdstuk analyseren we welke opties van belang zijn om richting 2050 tot een schoon, zeker, betaalbaar en kansrijk energiesysteem te komen, welk tempo van hernieuwbare energie daarbij aan de orde is, welke beleidsprirakels voor energie-innovatie daarbij nodig zijn en wat dit betekent voor het Energieakkoord. Immers, zonder acties nú wordt een duurzame toekomst onmogelijk.

In een andere publicatie (*de Nationale Energie Verkenning*; ECN et al. in druk) wordt op basis van de laatst beschikbare informatie ingegaan op de mate waarin doelen voor 2020 worden bereikt. Niet alle broeikasgasemissies zijn gerelateerd aan energie. Er zijn ook procesemissies van de industrie en de landbouw, met een groot aandeel CH₄ en N₂O. Deze worden in dit korte document niet besproken. Een beknopte schets van de mogelijkheden om deze emissies op de lange termijn te verminderen is te vinden in PBL & ECN (2011).

2 Doelstellingen voor de lange termijn

De doelstellingen van het beleid vormen het uitgangspunt voor een beleidsevaluatie. Wat zijn de doelstellingen met betrekking tot het energiesysteem op de lange termijn? In het Regeerakkoord van het kabinet Rutte 2 staat:

‘Wij streven internationaal naar een volledig duurzame energievoorziening in 2050.’

Wat het onder een volledig duurzame energievoorziening verstaat, is niet toegelicht. Verder staat er:

‘De innovatiekracht van het bedrijfsleven, de kennisinstellingen en de overheid zal optimaal worden gericht op de transitie naar een duurzame economie en groene groei, mede met het oog op versterking van het concurrentievermogen van de Nederlandse economie.’

Het Energieakkoord gebruikt vergelijkbare bewoordingen:

‘Dit Energieakkoord voor duurzame groei wil een krachtige impuls geven aan de economie en het mogelijk maken om grote stappen te zetten richting een energievoorziening die in 2050 volledig klimaatneutraal is.’ Wat onder klimaatneutraal wordt verstaan, is hier evenmin gedefinieerd. Op onderdelen zijn er daarnaast specifiekere doelen of richtpunten benoemd.

Hieronder gaan we voor de aspecten schoon, zeker, betaalbaar en kansrijk na welke langetermijndoelstellingen het kabinet hanteert.

Schoon

De doelstellingen voor het klimaatbeleid vinden hun basis in de afspraak tussen alle landen om de mondiale temperatuurstijging onder de 2°C te houden. Deze afspraak is vertaald in de vermindering van de mondiale uitstoot van broeikasgassen, met circa 50 procent in 2050 ten opzichte van 1990. Het gaat hierbij om zodanig complexe materie, met zulke grote onzekerheden, dat een dergelijk emissieniveau geen zekerheden biedt maar wel een redelijke kans oplevert dat de temperatuurstijging onder de afgesproken 2°C blijft.

EU-leiders hebben afgesproken dat de doelstelling voor de Europese broeikasgasemissies in 2050 een vermindering met 80-95 procent (ten opzichte van 1990) moet zijn als onderdeel van een gezamenlijke vergelijkbare

inspanning van alle ontwikkelde landen (http://ec.europa.eu/clima/policies/brief/eu/index_en.htm). Hierin klinkt een voorwaardelijkheid door die vergelijkbaar is met die in de Klimaatbrief (IenM 2011) van het kabinet-Rutte I met betrekking tot een tussendoelstelling van 40 procent vermindering in 2030. Een belangrijke inhoudelijke basis voor die Klimaatbrief was het rapport van PBL en ECN *Naar een schone economie in 2050* (2011), waarin op verzoek van het kabinet de mogelijkheden zijn verkend om in Nederland een emissievermindering met 80 procent te realiseren. Toch is in de Klimaatbrief zelf geen doelstelling voor 2050 opgenomen. Dat geldt ook voor de Klimaatagenda van het kabinet-Rutte II, waarin wel wordt gesteld dat Nederland een ambitieus EU-klimaatbeleid voorstaat en wordt bevestigd dat het inzet op een vermindering met minimaal 40 procent van de broeikasgasemissies in 2030.

Zoals aangegeven wordt het begrip klimaatneutraal in het Energieakkoord niet gedefinieerd. Ook ontbreekt een duidelijke kwantitatieve emissiedoelstelling (met uitzondering van een emissiereductie van 60 procent voor verkeer en transport). Slechts bij de invulling van één van de tien pijlers, fossiele opwekking en kolen-centrales, staat dat het akkoord zich richt op een reductie van 80-95 procent van de CO₂-uitstoot in 2050. Maar uit de concrete uitwerking van het akkoord blijkt dat niet. Het schetst geen paden naar zo'n resultaat in 2050. Het bevat alleen afspraken om tussendoelen in 2020 te halen. Er wordt niet aannemelijk gemaakt dat het halen van die tussendoelen voldoende vaart geeft aan de benodigde systeeminnovatie. Wel zijn er afspraken om voor de periode na 2020/2023 een agenda op te stellen.

Deze agenda wordt belangrijk. Immers, een vermindering met 80-95 procent vergt een ingrijpende vernieuwing van het energiesysteem. Op de weg daarnaartoe moeten lastige barrières worden overwonnen. Een duidelijke doelstelling met een breed draagvlak, met een over een langere periode volgehouden ambitie om deze echt te behalen, moet de basis bieden voor zo'n transitie. Zo krachtig heeft het kabinet zijn broeikasgas-emissiedoelstellingen echter niet geformuleerd, noch in het Regeerakkoord, noch in het Energieakkoord, noch in de Klimaatagenda.

Betaalbaar

Kosteneffectiviteit wordt in veel beleidsstukken gehanteerd als een belangrijk selectie criterium voor de te treffen maatregelen. Het doel van kostenminimalisatie wordt eigenlijk continu nagestreefd, waarbij het resultaat afhangt van andere doelen die moeten worden gerealiseerd. Zo wordt de met het Energieakkoord bereikte lastenverlichting ten opzichte van het Regeerakkoord – een lastenverlichting die wordt bereikt door het aandeel hernieuwbare energie in een gematigder tempo te vergroten – als een belangrijk resultaat gepresenteerd. Betaalbaarheid van energie wordt vooral relatief beoordeeld ten opzichte van andere landen en regio's.

Zeker

De beschikbaarheid van voldoende energie op de lange termijn is cruciaal. Er zijn op dit punt geen specifieke doelstellingen geformuleerd voor het energiesysteem van de toekomst. Aandachtspunten zijn er wel, zoals de in zicht komende eindigheid van de gasvoorraad in Nederland en van de conventionele olievoorraden op wereldschaal. Daarnaast zijn geopolitieke verhoudingen van invloed, zoals de afgelopen maanden bijvoorbeeld bleek in het spanningsveld rond Oekraïne en de Europese afhankelijkheid van Russisch gas. Energiebesparing is een belangrijke pijler voor het verminderen van de afhankelijkheid. Bij het opraken van de conventionele voorraden gas en olie groeit de belangstelling voor niet-conventionele voorraden, zoals schaliegas.

Een tweede aspect is de betrouwbaarheid van het elektriciteits- en gassysteem. Die is in Nederland relatief goed. De toename van decentrale energieopwekking en inpassing van minder goed stuurbare bronnen als wind en zon vormen voor de betrouwbaarheid echter een nieuwe uitdaging.

Kansrijk

Het Energieakkoord bevat de ambitie dat Nederland in 2030 een top 10-positie inneemt op de Mondiale CleanTech-ranking. In 2012 was Nederland veertiende in de eerste, vooralsnog eenmalige Global Cleantech Innovation Index (CleanTech/WWF 2012), die overigens breder is dan alleen energie. Hiermee wordt geen absolute, maar een relatieve doelstelling geformuleerd, waarvan het lastig is om de haalbaarheid op basis van voorziene maatregelen te toetsen. De CleanTech-gerelateerde doelstelling spoort wel met meer schone technologie voor een CO₂-arm energiesysteem.

Samenvattend

Wanneer we alle vier de aspecten van een duurzaam energiesysteem (schoon, betaalbaar, zeker en kansrijk) overzien, is het richtpunt uit het Energieakkoord van 80-95 procent emissiereductie in 2050 het meest concreet, omdat het kwantitatief is geformuleerd. Dit wil overigens niet zeggen dat het voor alle betrokken partijen het belangrijkste doel is. Voor dit document kiezen we het echter als uitgangspunt voor de analyse. Wat is nodig om op dat richtpunt uit te komen en in hoeverre is dat ook vertaald in acties op de korte termijn? Die vraag onderzoeken we hierna.

3 Tussendoelen voor 2020

Om de energietransitie vaart te geven zijn op de korte termijn acties nodig. Hiertoe kunnen doelen op de korte termijn een stimulans geven, zo ook de tussendoelen voor 2020. De *Schoon & Zuinig*-doelen van het kabinet-Balkenende IV (30 procent emissiereductie, 20 procent hernieuwbare energie in 2020 en jaarlijks 2 procent energiebesparing) zijn door het kabinet-Rutte I ter zijde geschoven. In plaats daarvan zijn de minder ambitieuze Europese verplichtingen aangehouden: 20 respectievelijk 14 procent en geen verplichting voor energiebesparing. De evaluatie van het energie- en klimaatbeleid in de vorige *Balans van de Leefomgeving* (PBL 2012) liet zien dat – mede door de economische crisis – de broeikasgasdoelstelling naar alle waarschijnlijkheid zou worden gehaald, maar die voor hernieuwbare energie niet. Met het destijds vastgestelde beleid zou een aandeel van 7-10 procent hernieuwbare energie in 2020 worden gerealiseerd, met voorgenomen extra maatregelen 9-12 procent.

Het kabinet-Rutte II toonde in het Regeerakkoord meer ambitie, met een doelstelling van 16 procent hernieuwbare energie in 2020. De stap naar uitvoering werd uiteindelijk de stap naar een gezamenlijke aanpak op basis van een breed gedragen set van afspraken: het Energieakkoord. Daarin werd de doelstelling voor hernieuwbare energie teruggebracht tot 14 procent in 2020. De doelstelling van 16 procent werd ‘doorgeschoven’ naar 2023.

Er waren diverse redenen voor deze aanpassing, zowel vanuit economisch als ecologisch perspectief. Deze zijn van belang omdat ze waarschuwingen inhouden voor het vervolg van de energietransitie. In de eerste plaats dreigde een invulling van 16 procent in 2020 een grote toename van het meestoken van biomassa in kolencentrales (een kostenefficiënte optie) met zich mee te brengen. In het Energierapport 2011 (EL&I 2011) werd nog overwogen om deze optie van biomassameestook te verplichten. Het zou de vraag naar vaste biomassa sterk opvoeren. Omdat er geen Europese duurzaamheids-criteria voor vaste biomassa zijn, kunnen ongewenste praktijken (extra kap in bossen met verlies aan CO₂-opname als gevolg) leiden tot sterk negatieve gevolgen voor de CO₂-belasting van de atmosfeer. Bovendien zijn kolencentrales met of zonder biomassameestook

moeilijk inpasbaar in een toekomstig ‘schoon’ energiesysteem (Smeets & Ros 2014). En dan is er nog de beleidsdoelstelling voor *cascading* (Regeerakkoord en Energieakkoord). Volgens dat principe moeten rest- en afvalstromen zoveel mogelijk in nieuwe toepassingen als materiaal worden benut, voordat de biomassa uiteindelijk als energiebron wordt ingezet. Een krachtige stimulans achter meestook van biomassa kan een optimale cascade ondermijnen.

In de tweede plaats bleek een meer geleidelijke inpassing van bijvoorbeeld offshore windenergie een gunstiger kostenplaatje te hebben dan een snelle uitbreiding. Met een geleidelijke inpassing kan beter worden geprofiteerd van de resultaten van het leerproces, waardoor de nieuwe technologie stapje voor stapje goedkoper wordt. Een kostenefficiënte systeeminnovatie vraagt tijd. Bovendien kan voor diverse hernieuwbare opties beter worden gewacht op de ‘natuurlijke’ vervangingsmomenten om extra kosten te vermijden. De in het Energieakkoord gemaakte keuze levert een forse lastenverlichting op, met als belangrijke oorzaak een besparing van 2,3 miljard euro op de gereserveerde gelden voor overheidsondersteuning (via de regeling voor Stimulering van Duurzame Energieproductie SDE+).

In hun beoordeling van het akkoord achten PBL en ECN (2013) een aandeel van 14 procent hernieuwbare energie in 2020 niet onmogelijk. Dan moet alles wel meezitten. Er is ook een gereede kans dat dit niet lukt. De wens om daarbij een kostenefficiënt (betaalbaar) pad te volgen en de tijd die nodig is in het voorbereidingstraject van projecten voor hernieuwbare energie, maken het benodigde uitbreidingstempo ambitieus. Zo is het niet gemakkelijk het gewenste aantal windmolens ruimtelijk in te passen. Op veel plaatsen bestaat hiertegen veel weerstand. Grote betrokkenheid van de lokale bevolking is daarom belangrijk, maar dit vraagt een zorgvuldig proces en daarom tijd. De maatregelen kunnen verschillend van aard zijn. De recent van kracht geworden subsidieregeling voor woningisolatie tegen geluidhinder van windmolens is daarvan een voorbeeld. Ook de ruimtelijke aspecten van het gebruik van de ondergrond en tal van infrastructurele vernieuwingen vragen nog verdere uitwerking.

Het oorspronkelijke doel uit het Regeerakkoord van een aandeel van 16 procent hernieuwbare energie in 2020 was alleen haalbaar geweest, als de benodigde aanpak al vele jaren eerder voortvarend was opgepakt. Een belangrijke les is dat de grote veranderingen die de energietransitie met zich meebrengt, op tijd moeten worden voorbereid. Om het doel voor de lange termijn binnen bereik te houden moet al in een vroeg stadium worden geïnvesteerd in de leertrajecten van technieken die later nodig zijn. Bovendien vragen ook andere technische

(denk aan infrastructurele) en institutionele veranderingen voor zo'n systeeminnovatie veel tijd.

Dat de plannen voor hernieuwbare energie uit zon en wind voor de komende jaren concreter zijn, is een belangrijk winstpunt van het Energieakkoord. De in Europa afgesproken doelstelling van 14 procent hernieuwbaar in 2020 is daarvoor een belangrijke drijfveer geweest.

Transitiepijn vraagt om nieuwe rol van overheid en marktpartijen

Toename van wind- en zonne-energie in een tijdvak waarin de vraag naar elektriciteit nog maar weinig toeneemt, leidt tot grote veranderingen op de elektriciteitsmarkt. Overcapaciteit en het feit dat eenmaal geplaatste windturbines goedkoop produceren, leiden tot een druk op de groothandelsprijs. Ondanks dalende kosten van nieuwe windturbines is niet ondenkbaar dat subsidies of andere vormen van ondersteuning nog lange tijd nodig blijven. Tezelfdertijd zijn meer en slimmere elektriciteitsnetten nodig en moet de productiecapaciteit verzekerd blijven op het moment dat het niet waait. Door de hoge gas- en lage elektriciteitsprijs zijn warmtekrachtcentrales onrendabel. Deze worden gesloten, waardoor in de industrie en de glastuinbouw ontsparing plaatsvindt. In Duitsland wordt vooral nog verdiend aan elektriciteitsproductie van sterk vervuilende bruinkoolcentrales. De transitie naar een schoner elektriciteitssysteem gaat niet zonder pijn en moeite.

Deze transitiepijn vraagt om een herordening van de elektriciteitsmarkt. De flexibiliteit ervan moet worden vergroot door introductie van meer marktelementen in het dagelijks opereren van producenten, gebruikers en netten. Tegelijk is alleen de overheid in staat beleidsinstrumenten in te zetten die negatieve externe effecten corrigeren (een hogere CO₂-prijs met zo mogelijk een boven- en onderwaarde); zal het wellicht nodig zijn hernieuwbaar opgewekte elektriciteit langduriger financieel te ondersteunen dan aanvankelijk werd gedacht; en kan alleen de overheid regelgeving introduceren die de meest vervuilende centrales verbiedt. Ook de elektriciteitsnetten zouden flexibeler kunnen worden en in het doordenken van het systeem een belangrijker plaats kunnen krijgen. Het heeft weinig zin zo iets alleen in Nederland te doen. Samenwerking met Noordwest-Europese landen zou effectiever zijn. Zie voor meer informatie hierover: CIEP & PBL 2014.

4 Drie doelen of één doel voor 2030?

Het jaar 2020 is al zo dichtbij, dat de discussie in belangrijke mate gaat over de beleidsaanpak in het volgende decennium. Moeten er weer drie doelen (voor besparing, hernieuwbare energie en emissies) komen voor 2030 of één (voor broeikasgasemissies)? Er wordt, vooral in en rond Brussel, vooral getwist over de zin van een doelstelling voor hernieuwbare energie. De afwegingen tussen de vier duurzaamheidsaspecten komen daarin nadrukkelijk naar voren.

De discussie wordt gevoed door de ervaringen met de doelstellingen voor 2020. In de eerste plaats is er de constatering dat een doel voor hernieuwbare energie voor 2020 naast een doel voor de broeikasgasemissies in dat jaar, op de korte termijn duurder is dan alleen een doel voor emissies. Logisch, want een extra doel vraagt extra maatregelen. Het extra doel geeft zo een spanning met de betaalbaarheid, in ieder geval op de korte termijn. Dat extra doel moet dan wel een meerwaarde hebben. Deze meerwaarde zou kunnen schuilen in de overige drie duurzaamheidsaspecten:

- Schoon: het al op korte termijn investeren in innovatieve technieken die na 2020 (of na 2030) nodig zijn om de emissiedoelstelling voor 2050 te kunnen

halen, zodat ze tegen die tijd goedkoop genoeg zijn om ze grootschalig in te zetten.

- Zeker: het verminderen van de afhankelijkheid van import van fossiele energiedragers.
- Kansrijk: het bieden van een thuismarkt aan bedrijven die initiatieven willen nemen in een groener wordende economie.

Uit beleidsstukken kan niet worden opgemaakt dat deze mogelijke meerwaarde ten tijde van het kabinet-Rutte I veel gewicht in de schaal legde. De Klimaatbrief uit 2011 bevatte geen doelstelling voor hernieuwbare energie. Bovendien toonde de secretaris-generaal van het ministerie van EZ toentertijd een duidelijke voorkeur voor één doelstelling (Buijink 2010). Het belang van innovatie in algemene termen werd wel onderkend, maar een gerichte beleidsaanpak als alternatief voor de doelstelling hernieuwbare energie kwam er niet.

De Europese Commissie heeft inmiddels een voorstel gedaan voor doelstellingen voor 2030: een emissiereductie van 40 procent en een aandeel hernieuwbare energie van 27 procent. De doelstelling voor hernieuwbare energie zou dan gelden op Europese schaal en wordt

Verstoring van de werking van het ETS door een hernieuwbaarheidsdoel?

De doelstelling voor hernieuwbare energie wordt vaak genoemd als één van de factoren die een goede werking van het emissiehandelssysteem van de EU (ETS) verstoren. Een verplichting tot meer hernieuwbare energie draagt bij aan de vermindering van broeikasgasemissies en daarmee aan de verlaging van de CO₂-prijs. Dat die CO₂-prijs laag is, zou op twee fronten nadelige gevolgen kunnen hebben.

In de eerste plaats geeft een lage CO₂-prijs minder impulsen aan innovatie. Voor zover de ingezette hernieuwbare energie ook de gewenste innovaties omvat, is dat natuurlijk niet erg. Maar er zijn andere innovaties die van belang kunnen zijn. Voor veel innovatieve ontwikkelingen is een zodanig hoge CO₂-prijs nodig, dat deze voor de meeste stakeholders onaanvaardbaar zou zijn (voor bijvoorbeeld windenergie op zee of CCS zou een CO₂-prijs van boven de 100 euro/ton nodig zijn). Een lagere CO₂-prijs betekent bovendien iets hogere subsidies. Een instrument (als ETS) om een doel tegen de laagste kosten te halen is per definitie ongeschikt als instrument om relatief dure maatregelen te stimuleren.

In de tweede plaats blijkt in de praktijk de CO₂-prijs te laag om het schonere gas de voorkeur te laten krijgen boven de vuilere kolen. Vanuit het oogpunt van een transitie en verdergaande emissiereductie na 2020 kan dit als onwenselijk worden gezien. Dat betekent dat niet alleen het halen van het CO₂-doel van belang is, maar ook de wijze waarop. Als er inderdaad een breed gedeelte voorkeur bestaat voor gas boven kolen, dan betekent het dat een technologieneutrale aanpak (zoals in de ETS) voor een tussendoel in een transitie ook nadelen heeft.

niet vertaald naar verplichte doelen voor de afzonderlijke landen. Daarbij is aangegeven dat een kostenefficiënte weg naar het emissiedoel in 2030 ongeveer uitkomt op het genoemde aandeel hernieuwbaar. Dit zou kunnen betekenen dat alleen technieken die in die fase aan de dan veronderstelde CO₂-prijs voldoende hebben om concurrerend te zijn, meer worden toegepast; denk aan windenergie op land en biomassameestook. Daarmee verdwijnt de mogelijke meerwaarde van de doelstelling voor hernieuwbare energie als prikkel voor innovatieve technologie. Overigens geeft de Commissie in de *roadmap* naar 2050 aan dat tal van aanvullende condities nodig zijn om het doel voor 2050 te kunnen halen, zoals aangepaste infrastructuur en draagvlak voor en ervaring met nieuwe technieken. Daarvoor zal aanvullende beleids ondersteuning nodig zijn (zie ook Koelemeijer et al. 2013).

Overigens: hernieuwbaar is niet altijd innovatief (zoals biomassameestook) en innovatief is niet altijd hernieuwbaar (denk aan elektrische auto's). Doelstellingen voor hernieuwbare energie hebben niet altijd tot de gewenste innovatie geleid. Zo hebben biobrandstoffen voor verkeer, geproduceerd met bekende technologie uit landbouwgewassen, waarschijnlijk geleid tot een toename in plaats van een afname van de broeikasgasemissies (PBL 2012). Bovendien wordt elke succesvolle innovatie op termijn gangbaar. Hernieuwbare energie uit wind op land is daarvan een voorbeeld. Meer specifieke doelstellingen of andere vormen van beleids ondersteuning kunnen daarom nog effectiever zijn voor innovatie dan een algemeen gedefinieerde doelstelling voor hernieuwbare energie.

5 Het tempo van de energietransitie

De energietransitie omvat meerdere veranderings-trajecten: van fossiel naar hernieuwbaar, van brandstoffen naar elektriciteit, van verspillende naar zuinige processen en producten. De verandering bestaat uit meer dan technieken alleen. Van centraal naar decentraal is daarvan een voorbeeld. Er zijn nieuwe organisatievormen, samenwerkingsverbanden, regels en nieuwe standaarden nodig. Afbraak van de oude is niet eenvoudig, te meer omdat machtsstructuren worden bedreigd en maatschappelijke acceptatie niet vanzelfsprekend is. Al deze aspecten bepalen mede het tempo van verandering.

Achter de discussie over doelstellingen voor hernieuwbare energie of voor de ontwikkeling van innovatieve technologie schuilt de vraag hoeveel daarvan in 2050 nodig is om in Nederland een emissiereductie van 80-95 procent te realiseren. Dit is nagegaan met behulp van het model E-Design (PBL & ECN 2011; zie ook bijlage 1). Enkele resultaten zijn weergegeven in figuur 1. Daaruit blijkt dat meer hernieuwbare energie nodig is naarmate minder wordt gedaan aan energiebesparing en opslag van CO₂ (CCS).

De energievraag in de uitgevoerde analyses is gebaseerd op het referentiescenario voor 2050 in PBL en ECN (2011). Deze vraag ligt (inclusief autonome besparing) ongeveer 15 procent hoger dan de huidige energievraag in Nederland. Voor de mate van energiebesparing (in dit geval exclusief efficiëntere energietechnologieën, zoals warmtekrachtkoppeling of elektrische aandrijving in auto's) zijn drie varianten gekozen met een verschillende mate van (extra) besparing, te weten 15, 25 en 35 procent. Meer besparing kan worden gerealiseerd door ofwel meer innovatieve, zuinige producten en processen in te zetten ofwel meer gedragsaanpassingen te realiseren.

Zonder of met een zeer beperkte opslag van CO₂ is meer dan 70 procent hernieuwbare energie nodig om tot een emissiereductie met 80 procent te komen. Bij een zeer grote inzet van CCS en veel extra energiebesparing kan een aandeel hernieuwbare energie van rond de 35 procent volstaan.

De ervaringen met het Energieakkoord laten al zien dat het tempo van 'vergroening' van het energiesysteem niet zonder meer kan worden verhoogd. Een flinke versnelling

kan duur uitpakken, vooral als de technologie niet op tijd door de leerfasen is gebracht. Waar zouden de doelstellingen voor 2020 en 2030 Nederland brengen als het ingezette tempo waarmee het aandeel hernieuwbare energie wordt uitgebreid, constant zou blijven (zie figuur 2)? Wordt het tempo dat tot 2020 nodig is om 14 procent te halen voortgezet, dan resulteert in 2050 een aandeel hernieuwbare energie van 50 procent. Een toename van 14 procent in 2020 tot 16 procent in 2023 betekent een toename van 2 procent in drie jaar. Dat tempo zou Nederland in 2050 op 34 procent brengen. En Nederland komt nog lager uit met het tempo volgens het voorstel van de Europese Commissie (EC 2011) voor de doelen voor 2030 (27 procent hernieuwbaar), onder de veronderstelling dat het relatieve aandeel van Nederland gelijk blijft aan dat van 2020 (14 tegenover 20 procent gemiddeld). De analyses van de Europese Commissie (EC 2011) laten overigens zien dat voor 80 procent emissiereductie ten minste 55 procent hernieuwbare energie in 2050 (als aandeel in het eindgebruik) nodig zal zijn en in 2030 ten minste 28 procent. Dan moet ook sterk wordt ingezet op energiebesparing en CCS. In andere scenario's loopt het aandeel hernieuwbare energie op tot 75 procent van het totale energiegebruik in 2050.

Dergelijke extrapolaties laten zien dat met het ingezette tempo naast hernieuwbare energie veel energiebesparing en veel CO₂-opslag nodig zijn. Als daar in de praktijk minder op wordt ingezet, dan zal het introductietempo van hernieuwbare energie flink moeten worden opgevoerd.

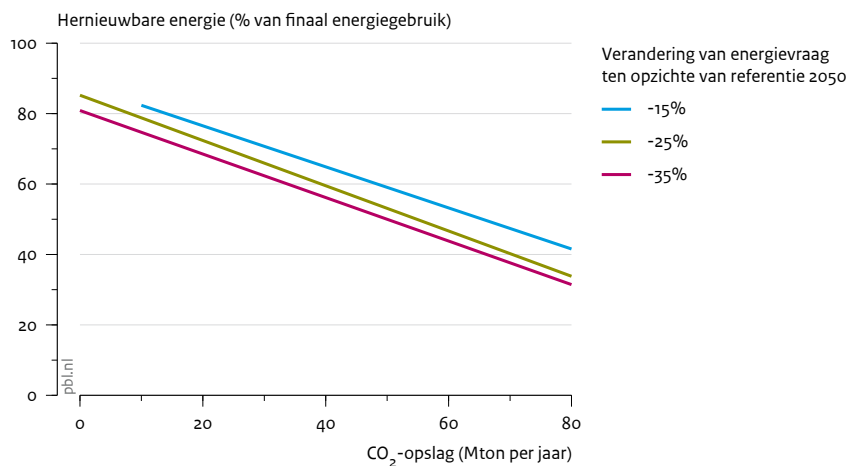
Zoals eerder is aangegeven is hernieuwbare energie niet synoniem aan innovatieve energietechnologie. Er is een overlap maar er zijn ook verschillen. In figuur 3 is aangegeven welke technieken wij in onze analyse in de huidige situatie het stempel innovatief geven. Het zijn allemaal technieken waarvan onzeker is of een emissiedoelstelling van -40 procent voor broeikasgassen in 2030 (en een daarop gebaseerd emissieplafond en te verwachten CO₂-prijs in het ETS) hen veel verder gaat helpen.

Hoeveel van de in figuur 3 genoemde innovatieve opties zijn nodig in 2050 voor een 80 procent emissiereductie? Figuur 4 laat de resultaten van de analyses zien. Het beeld wijkt niet veel af van dat voor hernieuwbare energie. Voor technologieën die in de huidige situatie als

Figuur 1

Relatie tussen inzet van hernieuwbare energie, CO₂-opslag en emissiebesparing, 2050

Bij 80% emissiereductie ten opzichte van 1990

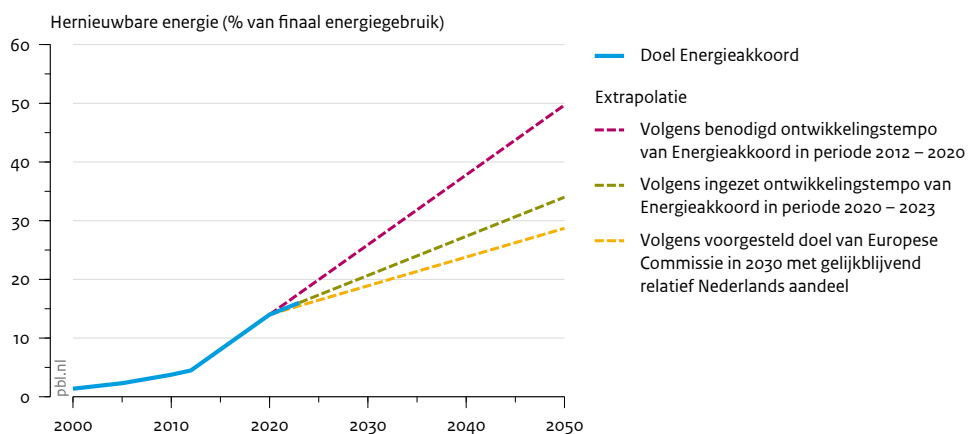


Bron: PBL model E-Design

Naarmate er meer afvang en opslag van CO₂ wordt toegepast, zal de afhankelijkheid van hernieuwbare energie om in 2050 op 80 procent emissiereductie te komen afnemen.

Figuur 2

Indicatie voor inzet van hernieuwbare energie

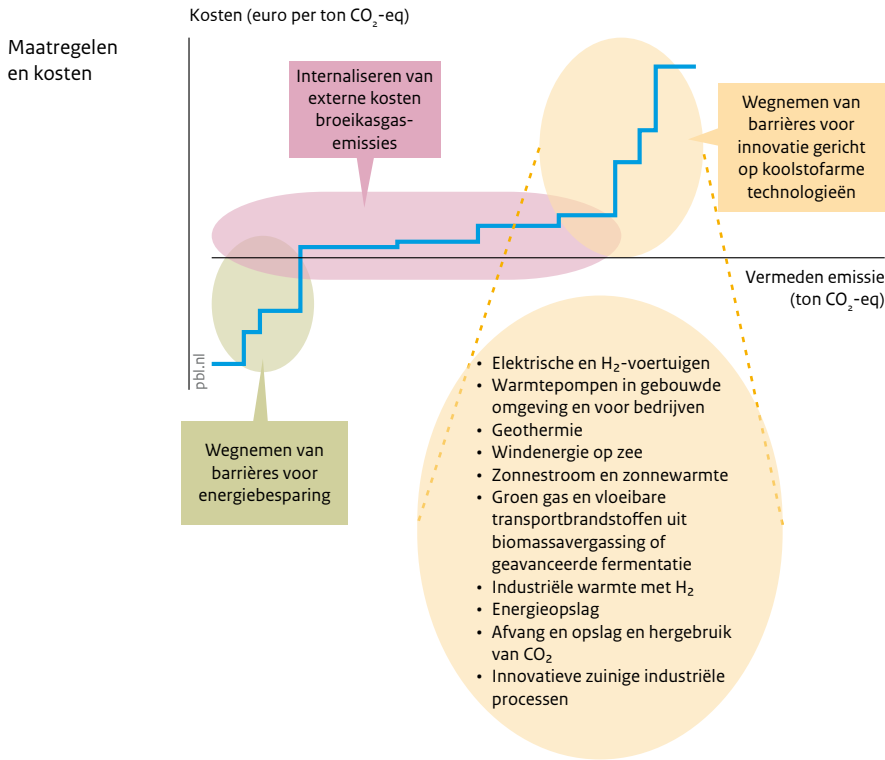


Bron: PBL

De beleidsdoelen voor hernieuwbare energie in 2020, 2023 en volgens een voorlopig voorstel voor Europa in 2030 vergen een bepaald gemiddeld tempo van toename van het aandeel. Extrapolatie daarvan naar 2050 laat zien dat het aandeel dan rond de 30% of in het meest positieve geval 50% zal komen. Meer informatie in de digitale Balans: www.pbl.nl/balans/0007

Figuur 3

Relatie tussen emissiereductiemaatregelen, beleidsinstrumenten en doelstellingen



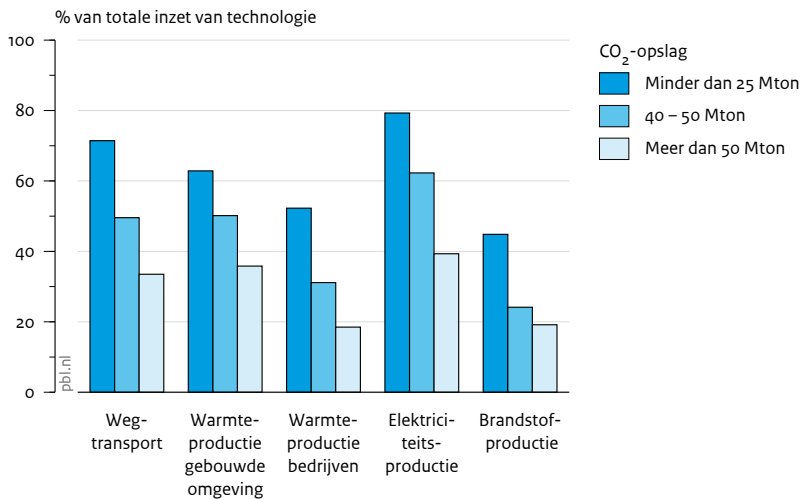
Bron: PBL 2013, gebaseerd op IEA 2012 en Hood 2011

Overzicht van technologieën die in het kader van dit document als innovatief zijn gekenschetst. Dit is geïllustreerd aan de hand van de drie typen maatregelen die in het mitigatiebeleid voor klimaat kunnen worden onderscheiden (Koelemeijer et al. 2013).

Figuur 4

Inzet van innovatieve technologie afhankelijk van CO₂-opslag, 2050

Bij 80% emissiereductie ten opzichte van 1990



Bron: PBL model E-Design

Indicatie van de inzet van innovatieve technologie in verschillende sectoren bij 80 procent energiereductie, afhankelijk van CO₂-opslag.

innovatief kunnen worden aangemerkt, geldt dat ze in 2050 een significant tot groot aandeel moeten hebben in de verschillende sectoren en dat dit aandeel afhankelijk is van de inzet van CO₂-opslag in het totale Nederlandse systeem (en in mindere mate energiebesparing).

De introductie van een nieuwe technologie volgt dikwijls een S-curve: een lange aanloop, een versnellingsfase en stabilisatie op een bepaald niveau van toepassing. Alle in figuur 3 genoemde innovatieve technologieën verkeren nog in de aanloopfase. Zo hadden de innovatieve opties voor hernieuwbare energie in 2012 een aandeel van zo'n 0,6 procent van het energieverbruik. Daarbinnen valt de sterke stijging in de laatste twee jaar van zonnepanelen op woningen op. Deze stijging heeft te maken met de gunstige regeling (zie tabel 1) en de snelle prijsdaling van de panelen. De verkoop van elektrische auto's (inclusief plug-in hybrides) heeft vooral eind 2013 een flinke impuls gekregen, waardoor het aandeel is opgelopen tot zo'n 0,35 procent van alle auto's die rondrijden (RVO 2014). Het aandeel van warmtepompen in de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving bedroeg in 2012 0,5 procent (CBS 2013). Voor de productie van methaangas met biomassa-vergassing zijn enkele demonstratieprojecten in voorbereiding.

Wanneer voor diverse innovatieve technologieën een versnellingsfase in het vooruitzicht ligt, biedt dit perspectief op het kunnen halen van een emissiereductie met 80 procent. Dan moet de ontwikkeling voortvarend worden doorgezet. De introductie van de genoemde innovatieve opties loopt achter bij die van hernieuwbare energie in het algemeen en de uitdaging om voldoende tempo te maken ligt daarom nog iets hoger. Daarbij moet worden beseft dat de aanloopfase tevens de leerfase betreft, waarin de technologie stap voor stap goedkoper moet worden. Dat vraagt een zekere geleidelijkheid, zoals inmiddels wordt ervaren met windenergie op zee. Die geleidelijkheid moet worden gecombineerd met de voortvarendheid die nodig is om de technologieën op tijd marktrijp te krijgen en het doel voor 2050 binnen bereik te houden. Een optimale snelheid is echter niet tevoren aan te geven.

6 Beleidsprijkkels voor innovatieve energietechnologie

De ontwikkeling van innovatieve technologie om deze goedkoper te maken is een combinatie van *learning by doing* en *learning by searching*. Dat betekent kennisopbouw in een onderzoeksomgeving en in de praktijk in de vorm van grote demonstratieprojecten, toepassingen in bepaalde niches of in een klein deel van grotere markten. Voor de meeste technieken geldt dat een groot aantal landen bijdraagt aan de ontwikkeling ervan. De noodzakelijke opbouw van ervaring in de praktijk gaat gepaard met aanzienlijke leerkosten. Om een succesvolle introductie te faciliteren moet de opbouw van deze ervaring voor een deel in Nederland zelf plaatsvinden. Zonder specifieke overheidssteun hebben die ontwikkelingen, zeker als ze vooral een collectief doel hebben (zoals een beheersbaar klimaat) weinig kans.

Wat zijn de belangrijkste beleidsimpulsen geweest achter de recente ontwikkelingen en welke afspraken zijn daarover gemaakt in het Energieakkoord? Een beknopt overzicht staat in tabel 1.

De gewenste voortvarendheid inzake innovatie blijkt nog magger te zijn ingevuld met concrete acties en beleidsinstrumenten die zekerheid moeten bieden over een langere periode. Het Energieakkoord heeft slechts in beperkte mate voor enkele technologieën iets toegevoegd. Daarom kan nog niet worden gesproken van een krachtig beleid gericht op een vergaande emissiereductie in 2050. Winstpunt van het Energieakkoord is vooral dat meer partijen nu

nadrukelijker aan de slag gaan om de doelen voor 2020 te halen. Bovendien is er breed draagvlak voor de concreter uitgewerkte aanpak voor windenergie en zonne-energie tot 2023. Daartegenover staat dat de gestelde doelen geen nieuwe of krachtiger ambities laten zien.

De totstandkoming van het Energieakkoord was een gezamenlijk proces van belangrijke betrokkenen. Veel partijen pakken de afspraken nadrukkelijk op. Dat is belangrijk. Maar het nakomen van afspraken zou geen eindpunt mogen zijn en evenmin een blokkade om aanvullende afspraken te maken als deze nuttig en nodig blijken te zijn voor de gewenste innovaties. De transitie naar een schoon energiesysteem in 2050 heeft immers het karakter van een zoektocht met een groot aantal partijen. Er bestaat geen vastomlijnd eindbeeld van het systeem in 2050. Het is daarom belangrijk om niet alleen de voortgang van het Energieakkoord te borgen, maar ook die van het transitieproces zelf. Juist omdat verschillende partijen andere belangen hebben, er voortdurend keuzes moeten worden gemaakt en nog veel onzeker is, is een goede borging van het transitieproces cruciaal. De eerder genoemde leerfasen geven aan dat antwoorden nodig zijn op vragen die de onzekerheden weerspiegelen. Gericht projecten zijn nodig om die antwoorden te krijgen, antwoorden die weer zullen leiden tot bijsturing. De sturing van de energietransitie moet dan ook een dynamisch proces zijn. De afspraken van het Energieakkoord moeten vooral onderdeel van dit proces zijn en deze bijsturing niet belemmeren.

Tabel 1

Beleidsimpulsen voor de eerste fase van toepassing van innovatieve energietechnologie

Systeeminnovatie	Beleidsimpulsen
Energiebesparing industrie	Bedrijven committeren zich in niet-verplichtende convenanten (MJA3 en MEE, beide met een looptijd tot 2020) aan het opstellen en uitvoeren van een energie-efficiëntieplan en het nemen van maatregelen met een terugverdientijd kleiner dan of gelijk aan vijf jaar. Hierover zijn in het kader van het Energieakkoord geen harde verplichtende afspraken gemaakt. Hetzelfde geldt voor de stimulering van innovatieve zuinige procestechnologieën die nog niet (geheel) marktrijp zijn.
Windenergie op zee	In het Energieakkoord is een ambitieus ontwikkelingspad uitgestippeld, dat in 2024 moet resulteren in een opgesteld vermogen van in totaal 4450 megawatt. In de beoogde jaarlijkse aanbestedingen is een kostendaling van 40 procent verdisconteerd. Deze kostendaling vormt een factor van onzekerheid. De Rijksoverheid heeft toegezegd te zorgen voor een allocatie of een aparte categorie van voldoende omvang binnen het SDE+-budget voor windenergie op zee.
Zon-PV	Zonnestroom die door kleingebruikers achter de meter wordt opgewekt, is volledig vrijgesteld van energiebelasting. Dit heeft de laatste jaren tot een sterke groei van het vermogen geleid. De deelnemers aan coöperatieve zonnestroomprojecten ontvangen een verlaging van 7,5 exclusief btw per kilowattuur op hun energiebelasting. Het moet nog blijken of deze zogenoemde 'postcoderoosregeling' voldoende aantrekkelijk is voor potentiële initiatiefnemers (Elzenga en Schwencke 2014).
Geothermie	Geothermie heeft ten opzichte van veel andere hernieuwbare-energietechnologieën een relatief gunstige kosteneffectiviteit, waardoor in 2012 – het eerste jaar dat de SDE+ werd opengesteld voor deze technologie – een groot deel van het beschikbare SDE+-budget aan geothermieprojecten werd toegewezen. Aangezien de winbaarheid en de kosten sterk locatiespecifiek zijn en de kenmerken van de ondergrond niet exact bekend zijn, is het potentieel van deze optie onzeker.
Elektrische en waterstofauto's	In 2013 gold een krachtige impuls in de vorm van een bijtelling van 0 procent voor werknemers die ook privé rijden in een auto van de zaak met een CO ₂ -uitstoot van niet meer dan 50 gram per kilometer. Per 1 januari 2014 is de regeling iets minder gunstig geworden (7 procent, en 4 procent voor volledig elektrische auto's). Het Energieakkoord voorziet tot 2018 in een vorm van fiscale ondersteuning, maar specificeert niet welke en geeft dus nog geen duidelijkheid. De beleidsimpulsen voor deze innovatieve autotypen vanuit de Europese doelstellingen voor hernieuwbare energie in transport en CO ₂ -normen voor auto's zijn als zwak te kenschetsen.
Elektrische warmtepompen	Voor elektrische warmtepompen bestaat geen specifiek stimuleringsregime. Onzeker is in hoeverre de Europese EPBD-richtlijn, die bepaalt dat nieuwe woningen en gebouwen vanaf 2020 bijna-energie neutraal moeten zijn, op termijn een impuls kan geven aan het gebruik van warmtepompen. Hetzelfde geldt voor het programma 'Stroomversnelling', dat 111.000 zeer energiezuinige woningen moet opleveren. De elektrische warmtepomp is een van de technieken die bijdragen aan (bijna-)energie neutrale woningen en gebouwen. De technologie is ook een optie voor warmteproductie in de industrie.
Biobased economy	In het kader van de <i>biobased economy</i> zijn er veel initiatieven tot procesvernieuwing in de chemie. Het gaat hierbij vooral om de inzet van biokennis (biochemische voor chemische synthese), die in beperkte mate bijdraagt aan energiebesparing. In het Energieakkoord zijn geen acties benoemd voor specifieke ondersteuning van innovatieve en duurzame vormen van bio-energie. Wel bevat het akkoord een (cruciale) actie om tot duidelijke duurzaamheidscriteria te komen. Er is een grootschalige demonstratie van biomassavergassing in voorbereiding, met steun van een Europese subsidie.
Afvang en opslag CO ₂	Lokale afspraken over projecten en toegezegde Europese gelden hebben nog niet geleid tot concrete projecten (op moment van schrijven is nog niet duidelijk of het ROAD-project doorgaat). Het Energieakkoord bestempelt CCS wel als onvermijdelijk voor een duurzame energievoorziening, maar omvat geen concrete acties.
Power-to-gas	Tegenover een flink aantal demonstratieprojecten in Duitsland en Engeland lopen er in Nederland slechts enkele verkennende studies. In het Energieakkoord staan geen concrete afspraken. Recent hebben enkele bedrijven gezamenlijk een intentieverklaring getekend voor een grootschalige proefinstallatie.

Literatuur

- Buijink (2010), 'Kiezen voor groei', *ESB* 95(4576): 6–9.
- CBS (2013), *Hernieuwbare energie in Nederland 2012*, Centraal Bureau voor de Statistiek
- CIEP & PBL (2014, in druk), *Reflections on coordination mechanisms for accommodating increasing amounts of wind and solar power*, Den Haag: Clingendael International Energy Programme/Planbureau voor de Leefomgeving
- CleanTech/WWF (2012), *Coming Clean: The Global Cleantech Innovation Index 2012*.
- EC (2011), *Energy Roadmap 2050, Impact assessment and scenario analysis*, Brussel: Europese Commissie.
- ECN (2010), Smekens, K.E.L. (coördinator), *Actualisatie Optiedocument 2009, Opties voor het verminderen van broeikasgasemissies, energiegebruik en luchtverontreiniging*, ECN-E-10-011, Petten.
- ECN, PBL, CBS & RVO (2014 in druk), *Nationale Energieverkenning*, Energieonderzoek Centrum Nederland/Planbureau voor de Leefomgeving/Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- EL&I (2011), *Energierapport 2011*, Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.
- Elzenga, H. & A.M. Schwencke (2014), *Energiecoöperaties: ambities, handelingsperspectief en interactie met gemeenten*, Den Haag: PBL.
- IEA (2010), *Energy Technology Perspectives 2010, Scenarios and Strategies to 2050*, International Energy Agency, Paris.
- IenM (2011), *Klimaatbrief 2050*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- IenM (2013), *Klimaatagenda: weerbaar, welvarend en groen*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Koelemeijer, R. et al. (2013), *EU policy options for climate and energy beyond 2020*, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency
- PBL (2012), *Balans voor de leefomgeving 2012*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL & ECN (2011), *Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden*, Den Haag/Petten: Planbureau voor de Leefomgeving/Energieonderzoek Centrum Nederland.
- PBL & ECN (2013), *Het Energieakkoord: wat gaat het betekenen? Inschatting van de gemaakte afspraken*, Den Haag/Petten: Planbureau voor de Leefomgeving/Energieonderzoek Centrum Nederland.
- RVO (2014), <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>
- SER (2013), *Energieakkoord voor Duurzame groei*, Den Haag: Sociaal-Economische Raad
- Smeets, W. & J. Ros (2014), *Houtige biomassa voor bio-energie, CO₂-effecten en technische ontwikkelingen*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Bijlage 1

Systemeopties voor 80 procent emissievermindering

Vraagstelling

Een belangrijk uitgangspunt voor het klimaatbeleid is de internationale afspraak om de temperatuurstijging niet boven de 2°C te laten komen. De Europese leiders hebben op basis daarvan de ambitie uitgesproken om in 2050 binnen de EU tot een emissiereductie van 80-95 procent te komen, onder de voorwaarde van een vergelijkbare ambitie in andere ontwikkelde landen. In het Energieakkoord is weliswaar geen nadrukkelijk doel voor Nederland afgesproken. Er staat wel dat het akkoord zich richt op een emissiereductie van 80-95 procent in 2050 ten opzichte van 1990.

Bij het formuleren van een plan van aanpak voor de realisatie van een beleidsdoel wordt meestal gezocht naar een kostenefficiënte aanpak. Ook in dit geval. De ambitie reikt echter zo ver dat de eerste vraag is of het doel überhaupt wel haalbaar is en, zo ja, wat daar allemaal voor nodig is. Zijn de technieken er wel voor geschikt? Zijn de benodigde voorraden beschikbaar? Is het ruimtelijk inpasbaar? Uiteindelijk is de vraag aan de orde in hoeverre er maatschappelijk draagvlak bestaat voor eventuele aanpassingen van het gedrag en de consumptie.

Op basis daarvan is de volgende vraagstelling afgeleid: Welke technologische mogelijkheden zijn er om in 2050 in Nederland een vermindering van de broeikasgas-emissies met ten minste 80 procent (ten opzichte van 1990) te realiseren?

Het rapport *Naar een schone economie in 2050* (PBL & ECN 2011) liet al zien dat er in theorie honderden opties bestaan om een emissievermindering met 80 procent te realiseren. Dat betekent echter allerm minst dat het gemakkelijk zal zijn. In alle gevallen is er veel nieuwe technologie nodig.

Het accent ligt bij analyses in het energiesysteem. Dat neemt niet weg dat ook de procesemissies in sectoren als de landbouw en de industrie van belang kunnen zijn. De mogelijkheden voor emissiebeperking in die sectoren zijn meegenomen (zie PBL & ECN 2011).

Daarnaast worden ook de scheepvaart en luchtvaart meegenomen, voor zover deze kunnen worden gerelateerd aan de Nederlandse economie, ook al vinden de emissies niet binnen de Nederlandse grenzen plaats en tellen ze nu niet mee voor nationale emissiedoelen. Het zijn immers wel emissiebronnen die in 2050 een flink aandeel in de totale mondiale emissies kunnen hebben.

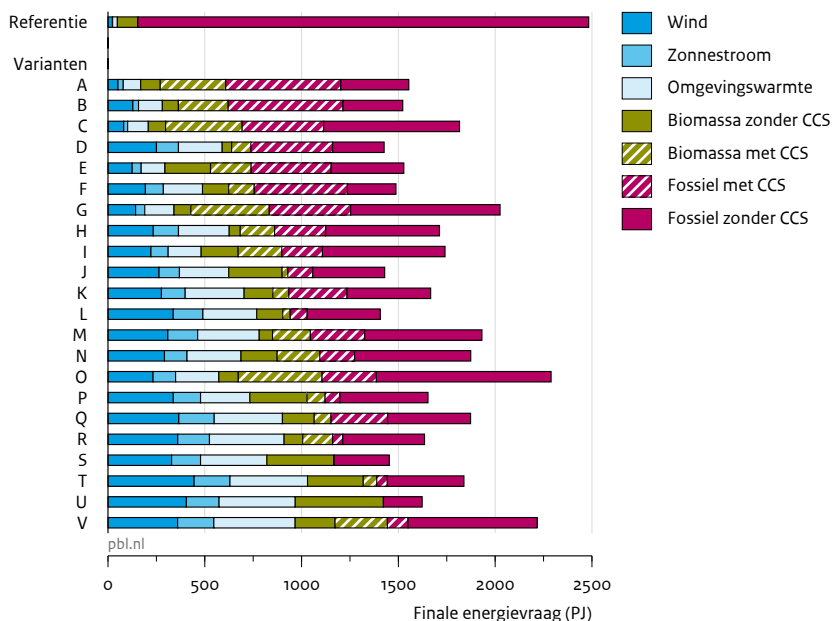
Het model E-Design

Voor de analyses van het toekomstige energiesysteem is het model E-Design ingezet. Het PBL heeft het model samen met het ECN ontwikkeld als instrument voor *backcasting* (zie ook PBL & ECN 2011). Het model ondersteunt de gebruiker bij het ontwerp van het energiesysteem in 2050 in Nederland. De hoofdonderdelen in het model – verkeer, industrie, gebouwde omgeving, elektriciteitsvoorziening en brandstoffenproductie – zijn met elkaar verbonden via de energiedragers in het systeem. Daarbij wordt de balans tussen vraag en aanbod kloppend gehouden: voor brandstoffen en warmte voor het jaarlijkse totaal, voor elektriciteit op uurniveau, inclusief de uitwisseling met het buitenland. De vijf hoofdonderdelen zijn weer opgesplitst in 16 deelsystemen met elk een scala aan mogelijk inzetbare technieken, waaruit de gebruiker kan kiezen (zie figuur 5).

Het model omvat gegevens over rendementen en kosten van deze technieken in 2050. Die kunnen niet zonder meer worden gebaseerd op de kengetallen van nu. Veel technieken zijn nog volop in ontwikkeling. Het blijft uiteraard enigszins koffiedik kijken hoe veel beter en goedkoper ze zullen worden. Veel deskundigen hebben hun verwachting hierover uitgesproken. Soms zijn deze gekleurd door belangen bij bepaalde technieken. Voor het model is in ruime mate gebruik gemaakt van de inschattingen van het International Energy Agency voor de *Energy Technology Perspectives* (IEA 2010). Daarnaast is gebruik gemaakt van het Optiedocument (ECN 2010) met kosten zoals die voor het komende decennium worden geraamd, waarbij op basis van empirische ervaringen met leercurven de mogelijke resultaten van verdere ontwikkelingen zijn bepaald. Uiteindelijk is ervoor gekozen zowel optimistische als pessimistische inschattingen in het model bijeen te brengen om de gevoeligheid te kunnen toetsen.

Figuur 5
Opties voor invullen van energievraag, 2050

Bij 80% emissiereductie ten opzichte van 1990



Bron: PBL model E-design

Varianten voor het energiesysteem in 2050 waarmee de broeikasgasemissies 80 procent lager zijn dan in 1990; referentie is doorgaan met huidige technologie.

Het model berekent op basis van de gekozen vraagvariant en de technologiekeuzes die de gebruiker heeft gemaakt hoeveel energiegrondstoffen nodig zijn, welke capaciteit benodigd is voor de verschillende elektriciteitsproductieopties en hoeveel CO₂-opslagcapaciteit nodig is om vraag en aanbod met elkaar in balans te brengen. Uit de berekening volgt ook de resulterende emissie van broeikasgassen. Het model toetst of de resultaten voldoen aan de gestelde maximale toepassing van biomassa, CO₂-opslagcapaciteit, wind-, zonne- en kernenergie, en het gestelde emissiedoel. Als de resultaten niet de gewenste emissie opleveren of ergens de maximale toepassing overschrijden, dan kan de gebruiker zijn keuzen aanpassen. E-Design is erop ingericht om iteratief tot een zinvol resultaat te komen, en optimaliseert niet zelf. Het helpt de gebruiker daarmee inzicht te krijgen in de systeemeffecten van verschillende technologiekeuzes.

De Nederlandse economie in 2050

Om zinvolle analyses mogelijk te maken is een beeld nodig van de Nederlandse economie in 2050. Dat beeld is uiteraard erg onzeker. Het toekomstbeeld voor 2050 uit eerdere analyses was het uitgangspunt (PBL & ECN 2011). In dat referentiebeeld is het vaststaande beleid

verwerkt. Dat betekent bijvoorbeeld dat de eisen aan nieuwbouwwoningen zijn meegenomen, maar niet de onzekere maatregelen voor bestaande bebouwing. Voor de industrie is wel rekening gehouden met een autonome efficiencyverbetering.

Dit referentiebeeld is gebaseerd op een bepaalde economische groei. Inmiddels wordt er gewerkt aan nieuwe scenario's. Daarin kan ook worden uitgegaan van een andere (lagere) economische groei. Die zal invloed hebben op de totale energievraag. Die energievraag is op zich van groter belang dan een exact beeld van de productie in de verschillende sectoren waar die vraag vandaan komt. Om die reden is gewerkt met varianten waarin de mate van energiebesparing ten opzichte van het genoemde referentiescenario is gevarieerd.

Analysemethode

Met het model E-Design is een groot aantal varianten samengesteld met als resultaat een emissie die 80 procent lager ligt dan in 1990. Daarbij zijn verschillende uitgangspunten gebruikt voor met name de mate van energiebesparing, de beschikbaarheid van biomassa en de beschikbare opslagcapaciteit voor CO₂.

Tabel 2

Innovatieve opties per sector die zijn meegenomen in de analyses

Sector	Innovatieve opties
Elektriciteitsproductie	Windenergie op zee Zonnestroom Geothermie
Elektriciteitsdistributie	Versterking Europese interconnecties (DC) Opslag
Productie brandstoffen	Biomassavergassing al dan niet met CCS Geavanceerde biomassafermentatie al dan niet met CCS
Wegtransport	Elektrische voertuigen Waterstofvoertuigen
Gebouwde omgeving	Elektrische warmtepompen Geothermie Zonnewarmte Passiefhuizen
Industrie	Biobased opties voor grondstoffen en processen Elektrische warmtepompen Hybride hoge temperatuur warmteproductie Nieuwe generatie procestechnologie

In de varianten is – in tegenstelling tot eerdere analyses (PBL & ECN 2011) – de optie kernenergie niet meegenomen. Kernenergie wordt in het Energieakkoord namelijk in het geheel niet genoemd. Deze energiebron zou vooral als alternatief voor windenergie en zonnestroom kunnen worden ingezet. Er is evenmin rekening gehouden met opties die nu nog niet ten minste het stadium van pilots of demonstratieprojecten hebben bereikt. De kans dat deze al over 35 jaar een grote rol spelen in het energiesysteem, is heel klein.

Resultaten

In 2050 zal ons energiegebruik zijn gebaseerd op verschillende bronnen. Voor de presentatie van de resultaten zijn daarbij de volgende energiebronnen onderscheiden:

- Elektriciteit uit wind (op land en op zee)
- Zonnestroom (decentraal opgewekt in de gebouwde omgeving)
- Omgevingswarmte (decentrale benutting van warmte in de lucht, de bodem of het grondwater middels warmtepompen, warmte van de zon middels zonnecollectoren en warmte uit de diepe ondergrond middels geothermie)
- Biomassa (alle verschillende typen duurzaam geproduceerde biomassa)
- Biomassa met CCS (*Carbon Capture and Storage*): bij de omzetting van biomassa in de gewenste energievorm wordt vrijkomende CO₂ afgevangen en opgeslagen; netto betekent dit negatieve emissies
- Fossiele bronnen met CCS
- Fossiele bronnen (zonder CCS): gas, olie en kolen.

De resultaten zijn weergegeven in figuur 5. Daarin is een referentie opgenomen op basis van het referentiebeeld voor 2050. In dit beeld is wel de autonome energiebesparing meegenomen, maar niet mogelijke extra besparingsopties. Bovendien is in de figuur verondersteld dat de toegepaste technieken in de verschillende sectoren gelijk zijn aan de huidige situatie. In dit referentiebeeld is er binnen fossiel nog een flinke bijdrage van kolen. In de CO₂-arme toekomstbeelden is er nauwelijks een bijdrage van kolen aan de fossiele input en ook die van olie is relatief kleiner ten gunste van aardgas.

Maar het vervangen van kolen en olie door aardgas is nog onvoldoende. Het aandeel fossiele bronnen bij elkaar moet ook omlaag. Figuur 5 geeft inzicht in de verhouding tussen fossiele bronnen en hernieuwbare bronnen in varianten van een CO₂-arm energiesysteem in 2050. Deze is sterk afhankelijk van de mate waarin CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen. Zonder CCS zou het aandeel hernieuwbare energie tot zo'n 80 procent moeten toenemen en moet de energievraag bovenop de autonome ontwikkeling beduidend omlaag worden gebracht. Als veel CCS wordt ingezet, wat waarschijnlijk alleen kan worden gerealiseerd met export van CO₂, dan is het benodigde aandeel hernieuwbare energie nog altijd zo'n 35-40 procent.

Een optie waarbij minder zonne- en windenergie en omgevingswarmte wordt ingezet, kan eigenlijk alleen als de energievraag aanzienlijk omlaag wordt gebracht. Bovendien is er in zo'n optie een grotere rol weggelegd voor biomassa. Vooral de combinatie met CCS wordt dan een moeilijk te missen optie. Dat maakt vooral de

grootschalige verwerking van biomassa voor de productie van brandstoffen als groen gas en vloeibare biobrandstof belangrijk, omdat die met CCS kan worden gecombineerd.

Niet alle vormen van hernieuwbare energie zijn (nog) innovatief en niet alle innovatie betreft direct hernieuwbare energie, hoewel er flink wat overlap is. In de verschillende sectoren is bijvoorbeeld ook de mate van elektrificatie van belang. In tabel 2 wordt een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste innovatieve opties in de verschillende sectoren.

In de verschillende varianten om tot een emissievermindering met 80 procent te komen, hebben de genoemde innovatieve opties een groot aandeel. Ook dit is sterk afhankelijk van de mate waarin CCS wordt ingezet (de grootteorde is 20-70 procent innovatieve technieken in 2050; zie ook figuur 4). Er is ook enige flexibiliteit. Als in de ene sector minder innovatieve technieken doordringen, kan dit in de meeste varianten worden opgevangen door meer innovatie in andere sectoren. Daarbij blijkt de innovatie in de brandstoffenproductie (de combinatie van biomassa met CCS) overigens het lastigst te compenseren.

Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

Bezoekadres
Oranjevuitensingel 6
2511 VE Den Haag
T +31 (0)70 3288700

www.pbl.nl
[@leefomgeving](#)

September 2014