



# Monitor **Duurzaam Nederland** 2014: Verkenning

Uitdagingen voor adaptief  
energie-innovatiebeleid





# Monitor Duurzaam Nederland 2014: Verkenning Uitdagingen voor adaptief energie-innovatiebeleid

Centraal Planbureau  
Planbureau voor de Leefomgeving  
Sociaal en Cultureel Planbureau

## **Monitor Duurzaam Nederland 2014: Verkenning.**

### **Uitdagingen voor adaptief energie-innovatiebeleid**

CPB (Centraal Planbureau),  
PBL (Planbureau voor de Leefomgeving),  
SCP (Sociaal en Cultureel Planbureau)  
Den Haag, 2014  
ISBN: 978-94-91506-84-0  
PBL-publicatienummer: 1510

### **Auteurs**

Sonja Kruitwagen (PBL – hoofdstuk 1 & 4,  
samenvatting), Jan Ros (PBL, -  
hoofdstuk 4, samenvatting),  
Johannes Bollen (CPB – hoofdstuk 2,  
samenvatting), Jeroen Boelhouwer  
(SCP – hoofdstuk 3, samenvatting),  
Anja Steenbekkers (SCP – hoofdstuk 3,  
samenvatting), Andries van den Broek  
(SCP - hoofdstuk 3, samenvatting)

### **Met dank aan**

De planbureaus zijn prof. Marko Hekkert  
(Universiteit Utrecht), prof. Marjan Hofkes  
(Vrije Universiteit) en dr. Maarten Wolsink

(Universiteit van Amsterdam) bijzonder  
erkentelijk voor hun wetenschappelijke  
review van deze Verkenning. Ook is dank  
verschuldigd aan de departementen, met  
name de ministeries van Infrastructuur en  
Milieu, Economische Zaken, Financiën, en  
Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties  
voor hun commentaren op de concept-  
versie van de Verkenning. Tot slot  
bedanken wij collega's van het CPB, PBL  
en SCP voor hun bijdragen en  
commentaren.

### **Redactie figuren**

Beeldredactie PBL

### **Omslagfoto**

Zonne-eiland Almere, © Hollandse  
Hoogte/Marco van Middelkoop

### **Productie**

Uitgeverij PBL

### **Opmaak**

Textcetera, Den Haag

U kunt de publicatie downloaden via de website [www.cpb.nl](http://www.cpb.nl) of [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl) of [www.scp.nl](http://www.scp.nl).  
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: CPB,  
PBL & SCP (2014), *Monitor Duurzaam Nederland 2014: Verkenning. Uitdagingen voor adaptief energie-  
innovatiebeleid*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

De Monitor Duurzaam Nederland 2014 is op verzoek van het kabinet geschreven door het  
Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), het Centraal Planbureau (CPB), het Planbureau voor  
de Leefomgeving (PBL) en het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP). Deze derde editie van de  
Monitor Duurzaam Nederland bestaat uit twee delen die gelijktijdig verschijnen: een  
indicatorenrapport (CBS) en een verkenning (de planbureaus).

# Vooraf

Het indicatorrapport van de Monitor Duurzaam Nederland dat tegelijkertijd met deze Verkenning verschijnt, schetst dat de kwaliteit van leven in Nederland hoog is, maar dat er zorgen bestaan over de houdbaarheid daarvan. Een belangrijk zorgpunt betreft het gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

De uitdaging is niet gering. Bij een verwachte mondiale bevolkingsomvang in 2050 van 9 miljard mensen, waarvan een steeds groter deel tot de middenklasse behoort, zal de vraag naar energie, grondstoffen en water verder toenemen. Deze mondiale ontwikkeling maakt het nodig om de economie te vergroenen, ook in Nederland. De blijvende beschikbaarheid van de goederen en diensten die de natuur levert is immers een belangrijke voorwaarde voor een leefbare wereld en een economische groei die ook op lange termijn houdbaar is. Het vergroenen van de economie vraagt niet alleen om een aanzienlijk efficiëntere omgang met natuurlijke hulpbronnen en om substitutie van milieuvervuilende energievormen en materialen door schonere varianten. Ook vraagt dit om beperking van de emissies en om een veel zuiniger gebruik van land en water. De aandacht voor de bijdrage van natuurlijke hulpbronnen aan de maatschappelijke welvaart is niet nieuw. Wel nieuw zijn de partijen die dit aanzwengelen. Niet alleen vanuit de milieuhoeft wordt de noodzaak voor het zuiniger omgaan met natuurlijke hulpbronnen naar voren gebracht, ook veel burgers ondersteunen dit en zetten zich in toenemende mate in voor hernieuwbare energie. Grote bedrijven en internationale organisaties als de World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), de OESO, de Wereldbank en het IMF dragen dit eveneens uit. Vergroening van de economie kan namelijk de concurrentiepositie van bedrijven en landen versterken. Dat geldt ook voor de Nederlandse economie. Onze export leunt bijvoorbeeld sterk op sectoren die veel energie en materialen gebruiken. Naarmate de beschikbaarheid van energie en grondstoffen onzekerder wordt en prijzen ervan mede daardoor sterker gaan fluctueren of stijgen, neemt het belang om efficiënter om te gaan met natuurlijke hulpbronnen vanuit concurrentieoverwegingen toe.

Ook het kabinet-Rutte II onderkent het belang van het vergroenen van de economie: het heeft de ambitie geformuleerd om 'groen' te groeien. In de zogeheten Groene Groeibrief (EZ 2013) geeft het kabinet aan het concurrentievermogen van Nederland te willen versterken en tegelijkertijd de belasting van het milieu en de afhankelijkheid van fossiele energie terug te willen dringen. 'We kunnen onze economie alleen blijvend

versterken als de innovatiekracht van het bedrijfsleven, de kennisinstellingen en de overheid optimaal wordt benut om onze economie meer duurzaam te maken'. De omvang van de opgave wordt vaak geduid via het klimaatdoel. Hierover bestaat mondiaal de afspraak de opwarming van de aarde tot 2 graden te beperken. Dat vertaalt zich voor Nederland en andere hoogontwikkelde landen in een reductie van het broeikasgas CO<sub>2</sub> van 80-95 procent in 2050 ten opzichte van 1990. Dit is een enorme opgave. In het palet van strategieën speelt technologische innovatie een belangrijke rol. Als handreiking aan het beleid gaat deze Verkenning van de Monitor Duurzaam Nederland daarom in op het vraagstuk van energie-innovatie. We reflecteren op het energie-innovatiebeleid met het oog op een CO<sub>2</sub>-neutrale energiehuishouding in 2050. Innovatie is een langetermijntraject van onderzoek en ontwikkeling tot de daadwerkelijke toepassing in de praktijk. Het is een zoektocht naar verbeteringen, naar wat wel en niet werkt. Aanpassen en bijsturen zijn daar onlosmakelijk mee verbonden. Vandaar de titel: 'Uitdagingen voor adaptief energie-innovatiebeleid'.

Laura van Geest  
*Directeur CPB*

Maarten Hajer  
*Directeur PBL*

Kim Putters  
*Directeur SCP*

# Inhoud

Vooraf 3

Uitdagingen voor het energie-innovatiebeleid: samenvatting 6

1 Een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening vergt innovatie 14

2 Onzekerheid troef 18

3 Sociale innovatie en cultuuromslag 36

4 Over bedrijven en de rol van de overheid bij innovaties 54

Referenties 70

# Uitdagingen voor het energie-innovatiebeleid: samenvatting

**Het huidige energie-innovatiebeleid heeft te weinig oog voor innovatie voor de lange termijn. Het beleid zet er vooral op in om in 2020 tegen zo laag mogelijke kosten 20 procent CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren en het aandeel hernieuwbare energie te verhogen naar 14 procent. De ontwikkeling van innovatieve energieopties voor de periode na 2020 is daardoor nog te beperkt. Hierdoor neemt de kans op een succesvolle energietransitie af. Een transitie is bovendien een maatschappelijk proces; het vergt draagvlak bij de bevolking. Dat is nu nog onvoldoende aanwezig. Sturing op draagvlak verdient meer aandacht vanuit het beleid en kan bovendien het sociaal-innovatieve vermogen van de samenleving als geheel vergroten.**

## De noodzaak nieuwe opties te verkennen

Er is een vrij goed overzicht van bestaande technieken die een rol zouden kunnen spelen in een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening in 2050. Hoe snel deze technieken zich verder zullen ontwikkelen, is uiteraard onzeker. Daarom is ook nog onduidelijk welke innovatieve technieken in de toekomst de 'winnaars' worden. Uiteraard is het lastig radicale innovaties op het gebied van schone energie te voorspellen. Zeker is wel dat innovatie hierbij ook door de politieke context zal worden beïnvloed. Innovatie hangt niet alleen af van de mate waarin de prestaties van bepaalde technieken nog verbeteren en de kosten nog dalen, maar ook van succes van internationale klimaatverdragen – en het Europese klimaatbeleid in het bijzonder. Zeker is dat een stevige prijs voor CO<sub>2</sub>-emissie, of een verplichte CO<sub>2</sub>-reductie, van cruciaal belang is voor de contouren van het innovatiebeleid.



Anno 2014 zijn de onzekerheden veel te groot om een blauwdruk voor het energiesysteem van 2050 te schetsen. Duidelijk is wel dat er innovatiebeleid nodig is om veelbelovende technieken verder te ontwikkelen. Dat kan ook de concurrentiekracht van Nederland versterken en de afhankelijkheid van fossiele energiedragers verminderen. Om over voldoende betaalbare opties te beschikken moet het langetermijninnovatiebeleid nu vooral een breed scala aan opties ondersteunen. Die breedte is nodig om te kunnen leren van successen én mislukkingen. Innovatie is immers een zoek- en leerproces.

De ontwikkeling van technieken kent verschillende stadia. De prille fase van ontwikkeling, vaak aangeduid met *Research, Development and Demonstration* (RD&D), speelt zich in sterke mate af in laboratoria en onderzoeksinstituten. Het is de ontwikkeling van een idee naar de eerste praktische toepassing. Dan is echter het leerproces nog niet afgerond. Na de fase van RD&D volgt de fase van eerste uitrol. Deze is van groot belang voor een verdere verbetering van de techniek, en daarmee voor verdergaande kostenreductie, onder andere door de schaalvergroting (grotere installaties of grotere aantallen zoals bij elektrische auto's of zonnepanelen) die dan optreedt. De meerkosten in die fase liggen aanzienlijk hoger dan de kosten voor RD&D. Het gaat dan namelijk om de kosten voor steeds meer en/of steeds grotere installaties die moeten uitwijzen of de techniek breed toepasbaar en betrouwbaar (genoeg) is. Deze fase van uitrol leidt tot verdere kostenvermindering en kan het marktperspectief vergroten. Dat leidt weer tot meer investeringen in RD&D; verbetering en optimalisatie is een continu proces. Uiteraard kan de eerste fase van uitrol ook duidelijk maken dat de technologie geen succes wordt. Pas na deze fase van uitrol kan er sprake zijn van een marktrijpe technologie.

Omdat er met die fase van uitrol aanzienlijke kosten zijn gemoeid, vaak zonder dat daar al voldoende opbrengsten tegenover staan, is ook hier een rol voor de overheid weggelegd. Daarbij is het raadzaam steeds opnieuw na te gaan wat kansrijker lijkt te worden en wat niet. En op basis van voortschrijdend inzicht het beleid bij te stellen. Veel van de technieken die voor de energietransitie in Nederland van groot belang kunnen zijn, bevinden zich nog in de fase van eerste uitrol. Die is nodig is voor verdere ontwikkeling richting marktrijpe producten. Dat geldt niet alleen voor windenergie op zee (windenergie op land is de fase van eerste uitrol al voorbij) en zonnestroom, maar ook voor opties in andere sectoren dan de elektriciteitsopwekking, zoals elektrische auto's, waterstofauto's, warmtepompen, biomassavergassing en de afvang en opslag van CO<sub>2</sub>. Kunnen onderzoeken en experimenteren is cruciaal. Zonder beleids-ondersteuning voor het benutten van de leerpunten die deze eerste fase van uitrol oplevert, zouden veel technieken al na het RD&D-stadium stranden.

## Accent ligt op doelen voor 2020

Het beleid beoogt de energie-innovatie vooral te sturen via het topsectorenbeleid en de regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE+). Het topsectorenbeleid speelt een grote rol in de RD&D-fase. De overheid draagt met subsidies bij aan de financiering

van onderzoeks- en demonstratieprojecten. De topsector Energie is een van de negen topsectoren die het kabinet heeft aangewezen om de Nederlandse economie sterker te maken. Een korte rondgang langs sleutelfiguren laat echter zien dat de topsector Energie op dit moment zijn prioriteit legt bij het halen van de doelen voor 2020; een erg korte termijn voor innovatie. Bovendien is de toegekende subsidie aan de topsector vooral gericht op de activiteiten in de RD&D-fase van innovatie, maar de topsector heeft nauwelijks bemoeienis met de eerste uitrol van innovatieve technieken, die zo belangrijk is om technologieën op te schalen en ervaring op te doen. Voor de eerste uitrol is het van belang dat de overheid zorgt voor marktkansen. Dat kan op verschillende manieren: via een beprijzing van CO<sub>2</sub>-emissies, maar dat gaat vaak gepaard met hoge maatschappelijke kosten, of door het verplicht stellen van een (oplopend) aandeel hernieuwbare energie. Daarnaast kan de overheid zich in haar inkoopbeleid richten op innovatieve productvarianten. Ook kan zij de markt verplichten tot een – in eerste instantie klein – aandeel van innovatieve producten. Daarnaast kan de overheid er met financiële ondersteuning voor zorgen dat innovatieve technieken kunnen concurreren met bestaande technieken op de markt. Daarvoor bestaan diverse vormen, zoals de salderingsregeling voor zonnepanelen, een lagere fiscale bijtelling voor elektrische auto's of een SDE+-regeling. Deze laatste regeling is echter niet op innovatie gericht, maar op het kosteneffectief halen van het doel voor hernieuwbare energie in 2020. Momenteel is het potentieel voor de langere termijn geen criterium bij de toekenning van SDE+-gelden. Het is zinvol dit wel te overwegen. Ook het Europese emissiehandelssysteem (ETS) is gericht op kosteneffectieve emissiereductie. Dit instrument creëert wel een markt om technieken die het leertraject grotendeels hebben doorlopen op grote schaal toegepast te krijgen, maar het ETS is geen effectief instrument voor het stimuleren van innovatie.

## Spanning tussen doelen voor 2020 en leerprocessen

Het ontwikkelen van technieken vergt tijd. Innovatie wordt daarbij gestimuleerd door enige mate van geleidelijkheid. Op die manier wordt het mogelijk om de lessen uit de praktijk in te zetten voor verbeteringen en kostenreductie. Dit suggereert dat de uitrol van nieuwe technieken liefst gefaseerd zou moeten plaatsvinden. Hoe precies de verhouding tussen schaal en geleidelijkheid zou moeten uitvallen, is in zet van debat. In te veel geleidelijkheid schuilt het risico dat de innovatie en emissiereductie te traag verloopt, waardoor het zicht op een transitie naar een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem in 2050 uit beeld raakt.

Waar leren voor de lange termijn vraagt om faseren, vraagt het voldoen aan het doel voor hernieuwbare energie in 2020 echter om in korte tijd 'voldoende meters maken', dat wil zeggen het opstellen van concreet vermogen aan hernieuwbare energie. Hierdoor ontstaat een spanningsveld. Dit spanningsveld is onder andere zichtbaar bij windenergie op zee. In het Energieakkoord is het halen van het gestelde doel daarom al uitgesteld tot 2023 (in plaats van 2020). Immers gaandeweg de uitrol zal worden geleerd en zullen de kosten verder dalen. Vanuit dat perspectief zou kunnen worden

geconstateerd dat de ontwikkeling van windenergie op zee te laat in gang is gezet. Gezien de na 2020 overblijvende opgave moet nu dus eigenlijk ‘door’ de 2020/23 doelen heen worden gepland om de meer fundamentele innovatie richting echt nieuwe energietechnologieën op gang te brengen.

De afspraken over het implementeren van het 2020-doel zoals verwoord in het Energie-akkoord voeden alleen de ontwikkeling en introductie van hernieuwbare energie waardoor andere innovatieve energieopties niet aan bod komen. Ook de 2050-doelen staan te ver af om nu reeds innovatie aan te jagen. Scherpe tussendoelen voor CO<sub>2</sub>-emissies in 2030 zijn daarom van belang. Verder is er nu vooral behoefte aan een adaptieve vorm van innovatiebeleid, waarbij niet alle inspanningen en budgetten op één of enkele technologieën worden ingezet, maar waarbij de diversiteit voorop staat. Een zogenoemde portfoliobenadering is daarvoor bij uitstek geschikt. De overheid laat vele bloemen bloeien en scherpt gaandeweg haar keuzes meer en meer aan, totdat de technologieën op eigen benen kunnen staan.

## Het belang van sociale innovatie

Bij een transitie op het gebied van energie gaat het om meer dan kostenoverwegingen en de mogelijkheden om die techniek ruimtelijk en technisch in te passen. Een transitie is uiteindelijk een maatschappelijk veranderingsproces. Dat betekent dat er ook acceptatie bij de bevolking voor deze vernieuwing van fossiel naar hernieuwbaar zal moeten zijn. Die acceptatie wordt veelal bepaald door andere kenmerken dan de kosten van die techniek. Het is op dit moment onmiskenbaar dat de goedkoopste optie voor een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem, windenergie op land, nu maatschappelijk het meest ter discussie staat. Het is de eerste concrete en tastbare manifestatie van die verandering. Opvallend is dat een andere CO<sub>2</sub>-arme techniek, zonnecellen (‘PV’), juist wel positief wordt ontvangen door burgers, die deze vaak zelfstandig installeren. Deze techniek is echter relatief nog duur en draagt fysiek nu nog weinig bij aan de levering van schone elektriciteit. Deze tegenstelling illustreert dat innovatie een complex vraagstuk is waarbij veel aspecten een rol spelen. Innovatiebeleid gaat niet alleen om het sturen op ontwikkeling en verspreiding van technologie, maar ook om het sturen op de acceptatie bij de bevolking en om ruimte te bieden voor bottom-up initiatieven.

Het toenemende aantal burgerinitiatieven dat bijdraagt aan de energietransitie verdient steun. Een dergelijke ‘energieke samenleving’ benut niet alleen de kracht van burgers, maar ook van vernieuwende bedrijven uit het MKB en kennisinstellingen die met innovatieve concepten komen. Vanuit de wens om zelf energie op te wekken zijn er lokale energiecoöperaties opgericht. Al doende ontstaat het inzicht wat de sterke en zwakke punten van zulke coöperaties zijn, welke eisen die nieuwe toepassingen stellen aan de bestaande infrastructuur, en hoe overheden kunnen bijdragen aan het handelingsperspectief van energiecoöperaties.

Modelanalyses laten zien dat er rekening mee moet worden gehouden dat de inpassing van zonnestroom in het energiesysteem relatief duur blijft, mede door de noodzaak van aanvullende maatregelen om de inherente onbalans tussen elektriciteitsvraag en

-aanbod te reguleren. Toch zijn er andere kenmerken die maken dat de samenleving zonnestroom aantrekkelijk vindt, waardoor deze techniek kansrijk is. Zo neemt in de praktijk het aantal burgers dat – uitgaande van bestaande stimuleringsmaatregelen – zonnestroom omarmt opvallend toe, en zijn er ook scenario's, zoals in de nieuwe scenario's van Shell, die zonnestroom een substantiële rol in de toekomst toedichten. Veel mensen willen in hun eigen omgeving aan de slag met hernieuwbare energie en zijn daarom enthousiast over deze techniek. En er blijkt ook draagvlak te zijn om in het beleid via de salderingsregeling tot effectieve ondersteuning ervan te komen. In deze leerfase rond de inpassing van zonnestroom zijn randvoorwaarden gesteld aan de salderingsregeling waardoor de uitrol beperkt blijft tot kleinschalige toepassingen. Dit leerproces is niet gratis; de salderingsregeling impliceert dat de overheid belastinginkomsten misloopt. De overheid moet hier dus zoeken naar een passende balans tussen het stimuleren van innovatie van onderop en de kosten die hiermee gemoeid zijn.

Wanneer we innovatie niet alleen technisch of economisch bezien maar ook sociaal, zien we dat zonnestroom ook de betrokkenheid van burgers bij de energietransitie vergroot. Die betrokkenheid kan vervolgens het draagvlak voor andere technieken en innovaties verstevigen. In welke mate de toepassing van zonnepanelen het draagvlak bij burgers voor de energietransitie als geheel daadwerkelijk vergroot is nog object van onderzoek. Wel is het zeker dat er meer draagvlak nodig zal zijn om tot de benodigde investeringen en structurele (en zichtbare!) veranderingen te kunnen komen. Dat draagvlak bij de bevolking voor de energietransitie hangt ook samen met de verwachtingen van burgers over mogelijke problemen die ontstaan als we met het fossiele energiesysteem doorgaan. Heldere communicatie over klimaatverandering en de monitoring van de sociale dynamiek zijn van belang. Maar grote technologische veranderingen zijn niet alleen een kwestie van de 'acceptatie' van bestaande technologieën. Wanneer burgers en bedrijven een actieve rol krijgen, gaan deze de vormgeving van die transitie ook daadwerkelijk beïnvloeden en zullen er andere 'socio-technische' oplossingen worden gevonden.

Windenergie op land belooft in Europa een grote bijdrage te leveren aan een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem, maar in Nederland leiden horizonvervuiling en geluidhinder ook tot, veelal lokaal georganiseerd, verzet. Hoewel op dit moment onduidelijk is in hoeverre dit verzet daadwerkelijk tot het blokkeren van grootschalige projecten leidt, lijkt de realisatie van het beoogde geïnstalleerde vermogen van windenergie op land een grote uitdaging. De mislukte poging tot een eerste praktijktest voor CO<sub>2</sub>-opslag onder een woonwijk in Barendrecht stemt hierbij tot nadenken. Dit voorstel was volledig vanuit de technologie gedacht, zag de burgers slechts als barrière en heeft, door het onderschatten van de sociale dynamiek, de ontwikkeling van deze techniek op achterstand gezet. Dit is een groot probleem omdat de macrosenario's juist wijzen op een belangrijke rol voor CO<sub>2</sub>-opslag in de ontwikkeling van een koolstofarme samenleving in 2050. Het zou een gemiste kans zijn wanneer de burger als hindernis de overgang naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening in de weg zou blijven zitten als gevolg van te veel top-down gedreven beleid. Het ruimte geven aan eigen initiatief en het tijdig en serieus betrekken van burgers en maatschappelijke organisaties bij het

ontwikkelen van technische innovaties is niet alleen nuttig voor het bereiken van draagvlak onder de bevolking, maar dit bevordert veelal ook de toepasbaarheid en uitrol van innovaties. Bij het breed verspreiden van nieuwe technologie kunnen voorlichting, transparante informatie en nudging door de overheid bijdragen aan de te maken cultuuromslag.

## Innovatie is een samenspel van partijen

In de praktijk zijn bij innovatie veel partijen betrokken, inclusief de overheid. Die overheid kan via institutionele veranderingen de positie innemen van aanjager van gewenste ontwikkelingen en van beslechter van hindernissen. Koplopers moeten daarin kansen krijgen, maar het gaat ook om kennisuitwisseling, nieuwe samenwerkingsverbanden en met en van elkaar leren. Neem het voorbeeld van elektrisch rijden, waarin auto- en batterijfabrikanten bij elkaar komen en nieuwe en bestaande bedrijven zorgen voor de oplaadinfrastructuur. Gemeenten spelen vervolgens een rol in het beschikbaar stellen van parkeerplaatsen met oplaadpunten, en consumenten moeten inspelen op de voor- en nadelen van zo'n elektrische auto. En de uitdaging voor de Rijksoverheid is om beleidsinstrumenten zodanig te kiezen dat ze voldoende prikkels geven die passen bij een geleidelijke uitrol. Zodra de veranderingen enige omvang beginnen te krijgen, ontstaan weer nieuwe vragen. Hoe wil de overheid bijvoorbeeld omgaan met de gedeerde accijnsinkomsten als elektrische auto's worden geladen uit hetzelfde stopcontact als waarmee de koelkast, de wasmachine en de pc worden gevoed?

## Leren vraagt om monitoring

Leren vraagt ook om consequente monitoring. Zo zou het goed zijn om de kosten van verschillende beschikbare technieken te monitoren – zowel in Nederland als in internationaal opzicht. Welke technologische ontwikkelingen zien we elders? Welke innovatieve ideeën over stimuleringsbeleid zien we in andere landen? Aparte aandacht vergt de monitoring van sociale innovatie: waar lopen burgers warm voor en wat stuit op weerstand? Het is bijna onmogelijk om op voorhand aan te geven wat wel en niet zal werken, omdat innovaties in verschillende contexten verschillend kunnen uitpakken. Leren gaat dan ook onvermijdelijk gepaard met mislukkingen. Innovatie is een proces van uitproberen, selectie, doorgroeien en weer selecteren. De mogelijkheid van mislukking betekent dat niet al het geld op één of enkele technologieën moeten worden ingezet. Vervolgens is het zaak dat wat niet gaat of tegenvalt op tijd te stoppen en het verlies te nemen. Windenergie op zee, zonnepanelen en elektrisch rijden worden nu als kansrijk gezien. Maar halen ze de eindstreep of worden ze uiteindelijk weggeconcentreerd door andere technologieën? De toekomst zal het leren. Monitoring en eenvoudige toegang tot gegevens zijn nodig om met alle stakeholders gaandeweg het veranderingstraject weloverwogen keuzes te maken.

## Meerwaarde door Europese afstemming en samenwerking

Nederland is geen eiland. Ook andere landen staan voor een energietransitie en zijn bezig met innovatie. Zo hebben alle lidstaten van de Europese Unie te maken met de doelen voor 2020 voor broeikasgasemissies en hernieuwbare energie. De technologiekeuze wordt sterk gedreven door specifieke omstandigheden. Zo kiezen alle landen rond de Noordzee voor een belangrijke bijdrage van windenergie op zee. Daar kan een verbeterde samenwerking kostenvoordelen opleveren. Voor een succesvolle energie-innovatie is het uit efficiency overwegingen wenselijk, en uit praktische overwegingen noodzakelijk, om in Europa tot een afgestemd en samenhangend energie-innovatiebeleid te komen. Als alle landen kiezen voor windenergie op zee en zonnepanelen, wie ontwikkelt dan bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-afvang en opslag of biomassavergassing? Daarnaast vergt ook de infrastructuur samenwerking, zowel voor windenergie op zee, als voor CO<sub>2</sub>-afvang en opslag en voor elektrische auto's. Evenzo kan het sterker koppelen van elektriciteitsnetten tussen Europese landen mogelijkheden bieden om de verschillende hernieuwbare energieopties in de verschillende landen beter te benutten, en de energievoorzieningszekerheid te vergroten.



# Een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening vergt innovatie

Klimaatverandering en afhankelijkheid van fossiele grondstoffen zijn onverminderd de belangrijkste redenen om op termijn over te schakelen op een koolstofarme economie. De Europese Commissie schetst in een routekaart enkele mogelijke paden naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening waarin de emissie van broeikasgassen in de EU in 2050 minstens 80-95 procent lager moet zijn dan het emissieniveau in 1990, aannemende dat het klimaatbeleid in de rest van de wereld vergelijkbare ambities kent. Als de wereld de omslag naar een fossielarm energiesysteem maakt, kan Nederland – met een energie-intensieve economie – niet achterblijven. Het kan dan vanuit concurrentieoverwegingen lonend zijn om bij het verbeteren van de energie-efficiëntie en bij de omslag naar een fossielarme energievoorziening in de voorhoede te lopen. Maar energiebesparing en een fossielarme energievoorziening ontstaan niet automatisch. Het vergt innovatie door bedrijven en burgers met de helpende hand van de overheid. Achter die helpende hand gaat een hele wereld schuil. Het vergt aanpassing van instituties en dat gaat doorgaans niet zonder slag of stoot. Bij innovatie gaat het niet alleen om het uitvinden van nieuwe technieken of het verbeteren van bestaande (zie tekstbox *Wat is innovatie?*). Meer en meer wordt duidelijk dat de inpassing van technieken in de samenleving op een andere manier moet plaatsvinden en dat dit aandacht vraagt van het beleid. Burgers en organisaties stellen zich steeds actiever en assertiever op, willen meedenken over oplossingen en schromen niet om in actie te komen als het beleid hen niet zint of tegenwerkt. Andersom kunnen actieve burgers juist ook innovatiekracht leveren door initiatieven te ontplooiën en kunnen ze met hun enthousiasme anderen mobiliseren om te volgen.

De wetenschap dat innovatie een complex proces is waarin tal van actoren en processen een rol spelen, maakt dat ontwikkelingen lastig voorspelbaar zijn. Kunnen we ons überhaupt voorstellen hoe een wereld met een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening er uit ziet? Innovatie is een zoektocht waarin al doende wordt geleerd. Hoe kan de overheid in zo'n onvoorspelbare omgeving het beste opereren? Door te reflecteren op uiteenlopende onzekerheden rond het energie-innovatievraagstuk beogen we met deze verkenning het denken over beleidsmatige uitdagingen rond energie-innovatie aan te scherpen. Daarbij gaat het om de inzet van 'klassieke' beleidsinstrumenten als RD&D-budget, het stellen van emissiedoelen om innovatie uit te lokken en subsidies of fiscale faciliteiten



### Wat is innovatie?

Innovatie is de motor achter economische groei. Innovatie is een verandering van ideeën die zich manifesteert in producten, diensten, processen en organisaties, en die succesvol in de praktijk worden toegepast. Innovatie gaat zowel over het ontdekken van nieuwe technologie als om het verspreiden en toepassen van bestaande kennis. Daarbij kan het gaan om een verbetering van het bestaande maar ook om iets geheel nieuws. Innovatie – het proces van onderzoek, ontwikkeling en demonstratie (RD&D) en via kleinschalige eerste uitrol tot succesvolle implementatie - is vaak een complex proces onder invloed van omgevingsfactoren. Innovatie tegenwoordig niet zozeer als een lineair proces gezien, maar als een interactief innovatiesysteem. Er bestaan immers allerhande verstrengelingen van innovatie met de samenleving. Dat geldt zeker ook voor energie-innovatie die de energiehuishouding verandert. Een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening impliceert dat het huidige systeem volledig op de schop gaat en dat raakt alle sectoren in de samenleving. In een goed werkend innovatiesysteem kunnen zeven sleutelprocessen worden onderscheiden: 1. experimenteren door ondernemers; 2. kennisontwikkeling; 3. kennisuitwisseling in netwerken; 4. richting geven aan het zoekproces; 5. creëren van markten; 6. mobiliseren van middelen (kapitaal en goed opgeleid personeel) en 7. tegenspel bieden aan weerstand. Het innovatiesysteemmodel opgebouwd uit sleutelprocessen heeft als belangrijkste boodschap dat innovatie niet een afgezonderde activiteit is die buiten de samenleving staat. Innovatie kan ook als een sociaal-technisch systeem worden beschouwd waarbij het innovatiesysteem zowel uit wetenschappelijke, technische, sociaal-economische als organisatorische componenten bestaat. Sociale acceptatie speelt in dit systeem een grote rol.

[bronnen: Hekkert et al. 2007; Wolsink 2012]

voor de implementatie van nieuwe technologieën. Maar het gaat ook om de overheid in de rol van facilitator van processen, die partijen bij elkaar brengt en die belemmeringen wegneemt om het innovatieproces soepel te laten verlopen.

Wordt het een energie-evolutie of revolutie? Het doordenken van de rol van de overheid kan niet in isolement van de ontwikkelingen in de samenleving. De samenleving kan zowel een katalysator zijn – denk aan allerhande bottom-up initiatieven op het gebied van hernieuwbare energie – maar ook een hindermacht die de introductie van nieuwe technologieën belemmert. Zo klinkt vanuit de samenleving het geluid dat de slimme energiemeter een inbreuk op de privacy kan zijn en werd in Barendrecht door weerstand van de lokale bevolking een CCS-demonstratieproject (afvang en opslag van CO<sub>2</sub>) afgeblazen. Steeds meer burgers lijken wel warm te lopen voor zonnepanelen en voor energiebesparing in de eigen woning, maar er is ook een groeiend verweer tegen lokale

windenergieprojecten. Wat betekenen dergelijke onzekerheden voor het innovatiebeleid van de overheid? Daarbij zal energie-innovatie ook gevolgen hebben voor de overheid zelf. TNO (2013) heeft becijferd dat in 2010 circa 20 procent van de jaarlijkse inkomsten van de staat direct of indirect afkomstig was uit de energiesector. Wat betekent de overgang naar een CO<sub>2</sub>-arme samenleving bijvoorbeeld voor eventuele derving van inkomsten door de staat?

Niet alleen de onzekerheid over de maatschappelijke acceptatie van nieuwe technieken vormt een uitdaging voor innovatiebeleid. Er zijn tal van andere onzekerheden waar het beleid mee om moet gaan. Komt er wel of niet een nieuw wereldwijd klimaatverdrag? Hoe krijgt het Europese milieu- en energiebeleid verder vorm? Hoe snel zal de verdere ontwikkeling van specifieke technieken tot kostendaling leiden? Pas na dat ontwikkelproces wordt duidelijk wat een technologie kan betekenen en soms zal achteraf blijken dat het verspilde moeite was. Dat is inherent aan zoekprocessen. Pas na verloop van tijd zal gaan blijken welke technieken de 'winnende' technieken zijn. Winnend in de zin dat ze uiteindelijk breed toegepast zullen worden omdat ze effectief zijn en goed inpasbaar in de samenleving tegen acceptabele kosten.

Afgezien van onvoorziene doorbraken, is in grote lijnen bekend welke bestaande technologieën een rol zouden kunnen spelen in een CO<sub>2</sub>-arme samenleving in 2050 (onder andere innovatieve vormen van energiebesparing, windenergie, biomassa, CCS, zonne-energie). Toch is vanwege genoemde onzekerheden niet bekend welke van deze technologieën daadwerkelijk het toekomstbeeld gaan bepalen. Aangezien de uitkomst van innovatieprocessen inherent onzeker is, is het voor de overheid onmogelijk om het innovatiebeleid van begin af aan op de 'juiste' technologieën te richten. Innovatiebeleid is een risicovolle onderneming met kans op mislukkingen. De uitdaging is te bedenken hoe het energie-innovatiebeleid er nu en in de toekomst uit moet zien. We zullen betogen dat innovatiebeleid adaptief vormgegeven kan worden, zodat het kan meebewegen met nieuwe ontwikkelingen om de zoektocht naar nieuwe energietechnologieën gericht en met zo min mogelijk verspilling af te leggen. Dit onder de randvoorwaarde dat er continuïteit in het beleid zit en dat het aanpassen niet verzandt in wispelturigheid. Idealiter wordt geen enkele schone techniek uitgesloten als bouwsteen van een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem en het innovatiebeleid moet daar rekening mee houden. Deze verkenning betoogt dat het energie-innovatiebeleid voor de lange termijn nu vooral gericht moet zijn op proef- en demonstratieprojecten om bij voldoende succes technieken te ondersteunen bij de eerste fase van uitrol. Dat is nodig om te leren. Bij voortschrijdend inzicht over de kosten van technieken en maatschappelijke inpasbaarheid ontstaan argumenten om energie-innovatiebeleid specifiek te maken en zo nodig de uitrol van potentieel kansrijke technieken te ondersteunen. Ook heeft de overheid een rol bij het ontwikkelen van beleidsarrangementen om innovatieve technologieën in de maatschappij in te passen en om de maatschappij te benutten als bron van creatieve oplossingen.

Het energie-innovatievraagstuk kent vele dimensies. In deze verkenning beperken we ons tot een drietal zaken. Eerst staan we uitgebreid stil bij de onzekerheden die de uiteindelijke inzet van energietechnologie beïnvloeden. Vanuit een 'als...dan'-benadering illustreren we wat de invloed van onzekerheden is op de uiteindelijke inzet

van energietechnologie in de toekomst en doordenken we wat dit betekent voor innovatiebeleid in een onzekere wereld. Vervolgens gaan we na welke rol burgers en consumenten spelen bij energie-innovatie. Daarbij gaat het niet alleen over hun houdingen en waarden die een rol spelen bij het draagvlak voor en acceptatie van innovaties, maar ook over het gedrag van consumenten en initiatieven van actieve burgers. Daarna zetten we kort uiteen waarom het voor bedrijven – hoewel ze zeker ook drijfveren daartoe hebben – lastig is om te innoveren en waarom de rol van de overheid cruciaal is. Aansluitend kijken we dan naar de rol van de overheid bij energie-innovaties. We geven een kort overzicht van het bestaande energie-innovatiebeleid en staan stil bij de keuzes die de topsector Energie maakt en stellen de vraag of de topsector – waarin bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid samenwerken – de condities schept voor innovatie die bijdraagt aan de overgang naar een koolstofarme samenleving op lange termijn.

# Onzekerheid troef

Op basis van vele verkenningen bestaat er – afgezien van toekomstige onvoorziene doorbraken op het gebied van schone energie – een vrij goed overzicht van de technieken die een rol zouden kunnen spelen in een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening in 2050 (zie ook het overzicht van Knopf et al. 2013). Maar welke innovatieve technieken in de toekomst de ‘winnaars’ worden, is nog onduidelijk. Dit hoofdstuk kijkt naar de invloed van drie belangrijke factoren op de inzet van de energietechnologiemix in 2050:

1. Beleidsonzekerheden, of het succes van toekomstige klimaatverdragen. Hoe ambitieuzer de internationale klimaatplannen, des te groter de emissiereducties van broeikasgassen zullen zijn. Mildere versies dan de EU Routekaart worden bekeken, omdat er geen zekerheid is of dit plan gerealiseerd zal worden.<sup>1</sup>
2. Onzekerheid over toekomstige kosten van energietechnologie. De relatie tussen kostendaling en kennisopbouw/uitrol is onzeker en verschilt per technologie (IEA 2013). De varianten die we beschouwen in deze verkenning weerspiegelen de onzekerheid in kennis over kosten.
3. Maatschappelijke weerstanden tegen specifieke technieken. Als de weerstand tegen een goedkope techniek groot blijft, dan zal deze het niet gaan redden. De geanalyseerde varianten illustreren de gevolgen van maatschappelijke weerstand tegen een aantal technieken.

We zullen ons hier vooral richten op elektriciteit, omdat elektriciteitsopwekking een belangrijke bron is van broeikasgassen. Ook is er over deze sector de meeste kennis over technieken en mechanismen bij de transitie naar schone energie. Verder hebben onzekerheden rond toekomstige opwekking van elektriciteit grote indirecte gevolgen voor emissiereductie door andere sectoren. De indirecte gevolgen zullen we in de slotparagraaf van dit hoofdstuk proberen te duiden. Daar zullen we ook algemene lessen trekken voor het innovatiebeleid voor elektriciteitstechnologieën, die weer toegepast kunnen worden op het innovatiebeleid voor technologieën in andere sectoren.

Dit hoofdstuk laat zien welke elektriciteitstechnieken in welke mate belangrijk kunnen zijn in 2050. Dit dient om innovatie en innovatiebeleid te kunnen duiden, uitgaande van het streven naar een nagenoeg koolstofvrije elektriciteitsvoorziening tegen zo laag mogelijke kosten. We zullen laten zien in welke mate de technologiemix voor 2050 kan variëren, en wat de factoren zijn die bijdragen aan die variatie. Dit hoofdstuk gaat niet over de vraag *hoe* alle maatschappelijke veranderingen moeten plaatsvinden of welke beleidsinstrumenten ingezet moeten worden.

Om het een ander goed door te kunnen redeneren, illustreren we in dit hoofdstuk onze bevindingen aan de hand van modeluitkomsten. Het gebruikte model (zie tekstbox *MERGE-model*) kan een kostenoptimale mix van schone elektriciteitstechnologieën berekenen voor Europa in 2050. De meerwaarde van het gebruik van dit soort modeluitkomsten is dat de gevolgen van de gesimuleerde keuze voor technieken integraal en boekhoudkundig correct worden beschouwd. Zodoende wordt het speelveld voor energietechnieken in kaart gebracht.

Het rekenmodel houdt rekening met de ontwikkeling van energiemarkten in de hele wereld, want Europa staat niet op zichzelf. Er is bijvoorbeeld handel in gas, en veranderingen in het gebruik van gas in Europa heeft gevolgen voor het gasgebruik elders in de wereld. En vice-versa, als elders in de wereld door klimaatbeleid de vraag naar olie omlaag gaat, dan heeft dat ook gevolgen voor de olieprijs in Europa en voor de keuze van energietechnieken (ook in 2050). Dat soort koppelingen maken onderdeel uit van het model. We focussen op Europa, en realiseren ons dat dit niet één-op-één is door te vertalen naar Nederland, maar de modeluitkomsten geven wel een beeld dat voor Nederland er toe doet.

### **MERGE-model**

De analyse in dit hoofdstuk is gebaseerd op berekeningen met een werelddekkend klimaat-energie-economie model genaamd Model for Evaluating Regional and Global impacts of the Greenhouse gas Effect (MERGE). Het model bestaat al sinds 1990, en toepassingen zijn te vinden in de wetenschappelijke literatuur en IPCC-rapporten (zie ook Blanford et al. 2014). In MERGE worden de belangrijkste regio's expliciet gemodelleerd, waaronder Europa. Het model berekent het wereldwijde energieverbruik en -aanbod en de daaraan verbonden emissies, evenals de inzet van opties en kosten om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan. Het model omvat ook alle andere broeikasgasemissies, zoals voortkomend uit veranderingen in landgebruik en de productie van cement. Ook voor deze emissies kan MERGE de opties en kosten van emissiereductie berekenen.

Een bijzondere eigenschap van MERGE is het onderscheid tussen capaciteit en productie van elektriciteit. De totale capaciteit is opgebouwd uit jaargangen om de traagheid van investeringsbeslissingen te kunnen simuleren. De jaarlijkse productie is verdeeld over 23 segmenten. Die onderverdeling houdt rekening met het fluctuerende aanbod van hernieuwbare energie (dag/nacht en de seizoenen) en de vraag. Er is volledige leveringszekerheid verondersteld (vraag = aanbod in alle segmenten). De bezettingsgraad (percentage van de tijd dat een centrale draait) van technieken wordt berekend.

Verdere aannames:

- Europa omvat ook EFTA-landen.
- Handel en uitputting in olie, gas en uranium. Kolenaanbod is onbeperkt tegen constante prijs. Er zijn geen beperkingen in de handel door mogelijke geopolitieke spanningen.

- Voor biomassa is een optimistische mondiale grens van de productie van 275EJ/jaar gekozen.
- Personenvervoer kan plaatsvinden door te kiezen voor een auto met verbrandingsmotor, de plug-in hybride motor, op batterijen (elektrische motor), met CNG of waterstof.
- Energiebesparing (uitgezonderd personenvervoer) inclusief de mogelijke opkomst van de warmtepomp is gemodelleerd via de vraagfunctie (hogere energieprijzen leidt tot lager verbruik).
- Vloeibare brandstoffen kunnen worden gemaakt uit olie, biomassa en kolen.
- De focus hier is op de resultaten in 2050, maar het model rekt voorbij 2100.
- Europe (2010) schat de opslagcapaciteit van CCS op 300 Gt CO<sub>2</sub>, terwijl berekeningen hier lager zijn (21-88 Gt CO<sub>2</sub>)
- Schade door CO<sub>2</sub> en andere energiegerelateerde emissie is niet meegenomen.
- Opslag van elektriciteit is meegenomen.
- De Europese doelen voor hernieuwbare energie in 2020 en 2030 zijn niet meegenomen.

**Aannames investeringskosten (2010 US\$/kW), zie ook IEA (2013)**

	2020	2050+
Poederkoolcentrale	\$2.100	\$2.100
Kolenvergassingscentrale	\$2.400	\$2.200
Kolenvergassingscentrale+CCS	\$3.500	\$2.700
Gas (een cyclus)	\$625	\$625
Gas (meerdere cycli)	\$900	\$900
Gas (meerdere cycli)+CCS	\$1.620	\$1.350
Nucleair (3e Generatie III)	\$4.000	\$4.000
Nucleair (4e Generatie IV)	N/A	\$5.600
Biomassa	\$2.300	\$2.100
Biomassa met CCS	\$3.400	\$3.000
Wind-op-land	\$1.700	\$1.700
Wind-op-zee	\$2.500	\$2.000
Zon-PV	\$2.000	\$1.000

MERGE berekent de CO<sub>2</sub>-prijs die past bij een beperking van de mondiale emissies. De CO<sub>2</sub>-prijs en de mondiale emissies zijn tijdsafhankelijk. Belangrijk is te realiseren dat rekenmodellen een versimpelde weergave geven van de werkelijkheid, maar de meest relevante technieken van het huidige klimaatdebat zijn in het model opgenomen. Onvermijdelijk zullen er in 2050 ook technieken gebruikt gaan worden die niet in het huidige model zijn opgenomen.

## 2.1 Succes internationale klimaatverdragen onzeker

Hoe succesvoller internationale klimaatverdragen, des te ambitieuzer het klimaatbeleid zal zijn, en hoe minder broeikasgasemissies er in de EU zullen zijn. De omvang van de reductie is leidend voor de technologiekeuze. De keuze voor een koolstofarme samenleving in 2050 (het doel) is bepalend voor de technologiekeuze in 2050.

Het geeft inzicht in kansrijke opties. De overheid kan dit inzicht gebruiken en in de transitiefase juist deze kansrijke technologie tot aan de fase van grootschalige uitrol extra stimuleren bovenop de verwachte uitrol veroorzaakt door een steeds stijgende prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten (ervan uitgaande dat er over 35 jaar een mondiaal emissiehandelssysteem bestaat).

We zetten in dit hoofdstuk twee beelden tegenover elkaar. Het ene beeld is een scenario waarin landen tot ambitieuze afspraken weten te komen over de mondiale emissiereductie dat past bij de EU routekaart. We noemen dit 'ambitieuze beleid'. Dit scenario veronderstelt een stabilisatie van broeikasgassen van 550 CO<sub>2</sub> eq. op de lange termijn en een wereldwijde coördinatie om emissies te reduceren tegen de laagste mogelijke kosten. Bij verschillende aannames over kosten en maatschappelijke belemmeringen van technieken leidt dit voor de EU tot een bandbreedte van emissiereductie, die gelijk is aan 80-95 procent van het niveau van emissies in 1990.

In het tweede beeld 'mild beleid', komt de wereldgemeenschap niet tot een ambitieus klimaatbeleid. In het 'mild beleid' scenario probeert de EU de doelen voor 2030 te realiseren. Maar na 2030 brokkelt de bereidheid tot ambitieus klimaatbeleid af. Andere landen kiezen dan voor emissieplafonds slechts passend bij de toezeggingen die zij naar voren hebben gebracht in aanloop naar de Copenhagen Summit in 2009.<sup>2</sup> In het 'mild beleid' scenario zijn de emissies hoger dan het 'ambitieuze beleid' scenario, maar nog steeds resulteert er een substantiële reductie van emissies ten opzichte van het scenario 'geen beleid'.<sup>3</sup>

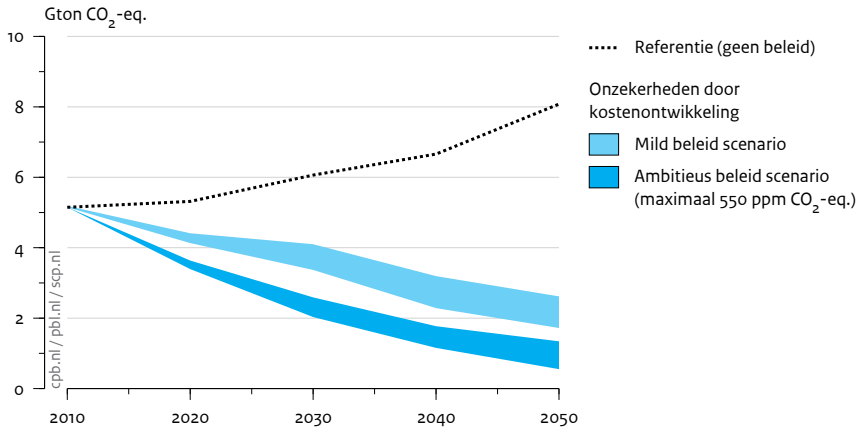
Hoe dat dan uiteindelijk uitpakt voor emissies zien we in figuur 2.1. De bandbreedtes van de twee scenario's zijn het resultaat van alternatieve aannames over daling van de kosten van energietechnieken. Ook is dit het resultaat van verschillende aannames over de maatschappelijke weerstand tegen het gebruik van specifieke schone technieken (koolstofopslag, wind-op-land, en wind-op-zee).

In de modelberekeningen wordt de emissiereductie in het 'ambitieuze beleid' scenario gedreven door één gecoördineerde mondiale koolstofprijs. De reductie vindt plaats op die plek in de wereld waar de marginale kosten van emissiereductie het laagst zijn. Hoe hoger de relatieve marginale kosten in de EU, hoe minder emissiereducties in de EU zal plaatsvinden. De reden is dat dan de emissiereducties elders goedkoper zijn.

Omgekeerd is de onderkant van de emissies in de EU het gevolg van alternatieve aannames die gunstig uitpakken voor de relatieve kosten van emissiereductie in Europa vergeleken met de rest van de wereld. De onderkant van de EU-emissies komt overeen met een daling van 95 procent ten opzichte van emissies in het basisjaar 1990.

De aannames gemaakt in de verschillende variaties (zie 2.2 en 2.3) binnen het 'mild beleid' scenario leiden tot emissies in 2050 die 65-75 procent lager liggen dan die in 1990.

Figuur 2.1  
Emissie van broeikasgassen in Europa



Bron: MERGE-CPB model

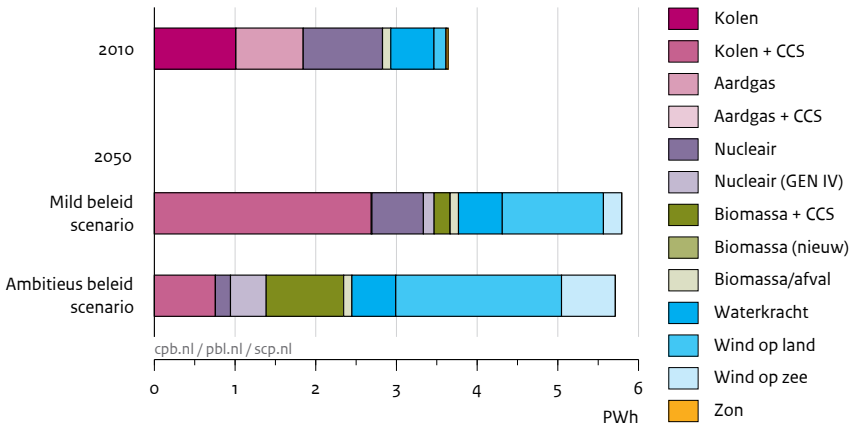
Met welke technieken realiseert Europa de emissiereducties in de elektriciteitsvoorziening op een kostenoptimale manier? Figuur 2.2 laat de Europese elektriciteitsproductie zien in 2050 in de twee scenario's met de standaardaanname uit het MERGE-model over kostendalingen van schone energietechnieken (zie de tekstbox MERGE-model).

We zien bij ambitieus klimaatbeleid een enorm aandeel wind-op-land in Europa. Het aandeel wind-op-zee zal vooral toenemen als er ambitieus klimaatbeleid gevoerd gaat worden. Als er geen grote maatschappelijke inpassingproblemen zijn met het gebruik van koolstofafvang en -opslag (CCS) op Europese schaal, dan kunnen we zien dat CCS heel belangrijk kan worden bij ambitieus klimaatbeleid (in combinatie met biomassa) en bij mildere vormen van klimaatbeleid ook belangrijk is. Het gaat dan echter om de CCS achter kolen in plaats van achter biomassa.

Het enige dat wel zeker lijkt, is dat het huidige park van kolen -en gascentrales in 2050 nauwelijks nog een rol zal spelen in de elektriciteitsopwekking. Dit komt om drie redenen. Ten eerste is er volgens de modelberekening in 2050 sprake van een hoge CO<sub>2</sub>-prijs van 50 en 400 \$/t CO<sub>2</sub>-eq. in respectievelijk het 'mild beleid' en 'ambitieuus beleid' scenario. De hoeveelheid windenergie zal daardoor ook flink stijgen tot 2050. Ten tweede zal in het 'mild beleid' scenario CCS geschakeld worden achter nieuwe kolencentrales, terwijl in het 'ambitieuus beleid' scenario er juist biomassa met CCS zal zijn. Ten derde, in de berekeningen blijkt de gasvraag in niet-OESO landen de gasvraag in Europa te verdringen. Er zijn in Europa goedkopere alternatieven voor gas.<sup>4</sup>



Figuur 2.2  
**Elektriciteitsproductie in Europa per scenario bij standaard aannames**



Bron: MERGE-CPB model

Niet in het figuur 2.2 te zien, maar wel belangrijk te melden is het volgende. De berekeningen laten buiten de elektriciteitssector forse energiebesparingen zien. De hogere prijzen voor energie leiden in het ‘ambitieuus beleid’ scenario tot een afname van de vraag naar energie met 20 procent. Ook worden veel waterstof en vloeibare biobrandstoffen als brandstof gebruikt.

Figuur 2.2 vermeldt de *productie* van elektriciteit, maar het beeld in termen van de opgestelde capaciteit verdient ook aandacht. De consequentie voor de productie van elektriciteit met windenergie (zowel op land als op zee) is dat in Europa de bijbehorende capaciteit stijgt naar 550 GW in het ‘mild beleid’ scenario en naar 1100 GW in het ‘ambitieuus beleid’ scenario. In het scenario zonder klimaatbeleid daalt de capaciteit naar 100 GW. Dat is iets minder is dan het opgestelde vermogen van de 110 GW in 2013. In het ‘ambitieuus beleid’ scenario zal het opgestelde vermogen wind-op-zee vooral vanaf 2030 stijgen tot 60-180 GW in 2050.

Vergelijken we de modeluitkomsten voor 2020 met de voorgenomen plannen van wind-op-zee voor Europa, dan zijn de plannen veel ambitieuzer dan alle kostenoptimale modeluitkomsten voor 2020. De reden is dat we in de modelberekeningen voor Europa in het ‘ambitieuus beleid’ scenario – naast de mondiale beperking op de CO<sub>2</sub>-concentratie – geen hernieuwbare energiedoelen hebben verondersteld zoals Europa dat in hun plannen wel in voorziet. Er zijn plannen om in 2020 al 20-30 GW wind-op-zee te installeren, inclusief de Nederlandse opschaling naar 4.5 GW in 2023. Nu lijken de plannen van 20-30 GW wind-op-zee vooral ingegeven om invulling te geven aan het halen van het hernieuwbare energiedoel. Maar moeten we wind-op-zee in Nederland wel in deze mate stimuleren als we niet zeker zijn dat deze uiteindelijk een van de winnaars zal zijn in de Europese elektriciteitsmix van 2050. Gaat dat niet ten koste van

innovatiebeleid van andere schone technieken? Modelberekeningen geven aan dat vanaf 2030 de regulering via de ETS de techniek rendabel maakt. De CO<sub>2</sub>-prijs loopt op tot 50-400 \$/tCO<sub>2</sub> in 2050. Is de grootschalige uitrol van wind-op-zee ter ondersteuning van het hernieuwbare energiedoel vanuit het lange termijn perspectief misschien niet teveel van het goede? Wind-op-land lijkt een robuuste optie, maar is geen innovatietechniek, omdat de kostprijs van wind niet meer veel omlaag gebracht kan worden. Hoewel er op het gebied van sociale innovatie rond windenergie een hoop te winnen valt (zie paragraaf 2.3 en hoofdstuk 3).

Wat niet in de figuur is te zien, maar wel interessant om te melden, is dat de hoge CO<sub>2</sub>-prijs in het 'ambitieuze beleid' scenario niet leidt tot een hele grote daling van de elektriciteitsvraag. Dat komt omdat in dat scenario de elektrische auto de personenautomarkt overneemt.<sup>5</sup> Dit leidt tot 15 procent extra vraag naar elektriciteit, en betekent dat de andere vraag (niet-transport gerelateerde elektriciteit) 20 procent extra omlaag gaat (besparing). In het 'mild beleid scenario' is er geen rol voor de elektrische auto zonder een doorbraak in kostenreductie van accu's. In dat geval zal de automarkt gedomineerd blijven door auto's met een verbrandingsmotor of een plug-in hybride motor. Biomassa lijkt dan geen optie te worden in de elektriciteitsmarkt, maar zal voornamelijk in de vorm van vloeibare biobrandstoffen een rol van betekenis zijn op de autobrandstofmarkt.

Ook is opvallend dat zon-pv geen onderdeel is van de kostenoptimale energiemix van 2050 van 'ambitieuze beleid' en 'mild beleid'. De CCS schakeltechnieken maken het mogelijk om kolencentrales of biomassacentrales te complementeren met de enorme expansie in windenergie (wind wint het van zon). Zon-pv is niet eens zo ongunstig qua investeringskosten, maar door het fluctuerende aanbod van zon-pv over de seizoenen – buiten Spanje is in Europa de zonne-instraling in de herfst en winter 75 procent beneden het niveau van Spanje in de zomer – verliest deze optie het in het MERGE-model vanuit een kostenoptiek bijna altijd van windenergie. Alleen wanneer de opslagkosten veel lager worden dan ze nu zijn, maakt zon een kans.

De maatschappelijke belemmeringen bij windenergie en koolstofopslag zijn afwezig in de modelberekeningen die ten grondslag liggen aan figuur 2.2. In paragraaf 2.3 komen deze belemmeringen aan bod. Als deze belemmeringen er namelijk wel zijn, dan zal het aandeel zonne-energie niet op nul blijven hangen, maar zal zon-pv een beperkt aandeel krijgen in de elektriciteitsvoorziening.

## 2.2 Onzekerheden toekomstige kosten technologie

De relatie tussen kostendaling en kennisopbouw/uitrol verschilt per technologie en is onzeker (IEA 2013). We laten nu zien hoe de elektriciteitsvoorziening in Europa er in 2050 uit zou kunnen zien in het 'ambitieuze beleid' en 'mild beleid' scenario bij uiteenlopende aannames over kosten of potentiële expansiemogelijkheden van specifieke technieken. Ook voor Nederland geven we een doorkijkje om de broeikasgasemissies met 80 procent te verminderen (zie tekstbox *Opties voor een CO<sub>2</sub>-arm Nederland nader bekeken*).

Zes varianten weerspiegelen de onzekerheid in kennis. De afwijking van een aanname van het standaardgeval kan mogelijk grote gevolgen hebben voor de betekenis van specifieke elektriciteitstechnieken op de lange termijn (2050 en later):

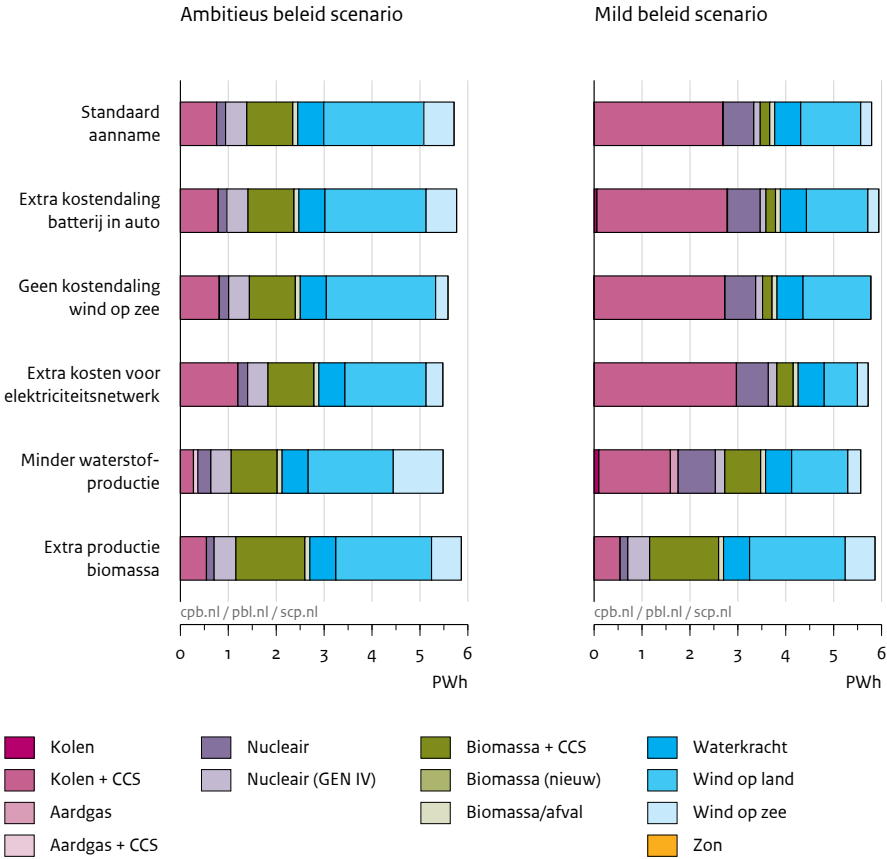
1. Optimistische aanname van de daling van de kosten van de batterij in de auto (twee keer zo hard laten dalen). Toelichting: er is niet gekeken naar een pessimistische aanname over de kostenontwikkelingen batterijen, omdat in het milde scenario in het standaardgeval al nauwelijks elektrische auto's zullen rondrijden. Een pessimistische variant voegt niets toe aan de ondergrens van het basisgeval. Bovendien is de kostendaling van batterijen nu veel groter dan 10 jaar geleden verwacht.
2. Pessimistisch wind-op-zee: geen kostendaling ten opzichte van het niveau in 2010. Toelichting: er is geen optimistische case voor wind-op-zee omdat het niet aannemelijk is dat de kosten van wind-op-zee lager uitvallen dan de kosten voor wind-op-land.
3. Pessimistische kosten van integratie van hernieuwbare energie in het elektriciteitsnetwerk: verdubbeling integratiekosten.
4. Pessimistisch waterstof productie: vergassinginstallaties kunnen geen waterstof produceren.
5. Optimistische productie biomassa Europa: +50 procent extra productie biomassa voor elektriciteitscentrales.<sup>6,7</sup>

De totale elektriciteitsproductie per variant verschilt omdat een variatie leidt tot een wijziging van de expliciete of impliciete kosten van schone energietechnieken. Er wordt steeds een afweging in de modelberekeningen gemaakt tussen besparingen en de kosten van de gebruikte technieken. Bijvoorbeeld, wanneer waterstof geen bijproduct van elektriciteit kan zijn (kolenvergassing), dan daalt een mogelijke inkomstenbron voor de producent. Vanuit welvaartsoverwegingen wordt er een optimale mix gekozen tussen de veranderingen in een duurdere elektriciteitsmix en meer energiebesparingen (kost ook meer geld). Uiteindelijk zal de vraag naar elektriciteit dalen, en tegelijkertijd meer besparingen ontlocken. Omgekeerd, als er meer biomassa beschikbaar is dan daalt de prijs van biomassa waardoor ook de elektriciteitsprijs een beetje zal dalen en stijgt de totale vraag. Veranderingen in de mate van energiebesparing kunnen gevolgen hebben voor de kostenoptimale mix van alle schone energietechnieken.

Van alle alternatieve aannames hebben een pessimistische inschatting van het potentieel van wind-op-land en een pessimistische inschatting over de waterstofproductie de grootste gevolgen op de technologiemix voor elektriciteitsproductie. Beide leiden tot een hogere inzet van wind-op-zee (een verdubbeling ten opzichte van het standaardgeval) die vooral zichtbaar zal worden in een 'ambitieuze beleid'-scenario. Ook is te zien dat een optimistischer aanname over de beschikbaarheid van biomassa leidt tot een hogere inzet van biomassa met CCS. Dit gaat ten koste van vooral kolencentrales met CCS en nucleaire energie. De kracht van met biomassa gestookte centrales met CCS zijn de negatieve emissies. Deze zijn negatief omdat er CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer wordt onttrokken bij de productie van biomassa, en de CO<sub>2</sub>-emissies die bij

Figuur 2.3

Elektriciteitsproductie in Europa bij alternatieve technologische aannames, 2050



Bron: MERGE-CPB model

verbranding ontstaan worden afvangen en opgeslagen onder de grond. Dat is een dubbelklapper. Biomassa gestookte centrales met CCS zijn er zowel in het 'mild beleid' en 'ambitieuus beleid' scenario.

De analyse maakt duidelijk dat verschillende aannames over de snelheid waarmee kosten kunnen dalen van een techniek, leiden tot verschillen in de inzet van schone technieken. Wind-op-land lijkt een substituuat voor wind-op-zee, maar ook is biomassa met CCS een substituuat voor kolen of nucleaire energie. Er zijn ook indirecte gevolgen zichtbaar van dit soort wijzigingen in de aannames. Deze zijn merkbaar via de verandering van de elektriciteitsprijs. Dat heeft dan weer gevolgen voor de snelheid waarmee elektriciteitsbesparingen worden uitgelokt. Dit indirecte effect is af te lezen

uit figuur 2.3 door de verschillen in de totale elektriciteitsconsumptie tussen de verschillende gevallen (binnen een scenario).

Het verschil in de technologiemix tussen ‘ambitieuw beleid’ en ‘mild beleid’ maakt inzichtelijk dat de beleidsonzekerheden een grote invloed hebben op de kostenoptimale mix van energie technologieën. De bandbreedtes voor de kostenoptimale technologie-inzet voor 2050 worden groter als de onzekerheden rond de kostenontwikkeling van specifieke technologieën in afwijking van het standaardgeval ook worden meegenomen. Deze onzekerheden bemoeilijken eens te meer het identificeren van de winnaars voor de langere termijn.

### 2.3 Onzekerheden maatschappelijke inpasbaarheid

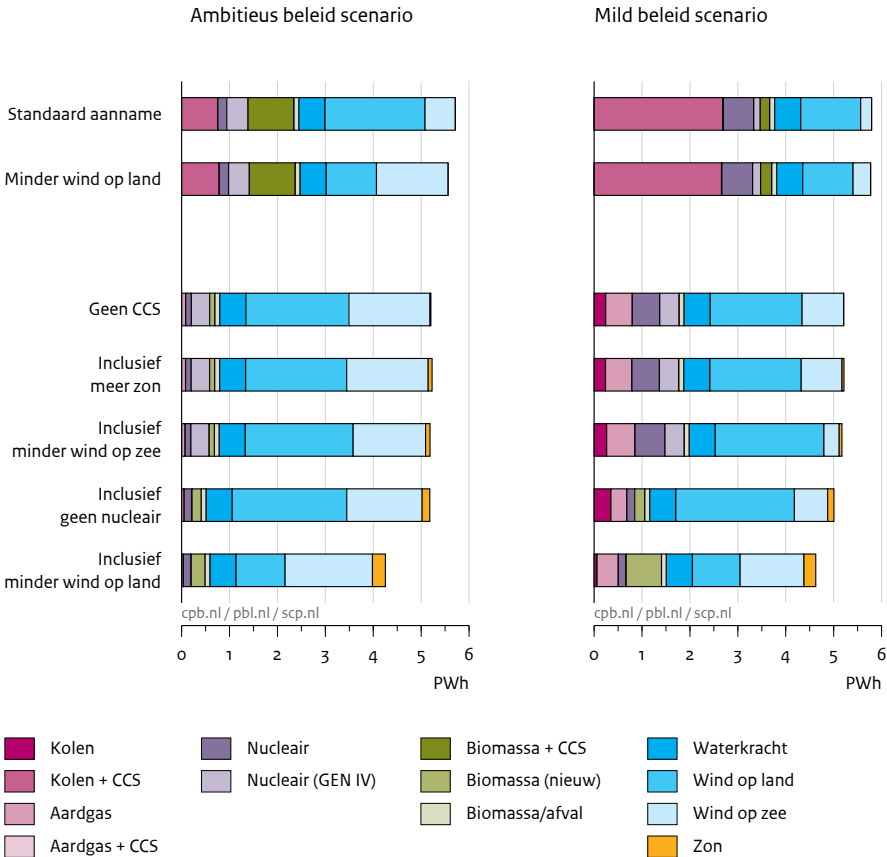
Niet alle onzekerheden zijn expliciet in kosten uit te drukken. Dit geldt zeker voor de mate waarin sommige technieken wel of juist niet maatschappelijk inpasbaar zijn. En ook hier zijn onzekerheden. We maken in deze paragraaf de gevolgen inzichtelijk van onzekerheden rond het maatschappelijke draagvlak voor specifieke technieken op de uiteindelijke technologiemix. Dat doen we op basis van de volgende varianten:

1. Standaardgeval
2. Minder wind-op-land: 100 ipv 400 GW wind-op-land
3. geen CCS : Maatschappelijke belemmeringen inpasbaarheid CCS  
En dan stapelen van varianten zonder koolstofopslag, dus
4. inclusief meer zon: als ‘geen CCS’, maar ook kostenreducties groter voor zonne-energie (naar 750\$/KWh)
5. inclusief minder wind-op-zee: als ‘inclusief meer zon’, maar met maatschappelijke belemmeringen wind-op-zee door beperkte bereidheid om ruimte beschikbaar te maken voor deze optie
6. inclusief geen nucleair: als ‘inclusief minder wind-op-zee’, maar ook met maatschappelijke belemmeringen inpasbaarheid nucleaire energie resulterend in uitsluiting nieuwe installaties
7. inclusief minder wind-op-land: als ‘inclusief geen nucleair’, maar ook met maatschappelijke belemmeringen wind-op-land door beperkte bereidheid om ruimte beschikbaar te maken voor deze optie

Figuur 2.4 illustreert het effect op de technologiemix door verschillende aannames te kiezen voor de maatschappelijke weerstand tegen een techniek. Als maatschappelijke weerstand bij burgers rond koolstofopslag doorslaggevend wordt, wordt uiteindelijk voor een duurdere elektriciteitsmix gekozen. Daardoor verdubbelt de prijs van elektriciteit en zal tegelijkertijd de elektriciteitsvraag met 20-25 procent lager uitvallen. Dat betekent een extra afname in de vraag naar elektriciteit van 0.6-0.8 procent per jaar.<sup>8</sup> De elektriciteitsprijs verdubbelt doordat zonder de optie van koolstofopslag de elektriciteitssector zich moet beperken tot duurdere technieken zoals zonne-energie. Zonne-energie is weliswaar redelijk gunstig qua investeringskosten, maar het profiel van het aanbod leidt er toe dat zon energie ook vaak produceert wanneer de vraag naar

Figuur 2.4

**Elektriciteitsproductie in Europa onder alternatieve aannames over maatschappelijke inpasbaarheid van technieken, 2050**



Bron: MERGE-CPB model

elektriciteit gering is en vice versa. Dat maakt dat de benodigde reservecapaciteit (bijvoorbeeld gascentrales) de elektriciteitsvoorziening als geheel duurder maakt. Bij een overgang naar een elektriciteitsproductie zonder CCS en met zon, zijn er op zichzelf minder maatschappelijke problemen te verwachten dan met CCS.<sup>9</sup> Zonder CCS zal de capaciteit van zonne-energie zal toenemen tot 300 GW in 2050, ongeveer 15 procent van de totale capaciteit van het Europese elektriciteitspark.

Koolstofopslag is een belangrijke optie, omdat de negatieve emissies van biomassa met CCS veel ruimte kunnen scheppen voor emissie in andere sectoren en de druk van hoge bestrijdingskosten kunnen verlichten. Bovendien, de klimaatgevoeligheid is nog steeds onzeker. De klimaatgevoeligheid is de parameter die aangeeft hoe hoog de temperatuurverandering uitpakt bij een gegeven verandering van de concentratie van broeikasgassen. Leren met CCS is belangrijk, omdat wanneer in de toekomst de klimaatgevoeligheid heel hoog zal blijken te zijn, biomassa met CCS wel eens de reddingsboei kan zijn om onomkeerbare effecten van klimaatverandering te voorkomen.

Bij nucleaire energie is meer bekend van de maatschappelijke weerstand en de impliciete prijs van het gebruik daarvan. Als de maatschappelijke prijs van nucleaire energie niet omlaag gaat, dan zullen in ieder geval de bestaande nucleaire centrales op basis van economisch rendement worden afgeschreven, en is de kans dat generator IV-centrales een substantiële rol gaat spelen ook veel kleiner. Zie ook de afname van de hoeveelheid nucleaire energie (figuur 2.4). Tegelijkertijd wordt net als bij ander maatschappelijke belemmeringen een optie uitgesloten waardoor de elektriciteitsproductie op een duurdere wijze gemaakt zal worden. Vanuit welvaartsoverwegingen zoekt het model daarnaast naar een balans tussen minder elektriciteitsconsumptie en de mate waarin de productie duurder wordt.

Net als de kostenontwikkeling in de vorige paragraaf, zijn de maatschappelijke belemmeringen ook onzeker en blijken grote gevolgen te hebben voor de uiteindelijke inzet van schone energietechnieken in 2050. Als alle hiervoor genoemde belemmeringen opgestapeld worden (geen nucleair, geen CCS, en beperkingen aan wind), dan zal de duurdere zonne-energie waarschijnlijk een veel belangrijkere rol gaan spelen. Tevens zal er 20-25 procent minder vraag naar elektriciteit zijn door een verdubbeling van de elektriciteitsprijs.<sup>10</sup> Er zal dan ook minder noodzaak zijn om sociale innovatieprocessen rond schone energie aan te jagen (zie hoofdstuk 3). Immers, zonne-energie kent de burger al, koolstofopslag is overbodig en wind is ook minder belangrijk, alleen de prijs voor elektriciteit is veel hoger.

De modelanalyse maakt duidelijk dat ongewisse maatschappelijke belemmeringen grote invloed hebben op de onzekerheid rond de inschatting van technieken van waarde in 2050. Ook valt op dat er indirecte gevolgen zijn van maatschappelijke weerstand tegen een schone techniek: energiebesparing door een hogere elektriciteitsprijs. Gebrek aan kennis over sociale innovatie – die de maatschappelijke weerstand kan verlagen – draagt bij aan de onzekerheid over de toekomstige een winnaars van technieken op de lange termijn.

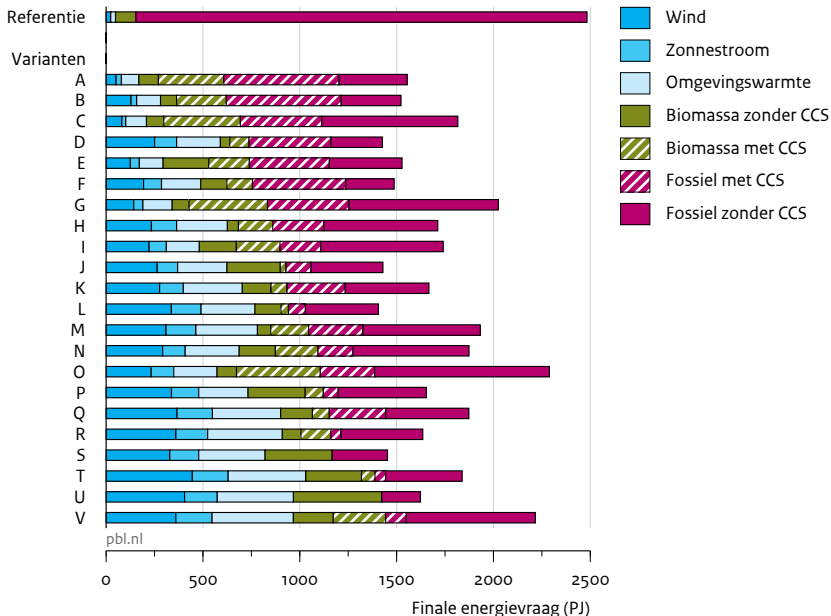
### Opties voor een CO<sub>2</sub>-arm Nederland nader bekeken

Wat zijn de mogelijkheden om in Nederland de broeikasgasemissies met 80 procent te verminderen? Daartoe zijn analyses gedaan met het model E-Design (zie ook PBL/ECN 2011 en Ros & Boot 2014). Het betreft met name een verkenning van de technische mogelijkheden (geen kostenoptimalisatie). Daarbij is gewerkt met verschillende uitgangspunten en randvoorwaarden, zoals de mate van energiebesparing, de beschikbare capaciteit om CO<sub>2</sub> op te slaan, ruimte voor windenergie en aanbod van duurzame biomassa. Daarnaast is rekening gehouden met waarschijnlijke praktische beperkingen (bijvoorbeeld: niet alle voertuigen elektrisch, bij kleine puntbronnen geen CO<sub>2</sub>-afvang).

De figuur hieronder toont een scala aan varianten voor de toekomstige invulling van de totale energievraag (niet alleen elektriciteit zoals in de rest van hoofdstuk 2), waarmee in Nederland een emissievermindering met 80 procent zou kunnen worden gerealiseerd. Er zijn nog meer varianten te geven, maar de figuur illustreert al de onzekerheid over hoe het energiesysteem er in de toekomst uit zal zien. Toch laat het tegelijk het belang zien van bepaalde technologische ontwikkelingen.

### Opties voor invullen van energievraag, 2050

Bij 80% emissiereductie ten opzichte van 1990



Bron: PBL model E-design



In de eerste plaats is de finale energievraag in vrijwel alle varianten lager dan de referentiesituatie in 2050. In die referentie is uitgegaan van een beperkte economische groei en geen verandering van technieken, zij het dat autonome technologische verbetering daarin wel leidt tot een bepaalde mate van energiebesparing (PBL/ECN 2011). Zonder verdergaande besparingsmaatregelen wordt het erg onzeker of er voldoende alternatieven beschikbaar zijn om een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van 80 procent te realiseren.

Als onderdeel van hernieuwbare energie speelt biomassa een grote rol. Zonder de inzet van biomassa blijft emissievermindering van 80 procent zeer waarschijnlijk buiten bereik. Voor diverse toepassingen van bio-energie waarvoor geen schone alternatieven beschikbaar zijn zoals in de warmtevoorziening en het transport, is de technologie nog in ontwikkeling. Daarbij kan juist de combinatie van bio-energie met CCS een grote bijdrage aan de emissievermindering leveren. De belangrijkste vraagtekens zitten echter bij het (mondiale) aanbod van biomassa en de duurzaamheid daarvan (Ros & Boot 2014).

Hernieuwbare energie zal daarnaast naar verwachting vooral bestaan uit een combinatie van wind, zon en omgevingswarmte (uit bodem, grondwater en buitenlucht). De laatste twee passen sterk bij de opkomst van lokale zelfvoorziening. Hoe lastig het ook zal zijn om niet te kunnen beschikken over één van de genoemde opties, absoluut onmisbaar is geen van hen, maar dan wordt wel veel meer van de andere gevraagd (PBL/ECN 2011).

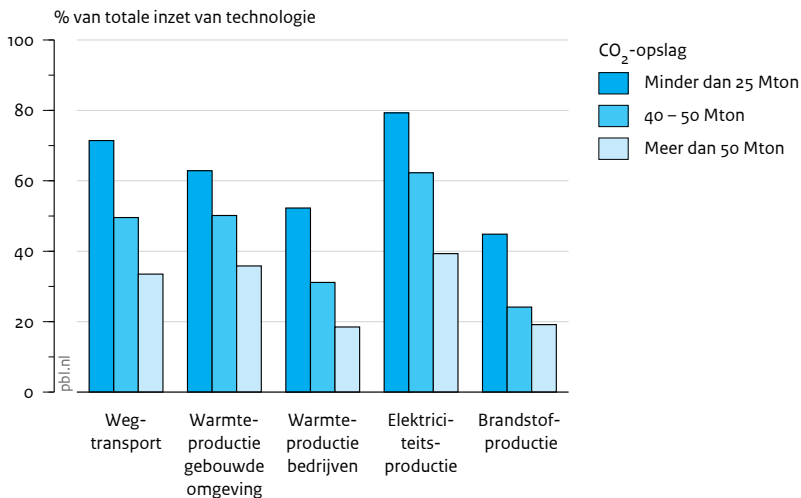
Daarnaast valt op dat in vrijwel alle varianten de afvang en opslag van CO<sub>2</sub> een grote rol speelt. Daarbij is er een relatie met de inzet van hernieuwbare energie, zoals blijkt uit bovenstaande figuur maar ook met de inzet van innovatieve technieken in het algemeen (zie figuur hieronder). Hoe minder CCS des te meer hernieuwbare energie – tot aan varianten met zo'n 80 procent (eventueel kan dit enigermate worden beperkt door de inzet van kernenergie) – en ook meer innovatie is er nodig. Voor CCS is niet alleen de maatschappelijke acceptatie een belangrijk aandachtspunt (zie hoofdstuk 3). Ook de afweging waar de CO<sub>2</sub> zou moeten worden opgeslagen – in lege gasvelden op de Nederlandse Noordzee of in een groot aquifer in het Noorse gedeelte van de Noordzee – is nog open. Haalbaarheid en betrouwbaarheid zijn daarin belangrijke issues.

Met innovatieve technieken wordt in dit verband vooral gedoeld op technieken die in de huidige fase van ontwikkeling zonder specifieke extra steun nog geen kans maken op de markt en die in de praktijk nog geen of slechts een zeer beperkte bijdrage leveren aan de huidige energievoorziening. Het gaat dan bijvoorbeeld om elektrische voertuigen, geothermie, wind op zee, elektrische warmtepompen, passiefhuizen, technologie voor energieopslag en de volgende generatie industriële procesttechnologie (zie ook PBL 2014), maar niet de spouwmuurisolatie, wind op land of biomassameestook in kolencentrales. Wat vraagt een CO<sub>2</sub>-reductie van 80 procent aan inzet van innovatieve technologie in de afzonderlijke sectoren in 2050? De figuur hieronder geeft

daarvan een indicatie. Als de innovatie voor de reductie in een bepaalde sector niet of nauwelijks zou slagen, zou het kunnen worden opgevangen door meer innovatie in een andere sector. Maar in alle gevallen is een ingrijpende vernieuwing nodig. Bij een beperkte inzet van CCS zullen deze innovatieve technieken binnen 35 jaar zelfs meer dan de helft van de omvang van de sectoren moeten invullen. Enerzijds moeten de leertrajecten daarvoor voldoende tijd krijgen, anderzijds moet de implementatie met voldoende voortvarendheid worden opgepakt om de ingrijpende vernieuwing op tijd te realiseren.

**Inzet van innovatieve technologie afhankelijk van CO<sub>2</sub>-opslag, 2050**

Bij 80% emissiereductie ten opzichte van 1990



Bron: PBL model E-Design

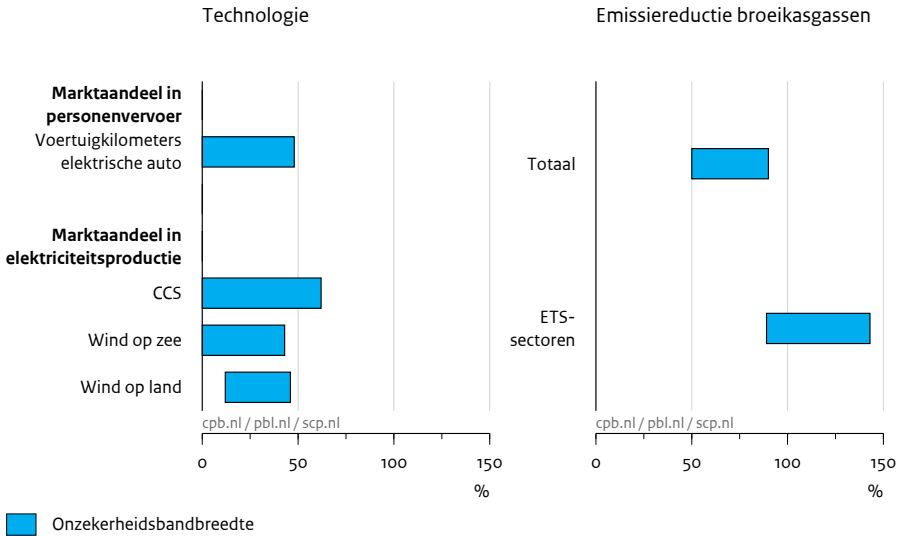
## 2.4 Alle onzekerheden bij elkaar opgeteld

Bovenstaand is de rol van onzekerheden uitgesplitst naar drie clusters van onzekerheden, namelijk die betrekking hebben op [1] het beleid, [2] kosten en technische inpasbaarheid van schone technologie, en [3] de maatschappelijke ‘prijs’ van schone technologie – in de vorm van al dan geen acceptatie door burgers. De onzekerheid in vaststelling van de winnende technieken in 2050 wordt vooral bepaald door gebrek aan kennis over de mate van ambitie van het toekomstige internationale beleid en over de maatschappelijke inpasbaarheid van schone technologie in 2050.

Hieronder vat figuur 2.5 de onzekerheidsmarge samen voor verschillende aandelen van schone energietechnologie in 2050 in de berekeningen. Zo kunnen we bijvoorbeeld zien dat het aandeel van de elektrische auto in het personenvervoer (voertuigkilometers)

Figuur 2.5

**Verandering van aandelen in technologie en emissiereductie van broeikasgassen in Europa, 1990 – 2050**



Bron: MERGE-CPB model

in 2050 tussen de 0 en 50 procent zal liggen. Ook zien we dat de aandelen van wind-op-land en wind-op-zee in Europa in 2050 variëren van 0 tot 40 procent voor wind-op-zee tot 10 tot 50 procent wind-op-land. De twee windopties zijn wel vaak communicerende vaten: veel wind-op-land gaat hand in hand met minder wind-op-zee en omgekeerd. Ook zien we dat het aandeel van centrales met CCS varieert tussen 0 en 60 procent. Kortom we weten op dit moment niet wat de beste elektriciteitsmix is voor Europa in 2050, zeker in het besef van de verwevenheid met de warmtevoorziening en het transport die ook moeten worden verduurzaamd. En dat geldt ook voor Nederland. En bovendien: Nederland is geen eiland. Ook andere landen staan voor een energietransitie en zijn bezig met innovatie. Alle EU-landen hebben te maken met de 2020-doelen voor broeikasgasemissies en hernieuwbare energie. De technologiekeuze wordt sterk gedreven door specifieke omstandigheden. Zo zien we dat alle landen rond de Noordzee kiezen voor een belangrijke bijdrage van wind-op-zee. Voor een succesvolle energie-innovatie is het uit efficiency overwegingen wenselijk, en uit praktische overwegingen noodzakelijk, om in Europa tot een afgestemd en samenhangend energie-innovatiebeleid te komen. Als alle landen kiezen voor wind op zee en zon-pv, wie ontwikkelt dan bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-afvang en opslag of biomassavergassing? Daarnaast vergt ook de infrastructuur samenwerking, zowel voor wind op zee, als voor CO<sub>2</sub>-afvang en opslag en voor elektrische auto's. Evenzo kan het sterker koppelen van

elektriciteitsnetten tussen Europese landen mogelijkheden bieden om de verschillende hernieuwbare energieopties in de verschillende landen beter te benutten.

Verder zien we hoeveel emissiereducties door de hele samenleving uitgevoerd zou moeten worden (beide in percentage reductie ten opzichte van emissies in het basisjaar 1990). Ook duidt figuur 2.5 hoeveel emissiereducties door de ETS-sectoren (grote industrieën en de elektriciteitssector) gedragen zullen worden.

Wanneer we alle onzekerheidsfactoren rond de keuze van technieken op de langere termijn beschouwen, dan is de onzekerheid over de toe te wijzen emissieruimte aan ETS voor 2050 het grootst. Dat komt door onzekerheden over de maatschappelijke weerstanden tegen koolstofopslag en de beschikbaarheid van biomassa. Bedenk dat voor elk van de resultaten zoals meegenomen in figuur 5 de optimale verdeling tussen de ETS-sectoren en de niet-ETS-sectoren verschilt. De emissiereductie door de ETS-sectoren kan meer dan 100 procent bedragen door optimistische kostenontwikkelingen voor het gebruik van biomassacentrales met koolstofopslag (negatieve emissies). In het licht van de onzekerheidsmarge is het opmerkelijk dat de EU het ETS-doel voor 2030 al heeft vastgelegd. Wel is van belang te weten dat de EU vooralsnog de bijdrage van biomassa in de vorm van landbouwgewassen wil beperken vanwege de spanningen met voedselprijzen in ontwikkelingslanden terwijl de aannames over biomassa de resultaten hier juist sterk beïnvloeden.

De ontwikkelingen van technieken in de ene sector kunnen bepalend zijn voor de technologiekeuze in andere sectoren. Als CCS een goedkope en een maatschappelijk geaccepteerde techniek gaat worden, dan zal dit bijvoorbeeld de emissieruimte voor de transportsector of de gebouwde omgeving kunnen verruimen. Het gebruik van CCS met biomassa kan er toe leiden dat totale emissies in de elektriciteitssector zelfs negatief worden. Wat betekenen dergelijke interacties voor het te voeren innovatiebeleid voor specifieke technieken?

Door de uiteenlopende onzekerheden is het moeilijk om nu al te identificeren wat de belangrijkste energietechnieken in 2050 zullen zijn. Dat maakt dat het innovatiebeleid niet nu al kan kiezen voor ondersteuning van een grootschalige uitrol van een of enkele specifieke technologieën. Wel moet er al opschaling van jonge technieken plaatsvinden (kleinschalige uitrol). Zo halen we de eerste sprong van kostenreducties binnen of leren dat deze niet plaatsvindt. Pas als later duidelijk wordt welke technieken op lange termijn de winnaars zullen zijn, kan de overheid een krachtiger uitrol van die winnaars stimuleren. Maar bedacht moet worden dat die uitrol van mogelijke winnaars ook al gestimuleerd wordt door de aanscherping van de regulering van emissies (i.c. een lager emissieplafond).

Verassend is dat in tegenstelling tot de realiteit waarin het aandeel zon toeneemt, dat in de kostenoptimale berekeningen zon-pv maar zeer beperkt voorkomt. De belangrijkste verklaring van deze modeluitkomst is dat buiten Spanje gedurende de herfst - en wintermaanden de zonne-instraling 75 procent lager ligt dan die in Spanje in de zomer. Zelfs wanneer verondersteld wordt dat er grote maatschappelijke weerstand is tegen koolstofopslag, tegen nucleaire energie én tegen windenergie, dan nog groeit het aandeel zon in de Europese elektriciteitsconsumptie naar slechts 5 procent. De model-

berekening laat zien dat het vanuit welvaartsoverwegingen minder elektriciteitsconsumptie de voorkeur heeft boven meer zon-PV.

Vanuit kostenoverwegingen staat het licht voor zon-PV dus zeker niet op groen, maar het is ook niet nu al uit te sluiten. Ook hier is dus niets zeker. Het is belangrijk te monitoren hoe de komende jaren de kosten van zon-PV zullen dalen om de toekomstige mogelijkheden voor deze techniek te beoordelen en af te wegen tegen de alternatieven.

## Noten

- 1 Dit 'milde' scenario is gebaseerd op het 'RefPol' scenario van Kriegler et al. (2014) die de belangrijkste elementen van het voorgenomen klimaatbeleid probeert te in te schatten. Het voorgenomen klimaatbeleid is gebaseerd op de door landen ingebrachte plannen in aanloop naar de klimaatonderhandelingen in 2009 in Kopenhagen.
- 2 Het gaat hier om "ambitious pledges", zie UN doc (2009).
- 3 De EU realiseert de EU routekaart gedeeltelijk door de eigen emissies te beperken en het andere gedeelte door goedkope emissierechten buiten de EU te financieren.
- 4 De vraag in ontwikkelingslanden ligt in de referentie in 2050 al een factor 10 hoger dan de vraag in Europa. In 'ambitieuze beleid' is gas een effectieve respons om kolencentrales te vervangen. Bedenk dat de uniforme koolstofprijs een groot effect heeft op lage kolenprijzen in ontwikkelingslanden en gas het laag hangende fruit is om emissiereducties te behalen en een groot bbp verlies in 'ambitieuze beleid' scenario te voorkomen.
- 5 In vrachtgoedertransport wordt extra vloeibare biobrandstoffen bijgemengd om de CO<sub>2</sub>-emissies te beperken.
- 6 Een pessimistische versie hiervan voegt niets toe aan de ondergrens van het gebruik ten opzichte van de varianten die later aan bod komen waarin CCS uitgesloten wordt. De productie van elektriciteit in biomassacentrales blijkt beperkt toe te nemen. De beperking op de productie van biomassa voor centrales is dan niet bindend. Een pessimistische aanname leidt tot minder CCS en extra windenergie, zie ook in sectie 2.3.
- 7 Dit geldt ook voor gevallen waarin handel in biomassa is toegestaan voor gebruik in centrales.
- 8 Dat leidt wel tot wat extra vraag naar motorbrandstof.
- 9 Zie het succes van SDE+ op dit punt. Een substantiële hoeveelheid geld gaat naar zon, 121 mln euro.
- 10 Dat heeft geen gevolgen voor koolstoflekkage, omdat de CO<sub>2</sub>-prijs tegelijkertijd ook omhoog gaat.

# Sociale innovatie en cultuuromslag

## 3.1 De bevolking

Bij energie-innovatie lijken de technische en kostenaspecten van de innovatie (vorige hoofdstuk) en de inbedding ervan door de overheid en bedrijven (volgende hoofdstuk) de overhand te hebben. Door alleen daar aandacht aan te besteden wordt er grotendeels aan voorbij gegaan dat ook de sociaal-culturele factor van groot belang is. In dit hoofdstuk laten we zien dat, naast de lange termijn uitdagingen op het technische, institutionele en infrastructurele vlak, tegelijkertijd een mentaliteitsverandering bij de burgers en consumenten plaats dient te vinden (Kemp & Van Lente 2011). Het gaat dan om de vragen of, in hoeverre, hoe snel en onder welke condities mensen de externe veranderingen accepteren (draagvlak), hun houdingen en energiegedragingen aanpassen (probleembesef en gedragsverandering) en/of uit eigen initiatief bijdragen aan de productie van hernieuwbare energie (initiatief).

Acceptatie van de meer en minder ingrijpende veranderingen die het gewijzigde energiesysteem met zich meebrengt, vergt maatschappelijk draagvlak voor energie-innovatie. Draagvlak voor innovaties drijft echter niet alleen op de acceptatie ervan door de bevolking en door maatschappelijke organisaties, maar mede op de acceptatie van andere actoren zoals overheden en bedrijven. Wellicht zijn weerstanden bij deze actoren wel taaier dan weerstand in de bevolking. Zo wordt wel gesteld dat de overheid decentrale energieproductie door burgerinitiatieven niet ruimhartig faciliteert om derving van inkomsten uit de energiebelasting te voorkomen<sup>1</sup>. En bedrijven die momenteel nog volledig drijven op fossiele energie zouden niet investeren in hernieuwbare energie zolang investeringen in de huidige infrastructuur niet zijn terugverdiend ('lock-in') (PBL 2013). Hoe dan ook, er zal een breed draagvlak onder alle actoren, waaronder de bevolking, nodig zijn om het doel van een koolstofarme energiehuishouding in 2050 te bereiken (zie paragraaf 2.3). Als Nederland tussen nu en 35 jaar een succesvolle transitie naar een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem wil maken, dan moet er nu al iets gebeuren.

In dit hoofdstuk stellen we de burgers centraal, en daarmee het draagvlak voor energie-innovatie in de bevolking. In de internationale literatuur worden er drie dimensies van draagvlak onderscheiden (Wüstenhagen et al. 2007). Wij gaan hier vooral in op 'community acceptance', de acceptatie van nieuwe technologieën door burgers en

zullen beperkt de dimensie van ‘market acceptance’ aanstippen, de investeringsbereidheid van burgers<sup>2</sup>.

De bevolking heeft overwegend een positieve houding t.o.v. de technieken die hernieuwbare energie van zon en wind benutten (Mastop et al. 2014). Puur op grond van kosten zijn bijvoorbeeld technieken op basis van zonne-energie weinig kansrijk in de toekomstige energievoorziening (zie hoofdstuk 2). Maar het draagvlak in de bevolking is een minstens zo belangrijke factor. Technisch en financieel gunstige energie-innovaties kunnen toch mislukken wanneer de samenleving zich er tegen keert, zoals bij het CCS-proefproject in Barendrecht het geval was. Kortom, de introductie van een technologische innovatie kan pas slagen als voldoende burgers (critical mass) deze omarmen. Daarbij kan het verdedigbaar zijn om een innovatie die bij de bevolking veel weerklank vindt, maar economisch gezien suboptimaal is, toch te implementeren. Wat betreft het draagvlak voor energie-innovatie bij de burgers zien we een aantal aspecten die maken dat het onzeker is of specifieke technieken en projecten draagvlak zullen vinden bij de bevolking (naast de in hoofdstuk 2 genoemde onzekerheden rond energie-innovatie).

- Draagvlak in de bevolking is niet op afroep beschikbaar. Dat draagvlak voor technische innovatie niet zonder meer aanwezig is bleek begin deze eeuw in Barendrecht, waar grote onrust ontstond rond een voorgenomen proefproject voor ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag. Bij CO<sub>2</sub>-opslag (en ook bij afvang overigens) gaat het om een technische innovatie, maar die een hoog abstractieniveau heeft voor burgers en feitelijk nauwelijks enige merkbare impact heeft op burgers. Wellicht dat daardoor geen grote weerstand was voorzien. Bewoners van Barendrecht voelden zich bedreigd doordat het proefproject onder hun woonwijk was gepland, en ze waren bezorgd over hun veiligheid, mogelijke effecten op de gezondheid en de huizenprijzen. Ook onvolledige informatie en onbeantwoorde vragen droegen bij aan de weerstand (Hajer 2011). Het is onzeker of er in de bevolking wellicht toch draagvlak zou zijn voor ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag, wanneer een dergelijk project op andere wijze en in een andere context wordt geïnitieerd, vormgegeven en gecommuniceerd. Op grond van het verzet tegen het proefproject Barendrecht is niet te voorspellen hoe de bevolking zou reageren op bijvoorbeeld proefprojecten met CO<sub>2</sub>-opslag onder de zeebodem.
- Draagvlak voor een bepaalde energietechniek, zoals voor windturbines of zonnepanelen, voorspelt nog niet het draagvlak voor een concreet project. Hoewel de bevolking in het algemeen positief is over de toepassing van windenergie, is het verzet tegen lokale wind-op-land-projecten in de afgelopen jaren flink aangewakkerd (zie textbox *Hindermacht* verderop). Verzet tegen een windmolenpark is maar voor een klein deel gestoeld op weerstand tegen de windturbine als innovatietechniek. Mensen hebben overwegend bezwaren tegen de aantasting van het landschap, de overlast van de slagschaduw, het besluitvormingsproces en de minimale deelname van de lokale gemeenschap daaraan, en de disbalans in kosten en baten voor de gemeenschap.
- Een onzekerheid is vervolgens nog in hoeverre burgers zich gedragen volgens de overtuigingen die ze hebben over de wereldwijde klimaatproblematiek of de

positieve houding jegens een energie-innovatie. De relatie tussen houding en gedrag is veel minder sterk dan voorheen gedacht. Diverse belemmeringen op het sociaal-culturele vlak kunnen ervoor zorgen dat logisch gedrag toch niet wordt vertoond. Mensen kunnen enerzijds met de overstap op groene stroom denken heel klimaatvriendelijk bezig te zijn, en anderzijds meer elektrische apparaten ('want iedereen heeft die tegenwoordig') in huis halen waardoor ze uiteindelijk meer stroom gebruiken.

Energie-innovatie staat of valt met de inbedding van nieuwe technologieën in het dagelijks leven. Dat kan zijn doordat mensen meebewegen met wat om hen heen stilaan al als 'mainstream' is gaan gelden. In landen die succesvol zijn geweest bij de implementatie van hernieuwbare energie, zoals Denemarken en Duitsland, werd de drijvende kracht vooral gevormd door de initiatieven en de maatschappelijke druk vanuit de samenleving (en in Duitsland een ondersteunende financiële wetgeving), terwijl er binnen de gevestigde elektriciteitssector en overheidsonderdelen veeleer weerstand te vinden was (Lund 2010; Wolsink 2000). Onmiskenbaar is de bevolking soms een hindermacht, maar er is zeker ook sprake van burgerkracht. Mensen staan vaak aan de bron van initiatieven richting een koolstofarme samenleving, zoals woningeigenaren die (alleen of collectief) investeren in zonnepanelen, zonneboilers en/of warmtepompen. Daar dient dan bij aangetekend te worden dat de veranderlijke financiële regelingen van de overheid wisselend succes hebben gehad als stimulerende maatregel en tevens dat mensen ook andere motieven dan duurzaamheid kunnen hebben, zoals financieel gewin.

Een brede acceptatie van energie-innovatie als deel van de transitie naar een koolstofarme samenleving vergt een mentaliteits- of cultuuromslag (zie ook tekstbox *Mentaliteitsverandering*). De veranderingen in techniek, infrastructuur en instituties die een technische innovatie meebrengt, gaan gepaard met meer of minder ingrijpende veranderingen in het sociale systeem en in de cultuur van energiegebruik. Mensen zullen in de toekomst bijvoorbeeld niet zonder slag of stoot het energiebedrijf laten bepalen wanneer de stroomslurpende apparaten in huis worden ingeschakeld, terwijl ze daar nu volledig vrij in zijn. Ook op het sociaal-culturele vlak zal de omschakeling niet vanzelf gaan, bijvoorbeeld in het omgaan met terrasverwarming. In een koolstofarm energiesysteem is gebruik van een terrasverwarmer een zonde; het vergt nogal wat voordat de terrasverwarmer van het imago van comfortabel en knus is ontdaan en algemeen wordt gezien als vervuilend. Dergelijke sociale en culturele veranderingen zijn niet zonder slag of stoot te introduceren, maar de verwachting is dat deze te bewerkstelligen zijn door voort te bouwen op initiatieven in de samenleving. De technische innovatie zal dus vrijwel altijd gepaard (moeten) gaan met sociale innovatie: "een verzamelnaam voor hedendaagse initiatieven van mensen en organisaties gericht op innovatieve oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken" (AWT 2013, 2014). Sociale innovatie begint op beperkte schaal, met de voorlopers ('innovators') die een vernieuwing als eersten omarmen. Daarna kan een innovatie al dan niet breder worden overgenomen, maar dat is geen gegeven. Het is onzeker of uiteindelijk velen of zelfs (bijna) allen een innovatie zullen omarmen en een culturele verandering wordt bereikt.



### **Mentaliteitsverandering: de casus elektrische auto**

De uitdaging bij energie-innovatie is niet alleen van technische en institutionele aard, tegelijkertijd dient een mentaliteitsverandering bij de burgers en consumenten plaats te vinden (Kemp & Van Lente 2011). De reserves tegenover het gebruik van de elektrische auto liggen bij het grote publiek vooralsnog vooral in de zeer beperkte actieradius ervan en in de lange oplaadduur. Een praktische oplossing zou kunnen bestaan uit het aanleggen van een dicht netwerk van snel-oplaadpunten, maar dit is een dure aangelegenheid. En een substantiële technische verbetering van de accu's wordt op korte termijn nog niet voorzien. Subsidies in de vorm van een lagere bijtelling, een vrijstelling van de BPM en een gunstig tarief voor de wegenbelasting maken de aanschaf van een elektrische auto relatief aantrekkelijk. Naarmate meer mensen ervaring opdoen met elektrisch rijden kan dat bijdragen aan de acceptatie ervan.

De sleutel om consumenten te laten overstappen van brandstofauto's, desnoods via hybride auto's, naar elektrische auto's zit hem in een aanpassing van de criteria en waarden van gebruik (Van Dijk et al. 2013). Brandstofauto's ontleen hun status vooral aan het imago van het merk en de grootteklasse; de tankinhoud en dus actieradius is maar zelden maatgevend. Elektrische auto's moeten het vooralsnog vooral hebben van hun milieuvriendelijke imago, maar dat is niet het enige. Ook andere criteria zoals trendy imago, geruisloosheid, voordelig gebruik bij stadsritten zouden een rol moeten spelen. Met de tekortkomingen in het gebruiksgemak kan men beter omgaan als de elektrische auto met andere waarden, percepties en criteria wordt gewogen dan de huidige gangbare criteria waarmee men brandstofauto's beoordeelt. Dit vergt een mentaliteitsverandering en een leerproces in het omgaan met technische innovaties (Verbong et al. 2006).

Dat is vooral afhankelijk van het feit of de institutionele condities ook veranderen, wat mede van de sociaal-politieke en markt-acceptatie ervan afhangt. Wordt het gebruik van terrasverwarmers verboden? Wordt de terrasverwarmer uit de markt verbannen? Zonder stevige maatregelen in beleidsmatige sfeer en in de markt kan de vernieuwing tot een kleine groep of niche beperkt blijven en daarmee het stadium van een grootschalige sociale innovatie niet bereiken. Hoe dan ook zal de cultuuromslag zich niet voltrekken zonder voldoende 'sense of urgency' onder de bevolking.

## 3.2 Probleembesef: is er een 'sense of urgency'?

Het is nu bijna onvoorstelbaar dat ruim een halve eeuw geleden vrouwen juridisch handelingsonbekwaam werden op het moment dat ze in het huwelijk traden (en dat vrouwelijke ambtenaren ontslagen werden omdat ze trouwden). Een omslag in het denken maakte tamelijk plotseling een einde daaraan, zoals ook enige jaren geleden ineens het roken uit openbare ruimtes verdween en de verhoging van de

pensioenleeftijd plotseling bespreekbaar werd. Evenzo zou er iets vanzelfsprekends dienen te ontstaan rond een koolstofarme manier van leven. Zodat men in de toekomst zelfs met enige verbazing of zelfs gêne terugkijkt op de tijd dat men nog zonder blikken en blozen in auto's met brandstofmotoren rondreed, in huizen zonder deugdelijke isolatie woonde, en artikelen consumeerde waarvan de productie onnodig veel energie kostte en koolstof in de atmosfeer genereerde.

Zo'n mentaliteits- of cultuuromslag (het eerste verwijst meer naar het individuele niveau, het tweede meer naar het collectieve, we volstaan hierna met het laatste) kan van onderop tot stand komen, zoals in de voornoemde voorbeelden het geval was bij de emancipatie van de vrouw. Anderzijds kan een van bovenaf geschetst beeld van urgentie daarbij een rol spelen, zoals bij de discussie over de pensioenleeftijd. Het voorbeeld van roken laat het potentiële belang zien van regulering die de toon zet. Bij gebrek aan een omslag van onderop, en bij gebrek aan reactie op zachtere signalen van bovenaf, vormt regulering een soort 'nooduitgang'. Door regulering kan de overheid het speelveld wijzigen, door kunstmatige markten te scheppen, zoals die van emissierechten, en door regels aan bestaande markten op te leggen. Enkele jaren geleden werd de gloeilamp in de ban gedaan en heel recent mogen stofzuigerfabrikanten alleen nog maar modellen op de markt brengen die maximaal 1400 Watt (over een paar jaar maximaal 900 Watt) gebruiken. Maar regulering vermag niet alles. Voor ingrijpendere veranderingen dan het (afgedwongen) gebruik van spaarlampen en zuiniger stofzuigers is draagvlak nodig. Met het oog op de grote mate waarin de transitie naar een koolstofarme samenleving zal ingrijpen in het dagelijks leven, mag de benodigde 'mind shift' alleszins als cultuuromslag betiteld worden.

Is er zicht op zo'n cultuuromslag? *Beauty is always in the eyes of the beholder*, dus bij een antwoord op die vraag is enige terughoudendheid geboden. Maar het vergt de nodige goede wil en de hulp van een vergrootglas om al een majeure cultuuromslag in het denken over koolstof en energie te zien. Er is wel enige potentie om een omslagpunt te bereiken. Daarop wijst althans het gegeven dat driekwart van de bevolking er (enigszins tot volledig) van overtuigd is dat klimaatverandering plaatsvindt, dat twee derde ervan overtuigd is dat dit een gevolg is van door mensen veroorzaakte CO<sub>2</sub>-uitstoot en dat 84 procent vindt dat er iets gedaan moet worden om die CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen (Mastop et al. 2014). Maar er valt in de publieke opinie tevens een dosis cynisme te bespeuren: 'de aandacht voor het broeikas-effect is sterk overdreven' en 'het hele probleem van de milieuvervuiling wordt wel wat overtrokken' rapporteert een derde van de bevolking in een neutralere onderzoekscontext, waarin niet alleen naar energie werd gevraagd en daar dus niet onbedoeld de aandacht op werd gevestigd (Verbeek & Boelhouwer 2010).

Het gevoel van urgentie is bovendien niet sterk. Het milieu staat bij slechts 2 procent van de burgers op het lijstje van de vijf grootste actuele maatschappelijke problemen in Nederland. Zo'n 20 procent van de Nederlanders ziet problemen rond 'samenleven, waarden en normen' en rond 'inkomen en economie', zo'n 10 procent vindt 'politiek en bestuur' en 'zorg' problematisch (Dekker en Den Ridder 2014). Hierin wijken Nederlanders overigens niet af van andere Europeanen: elders in Europa ziet slechts 4 procent milieu als een van de twee belangrijkste actuele problemen. Veel belangrijker vindt men

werkloosheid en de economische situatie (EC 2012). Daar staat dan weer tegenover dat het probleembesef naar de toekomst toe wel groot is. Met het oog op toekomstige generaties maakt 63 procent van de Nederlanders zich zorgen om gevolgen van natuur, milieu en klimaatproblemen en acht 85 procent klimaatbescherming van belang (Verbeek & Boelhouwer 2010).

Hoewel velen het probleem onderkennen en vinden dat er iets aan gedaan moet worden, en er lokaal ook veel initiatieven opborrelen, heeft het in vergelijking met andere vraagstukken dus allerminst prioriteit. Dat duidt nog geenszins op een cultuuromslag richting een koolstofarme samenleving, een cultuuromslag die niettemin wel nodig is.

### 3.3 Rollen en krachten

Om zicht te krijgen op de betekenis en de rol van 'de gewone man' bij de acceptatie of adoptie van energie-innovaties onderscheiden we in het dagelijks leven van mensen twee rollen: die van consument en die van burger. Als consument figureren mensen in de markt, waar ze dagelijks keuzes maken die energie-gerelateerde consequenties hebben. Dit krijgt concreet vorm in de energie en de goederen die ze kopen. Als burger begeven mensen zich in de publieke sfeer van (politieke) meningen over oplossingsrichtingen voor het koolstofvraagstuk. Dat krijgt concreet vorm door bij verkiezingen (al dan niet) te stemmen, door zich in het publieke debat te mengen of door zich bij organisaties aan te sluiten die zich op het veld van energie roeren. Dat laatste kan zijn als warm voorstander van koolstofarme technieken, maar ook als fel tegenstander van CCS of een windturbineproject in de eigen woon- of recreatieomgeving of op een plek waar men anderszins waarde aan hecht. Uiteraard betreft het onderscheid tussen consument en burger slechts een conceptueel onderscheid, het gaat om acceptatie op de markt respectievelijk om acceptatie in de publieke sfeer.

Als bijzondere verschijningsvorm onderscheiden we ten derde de rol van prosument. Dat zijn mensen die de grens van consumptie en productie doorkruisen om, alleen of in een collectief, energie (wind of zon) op te wekken en zelf daarvan zoveel mogelijk te benutten. Gezien de activiteiten en verantwoordelijkheden die een energie-collectief met zich meebrengt, vloeien hier tevens de rollen van consument en burger in elkaar over, althans voor zover de institutionele condities dit toelaten.

In de praktijk gaat het over dezelfde mensen: iedereen is burger, iedereen is consument, een minderheid is ook prosument. Maar de rollen zijn anders, en de krachten die er spelen eveneens. Het onderscheid in deze drie rollen is relevant voor beleid, omdat elk rol een eigen aanpak vergt.

Bij de rol van prosument is overduidelijk sprake van acceptatie van een nieuwe techniek. Bij de rollen van consument en burger is dat niet noodzakelijkerwijs het geval. Behalve acceptatie zijn daar ook de posities van neutraliteit en van weerstand te onderscheiden (tabel 3.1). Als consument kan men zich in energiegebruik, in mobiliteitskeuzes en in aankopen van voedsel en andere consumptiemiddelen al dan niet laten sturen door

Tabel 3.1

### De rollen van consument, burger en prosument afgezet tegen de dimensie acceptatie versus weerstand tegen projecten

	Acceptatie	Neutraliteit	Weerstand
Consument	adoptie, investeren gedragsverandering	afwachtend gedrag, geen gedragsverandering	boycot
Burger	instemmen met beleid, draagvlak bieden, investeren, initiatieven ondersteunen	neutraal, geen actie	verzet, hindermacht vormen
Prosument	initiatieven nemen, investeren (in eigen installatie), burgerkracht leveren		

overwegingen de 'carbon footprint' te minimaliseren. Wie zorg om duurzaamheid vertaalt in eigen gedrag kan er voor kiezen duurzame producten te kopen en niet-duurzame te boycotten. Omgekeerd kan een burger die in verzet is tegen de duurzaamheidsretoriek bewust het omgekeerde consumptiepatroon aan de dag leggen, al lijkt bewust uit weerstand koolstofrijk consumeren meer een theoretische dan een veel voorkomende categorie. Weerstand heeft daarentegen wel een duidelijke plek in de rol van burger. Wie ergens tegen is, kan in verzet komen. Dat kan verzet zijn tegen koolstofarme oplossingen zoals kernenergie en windmolens, maar ook verzet tegen op koolstof gebaseerde oplossingen zoals schaliegas. In al deze gevallen heeft dat verzet overigens weinig te maken met de 'koolstof'-inhoud van de betreffende projecten. In termen van acceptatie kunnen burgers steun geven aan of zich aansluiten bij organisaties die zich voor duurzame oplossingen inzetten.

Houding en gedrag houden wel verband met elkaar, maar vaak veel minder dan voorheen gedacht (o.a. Steg 2012, PBL 2013). Een positieve houding jegens een specifieke technische innovatie leidt niet per definitie tot adoptie als consument of tot instemming als burger met concrete toepassingen ervan. Evenzo mondt een negatieve houding lang niet altijd uit in burgerverzet. Een poging tot gedragsverandering (door overheid, ngo's of bedrijfsleven) kan bestaan uit het aanzetten tot gedrag op basis van de houding die iemand al heeft (m.b.v. voorlichting, 'nudging'<sup>3</sup>, reclame). Recent onderzoek (Steg 2012) richt zich op de vraag wat mensen ervan weerhoudt om zich volgens hun houding te gedragen. Bijzondere aandacht is er voor sociale condities, het 'gekke henkie'-gevoel (PBL 2013): mensen van goede wil die hun gedrag niet aanpassen omdat ze zien of denken dat anderen dat ook niet doen. Hier ligt een rol van de overheid om gedragsverandering van burgers in een sociale context te zien; het stimuleren van Klimaatstraatwedstrijden is een goed voorbeeld hoe mensen elkaar stimuleren en samen proberen effectieve maatregelen te nemen. Anderzijds (en één stap terug) kan een poging tot gedragsverandering bestaan uit het veranderen of versterken van iemands houding met betrekking tot dat specifieke gedrag, vanuit de gedachte dat een andere houding de belofte van ander gedrag inhoudt (mits vervolgens dan ook stap twee gezet

kan worden en mensen de mogelijkheid geboden wordt te handelen conform hun houdingen).

Overigens kunnen burgers zich 'koolstofarm gedragen' zonder de bijbehorende koolstofarme houding te hebben. 'Early adopters' willen bijvoorbeeld vaak voorop lopen met nieuwe technieken, en dat kan voor hen een belangrijkere motivatie zijn dan financieel gewin of milieuvoordeel. Of ze willen niet afhankelijk zijn van energiebedrijven en willen graag meewerken aan collectieve oplossingen, waarbij techniek hen dan behulpzaam is. Gunstig energiegedrag kan ook compleet los staan van technologische innovatie. Zo gebruiken mensen met weinig geld gemiddeld genomen minder energie doordat ze kleiner wonen (behalve wanneer het een slecht geïsoleerde huurwoning is) en doordat ze minder consumeren en minder reizen. Door wetgeving daartoe gedwongen koopt intussen iedereen spaarlampen en verdwijnt energieonzuinig witgoed (ongemerkt) van de markt. In laatste instantie hoeft zelfs een prosumant niet of niet uitsluitend vanuit zorg om koolstofuitstoot te handelen, maar kan deze dat (mede) om financieel gewin doen.

De drie rollen komen onderstaand in wat meer detail aan de orde, waarbij we ingaan op de dimensie acceptatie versus weerstand en op de mechanismen rond meningsvorming en gedragsverandering.

### 3.3.1 Consument

In de rol van consument hebben mensen een zekere keus om in hun manier van wonen, eten, winkelen en vervoer meer of minder (fossiele) energie te gebruiken<sup>4</sup>. Het overgrote deel van het energieverbruik van consumenten is indirect en ligt in de aangeschafte producten (incl. het transport ervan) en diensten. Als woonconsument hebben mensen maar een beperkt direct aandeel van 13 procent in het totale jaarlijkse energiegebruik in Nederland. Dit directe energieverbruik bestaat voor het grootste deel uit gasverbruik (19 GJ pp per jaar) en daarnaast elektriciteit (12 GJ pp/jaar). Gebruik van gas is in de afgelopen 30 jaar afgenomen, onder andere dankzij isolatieprogramma's en HR-ketels, en het elektragebruik is jarenlang sterk toegenomen maar intussen gestabiliseerd (CBS e.a. 2013). Naast het energieverbruik in de woning gebruikt een individu als weggebruiker (auto, motor) gemiddeld ca. 30-35 GJ brandstof per persoon per jaar. Consumenten spelen dus direct en indirect een grote rol bij het al dan niet ingang doen vinden van energie-innovaties. In de diffusie van innovaties zijn vijf stadia te onderscheiden (Rogers 1983, 2003). Eerst is er een kleine groep 'innovators' ('Willie Wortels') die de innovatie (al dan niet zelf bedacht of ontwikkeld) implementeren en ermee gaan pionieren. Hun enthousiasme voor technische innovaties kan een grotere groep ertoe overhalen om deze over te nemen: de 'early adopters'. Voor deze groep is vaak het voorop lopen met techniek belangrijk, deze groep is belangrijk voor de eerste acceptatie van innovaties. Een succesvolle innovatie wordt vervolgens door meer mensen ontdekt en overgenomen (de 'early majority'), later ook door de 'late majority'. Uiteindelijk zal de innovatie de achterblijvers ('laggards') pas laat bereiken, wanneer bijvoorbeeld scherpe aanbiedingen hen alsnog verleiden.

Het diffusieproces van Rogers heeft in termen van tabel 3.1 vooral betrekking op pogingen consumenten tot acceptatie aan te zetten. Daarbij vormt het milieubesef en

de attitudes t.a.v. het eigen energiegebruik een startpunt. Consumenten zijn daarnaast gevoelig voor drie afwegingen: 'levert het voordeel op?', 'is er eenvoudig mee te werken?', en 'past het in mijn huidige manier van handelen?'. Het moet niet te duur zijn, niet teveel gedoe zijn, geen verlies aan comfort betekenen en liefst aansluiten bij bestaande automatisemen. Bedrijven proberen consumenten via branding en reclame van de toegevoegde waarde, bedieningsgemak en inpasbaarheid te overtuigen. Ook ngo's (zoals Consumentenbond en Vereniging Eigen Huis) proberen groepen consumenten aan te zetten tot gedragsverandering. Wie echter geen toegevoegde waarde ziet, zal een technische innovatie niet overnemen en dus niet tot gedragsverandering overgaan.

Zelfs gemotiveerde consumenten kunnen echter toch nog van een gedragsverandering afzien. Het 'sociaal dilemma' kan hen ervan weerhouden zich te gedragen op een manier die volgens hun houding goed is voor de samenleving, omdat dat gedrag niet per sé ook goed is voor henzelf. Als enige een energie-innovatieve investering doen ('gekke henkie' zijn) heeft nauwelijks zin. Het (denk)beeld dat anderen niet ook duurzaam handelen, kan gedragsverandering in de weg staan.

Gewoontevorming en korte-termijn denken kunnen gedragsverandering eveneens in de weg staan. Een overvloed aan keus kan tot gevolg hebben dat men het zekere voor het onzekere neemt, het bestaande boven het nieuwe verkiest en voordeel nu boven profijt later (KiM 2011).

Een verdere complicatie is dat zuinigere of schonere apparatuur mensen ertoe verleidt (andere) apparaten vaker te gebruiken. Door dit 'rebound-effect' verdampt een deel van de potentiële duurzaamheidswinst. De rebound zou in de grootteorde liggen tussen de 5 en 50 procent voor huishoudelijk elektriciteitsverbruik en tussen de 10 en 60 procent voor vervoer (Oosterhuis et al. 2013)<sup>5</sup> en is dus aanzienlijk.

De sociale of groepsdruk, met name vanuit de 'peer group', kan een rol spelen in het bevorderen van koolstofarm gedrag (of dat gedrag juist in de weg zitten als de groepsnorm niet koolstofarm is). Gedragsbeïnvloeding is dan ook mogelijk door het versterken en benutten van de dynamiek in de sociale omgeving ten gunste van koolstofarm gedrag, zoals met 'Klimaatstraten' wel wordt beoogd. Hierbij worden burens en buurtgenoten aangezet om gezamenlijk zoveel mogelijk energie te besparen. Bewustwording van energieverbruik en -besparing begint bij inzicht in het eigen energiegedrag en daardoor zijn technische instrumenten zoals geavanceerde energiegebruiksmeters<sup>6</sup> essentiële hulpmiddelen bij gedragsverandering.

De sociale context van gedragsverandering is zodanig belangrijk, dat het effect van financiële prikkels niet moet worden overschat (Steg 2012). Toch richtte het beleid rond de introductie van zonnepanelen zich lange tijd vooral op subsidies. Bij zonnestroom is de salderingsregeling momenteel de belangrijkste financiële maatregel. Hierdoor is de terugverdientijd te overzien en is zonne-energie in de ogen van veel mensen 'rendabel', maar het kost de overheid wel geld. Investeren in zonne-energie doen burgers enerzijds vanuit een milieumotivatie, anderzijds om financiële redenen (Ecofys-WUR, 2014). Hierdoor lijkt deze groep een aantrekkelijke ingang te zijn voor verdere energie-investeringen en zuiniger gedrag. In het vorige hoofdstuk is betoogd dat vanuit kostenoverwegingen het licht voor zon-PV niet echt op groen staat, maar voorsnog

ook niet nu al uit te sluiten valt als optie voor 2050. Naarmate andere schone energie-opties maatschappelijk minder goed inpasbaar zijn (geen koolstofopslag, geen nieuwe nucleair energiecentrales, en minder wind-op-land), zal de rol voor Nederlandse zonne-energie<sup>7</sup> substantiëler worden. Vanuit de kansen voor sociale innovatie beredeneerd, stellen we voorop dat de motivatie van degenen die nu met zon actief zijn, wellicht een belangrijk aanknopingspunt biedt om groepen burgers voor andere vormen van koolstofarme energie te winnen.

### 3.3.2 Burger

In de rol van burger hebben mensen de keus concrete maatregelen rond energie-innovatie te accepteren of te weerstaan. Maar vanuit hun houding ten aanzien van milieu, klimaat of uitputting van fossiele energiebronnen is niet te voorspellen of een burger een maatregel al dan niet zal accepteren. Zoals hiervoor al gezegd, zelfs wanneer mensen uiterst begaan zijn met de milieu-, energie- of klimaatproblematiek, dan nog blijkt dit nauwelijks gerelateerd te zijn aan specifieke gedragingen, zoals een graadje lager instellen van de thermostaat of de aanschaf van zonnepanelen (o.a. Steg 2012). Er zijn in theorie drie posities te onderscheiden. De eerste is dat men een neutrale houding heeft, omdat men over het energievraagstuk geen uitgesproken mening heeft of omdat men voor dat vraagstuk niet gevoelig is. Vanuit het streven naar een koolstofarme samenleving betekent dit de uitdaging om de houding (en het gedrag) van indifferente burgers te beïnvloeden. De tweede positie is dat een burger wel een houding in het energievraagstuk heeft, maar er niet naar handelt. In de derde positie vallen houding en gedrag samen. Bij die laatste twee posities kan het zowel voor- als tegenstanders van een transitie naar een koolstofarme samenleving betreffen. Mentaliteits- en gedragsverandering is hier op twee niveaus aan te vliegen, de één wat meer het individuele gedrag betreffend en de ander wat meer het collectieve gedrag. Het eerste perspectief wijst op het belang van gedragsintenties om tot specifiek gedrag te komen. Volgens deze 'Theory of planned behavior' (Ajzen 1991) is gedrag waarschijnlijker naarmate de achterliggende intentie sterker is. Dat intentie tot gedrag leidt is echter niet vanzelfsprekend. Of dat gebeurt, is afhankelijk van drie zaken. Allereerst iemands houding of attitude jegens dat gedrag: waardeert iemand dat gedrag positief of negatief. Ten tweede speelt de sociale norm binnen de 'peer-group' een rol: hoe meer mensen in de directe sociale omgeving hetzelfde gedrag vertonen, hoe groter de kans dat iemand dat gedrag overneemt. Tenslotte hangt het af van iemands inschatting over het kunnen realiseren van het beoogde gedrag; past het binnen de bestaande (sociale) context?

Mensen kunnen het belang dat zij hechten aan de transitie naar een koolstofarme samenleving vorm geven in hun eigen individuele gedrag, maar ze kunnen zich ook organiseren c.q. zich aansluiten bij organisaties. Omgekeerd hebben organisaties die zich voor die transitie inzetten baat bij de steun van zo veel mogelijk individuen. Vanuit dit gekanteld perspectief is het vraagstuk dan te bezien in termen van mobilisatie. Een eerste aangrijpingspunt van mobilisatie is gedrag. Het gaat dan om pogingen van organisaties die een koolstofarme samenleving nastreven om mensen met een koolstofarme houding te winnen voor de acties die zij organiseren (Klandermans &

Oegema 1987). Bij die uiteindelijk toch weer individuele beslissing om al dan niet in de acties van een organisatie mee te gaan, of althans die organisatie met tijd (vrijwilligerswerk) en geld (donaties) te ondersteunen, spelen dan toch ook weer de afwegingen waar Ajzen op wees een rol. Hoe waardeert iemand die actie, hoe waarderen 'peers' die actie en hoe schat men de eigen controle in. Sociale bewegingen, pressiegroepen, ngo's, belangenorganisaties proberen alle om mensen argumenten in handen te spelen die hen over de streep trekken om in actie te komen. Daarbij gaat het deels ook over het creëren van consensus dat het de juiste actie betreft.

Een andere slag woedt rond de houdingen in de samenleving. Genoemde organisaties, en ook de overheid zou hiervoor aandacht moeten hebben, zien zich voor de taak gesteld mensen de houding bij te brengen dat een transitie naar een koolstofarme samenleving nodig is. Deze vorm van mobilisatie betreft niet in eerste instantie het gedrag maar de houding (consensusmobilisatie). Bij het veranderen van de houding spelen voorlichtingscampagnes van de overheid een rol. Deze 'slag' om de houding doorsnijdt overigens het onderscheid burger-consument, omdat men in de rol van consument eveneens aan beïnvloedingspogingen blootstaat, nl. via reclame vanuit het bedrijfsleven en campagnes van ngo's. Daarbij ontstaat een speelveld waarbij veel 'framing' komt kijken: bedrijven en overheid die zeggen milieuvriendelijk te zijn en (milieu)belangenorganisaties die het tegendeel beweren. Een belangrijke rol is weggelegd voor wetenschappelijk onderzoek (IPCC, PBL) om te laten zien welke kant het opgaat met het milieu. Experts moeten hierbij wel actiever aansluiting zoeken bij de lekentaal en milieubeelden van burgers (Hoppe et al. 2013).

Gevraagd aan mensen, na eerst goed te zijn geïnformeerd over de verschillende opties, welke technische innovaties ten behoeve van CO<sub>2</sub>-reductie zij zouden accepteren, blijkt dat de bevolking in het algemeen relatief positief staat tegenover energie uit biomassa, windturbines op zee, en CO<sub>2</sub>-reductiemaatregelen bij huishoudens en de industrie (Mastop et al. 2014). Deze acceptatie uit zich in een duidelijke voorkeur bij de meerderheid en een marginale groep die deze optie onacceptabel vindt. Dat ligt anders bij CO<sub>2</sub>-opslag onder land, dat (naast kernenergie) in ogen van een groot deel van de bevolking een onacceptabele oplossing zou zijn. Al met al lijkt dus het maatschappelijke klimaat te kantelen richting draagvlak voor bepaalde innovatieve oplossingen voor het klimaat- en energieprobleem. Maar wat dit zegt over het draagvlak in concrete situaties is ongewis. Zo zou draagvlak voor CO<sub>2</sub>-opslag onder de zeebodem wel eens veel gemakkelijker geaccepteerd kunnen worden, zoals kleinschalige proeven in Noorwegen uitwijzen.

In geval van een veel toegepaste hernieuwbare energiebron (wind-op-land) is intussen ervaren dat de planvorming in lokale situaties weerstand oproept. Met het groeien van het aantal windmolenprojecten, wakkert ook het verzet tegen windmolenparken aan, tegen zowel projecten op land als op zee<sup>8</sup>. In de afgelopen twee jaar zijn minstens 135 stichtingen en actiecomités opgericht, die zich verzetten tegen de aanleg van specifieke windmolenparken.

Er bestaat dus een spanning tussen instemming met innovatieve energieopties en verzet tegen concrete implementatieprojecten. In algemene zin zijn Nederlanders voorstander van een koolstofarme energiebron zoals windenergie, maar niet iedereen



### **Hindermacht: de casus wind op land**

Het is een misvatting om te denken dat als de techniek er is, die alleen nog maar even geïmplementeerd hoeft te worden (Wolsink 2007, 2012). Het betrekken van de samenleving bij besluitvorming over concrete toepassingen is essentieel voor de acceptatie door de bevolking. In geval van windenergie op het land onderschat de overheid al sinds de jaren '80 dit belang van draagvlak. Onlangs zijn er bijvoorbeeld 11 plekken aangewezen om windmolenparken te zetten<sup>9</sup>, maar de effectiviteit van deze top-down benadering moet nog blijken. De NLVOW (Nederlandse Vereniging Omwonenden Windturbines) gaf een stevig tegengeluid bij de introductie van de voorgestelde windmolenparken. Omdat de windmolenproducenten beducht zijn voor lokale tegenacties door bewonersgroepen, heeft deze gedacht anticiperend hierop transparant te moeten communiceren over de rol van burgers. Daartoe hebben de verenigde windmolenproducenten (NWEA) een gedragscode opgesteld, in een poging om rekening te houden met de gevoelens en verwachtingen over inspraak bij burgers. De NLVOW nam hiermee geen genoegen en bracht in reactie hierop een eigen gedragscode uit<sup>10</sup>. De hindermacht is geen typisch Nederland fenomeen. Sinds de oprichting in 2008 bundelt de 'European Platform against Windfarms' (EPAW) het tegengeluid van 819 ledenorganisaties uit 25 landen. Er zijn 20 Nederlandse windactiecomités bij aangesloten.

wordt enthousiast wanneer een project in de directe eigen woonomgeving wordt geprojecteerd. Dit type verzet, vaak aangeduid met NIMBY ('not in my backyard'), tegen maatregelen richting een koolstofarme samenleving, heeft dus 'slechts' betrekking op de concrete invulling, niet op een innovatie in den brede. Zo is de Nederlandse Vereniging Omwonenden Windturbines (NLVOW) niet tegen windenergie, maar tegen (in hun ogen) slechte plannen en slechte windparken. In de internationale literatuur staat dit bekend als de 'social gap' (Bell et al. 2005 en 2013).

Dergelijke weerstand tegen ruimtelijke veranderingen als NIMBY neerzetten suggereert dat omwonenden gelijkgestemd zouden zijn in hun weerstand en het suggereert dat ontwikkelaars begrijpen waarom die weerstand er is (Wolsink 2000). Toch zijn de argumenten sterk wisselend. Vaak gaat de weerstand over de visuele impact van de windturbines op het landschap (hoewel anderen een windmolenpark mooi vinden). De bevolking heeft meestal veel waardering voor het omliggende landschap en voelt een emotionele binding met bepaalde plekken ('place attachment' zie Devine-Wright 2009). Ook relevant is of omwonenden al dan niet hinder, gezondheids- en veiligheidsrisico's of een waardedaling van hun woning verwachten, of de lokale economie er beter van wordt of juist zwakker en welke actor precies het plan heeft opgepakt (een grote energiemaatschappij of een lokale energiecoöperatie). Juist deze wisselende visies bij omwonenden bieden de opening om de lokale acceptatie in positieve zin om te buigen. Zoals de sceptische omwonenden zich verenigen tot een hindermacht, zo kunnen ook

de energiebewuste omwonenden het plan ondersteunen door zich te verenigen en bottom-up de acceptatie van de verandering in de lokale gemeenschap te bewerkstelligen. In het bijzonder ‘grassroot’ organisaties zouden bij machte zijn om daarbij de persoonlijke, culturele, organisatorische en infrastructurele kwaliteiten in de lokale gemeenschap te benutten (Middlemiss et al. 2009). De participatie van de lokale gemeenschap is een bevorderende factor (van Mourik et al. 2007). Het ruimte geven aan initiatief vanuit, en het (vroegtijdig) betrekken van deze ‘community capacity’ bij planvorming in plaats van centralistische en hiërarchische planning zou wel eens de sleutel tot succes kunnen zijn.

### 3.3.3 Prosument

Een geval apart zijn mensen die zich zodanig pro actief profileren dat ze (al dan niet in georganiseerd verband) tot koolstofarme energieproductie overgaan. Als zogeheten ‘prosumers’ of ‘prosumenten’ nemen mensen zelf een deel van de energieproductie ter hand, in eerste instantie bedoeld voor eigen consumptie, maar waar mogelijk ook om overtollige energie terug te leveren. Bijvoorbeeld door het plaatsen van zonnepanelen, door deelname aan een collectief windmolenproject of door te participeren in een energiecoöperatie, investeren ze in duurzame energievoorzieningen. Veel gehoorde argumenten zijn het ongeduld met de trage politieke en maatschappelijke veranderingen en het gebrek aan transparantie van de huidige energiemarkt en de behoefte om minder afhankelijk te zijn van organisaties die men niet volledig vertrouwt. Al deze individuele en collectieve initiatieven samen zorgen voor een grassroot beweging richting een koolstofarme samenleving, daarom labelen we dit als ‘burgerkracht’.

Er is een toenemende stroom van diverse grassroot initiatieven in de samenleving als het gaat om duurzaamheid in het algemeen, maar ook specifiek op het gebied van de energietransitie (Rotmans 2009, 2012; Hajer 2011, Elzinga en Schwenke 2014).

Dit varieert van zeer kleinschalige zonne-energieprojecten met buurtbewoners tot iets grotere initiatieven voor gezamenlijke financiering van windmolens en/of lokale energiebedrijven. De talrijke initiatieven zijn in hun vorm zeer divers (Schwenke 2012). De meeste collectieve energie-initiatieven van burgers c.q. bewoners richten zich op de collectieve inkoop van zonnepanelen, het gezamenlijk beheer van windturbines, en de oprichting van lokale/regionale energiebedrijven. Coöperatieve energiebedrijven zijn een relatief nieuw fenomeen. De eerste collectieven rond windenergie zijn al zo’n 30 jaar geleden opgericht. Ook zonnecollectieven bestaan al wat langer. Ondanks de beperkte bijdrage van zonne-energie in de totale energieproductie, is de opmars groot (in 2012 verdubbeld, CBS). Bijna een derde van de mensen die in de komende 2 jaar willen investeren in energiebesparing denkt daarbij (ook) aan zonnepanelen (Tigchelaar en Leidelmeijer 2013, p.138).

Begin 2014 telde Nederland zo’n 300 tot 400 energie-initiatieven in de vorm van burger-, bewoners-, wijk- of buurtinitiatieven, waarvan er 110 geprofessionaliseerd en geformaliseerd tot een officiële energiecoöperatie, waaronder 15 al decennialang bestaande windenergiecoöperaties (Elzenga en Schwenke 2014). De 95 relatief jonge energiecoöperaties richten zich niet uitsluitend op wind, maar (ook) op zon, op andere

lokale opwekkingstechnieken alsook op energiebesparing. Dit aantal van 110 decentrale energiecoöperaties valt niet tegen voor een land dat de naam heeft achter te blijven op het gebied van hernieuwbare energie. Duitsland, dat op dit vlak als voorloper geldt, telt iets meer dan 700 Bürgerenergiegenossenschaften<sup>11</sup> (Van Houwelingen et al. 2013). Hoewel Nederland op macroniveau sterk achterloopt bij andere Europese landen als het gaat om hernieuwbare energie, valt in deze bottom-up initiatieven wellicht een begin van een omslag te zien. Een belangrijke vraag is of het maatschappelijk enthousiasme voor eigen zonne-energie zich laat ombuigen in enthousiasme voor andere technologieën. Mensen met hart voor het milieu willen graag actief bijdragen aan oplossingen. De techniek van zonnepanelen en –boilers maakt het haalbaar om dit in eigen beheer te doen. Mensen worden bijzonder enthousiast wanneer de teruglopende energiemeter aan hen terugkoppelt dat de techniek daadwerkelijk functioneert. Andere technologieën waarbij burgers zelf in charge zijn en waarvan de effecten zichtbaar worden, zouden daarom ook wel eens kansrijk kunnen zijn. Toch voelt ongeveer een kwart van de Nederlanders niets voor eigen zonne-energieproductie (Motivaction 2013). Onduidelijk is of deze groep voor geen enkele technische oplossing ontvankelijk is, of hen de gelegenheid ontbreekt (geen investeringsgeld; huurders zonder eigen dak) of dat ze probleembesef voor het klimaatprobleem ontberen. Een andere belangrijke vraag is of bottom-up initiatieven gebruikt kunnen worden om draagvlak voor veranderingen in de lokale samenleving te bewerkstelligen. Veel initiatieven ontstaan bij de gratie van sociale contacten en de binding die mensen met de lokale gemeenschap of leefomgeving voelen (Vermeij te verschijnen). Bij de demonstratie of uitrol van een innovatieve technologie, zou aansluiting kunnen worden gezocht bij lokale gemeenschappen die zich op ander wijze al actief hebben ingezet voor sociale groepen of voor collectieve goederen zoals natuur, milieu en landschap. Dergelijke lokale gemeenschappen op het niveau van buurten, wijken of dorpen bieden als ‘living lab’ een realistische setting voor experimenten, zijn gemotiveerd en relatief gemakkelijk benaderbaar.

### 3.4 Naar een cultuuromslag?

Voor een grote maatschappelijke verandering als de transitie naar een koolstofarme samenleving is een cultuuromslag nodig. Dat is een zaak van lange adem en een proces waarin niet alle actoren (dus ook overheid en markt) even snel mee gaan. Het probleembesef is niet bij alle burgers aanwezig of even groot. En dat probleembesef leidt niet ‘als vanzelf’ tot een probleemoplossende houding, laat staan tot probleemoplossend gedrag. In de vertaling van probleembesef naar probleemoplossend gedrag doen zich verschillende hindernissen voor.

Niettemin: energie-innovaties zijn er velerlei, verspreid over de diverse stadia van innovatiediffusie. Sommige zijn al door de grote massa (‘late majority’) overgenomen, vooral in de eigen woning: dubbel glas, andere woningisolatie en HR++ ketels. Zonnepanelen hebben de ‘early majority’ bereikt. Maar volledig energie-neutrale woningen zijn nog slechts aan een kleine groep van ‘early adopters’ voorbehouden,

zoals ook slechts weinigen actief zijn in ngo's of sociale bewegingen voor duurzaamheid. Initiatieven van 'innovators' zijn vooral te vinden onder prosumenten die de krachten bundelen in energiecoöperaties. Maar niet iedereen doet even enthousiast mee; niet als consument, niet als burger en al helemaal niet als prosument. Dit roept vragen op als: hoe groot is de afstand nog tot een kantelpunt in de transitie naar een koolstofarme samenleving? Komt een kantelpunt dichterbij of niet? En wat zou er nodig zijn om dat kantelpunt te bereiken?

Er gaan stemmen op dat een kantelpunt nabij is en dat de veranderingen steeds sneller gaan. Zo wijst Rotmans (2012) op het groeiend aantal initiatieven op microniveau, op veranderingen in de weerstand bij ministeries en (energie)bedrijven (mesoniveau) en op internationale klimaatconferenties waar landen en ngo's elkaar ontmoeten, wat voor druk zorgt om de energietransitie op de politieke agenda te zetten en te houden.

Hij spreekt van turbulentie en onrust, die zouden duiden op een overgangsfase in het transitieproces. Een andere studie naar kantelpunten benadrukt de betekenis van turbulentie en onrust, waardoor zich in de samenleving (althans de 'public attitude') snelle en onverwachte veranderingen kunnen voordoen, die meer gewicht in de schaal leggen dan een langzame opeenvolging van kleine stappen (Scheffer 2009: 246). Anderzijds zijn er tekenen van verzet tegen de energie-transitie, zoals de gememoreerde weerstand tegen windmolenparken en ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag, en worden internationale klimaatconferenties steevast afgesloten met akkoorden die niet zo vergaand zijn dat ze op een kantelmoment duiden. Daar staat tegenover dat weerstand tegen een specifieke lokaal project met een innovatieve energietechniek niet met weerstand tegen die techniek in het algemeen verward moet worden, alsook dat Europese afspraken om koolstofuitstoot te vermindering over een reeks van jaren bezien allerminst onbeduidend zijn. Wellicht problematischer is dat een groot deel van de bevolking de noodzaak tot een ingrijpende energietransitie minder als een acute opgave dan als één van de 'zorgen voor morgen' ziet.

Onder welke condities kan een cultuuromslag worden bereikt? Een kritische houding (Kemp en Van Lente 2011) en bewustwording onder het bredere publiek zijn cruciale factoren (zie over bedrijven en overheden het volgende hoofdstuk). Een begunstigende conditie daartoe is als de maatschappelijke voorlopers ('innovators' en 'early adopters') een sterk (lokaal) netwerk vormen en over veel sociaal kapitaal en charisma beschikken (Scheffer 2009).

Een tweede begunstigende (maar exogene) conditie heeft (helaas) de vorm van grote ingrijpende gebeurtenissen zoals de ramp met een kernreactor in Fukushima of de oorlog in Oekraïne, die de afhankelijkheid van kernenergie en van Russisch gas op de agenda zetten. Welke majeure ramp wanneer en met welke 'framing' als katalysator zal werken is eveneens een onzekere (en exogene) variabele. Ook de onrust door de effecten van gaswinning in het noorden des lands zou de acceptatie van alternatieve energievormen in de kaart kunnen spelen. Met uitzondering van CCS, want daar is juist de risicobeleving van burgers een belangrijke reden voor weerstand.

Ten derde kan het overheidsoptreden van betekenis zijn. Sterker nog: de overheid is hierin per definitie van betekenis. Zij zal in elk geval de institutionele lock-in moeten opheffen en de noodzakelijke verandering van het speelveld moeten organiseren.

De eventuele keus zich volledig van inmenging te onthouden is ook een keus, namelijk de keus om de uitkomst volledig over te laten aan de krachtsverhoudingen tussen ngo's en bedrijven op de markt van beïnvloeding. Maar omdat daarmee geen maatschappelijk optimum wordt bereikt, kiest de overheid in deze juist niet voor afzijdigheid, getuige de inzet op 'groene groei'.

De overheid neemt als realisator (eigen inkoop, infrastructuur), regulator (regelgeving, 'nudging'), facilitator (ruimtelijke planning, financiële regelingen) en communicator (voorlichting) voortdurend stelling<sup>12</sup>. Stuk voor stuk zijn het belangrijke zaken, maar het zal alleen als totaalpakket pas effectief zijn als de overheid zelf verduurzaamt, transparant communiceert, niet-duurzame producten van de markt weert, innovatieve energietechnieken stimuleert en sociale innovatie ondersteunt door ervaren barrières in regelgeving en beleid weg te nemen. Naast zo'n integrale duurzaamheidsuitstraling 'top down', met vooral een uitstraling naar de bevolking in de rollen van consument en burger, past dan ook een openheid, als facilitator en als regulator, naar duurzaamheidsinitiatieven bottom-up van prosumenten (minder 'nee, tenzij', meer 'ja, mits'). Volgens diverse van haar adviseurs kan de overheid het bewustzijn helpen vergroten, mits gevoed door het inzicht dat mensen lang niet altijd rationele afwegingen maken (KiM 2011; RMO 2014; RLI 2013; WRR 2014), wanneer ze zich opstelt als 'keuzearchitect' (Thaler en Sunstein 2009), steeds dat instrument kiezend dat in een bepaalde situatie het best werkt. De wortel, stok of de preek, of een combinatie daarvan (RLI 2014).

Probleembesef en oplossingsrichting hebben vooralsnog onvoldoende urgentie om van een cultuuromslag te kunnen spreken. Of, wanneer en onder welke condities zich zo'n cultuuromslag voor zal doen is met tal van onzekerheden omgeven. Diverse krachten werken op elkaar in, diverse hindernissen staan een grotere 'critical mass' van probleemoplossend gedrag in de weg. Naast enige scepsis over het klimaatprobleem en de noodzaak dat aan te pakken, is bovendien nog niet duidelijk welke energietechniek de beste oplossingsrichting biedt (zie de casus zonne-energie, door burgers omarmd, maar volgens modelberekening (zie hoofdstuk 2) in de toekomst niet van doorslaggevend belang).

### 3.5 Gekke henkie en Willie Wortel

Vanuit haar taak als hoeder van de publieke zaak, en daartoe aangespoord door druk vanuit delen van de samenleving (ngo's), ziet de overheid zich voor de taak gesteld om de transitie naar een koolstofarme samenleving in te zetten. Daarbij stuit de overheid behalve op economische wetmatigheden ook op menselijk gedrag, terwijl menselijke gedragsintenties geblokkeerd worden door regels en besluiten van overheden. Gegevens over de 'sense of urgency' onder de bevolking zijn niet eenduidig ('mixed bag'), maar duiden in elk geval niet op een breed gevoelde noodzaak om de zaken op korte termijn heel anders aan te gaan pakken. Terwijl er eigenlijk maar weinig tijd is alvorens de bakens verzet dienen te zijn. Geen of weinig beweging richting koolstofarme energie zal uiteindelijk tot grote prijsstijgingen leiden (zie hoofdstuk twee). Eenzijdig

ingestoken initiatieven van de overheid (CCS in Barendrecht, wind-op-land op 11 locaties) lijken eerder verzet op te roepen dan de oplossing te bieden. Sociale innovatie, inclusief de rol van de overheid daarin, is derhalve een cruciaal deel van de oplossing.

De overheid heeft meerdere opties om sociale innovatie te steunen. In de hoop de 'mind-set' te beïnvloeden kan de overheid 'top down' een voorbeeldfunctie vervullen en voorlichting geven. Daarnaast kan ze met regelgeving, subsidies en 'nudging' proberen gedrag te sturen. 'Bottom-up' initiatieven kan de overheid helpen door de co-producenten serieus te nemen (Ostrom 1999) en institutionele arrangementen zo in te richten dat ze kleinschalige en lokale initiatieven van prosumenten ondersteunen ('ja mits'), en zeker niet frustreren. Plat gezegd: 'gekke henkie' moet over de streep getrokken worden en 'Willie Wortel' moet niet worden dwarsgezet. Maar wat precies het beste gaat werken is onzeker. Vanwege die onzekerheid zijn een open houding voor initiatieven en oog voor experimenteer ruimte ('living labs') en demonstratieprojecten geboden (Verbong et al. 2006).

Kernboodschap van dit hoofdstuk is dat het bij energie-innovatie niet alleen om techniek gaat, maar ook over de betekenis van die techniek voor het alledaagse leven van mensen. Wat betekent een nieuwe techniek voor hun wonen, hun mobiliteit, hun aankoopgedrag en hun portemonnee? Anders dan duurzaamheidsprofessionals zullen mensen niet alleen, en veelal zelfs niet primair, vanuit het duurzaamheidsperspectief redeneren, maar vanuit het perspectief van praktische consequenties voor alledaagse (sociale) praktijken (Shove en Spurling 2013). Maakt die techniek het leven duurder, onhandiger of oncomfortabeler? Tast die, in de vorm van wind-op-land of CCS, het woongenot aan? Of heeft die innovatie soms ook voordelen?

Onzekerheid is geen vriend van acceptatie van innovatie. In geval van 'stress' is het aantrekkelijk terug te vallen op vertrouwde gedrag patronen en op bewezen technieken. Uiteraard zijn financiële prikkels van belang. Niet zozeer subsidies op de aanschaf van zonnepanelen als wel de tegenwoordige saldering helpen de 'early adopters' over de streep. Daarnaast is een goede 'framing' over de bijdrage aan duurzaamheid belangrijk, al zal dat duurzaamheidsaspect door de bank genomen niet voorop staan. De kans op milieuvriendelijker gedrag is groter naarmate er meer aandacht is voor concrete toepassingsmogelijkheden (RLI 2014). De introductie van de elektrische auto kan baat hebben bij het imago van een probaat instrument om zowel CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen, als om de luchtkwaliteit in de eigen leefomgeving te verbeteren.

## Noten

- 1 Probleem energiebelasting zelflevering opgelost, 25 maart 2013, geraadpleegd via [www.energieplus.nl](http://www.energieplus.nl).
- 2 We gaan hier voorbij aan de derde dimensie, de 'sociopolitical acceptance', die gaat over de bereidheid van de diverse actoren om de sociaal-politieke consequenties te accepteren, zoals een andere wijze van organisatie van de energievoorziening, een andere wijze van besluitvorming, regulering en wetgeving.
- 3 Burgers en consumenten helpen gedragskeuzes te maken door ze ongemerkt een duwtje in de door de overheid gewenste richting te geven (zie oa. AZ 2011).
- 4 Omdat men met meer of minder milieubewust gedrag tevens een politieke stem laat horen, kunnen consumenten ook wel als burgerconsument worden aangeduid (Dagevos en Bakker 2006).
- 5 Het reboundeffect heeft betrekking op gebruik van natuurlijke hulpbronnen, is dus breder dan energieverbruik. Deze cijfers zijn vooral gebaseerd op studies naar energie- en vervoervraagstukken.
- 6 Met zogenaamde 'smart meters' kunnen energiebedrijven het verbruik nauwkeurig monitoren en zo nodig interveniëren.
- 7 We hebben het dan uitsluitend over zon-PV, en gaan voorbij aan de techniek van concentrated solar power.
- 8 Volkskrant 24-4-2014. <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2664/Nieuws/article/detail/3640525/2014/04/24/Steeds-meer-weerstand-tegen-windmolens.dhtml>.
- 9 Windenergie moet de grootste bijdrage leveren aan de productie van hernieuwbare energie. Het kabinet heeft besloten dat op de volgende 11 plekken in Nederland een groot windmolenpark zal komen: Eemshaven, Delfzijl, N33 (Veendam/Menterwolde), Drentse Veenkoloniën, Wieringermeer, IJsselmeer Noord, Flevoland, Noordoostpolderdijk, Rotterdamse Haven, Goeree-Overflakkee en Krammersluizen (Structuurvisie Energie op Land). Naast deze plekken moeten provincies nog enkele plekken aanwijzen waar kleinere parken kunnen komen. In totaal moet 6.000 megawatt aan windenergie worden opgewekt er in 2020. Daarnaast moeten er windmolens op zee worden geplaatst om in totaal 14 procent hernieuwbare energie te realiseren.
- 10 <http://nlvow.nl/wp-content/uploads/2013/06/Gedragscode-NLVOW-versie-1.pdf>.
- 11 Deze Duitse coöperaties vertegenwoordigen zo'n 136.000 leden (DGRV 2013). Onduidelijk is welke ledenaantallen de 110 Nederlandse energiecoöperaties in totaal hebben. De 22 energiecoöperaties die zich hebben verenigd in REScoopNL vertegenwoordigen 15.000 particulieren en ondernemers die mee-participeren in 82 MW aan windmolens ([www.rescoop.nl](http://www.rescoop.nl)).
- 12 Vierdeling in rollen van de overheid ontleend aan KiM 2011.

# Over bedrijven en de rol van de overheid bij innovaties

Bedrijven zijn belangrijke actoren in innovatieprocessen. Niet alleen zijn ze voortdurend bezig met vernieuwing en optimalisatie van hun eigen productieprocessen, ze brengen ook de apparaten, producten en diensten op de markt waarmee anderen weer in staat zijn tot nieuwe vormen van productie en consumptie. Hun doen en laten is altijd ingebed in een culturele en sociale context en is afhankelijk van de bestaande infrastructuur en institutionele factoren, zoals nationale en internationale wet- en regelgeving. Dat laatste brengt ons bij de rol van de overheid. De overheid richt zich op innovaties vanuit het perspectief van het collectieve belang. Dat collectieve belang heeft uiteenlopende dimensies. Het is gerelateerd aan economische aspecten (concurrentiepositie), maar ook aan de mogelijkheden om in Nederland tot een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem te komen.

## 4.1 Bedrijven en energie-innovatie

Het kan voorkomen dat bedrijven zelf de motivatie hebben om te innoveren teneinde hun broeikasgasemissies te beperken. Vaak handelen bedrijven onder druk van waarden en normen in de maatschappij (zie hoofdstuk 3). Dit geldt met name voor multinationals die bij een groot publiek grote naamsbekendheid genieten, daardoor gevoelig zijn voor hun imago en die druk vanuit de samenleving en maatschappelijke organisaties (ngo's) ervaren om milieuvriendelijk te produceren. Bedrijven kunnen ook gedreven worden door verwachtingen over prijsontwikkelingen om te innoveren. Als de prijs van energie stijgt of als er zorgen zijn om de beschikbaarheid er van, dan ontstaat een bedrijfseconomische prikkel om in energiebesparende innovaties te investeren. Wetende dat het aandeel energiekosten in de totale kosten voor de industrie gemiddeld circa 5 procent bedraagt (Wilting en Hanemaaijer 2014), lijkt die bedrijfseconomische prikkel echter beperkt. Uitzonderingen als de chemische industrie met een energiekostenaandeel van 20 procent daargelaten.

Het aanboren van nieuwe markten kan ook een drijfveer zijn voor energie-innovatie. Denk bijvoorbeeld aan de LED-lamp waar Philips veel R&D op inzette. Het bedrijf heeft nu een sterke positie op dat gebied. In dergelijke gevallen gaat het niet zozeer om druk vanuit de maatschappij, maar gaat het om het inspelen op de maatschappelijke ontwikkeling dat de markt voor duurzame producten een groeimarkt is.



Maar het is niet altijd rozengeur en maneschijn. Er zijn ook talloze hindernissen voor bedrijven als het om energie-innovaties gaat. Investerings in schone energie-technologie leiden niet vanzelfsprekend tot een ‘gezonde business case’. Omdat schoner lang niet altijd ook goedkoper is, moeten overheden de markt voor schone alternatieven creëren. Ook kan het lastig zijn om financiering los te krijgen voor investeringen in schone-energie technologieën. Een in het oog springend voorbeeld in dit verband is het bericht dat pensioenbeheerder APG, die beleggingen beheert van vijf Nederlandse pensioenfondsen, voorlopig niet zal investeren in windparken voor de Nederlandse kust. De techniek is te jong en de bijdrage van de subsidiërende overheid is te onzeker om aan de rendementseisen van het fonds te voldoen (de Volkskrant, juni 2014). Daarnaast is instabiel beleid en belemmerende regelgeving een hindernis die vaker door ondernemers wordt genoemd. Ook gaan innovaties gepaard met winnaars en verliezers. Dit kan vernieuwing in de weg staan. Grote energiebedrijven die met fossiele energie elektriciteit opwekken of transportbrandstoffen produceren hebben vaak belang bij de status quo die een zogeheten ‘lock in’ voor veranderingen met zich meebrengt. Vervroegde afschrijving van hun elektriciteitscentrales of raffinaderijen leidt immers tot kapitaalverlies (stranded assets) of ze hebben onvoldoende nieuwe kennis opgebouwd (zie ook tekstbox *Lessen voor innovatiebeleid uit patentanalyse*). Naast bovengenoemde hindernissen lijkt bij veel bedrijven een gevoel van urgentie te ontbreken als het om energie-innovaties gaat. Zo ziet het Nederlandse bedrijfsleven het verminderen van energiegebruik minder als een belangrijke drijfveer voor innovatie dan bedrijven in Denemarken en Duitsland (PBL 2013).

In het voorgaande hoofdstuk is al aangegeven dat de maatschappelijke zorg over de menselijke invloed op het klimaatstelsel minder groot is dan de zorg over andere vraagstukken. Het Nederlandse beleid is in het verleden wispelturig geweest en kent ook nog geen krachtige doelstelling voor de lange termijn, hetgeen kan leiden tot voortdurend terugkomende twijfels over investeringen in een CO<sub>2</sub>-arm systeem (Ros & Boot 2014). De houding van bedrijven reflecteert dat.

Bovenstaande hindernissen illustreren dat de markt voor energie-innovaties faalt; de investeringen in energie-innovatie blijven achter bij de investeringsomvang die vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is. Naast die empirische voorbeelden is ook vanuit de economische theorie te beredeneren waarom er sprake zal zijn van onvoldoende eco-innovatie als dit enkel vanuit het bedrijfsleven moeten komen en het vooral een collectief doel dient. Twee vormen van marktfalen spelen daar bij een rol. Ten eerste is de veroorzaakte milieuschade niet of onvoldoende geprijsd. En zo lang de milieuschade niet is geïnternaliseerd, heeft fossiele energietechnologie als het ware een voorsprong op hernieuwbare energietechnologie. Dat remt de toepassing van schone energietechnologie en prikkelt daarmee niet tot innovatie in die richting. Ter illustratie: de prijs die grootverbruikers van aardgas of kolen voor milieuschade betalen (bestaande uit de Nederlandse energiebelasting en de prijs voor Europese CO<sub>2</sub>-emissierechten) ligt ver beneden de huidige in geld uitgedrukte milieuschade. Voor kleingebruikers is het beeld overigens juist omgekeerd: zij betalen via de energiebelasting meer dan de huidige daadwerkelijke schade (Vollebergh et al. 2014; Drissen et al. 2014). Daarnaast wordt innovatie geremd door kennisspillovers. Dit is de tweede vorm van marktfalen.

### Lessen voor innovatiebeleid uit patentanalyse

Het CPB heeft de richting van technologische verandering binnen de energiesector in Europa in de periode 1978-2006 onderzocht met behulp van patentanalyse. In deze periode, vooral sinds 1995, neemt het aantal fossiele energie innovaties af en neemt het aantal hernieuwbare energie innovaties toe. De opkomst van kleine, relatief jonge bedrijven die zich specialiseren in 'groene' innovatie speelt hierin een belangrijke rol. Deze ontwikkeling wordt sterk gedreven door een stijging van (fossiele) energieprijzen en de consistente groei in de omvang van de markt voor hernieuwbare energie. Wel is het zo dat bij veel van deze bedrijven de innovatie slechts incidenteel van aard is. Naast deze kleine gespecialiseerde ondernemingen is er een klein aantal (zeer) grote ondernemingen dat zowel in fossiele als in hernieuwbare energie innoveert. Hoewel klein in aantal nemen ze een onevenredig groot deel van beide typen innovaties voor hun rekening. In deze groep bedrijven zien we slechts een summiere toename in het aantal groene innovaties. Dit illustreert dat het gat tussen fossiele en groene innovatie in deze bedrijven maar in (zeer) beperkte mate gedicht wordt door prijs- of marktprikkels. Een belangrijke verklaring hiervoor lijkt te zijn dat deze bedrijven veel expertise hebben opgebouwd in fossiele technologie, waardoor de overstap naar groene innovatie wordt belemmerd (lock-in).

CPB geeft aan dat deze resultaten twee uitdagingen impliceren voor het innovatiebeleid. De eerste uitdaging is om ervoor te zorgen dat kleine groene bedrijven structureler (in plaats van incidenteel) gaan innoveren. Onduidelijk is waarom dit niet gebeurt. De tweede uitdaging is om grote ondernemingen, die vooralsnog vooral actief zijn in fossiele energie innovatie, een prikkel te geven om de overstap te maken naar groene energie toepassingen (Noailly en Smeets 2014).

Die geldt voor alle soorten van innovatie, dus ook voor die in schone energie. Kennisspillovers ontstaan doordat ook andere bedrijven zullen profiteren van nieuw ontwikkelde kennis, met als gevolg dat bedrijven niet alle baten van hun innovatie te gelden kunnen maken. De prikkels om te innoveren zijn daardoor lager dan vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is (CPB 2013).

## 4.2 Overheidsbemoeyenis bij innovatie van schone techniek

De vorige paragraaf maakte inzichtelijk dat overheidsbemoeyenis bij innovatie onontbeerlijk is. Maar of de overheid alleen de juiste condities moet scheppen voor een gunstig innovatie-klimaat of zelf proactief de richting van de technologische ontwikkeling moet sturen, is minder eenduidig. De opvatting dat een actief sturende

overheid meerwaarde heeft, lijkt aan terrein te winnen. Recente literatuur duidt daar wel op (Acemoglu et al. 2012; Rodrik 2013). Een argument waarom de overheid innovatie in schone energietechnologie specifiek moet stimuleren, is dat nog lang niet alle landen klimaatbeleid voeren waardoor bij bedrijven een duidelijk perspectief op toekomstige markten ontbreekt (CPB 2013). Bedrijven hebben voor hun investeringsbeslissingen op de korte termijn vooral zekerheid nodig over een markt voor hun innovatieve product voor de komende tien, twintig jaar. De CO<sub>2</sub>-prijs in het Europese emissiehandelssysteem (ETS) geeft te weinig zekerheid voor de lange termijn. Het ETS is er op gericht om op een kosteneffectieve wijze emissie te reduceren en geeft een prikkel om technieken die het leertraject grotendeels hebben doorlopen en zich hebben bewezen op grote schaal toegepast te krijgen. Maar het ETS is niet geschikt als instrument voor het stimuleren van innovatieve- en op dit moment nog relatief dure opties.

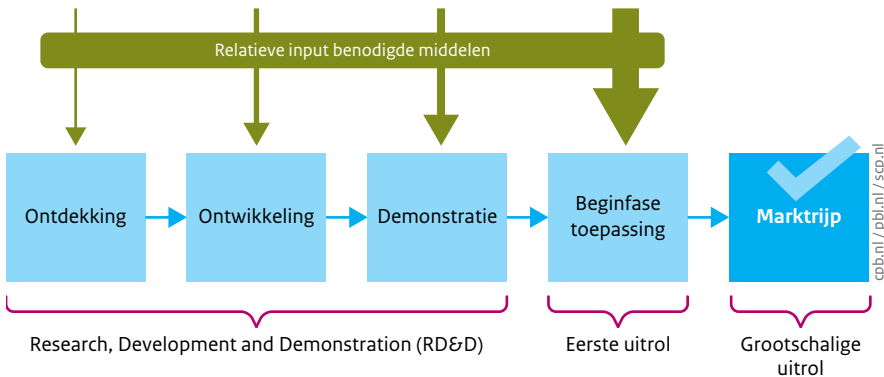
Willen we in 2050 voldoende opties hebben voor een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem dan vraagt dat nu om onderzoek en ontwikkeling van innovatieve energie technologieën. Daarvoor is nu ook specifiek innovatiebeleid nodig. Innovatietrajecten kosten immers tijd. Pas in het leerproces zal blijken wat gaat werken en wat niet en of er kostendaling optreedt als gevolg van innovatie. Welke technologieën uiteindelijk de fase van markt-rijp zullen bereiken (zie figuur 4.1) is op voorhand niet te voorspellen. Niet iedere innovatie zal uitmonden in een succesvolle innovatie. Innovatie is immers een leerproces en daarmee risicovol. Overigens leer je ook van falen. Om bij falen van individuele innovaties niet met lege handen achter te blijven, is een breed pallet aan innovatie-opties nodig.

Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven is innovatie niet louter een economisch-technologische aangelegenheid. Het gaat ook om de inpassing van nieuwe technologie in de praktijk. Naast maatschappelijke acceptatie (hoofdstuk 3) vraagt dat bijvoorbeeld ook institutionele vernieuwing, infrastructurele aanpassingen en nieuwe samenwerkingsverbanden. Ook die inpassing vergt tijd en ook daarbij kan de overheid een katalyserende rol invullen.

### 4.3 Het innovatiebeleid nader bekeken

Alvorens nader in te gaan op het innovatiebeleid is het zinvol om de verschillende stappen in innovatietrajecten te onderscheiden. Figuur 4.1 schetst de stappen van een innovatietraject en de relatieve omvang van investeringen die in de verschillende stappen nodig zijn (Hekkenberg en Verdonk 2014). De prille fase van ontwikkeling speelt zich in sterke mate af in laboratoria en onderzoeksinstituten, vaak aangeduid met *Research, Development and Demonstration* (RD&D). Het is de ontwikkeling van idee naar de eerste praktische toepassing. Dan is echter het leerproces nog niet afgerond. De fase van eerste uitrol is van groot belang voor verdere verbetering van de techniek en daarmee voor verdergaande kostenreductie en kan het marktperspectief vergroten. Dat leidt weer tot meer investeringen in RD&D; verbetering en optimalisatie is immers een continu proces. Uiteraard kan de eerste fase van uitrol ook duidelijk maken dat de technologie geen succes wordt. Wat opvalt in figuur 4.1 is dat deze beginfase van

Figuur 4.1  
Innovatiestappen in traject van ontdekking tot marktrijp



Bron: PBL

praktijktoepassing relatief veel middelen vraagt (relatieve input benodigde middelen). Dit wordt veroorzaakt doordat schaalvergroting bij leren in de praktijk een belangrijke rol speelt. Schaalvergroting betekent dat het om grotere installaties gaat of om grotere aantallen zoals bij zon-PV of elektrische auto's. Zo ligt de prijs van een elektrische auto nog fors hoger dan die van een conventionele auto. Om praktijkervaring op te doen met elektrisch rijden, zijn duizenden auto's nodig. De fiscale regelingen voor zuinige auto's in Nederland bleek een effectieve prikkel voor elektrisch rijden. Daar hangt wel een 'prijkaartje' aan in de vorm van gedeelde belastingopbrengsten. De omvang hiervan is moeilijk exact vast te stellen, maar het gaat om een aanzienlijk deel van de 1,2 – 2 miljard euro per jaar voor zuinige auto's in het algemeen (Geilenkirchen et al. 2014).

Omdat er met die eerste fase van uitrol aanzienlijke kosten zijn gemoeid, vaak zonder dat daar al voldoende opbrengsten tegenover staan, is het raadzaam steeds opnieuw na te gaan wat kansrijk is en wat niet. De schematische weergave in figuur 4.1 is uiteraard een simplificatie. In de praktijk worden deze stappen niet volgens een strikt lineair patroon doorlopen; er zijn tal van terugkoppelingen waardoor dynamiek ontstaat. Ook zal niet iedere ontdekking tot een marktrijpe toepassing leiden. Uitsluitend sturen op onderzoek en ontwikkeling is dan ook geen voldoende voorwaarde voor succesvolle innovatie. Net zo min als het uitsluitend sturen op het creëren van een markt dat is. In de RD&D-fasen is het gebruikelijk voor de overheid om met subsidies te werken. Bij de beginfase van toepassing worden ook andere vormen van beleid ingezet, niet in de laatste plaats omdat het om veel grotere bedragen gaat. Een voorbeeld is de bijmengverplichtingen voor biobrandstoffen, waarvoor het geld uit de markt moet komen. In het geval van de SDE+ is gekozen voor ondersteuning met subsidie, zij het dat de middelen voor deze subsidie niet op de overheidsbegroting staan maar via de energierekening van consumenten en bedrijven worden geïnd.

### 4.3.1 Richting geven aan innovatie: langetermijndoelen

Stabiele langetermijndoelen van de overheid zijn een essentieel onderdeel van een succesvol innovatiesysteem. Langetermijndoelen geven focus aan het zoekproces: door het formuleren van heldere energie- en klimaatdoelen komen energie-innovaties in een positief daglicht te staan. Naarmate de doelen stabielere zijn en de overheid er serieuzer werk van maakt om ze te realiseren, nemen de marktkansen toe voor nieuwe technologieën die een bijdrage leveren aan het realiseren van die doelen (Hekkert et al. 2007).

In de praktijk is er sprake van een langetermijnambitie voor een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem (in 2050) en zijn er concrete doelen voor 2020, niet alleen voor CO<sub>2</sub>-reductie maar ook voor hernieuwbare energie en energiebesparing. In het Energieakkoord is geen krachtig langetermijndoel voor broeikasgasemissies geformuleerd (met uitzondering van de sector verkeer), 'slechts' een richtpunt. De Europese Raad heeft eind oktober 2014 inmiddels doelen voor 2030 vastgesteld. Of het zinvol is om zowel een CO<sub>2</sub>-doel als een doel voor hernieuwbare energie te hebben, is onderwerp van discussie. Geredeneerd vanuit CO<sub>2</sub>-emissiedoel voor 2020 of 2030, leidt een doel voor hernieuwbare energie alleen tot extra emissiereductie als de hernieuwbare energie buiten de elektriciteitssector wordt geproduceerd zoals voor biobrandstoffen voor verkeer en warmte voor de gebouwde omgeving het geval is. Want de elektriciteitssector is (evenals de grote industrieën) onderdeel van het Europese emissiehandelssysteem (ETS) en voor de ETS-sectoren ligt het totale CO<sub>2</sub>-emissieplafond vast. De huidige prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten is te laag (zie paragraaf 4.3.2.) om grootschalige uitrol van hernieuwbare energie-technieken uit te lokken. Vanuit dat perspectief is het niet efficiënt om naast een emissiedoel ook een doel voor hernieuwbare energie te hanteren want meer hernieuwbare energie biedt dan meer emissieruimte aan de grote industriële sectoren. Hernieuwbare energie leidt echter niet alleen tot minder CO<sub>2</sub> maar leidt ook tot verbetering van de luchtkwaliteit en tot minder afhankelijkheid van fossiele energiedragers. De vraag is wat de maatschappij daar (aanvullend) voor over heeft. Maar in het kader van innovatiebeleid is wellicht de belangrijkste meerwaarde van een doel voor hernieuwbare energie dat daardoor innovatieve opties op de markt kunnen worden geïntroduceerd die van groot belang zijn voor verdere vermindering van CO<sub>2</sub>-emissie na 2020 of 2030. Echter als deze tussendoelen met de goedkoopst mogelijke opties worden ingevuld, komen deze innovatieve opties niet aan bod. Verder passen ook niet-hernieuwbare opties in een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem. Het vraagt dus om een specifieke vormgeving van het innovatiebeleid, met name om opties die in de fase van eerste uitrol zitten te ondersteunen (zoals elektrische auto's, waterstofauto's, warmtepompen, opvang en opslag van CO<sub>2</sub>, maar ook wind op zee en zonnestroom). Omdat nog onduidelijk is wat de winnende technieken voor de toekomst zijn, is nu inzet op diverse technieken geboden om in de toekomst over voldoende opties te beschikken. In het leerproces kunnen opties immers ook afvallen.

### 4.3.2 Innovatiebeleid: onderzoek, ontwikkeling en uitrol

#### Generiek innovatiebeleid

Om RD&D in algemene zin (dus niet specifiek in de richting van eco-innovatie) te stimuleren kent Nederland onder andere de WBSO (de Wet Bevordering Speur en Ontwikkelingswerk), de RDA (de Research Development Aftrek) en de innovatiebox. Met de WBSO en de RDA kunnen alle bedrijven, ongeacht hun grootte, de financiële lasten van hun R&D inspanningen verlagen via belastingvoordelen. Bij de WBSO gaat het specifiek om de loonkosten en bij de RDA om andere kosten van een RD&D project. Naast deze regelingen die de financiële lasten van R&D verlagen, bestaat de zogenoemde innovatiebox. Dit is een fiscale regeling waarbij over de winst die uit een innovatie voortkomt (een octrooi of WBSO-project) een vennootschapsbelastingtarief van 5 procent verschuldigd is, in plaats van het reguliere tarief van 25 procent. In totaal is er in 2014 in het Belastingplan ruim anderhalf miljard euro beschikbaar voor deze regelingen (WBSO € 756 miljoen, RDA € 302 miljoen, de Innovatiebox € 625 miljoen). Specifiek voor het MKB bestaat het Innovatiefonds MKB+. Via dit fonds voorziet de overheid in kredieten en risicokapitaal voor innovatie. In de periode 2012-2015 is vanuit dit fonds € 500 miljoen beschikbaar.

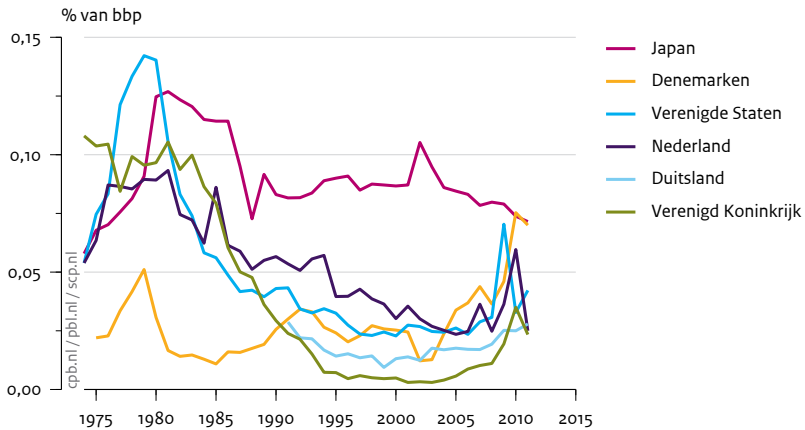
#### Specifiek innovatiebeleid: topsector Energie

Naast generiek innovatiebeleid voor alle bedrijven, richt het Nederlandse beleid zich vooral op het stimuleren van innovatie in een negental specifieke topsectoren. Een van die topsectoren is de topsector Energie. Het topsectorenbeleid heeft als doel de sterkste sectoren in de Nederlandse economie nog sterker te maken door samenwerking rond kennis en innovatie. Naast het versterken van de Nederlandse concurrentiepositie, heeft de topsector Energie ook als doel om bij te dragen aan de transitie naar een energiesysteem met veel minder broeikasgasemissies. Innovatie wordt in de topsectoren voornamelijk gestimuleerd met inzet van publieke middelen en door het stimuleren van publiek-private samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid (de zogeheten 'gouden driehoek'). De hiervoor beschikbare subsidies geven prikkels aan het bedrijfsleven en de kennisinstellingen om te participeren in deze publiek-private samenwerking. De subsidiemiddelen in de topsector Energie bedroegen in 2012 en 2013 160 miljoen euro waarvan zo'n 50 miljoen afkomstig was van de SDE+-regeling. Het is de bedoeling dat het bedrijfsleven in 2015 tenminste 40 procent van de samenwerking in de Topconsortia voor Kennis en Innovatie financiert (RVO 2014a). Dit kan zowel in cash als in mensen zijn.

Met de topsectorenaanpak streeft de overheid ook vraagsturing na doordat het bedrijfsleven een stem heeft in hoe en waar de inzet van instrumenten en financiële middelen kan bijdragen aan het concurrerend blijven van de topsector op de wereldmarkt.

De publiek-private samenwerking krijgt vorm in de zogenoemde Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's). De samenwerking tussen kennisinstellingen en het bedrijfsleven is voor iedere TKI vastgelegd in innovatiecontracten. Daarin staan de ambities en worden afspraken gemaakt over de bijdrage van elk van de partijen

Figuur 4.2

**Overheidsbudget voor Research, Development & Demonstration (RD&D) per land**

Bron: NEV 2014

**Wat is de omvang van R&D middelen in Nederland?**

In de praktijk is kennisontwikkeling (R&D) een zaak van overheid (inclusief kennisinstellingen) en bedrijfsleven. In Nederland is het aandeel private R&D echter relatief laag in vergelijking met andere landen (Dialogic 2012). De omvang van de publieke R&D-investeringen – als percentage van het bbp – is in Nederland in lijn met het gemiddelde van de EU-15 (OESO-data). In 2011 ging het om circa 0,7 procent van het bbp. Volgens een inventarisatie van het Rathenau instituut liggen de publieke uitgaven voor R&D iets hoger (0,78 procent in 2012). De verwachting is dat het aandeel publieke R&D-uitgaven zal afnemen tot 0,65 procent van het bbp in 2018 (Rathenau 2014). Het publieke RD&D-budget voor energie lag de afgelopen jaren in vergelijking met andere landen min of meer rond het gemiddelde (zie figuur 4.2).

De topsector Energie richt zich primair op de ontdekking, ontwikkeling en demonstratie van innovatieve technologie. De opschaling van nieuwe technologieën die nodig is voor het realiseren van een energietransitie valt buiten de scope van de topsector Energie. Het belangrijkste instrument dat voor deze opschaling in Nederland wordt ingezet is Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE+). Wel is een klein deel van het SDE+-budget gereserveerd voor innovatie, waarvan de toekenning aan projecten loopt via de topsector. Aangezien er veel meer geld omgaat in de eerste fase van toepassing als onderdeel van het leertraject van innovatieve technologie en juist beslissingen voor die

fase cruciaal zijn voor de energietransitie, leidt die afbakening tot een duidelijke inperking van de betekenis van de topsector Energie voor de transitie.

### **Experts over de topsector Energie**

De vraag is of door de keuzes van de topsector Energie ten aanzien van het speerpunt innovatie de condities worden gecreëerd voor innovaties die bijdragen aan de transitie naar een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem in 2050. Uit een rondgang langs betrokken experts uit alle geledingen van de topsector Energie komt het beeld naar voren dat zij de wens hebben tot meer integratie en meer sturing en samenwerking op systeemniveau. Er is behoefte aan een visie voor de lange termijn, aan aandacht voor radicale innovaties en aan ruimte voor nieuwkomers (van der Vooren en Ros 2014). Innovatie is een zoekproces, dat met vallen en opstaan verloopt. De transitie naar een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem in 2050 is al gaande en begint niet pas in 2020 of 2030, nadat Nederland aan Europese verplichtingen voor dat jaar heeft voldaan. De uitdaging voor de topsector Energie is om voor dit zoekproces ruimte te vinden, ondanks de politieke druk om mislukkingen te voorkomen en snel met resultaten te komen.

De topsector Energie slaagt er volgens de experts nog niet in zijn twee doelstellingen, versterken van de concurrentiepositie en bijdragen aan de energietransitie, te verenigen. De topsector Energie richt zich volgens de geïnterviewde experts enerzijds op technieken waarmee Nederland werk en inkomen kan genereren, maar waarvan de bijdrage aan een transitie naar een energiesysteem met veel minder broeikasgas-emissies op termijn beperkt is. Anderzijds observeren zij dat er aandacht is voor technieken die wel bijdragen aan deze transitie, maar waarmee Nederland niet tot de top van de wereld behoort of waarvan het verdienvermogen twijfelachtig is.

Volgens de geïnterviewde experts die betrokken zijn bij de topsector Energie zijn de doelstellingen uit het Energieakkoord in de praktijk leidend voor de topsector Energie. Daarbij staat niet zozeer de ambitie centraal om de economische waarde van de schone-energietechnologieketen in 2020 te verviervoudigen ten opzichte van 2010, als wel de doelstelling om in 2020 14 procent hernieuwbare energie te hebben. Deze kortetermijnambitie is voor uitvoering van het Energieakkoord begrijpelijk, maar voor het zoekproces naar innovatie is dat onwenselijk. De experts signaleren dat de periode tot 2020 te kort is voor innovatie in de zin van radicale vernieuwing. Het leidt vooral tot incrementele innovatie door verbetering van bestaande technieken en systemen. Het risico op vroegtijdige lock-in en op het afsluiten van paden die na 2030 nodig zijn, is dan aanwezig.

Het ontbreekt de topsector Energie volgens de experts nog aan een visie die richting geeft aan het ingrijpende veranderingsproces van de transitie naar een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem. Het gebrek aan visie gaat gepaard met te weinig aan aandacht voor het energiesysteem als geheel en de systeeminnovaties die nodig zijn voor de energietransitie. Er wordt volgens de experts te veel gedacht vanuit onderdelen van het energiesysteem en afzonderlijke opties. Een oplossing hiervoor is dat systeemintegratie een prominentere rol krijgt binnen de topsector Energie, bijvoorbeeld door de verkokering naar Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) los te laten bij de verdeling van middelen.



Echte vernieuwing die nodig is om in 2050 tot een vrijwel CO<sub>2</sub>-arme samenleving te komen, komt moeilijk van de grond in de topsector Energie, aldus de experts. De ruimte voor nieuwkomers is onvoldoende. De experts zijn eensgezind positief over de met het topsectorenbeleid ontstane samenwerking tussen het bedrijfsleven en de kennisinstellingen. Een aantal experts constateert evenwel ook dat de synergie die dat oplevert deels teniet wordt gedaan doordat in eerste instantie het topteam en uiteindelijk het ministerie van Economische Zaken beslist waar het geld naartoe gaat. Daardoor is de nagestreefde vraagsturing geconditioneerd door de ambities van de overheid. Daarnaast is inherent aan het topsectorenbeleid dat gevestigde partijen in de vraagsturing sterker zijn vertegenwoordigd dan de vernieuwers.

Uit het oogpunt van stabiliteit achten de geïnterviewde experts het belangrijk de met het topsectorenbeleid gekozen vorm van innovatiebeleid voorlopig te continueren. Maar zoals hiervoor is aangegeven, zijn aanpassingen in de opzet en aansturing van en de prioritering in het topsectorenbeleid zinvol om ruimte te generen voor de lange termijn, voor systeeminnovatie, voor radicale innovatie en voor nieuwkomers. Dat innovatie niet enkel over technologie gaat, staat inmiddels ook bij de topsector Energie op het netvlies. Met de regeling Samenwerken topsector Energie en Maatschappij (STEM) wordt beoogd ook aandacht voor de sociale kant te waarborgen. “STEM vergroot de realiseerbaarheid van energie-innovaties door beter in te spelen op maatschappelijke behoeftes, sociaal economische aspecten en het handelingsperspectief van diverse groepen uit de maatschappij” (RVO 2014a). De middelen hiervoor zijn echter nog gering en komen voornamelijk bij EZ vandaan (innovatiegeld). Dat laatste ligt ook voor de hand. De opbrengst van maatschappelijke acceptatie van een energie-innovatie is immers moeilijk toe te eigenen door bedrijven of kennisinstellingen. Daardoor voelen de private financiers van de topsector Energie geen directe prikkel hier aan bij te dragen. SDE+-middelen kunnen hier ook niet voor gebruikt worden.

### **Regulering**

Een ander instrument om innovatie uit te lokken, of beter gezegd af te dwingen, is regulering, c.q. standaardisatie of normstelling. In het water-, lucht- en afvalbeleid was regulering een belangrijk beleidsinstrument. Door regulering werd een markt gecreëerd voor het toepassen en ontwikkelen van nieuwe technologie. De afvalwaterzuiveringsinstallaties, de katalysator op de auto, stoffilters en bijvoorbeeld afvalverbrandingsinstallaties zouden zonder regulering niet tot stand zijn gekomen (Vollebergh en Van der Werf 2014). Ook referentienormen zoals energie-labels voor witgoed stimuleren innovatie. Energie-labels informeren consumenten over de prestatie van een apparaat en geven producenten een prikkel om de energieprestatie van hun product te verbeteren. Immers, labels dragen bij aan de diffusie van innovatie onder consumenten met ‘groene’ voorkeuren. Dit leidt tot een grotere markt en dat geeft weer een prikkel voor R&D.

Twee voorbeelden van regulering zijn de verplichte biobrandstof bijmenging in autobrandstoffen en de CO<sub>2</sub>-normering voor auto's. De verplichte bijmenging heeft geleid tot heel wat investeringen in biobrandstoffenproductie. Een succesverhaal, zij het

dat men in een te laat stadium beseft dat niet alle biobrandstoffen duurzaam worden geproduceerd. Dat leidde tot moeizame reparaties van het beleidsinstrument. De aanpak werkte dus wel, maar was niet specifiek genoeg inzake de criteria voor biobrandstoffen. De CO<sub>2</sub>-norm voor auto's leidt wel tot gewenste incrementele verbeteringen (zuiniger auto's met efficiëntere verbrandingsmotoren), maar niet tot radicale verandering (elektrische- of waterstofauto). Die laatste zijn immers duurder en niet nodig om aan de norm te voldoen. Sterker nog, de incrementele verbetering kan de transitie naar elektrische of waterstofauto's zelfs hinderen en vertragen (Van der Vooren 2014).

Een dilemma voor de overheid bij normstelling is het fenomeen van asymmetrische informatie. De kostenstijging die de auto-industrie verwacht, maakt de politiek terughoudend om scherpe normen te eisen. Keer op keer blijkt echter dat de kosten van nieuwe technologie door de industrie vaak overschat worden. Het klassieke voorbeeld hier is de katalysator: vooraf werd verwacht dat die 1500 gulden zou kosten, bij de daadwerkelijk introductie bleek het om 850 gulden te gaan en nu kost een katalysator nog ongeveer 100 euro.

De invloed van regulering op innovatie hangt sterk af van de vormgeving ervan. In het algemeen geldt dat emissie-eisen voor installaties of producten meer flexibiliteit bieden en daardoor kosteneffectiever zijn dan specifieke technische eisen, maar niet altijd echte innovatie uitlokken. Welk type instrument het beste is, kan in algemene zin eigenlijk niet vastgesteld worden; dat is sterk afhankelijk van de specifieke context en de vormgeving van de beleidsinstrumenten (Vollebergh en Van der Werf 2014).

### **ETS: het Europese emissiehandelssysteem**

De CO<sub>2</sub>-emissie van grote energie-intensieve bedrijven valt onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS). Het ETS kan worden gezien als een combinatie van regulering en financiële instrumentatie. Het begrenst de totale hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie. Om een hoeveelheid CO<sub>2</sub> te mogen uitstoten, moeten bedrijven over emissierechten beschikken. De emissierechten zijn verhandelbaar. Zodoende krijgt de CO<sub>2</sub>-emissie een prijs. Hierdoor worden investeringen in energiebesparende technologieën of hernieuwbare energietechnologieën relatief goedkoper ten opzichte van fossiele energietechnologieën. Om op lange termijn een forse emissiereductie te realiseren, is besloten om de in omloop te brengen emissierechten elk jaar met 1,74 procent te verlagen en vanaf 2021 met 2,2 procent.

Het ETS corrigeert voor het ontbreken van, of een te lage prijs voor milieugebruik in de vorm van uitstoot van CO<sub>2</sub>. In theorie resulteert het systeem in een kosteneffectieve reductie van CO<sub>2</sub>-emissie, dus met het pakket van de goedkoopste maatregelen. Het ETS kan de markt creëren om technieken die het leertraject grotendeels hebben doorlopen en marktrijp zijn ook daadwerkelijk op grote schaal toegepast te krijgen. Maar het ondersteunt de ontwikkeling van innovatieve, relatief nog dure technieken niet. Daarnaast doet de CO<sub>2</sub>-prijs niks voor de kennisspillovers die met innovatie verbonden zijn en het patentsysteem is maar een gedeeltelijk antwoord op kennisspillovers, simpelweg omdat niet alle kennis patenteerbaar is.

De vraag kan gesteld worden of de effectiviteit van de ETS niet wordt ondergraven door de SDE+. Het is zonneklaar dat beide instrumenten elkaar beïnvloeden. Door het bestaan van een emissieplafond, zal meer hernieuwbare energie niet tot minder CO<sub>2</sub>-emissie leiden. Beredeneerd kan worden dat door een toename van de hoeveelheid hernieuwbare energie de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten zal dalen waardoor de innovatieprikkel afneemt. Maar dan dreigt een cirkelredenering te ontstaan. Het doel voor hernieuwbaar is juist mede ingegeven om een extra prikkel te geven voor technologieontwikkeling die nodig is om in de toekomst verdergaande emissiereductie mogelijk te maken.

Hoge kosten maken de politiek terughoudend om scherpe normen te stellen. Dat zagen we bijvoorbeeld bij de introductie van de katalysator. Kostendaling heeft uiteraard ook invloed op toekomstig klimaatbeleid. Stimulering van hernieuwbare energie en het daardoor goedkoper worden er van, zou de kans groter kunnen maken om op termijn een strengere emissieplafond af te spreken. De politieke bereidheid om strengere plafonds vast te stellen neemt immers toe naarmate de verwachte prijs van emissierechten bij dat strengere plafond lager is (CPB 2013).

### **Financiële instrumenten**

Hét instrument om technologie voor hernieuwbare energie (in de vorm van elektriciteit, gas of warmte) in de markt te zetten is de SDE+, voluit: de subsidieregeling duurzame energie. De SDE+ richt zich op bedrijven en (non profit) instellingen. De regeling ondersteunt de opschaling van (bewezen) technologieën op zodanige wijze dat het doel van 14 procent hernieuwbare energie in 2020 op een kostenefficiënte wijze wordt gehaald. Deze subsidie is nodig voor technologieën die nog te duur zijn om te concurreren met bestaande, vaak op fossiele energie gebaseerde, technologie. Daarmee kan het bijdragen aan innovatie en dan met name het leertraject in de eerste fase van toepassing. Maar het kan ook functioneren als middel om schone technologie die niet meer als innovatief kan worden beschouwd (het leerproces is grotendeels doorlopen) maar nog steeds duurder is dan fossiele alternatieven (zoals wind op land) toch op de markt te krijgen. De SDE+ doet beide.

Omdat de SDE+-regeling in eerste instantie is gericht op het realiseren van het 2020-doel voor hernieuwbare energie tegen zo laag mogelijke kosten, draagt de regeling slechts in beperkte mate bij aan innovatie voor de lange termijn. Opties voor de lange termijn zijn nu nog relatief duur en worden derhalve niet door de SDE+-regeling ondersteund.

In de innovatiestudies is er voortdurende discussie wat de optimale verhouding is tussen het creëren van nieuwe innovatie (exploratie), het domein van de topsector Energie, en de uitrol en opschaling van innovaties (exploitatie), het domein van de SDE+-regeling. Beide zijn nodig voor succesvol innovatiebeleid en een transitie naar een CO<sub>2</sub>-arm energiesysteem. De uitdaging is om exploratie en exploitatie beter dan nu het geval is met elkaar te verbinden, aldus de geïnterviewde experts (Van der Vooren en Ros 2014).

Waar de SDE+ zich richt op grote projecten voor hernieuwbare energie, bedient de salderingsregeling kleinschalige projecten voor zonnestroom. De salderingsregeling

geldt alleen voor kleinverbruikers van energie. De regeling houdt in dat eigenaren van zonnepanelen die zonnestroom opwekken op hun eigen dak, geen energiebelasting en BTW hoeven te betalen over de elektriciteit die ze terug leveren aan het energienet. Salderen betekent derhalve dat voor de terug geleverde stroom dezelfde prijs wordt ontvangen als de prijs die betaald wordt voor de afname van elektriciteit. Omdat kleinverbruikers relatief veel energiebelasting betalen, wordt door deze vrijstelling de terugverdientijd van zonnepanelen aanzienlijk korter. Door de salderingsregeling loopt de overheid belastinginkomsten mis. Die inkomstenderving moet worden gecompenseerd door de overige huishoudens en bedrijven; hun energiebelasting gaat een klein beetje omhoog. Naarmate meer huishoudens zonnepanelen aanschaffen, wordt dat aandeel energiebelasting groter. Het aantal huishoudens met zonnepanelen groeit. Daardoor neemt de energiebelasting voor de overige gebruikers toe.

Een andere voorbeeld van een specifiek instrument is de fiscale regeling voor elektrische auto's, de lage bijtelling. Die heeft ertoe geleid dat Nederland bij de koplopers hoort voor elektrisch rijden, vooral door plug-in hybrides en vooral met lease auto's.

Een subsidieregeling die de uitrol van energiebesparende technieken én hernieuwbare energie ondersteunt is de EIA, de Energie Investerings Aftrek. Deze regeling maakt het mogelijk dat bedrijven fiscaal voordelig kunnen investeren in dergelijke technologieën. Niet alle investeringen in energie-technologie komen voor de EIA in aanmerking. Om er voor te zorgen dat alleen de investering in nieuwe technologieën gestimuleerd worden, hanteert de EIA een Energielijst die een selectie bevat van nieuwe technologieën die een hoger besparingspotentieel hebben dan conventionele technologieën. De lijst wordt jaarlijks aangepast, technologieën met voldoende marktpenetratie worden van de lijst gehaald. De facto vermindert de EIA de investeringskosten door middel van een gedeeltelijke teruggave van deze kosten via de vennootschapsbelasting of inkomstenbelasting. Deze belastingteruggave bedroeg in 2011 gemiddeld 10 procent van de investeringskosten (Vollebergh en Ruijs 2013). Zodoende zorgt de EIA er voor dat een deel van de extra kosten van een innovatieve technologie ten opzichte van een gangbare technologie ongedaan wordt gemaakt waardoor deze sneller concurrerend wordt. Essentieel is de staande praktijk waarbij de regeling (i.c. de Energielijst) op een dynamische wijze rekening houdt met veranderingen die zich voordoen door deze innovaties (Vollebergh 2012). Het EIA-budget voor 2014 bedraagt 111 miljoen euro.

Een uitdaging voor de rijksoverheid is hoe financiële prikkels zodanig vorm te geven dat ze passen bij een geleidelijke uitrol. Zodra de veranderingen enige omvang beginnen te krijgen, ontstaan weer nieuwe vragen. Hoe bijvoorbeeld om te gaan met gedeelde belastinginkomsten? Bij elektrisch rijden speelt niet alleen het fiscale voordeel bij de aanschaf van de auto. Ook betaalt de automobilist over de elektriciteit als autobrandstof geen accijns. Er bestaat momenteel immers geen onderscheid tussen elektriciteit voor huishoudelijk gebruik en als autobrandstof. Een ander actueel voorbeeld is de fiscale bijtelling voor zuinige auto's. Indien belastinginkomsten dalen, ontstaat de behoefte om de regelgeving periodiek aan te passen. Maar veranderingen in de regels voor bijtelling roepen weerstand op. Autogebruikers, -producenten en -verkopers hechten aan stabiele fiscale regels voor een langere periode. Deze

voorbeelden illustreren dat het lastig is voor de overheid om institutionele veranderingen door te voeren om innovatie te bevorderen.

### **Inkoopmacht van de overheid**

De overheid is een belangrijke opdrachtgever voor bedrijven. De gezamenlijke overheden in Nederland kopen jaarlijks in totaal voor ruim 50 miljard euro in. Zodoende kan de overheid bijdragen aan het creëren van een markt voor de diffusie van energie-innovaties. Dit is staande praktijk; naast innovatiegericht inkopen bestaat er circulair inkopen, duurzaam inkopen en maatschappelijk verantwoord inkopen. Al deze programma's vertonen overlap, maar stellen verschillende eisen aan producten, diensten en leveranciers. Het benutten van de meerwaarde van de inkoopmacht van de overheid, vergt stroomlijning van deze inkoop-eisen.

Om koplopers aan een thuismarkt te helpen kan de overheid bijvoorbeeld bij aanbestedingen de energie-eisen aanscherpen. Een aandachtspunt daarbij is hoe kan worden ingespeeld op de benodigde dynamiek. Om innovatiewinst te bevorderen kan beter worden gewerkt met dynamische in plaats van statische eisen aan de inkopen: in de tijd moeten de eisen scherper worden om een continue innovatieprikkel te bewerkstelligen. Het stellen van minimumeisen bij de inkoop stimuleert immers niet tot innovatie die verder gaat dan de minimumeisen. Sterker nog, koplopers worden in zekere zin gehinderd door minimumeisen als hun prestatie voorbij de minimumeisen geen pluspunten oplevert in de aanbesteding.

## **4.4 Innovatiebeleid in bredere zin: de overheid als facilitator**

Innovatiebeleid wordt veelal geassocieerd met beleid dat de ontwikkeling van nieuwe technologieën bevordert door financiële prikkels of door regelgeving. Wij betogen dat dat een te smalle invulling is. Overheidsbeleid kan verder reiken dan ontwikkeling van technologie die veelal bij bedrijven plaats vindt. De overheid kan ook andere actoren in het innovatiesysteem beïnvloeden. Zo heeft de overheid een sturende werking op kennisinstututen en kan ze bijvoorbeeld via garantstellingen het gedrag van banken beïnvloeden. Daarnaast geldt – zoals eerder in deze verkenning al is aangegeven – dat het bij innovatie niet alleen om de ontwikkeling van technologie gaat, maar ook om de maatschappelijke inpassing/sociale acceptatie daarvan. Bij windenergie speelt bijvoorbeeld heel nadrukkelijk de vraag van ruimtelijke inpassing. Alle inspanningen ten spijt, lijkt onvoldoende draagvlak voor windenergie zonder betrokkenheid van omwonenden nog steeds een rem het realiseren van windmolens of -parken (zie hoofdstuk 3).

De overheid heeft meerdere opties om sociale innovatie te steunen. In de hoop de 'mind-set' te beïnvloeden kan de overheid 'top down' een voorbeeldfunctie vervullen, transparant zijn in beleidskeuzes en informatie en voorlichting geven. Daarnaast kan ze met regelgeving, subsidies en nudging proberen gedrag te sturen. Gedragsverandering

van consumenten en burgers speelt immers een belangrijke rol bij innovatieprocessen. Gedrag van mensen wordt door een veelheid aan factoren beïnvloed, waaronder sociale condities. In hoofdstuk 3 duiden we dit als het ‘gekke henkie’-gevoel: mensen van goede wil die hun gedrag niet aanpassen omdat ze zien of denken dat anderen dat ook niet doen. Hier ligt een rol van de overheid om sturing van gedrag(sverandering) van burgers in een sociale context te plaatsen.

Maatschappelijke inpassing gaat niet uitsluitend over burgers. Het gaat ook over het ruimte bieden aan de maatschappij in brede zin, over het ontwikkelen van beleidsarrangementen die veranderingen mogelijk maken. Zo is de overheid in 2011 de Green Deal aanpak gestart. Bij de Green Deal aanpak ligt de nadruk op het ondersteunen van initiatieven uit de samenleving, onder andere op het terrein van energie. Green Deals van de overheid met partijen uit de samenleving zijn er op gericht om belemmeringen op het gebied van wetgeving, financiering en/of coördinatie weg te nemen. Hoewel dit niet primair onder de noemer innovatiebeleid wordt geschaard, is het wel degelijk van belang als we vanuit het perspectief van een innovatiesysteem naar innovaties kijken. Evenzo is het van belang dat de overheid duidelijkheid verschaft over haar lange termijn ambitie. Dat helpt om de creativiteit van burgers en bedrijven te benutten. Om private R&D investeringen te richten en partijen in de samenleving in beweging te krijgen, helpt het als er “een stip op de horizon” staat, die duidelijkheid schept over de lange termijn ambitie (Hajer 2011). Die stip is nadrukkelijk geen overheidsprogramma, maar een anker waar anderen mee verder kunnen gaan (NSOB/PBL 2014).

Al met al bestaat er geen blauwdruk voor het meest optimale innovatiebeleid.

Het begint met spreiding van de portfolio van technieken en het is zaak te leren en aan te passen. Om met de woorden van de WRR (2013) te spreken: “De overheid moet zich bij voorkeur richten op het goed laten functioneren van het innovatiesysteem als geheel, via het bevorderen van goede netwerken, stimulerende reguleringen, ondersteunende instituties en het formuleren van strategische richtingen waar partijen zich op kunnen oriënteren.”



# Referenties

- Acemoglu, D. Ph. Aghion, L. Bursztyn & D. Hemous (2012), The environment and directed technical change, *American Economic Review*, 102(1): 131-166.
- Ajzen, I. (1991), The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 50, iss 2, pp 179-211.
- AWT (2013), *Waarde creëren uit maatschappelijke uitdagingen*. Advies. Den Haag: Adviesraad voor het Wetenschap- en technologiebeleid.
- AWT (2014), *De kracht van sociale innovatie*. Advies. Den Haag: Adviesraad voor het Wetenschap- en technologiebeleid.
- AZ (2011), *Gedragsverandering via campagnes*. Den Haag: Ministerie van Algemene Zaken, dienst Publiek en Communicatie.
- Bell, D., T. Gray, C. Haggett (2005), The 'Social Gap' in Wind Farm Siting Decisions: Explanations and Policy Responses. *Environmental Politics*, vol 14, iss 4, pp. 460-477.
- Bell, D., T. Gray, C. Haggett, J. Swaffield (2013), Re-visiting the 'social gap': public opinion and relations of power in the local politics of wind energy. *Environmental Politics*, vol 22, iss.1, pp 115-135.
- Blanford, G., R. Aalbers, J. Bollen and K. Folmer (2014), *Technological Uncertainty in Meeting Europe's Decarbonisation Goals*, CPB Discussion Paper, Den Haag, te verschijnen.
- CBS, PBL, WUR (2013), *Energieverbruik door huishoudens, 1990-2012 (indicator 0035, versie 18, 3 december 2013)*.
- CPB (2013), *Interactie Milieubeleidsinstrumenten met het ETS*, Den Haag: CPB.
- Dagevos en Bakker (2006), *Over burgers en consumenten*. Den Haag: Landbouw Economisch Instituut.
- Dekker, P. & J. den Ridder (2014), *Burgerperspectieven 2014|1*. Den Haag: SCP.
- Devine-Wright, P. (2009), Rethinking NIMBYism: the Role of Place Attachment and Place Identity in Explaining Place-protective Action. *J Community Appl Soc*, 19(6), 426-441.
- Dijk, M., R. Kemp, P. Valkering (2013), Incorporating social context and co-evolution in an innovation diffusion model – with an application to cleaner vehicles. *J Evol. Econ.* (2013) 23:295-329.
- DGRV (2013), *Energiegenossenschaften. Ergebnisse der Umfrage des DGRV und seiner Mitgliedsverbände*. Berlin: Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V.
- Drissen, E., H. Eerens, G. Geilenkirchen, H. Vollebergh, F. Dietz (2014), Pigouviaanse belastingen op energie in Nederland, *Economisch Statistische Berichten*, 99 (4691): 484 – 487.
- ECOFYS-WUR (2014), *Energiebesparing: De relatie tussen verbruiksgedrag en investeren*. Utrecht; Ecofys, Wageningen: WUR.



- Elzenga, H. en A. Schwenke (2014), *Energiecoöperaties: ambities, handelingsperspectieven interactie met gemeenten. De energieke samenleving in praktijk*. Den Haag: PBL.
- European Commission (2012), *Public opinion in the European union*. First results July 2012.
- Geilenkirchen G., R. Kok, A. Hoen, F. van der Linden & H. Nijland (2014), *Belastingkortingen voor zuinige auto's: afwegingen voor fiscaal beleid*, Den Haag: PBL.
- Hajer, M. (2011), *De energieke samenleving. Op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie*. Den Haag: PBL.
- Hekkenberg, M. en M. Verdonk (2014), *Nationale Energieverkenning 2014*. ECN-O--14-036. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- Hekkert, M.P., R.A.A. Suurs, S.O. Negro, S. Kuhlmann en R.E.H.M. Smits (2007), Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 74, no. 4, pp. 413-432.
- Hoppe T, E. Van Bueren, M. Sanders (2013), Naar een bestuurswetenschappelijke onderzoeksagenda voor klimaatmitigatie in Nederland en Vlaanderen. *Bestuurswetenschappen* (2013)<sup>1</sup>, pp. 88-99.
- Houwelingen P. van, Boele A., Dekker P. (2013), *Burgerparticipatie: van inspraak naar Big Society?* Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- IEA (2012), *World Energy Outlook*, International Energy Agency, Paris.
- Kemp, R. en H. van Lente (2011), Dual challenge of sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol.1, iss. 1, pp. 121-124.
- KiM (2011), *Gedrag in beleid. Met psychologie en gedragseconomie het mobiliteitsbeleid versterken*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Klandermans, P. en D. Oegema (1987), Potentials, networks, motivations and barriers: steps towards participation in social movements. *American Sociological Review*, jg. 52, nr. 4, p. 519-531.
- Knopf, B. et al. (2013), Beyond 2020 – Strategies and costs for transforming the European energy system, *Climate Change Economics*, 4(1).
- Kriegler, E. et al. (2014), Making or breaking climate targets: The AMPERE study on staged accession scenarios for climate policy, *Technological Forecasting and Social Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.021>.
- Lund, H. (2010), The implementation of renewable energy systems. Lessons learned from the Danish case. *Energy* 35, 4003-4009.
- Noially, J. en R. Smeets (2014), *Directing Technical Change from Fossil-Fuel to Renewable Energy Innovation: An Application Using Firm-Level Patent Data*. CIES Research Paper series 24-2014, Centre for International Environmental Studies, The Graduate Institute.
- Mastop, J. M. de Best-Waldhover, C. Hendriks en A. Ramirez (2014), *Informed public opinions on CO<sub>2</sub> mitigation options in the Netherlands: deliberating expert information and lay beliefs*. Amsterdam, 2014, versie 2014.06.15, gedownload van <https://www.ecn.nl/publications/ECN-O--14-028>.
- Middlemiss & Parrish (2009), *Building capacity for low-carbon communities: grassroot initiatives*. *Energy Policy* 38, 7669-7566.
- Motivaction (2013), *Zonnepanelen in Nederland. Draagvlak en gebruik bij consumenten*. Amsterdam: Motivaction.

- Mourik, R. van, C. Feenstra, R. Raven (2007), *Voorbeelden voor draagvlakbevordering bij duurzame energieprojecten op eilanden en in kleine gemeenschappen*. Petten: ECN.
- NSOB/PBL (2014), *Leren door doen. Overheidsparticipatie in een energieke samenleving*. Den Haag: NSOB.
- Oosterhuis, F., J. Bouma, A. Hanemaaijer (2013), *Het reboundeffect bij resource efficiency*. Amsterdam: IVM-VU, Den Haag: PBL.
- Ostrom, E. (1999), Revisiting the Commons: Local Lessons. *Global Challenges Science*, vol. 284, issue 5412, pp. 278-282.
- PBL (2012), *Nederland verbeeld. Een andere blik op vraagstukken rond de leefomgeving*. Den Haag: PBL.
- PBL (2013), *Dilemma's rond duurzame consumptie. Een onderzoek naar het draagvlak voor verduurzaming van consumptie*. Den Haag: PBL.
- PBL (2013), *Vergroenen en Verdienen. Op zoek naar kansen voor de Nederlandse economie*, Den Haag: PBL.
- RLI (2013), *Essay duurzame gedragspatronen. Ethische aspecten van gedragsbeïnvloeding door de overheid voor verduurzaming van de samenleving*. Den Haag: Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur.
- RLI (2014), *Doen en Laten. Effectiever milieubeleid door mensenkennis*. Den Haag: Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur.
- RMO (2014), *De verleiding weerstaan. Grenzen aan beïnvloeding van gedrag door de overheid*. Den Haag: Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling.
- Rodrik, D. (2013), *Green industrial policy*, School of Social Science. Institute for Advanced Study. Princeton, N.J. written for the Grantham Research Institute project on 'Green Growth and the New Industrial Revolution', Draft July 2013.
- Rogers, E. M. (1983), *Diffusion of innovations* (3th ed.). New York: Free Press.
- Rogers, E. M. (2003), *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: Free Press.
- Rogers, J., E. Simmons, I. Convery, A. Weatherall (2008), Public perceptions of opportunities for community-based renewable energy projects. *Energy policy* 35 (2008) p. 4217-4226.
- Ros, J. en P. Boot (2014), *Recente ontwikkelingen in het energie- en klimaatbeleid. Balans van de Leefomgeving 2014 – deel 3*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rotmans, J. (2012), *In het oog van de orkaan. Nederland in transitie*. Boxtel: Aeneas uitgeverij.
- RVO (2014), *Handleiding bij de subsidieregeling topsector energieprojecten*, Utrecht: Rijkdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).
- RVO (2014a), *Tender Samenwerken Topsector Energie en Maatschappij (STEM)*, <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/tender-samenwerken-topsector-energie-en-maatschappij-stem>.
- Scheffer, M. (2009), *Critical transitions in nature and society*. New Jersey: Princeton University press.
- Schwenke, A. (2012), *Energieke Bottom Up in Lage Landen. De Energietransitie van Onderaf*. Leiden: AS-I search.
- Shove, E. en N. Spurling (2013), Sustainable practices: social theory and climate change. In: E. Shove en N. Spurling (red.). *Sustainable practices: social theory and climate change*. London en New York: Routledge.

- Steg, L. (2012), *Niets duurt voort behalve verandering; de mens als sleutel tot duurzaamheid*. Oratie. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- Steg, L. & J. Groot (2012), Environmental values. In: S. Clayton (ed.), *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*. New York: Oxford University Press.
- Thaler, R. en C. Sunstein (2009), *Nudge. Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness*. London: Penguin.
- Tigchelaar, B. en C. Leidelmeijer (2013), *Energiebesparing: een samenspel van woning en bewoner*. Petten: ECN, Amsterdam: RIGO.
- TNO (2013), *Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland*. TNO-rapport 2013 R10323. Delft: TNO.
- Verbeek, D. en J. Boelhouwer (2010), Milieu van later, wiens zorg nu? In: SCP (2010). *Wisseling van de wacht: generaties in Nederland*. Sociaal en Cultureel Rapport 2010. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Verbong, G., R. van Mourik, R. Raven (2006), *Towards integration of methodologies for assessing and promoting the societal embedding of energy innovations*. Paper for the ASRELEO Conference. Gedownload via [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl).
- Vollebergh, H., E. Drissen, H. Eerens, G. Geilenkirchen (2014), *Milieubelastingen en Groene Groei Deel II. Evaluatie van belastingen op energie in Nederland vanuit milieuperspectief*, Den Haag: PBL.
- Vollebergh, H., and E. van der Werf (2014), The role of standards in eco-innovation: lessons for policymakers, *Review of Environmental Economics and Policy*, 2014, 8(2), pp. 230-248.
- Vooren, A. van der (2014), *Accelerating technological change. Towards a more sustainable transport system*.
- Vooren, A. van der en J. Ros (2014), *De topsector Energie en energie-innovatie. Inzichten van experts uit de 'gouden driehoek'*, Den Haag: PBL.
- Wolsink, M. (2007), Wind power implementation: The nature of public attitudes: equity and fairness instead of 'backyard motives'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (6) 1188-1207.
- Wolsink, M. (2000), Wind power and the NIMBY-myth: institutional capacity and the limited significance of public support. *Renewable Energy* 21, pp. 49-64.
- Wolsink, M. (2012), Wind power: basic challenge concerning social acceptance. In: R. Meyers (red). *Encyclopedia of sustainability science and technology*. - volume 17, pp. 12218-12254. New York: Springer.
- Wiltling, H. en A. Hanemaaijer (2014), *Aandeel grondstofkosten in de totale productiekosten van bedrijven*. Den Haag: PBL.
- WRR (2013), *Naar een lerende economie. Investeren in het verdienvermogen van de Nederlandse economie*. Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.
- WRR (2014), *Met kennis van gedrag beleid maken*. Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.
- Wüstenhagen, M. Wolsink, M.J. Bürer (2007), Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: an introduction to the concept. *Energy Policy* 35 (5) 2683-2691.

De kwaliteit van leven in Nederland is hoog. Nederlanders zijn in het algemeen tevreden over hun materiële en sociale omstandigheden. De manier waarop we deze levenskwaliteit bereiken, lijkt echter geen stand te kunnen houden voor volgende generaties en veroorzaakt bovendien milieuproblemen in binnen- en buitenland. Voor een duurzaam Nederland en een efficiënt gebruik van schaarser wordende natuurlijke hulpbronnen, speelt innovatie een belangrijke rol.

In deze Verkenning van de Monitor Duurzaam Nederland staat energie-innovatie centraal. Daarvan wordt een belangrijke bijdrage verwacht aan een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening in 2050. Het huidige overheidsbeleid heeft echter vooral aandacht voor energie- en klimaatdoelen voor 2020 en nauwelijks voor de periode daarna. De ontwikkeling van innovatieve, nu nog (te) dure energieopties voor de lange termijn is daardoor te beperkt. Dat vermindert de kans op een succesvolle overgang naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening. Ook het verkrijgen van maatschappelijk draagvlak voor deze overgang krijgt nog weinig aandacht. Recente burgerinitiatieven bieden een belangrijk aanknopingspunt om het draagvlak onder de bevolking voor andere energietechnieken te vergroten. Sociale innovatie is gebaat bij meer ruimte voor experimentele projecten.

**Centraal Planbureau**  
**Planbureau voor de Leefomgeving**  
**Sociaal en Cultureel Planbureau**