



Centraal Planbureau

Kosten klimaat- en  
luchtdoelen omlaag

*Minder biomassa  
nodig*



CPB Policy Brief | 2017/02

**Biomassa met  
CO<sub>2</sub>-opslag  
direct inzetten**

Johannes Bollen  
Rob Aalbers



## Samenvatting

De Europese Unie heeft de ambitie uitgesproken om de broeikasgasemissies in 2050 met 80 tot 95% te verlagen om zo klimaatverandering te voorkomen. In deze Policy Brief vragen we ons af welke rol negatieve emissietechnologie, zoals het vergassen van biomassa in speciaal daarvoor te bouwen elektriciteitscentrales met CO<sub>2</sub>-opslag, kan spelen bij het bereiken van een bepaalde reductiedoelstelling. We concluderen dat de inzet van dit type technologie het Europese klimaatbeleid veel goedkoper maakt. Voor de duidelijkheid, het gaat hier niet om de nu gangbare techniek van bij- en meestook van biomassa in bestaande kolencentrales.

De totale besparing als gevolg van de inzet van biomassa in elektriciteitscentrales met CO<sub>2</sub>-opslag bedraagt ongeveer 0,3 biljoen (300 miljard) euro als de EU haar emissies van broeikasgassen in 2050 met 80% wil verminderen en loopt op tot maar liefst 7,7 biljoen (7700 miljard) euro als de broeikasgasemissies in de EU in 2050 met 95% omlaag moeten. Per Europeaan kan het klimaatbeleid daarmee, afhankelijk van de ambities, 500 tot ruim 15000 euro goedkoper uitvallen.

De inzet van dit type negatieve emissietechnologie leidt tot een daling van de wereldwijde vraag naar biomassa. De inzet ervan vergroot namelijk de beschikbare emissieruimte in de Europese Unie. Deze toename van de emissieruimte stelt de EU-lidstaten in staat om meer fossiele energie te gebruiken zonder daarbij de klimaatdoelstellingen los te laten. Hierdoor neemt de energieschaarste af en is er minder biomassa en landbouwgrond nodig. Negatieve effecten op ontbossing en de voedselproductie blijven dan achterwege.

Omdat de inzet van biomassa in elektriciteitscentrales met CO<sub>2</sub>-opslag leidt tot een stijging van het gebruik van fossiele energie, valt de verbetering van de luchtkwaliteit minder groot uit. Door technische maatregelen te nemen die specifiek luchtvervuiling tegengaan kunnen de EU-lidstaten dit echter vrij eenvoudig ondervangen. Verder kan de Europese Unie door een verbod van CO<sub>2</sub>-opslag op land eenvoudig tegemoet komen aan de aan CO<sub>2</sub>-opslag verbonden veiligheidsaspecten.

Zelfs als we rekening houden met de kosten voor het weer op peil brengen van de luchtkwaliteit blijft de inzet van negatieve emissietechnologie financieel gezien zeer aantrekkelijk. Door de extra emissieruimte is er namelijk minder noodzaak om buiten de elektriciteitssector emissiereducerende maatregelen te nemen. En hoewel elektrische auto's en nul-op-de-meter-woningen positieve effecten hebben op zowel lucht als klimaat, is de grootschalige inzet van deze opties vóór 2050 voor de maatschappij duurder dan de inzet van biomassa in elektriciteitscentrales met CO<sub>2</sub>-opslag.

Om van deze lagere klimaatrekening te profiteren moet de Europese Unie een weeffout in het emissiehandelssysteem (ETS) herstellen. Onder de huidige ETS-richtlijn ontvangen bedrijven die investeren in negatieve emissietechnologie namelijk geen beloning voor het opslaan van CO<sub>2</sub>. Dit in tegenstelling tot bedrijven die CO<sub>2</sub> uit fossiele energie opslaan. Door deze weeffout te herstellen ontstaat wel een eerlijk speelveld voor alle technologieën.

Maar zelfs na het herstel van deze weeffout hebben bedrijven nauwelijks een prikkel om te investeren in dit type centrale. De prijs van emissierechten is daarvoor namelijk te laag. Alleen als bedrijven hun emissierechten kunnen verkopen aan marktpartijen die nu niet onder het emissiehandelssysteem vallen, of als het aantal rechten in het emissiehandelssysteem drastisch afneemt, zal de prikkel om te investeren in biomassacentrales met CO<sub>2</sub>-opslag voldoende zijn om de klimaatrekening inderdaad met 0,3 tot 7,7 biljoen (300 tot 7700 miljard) euro te verlagen.

## 1 Inleiding

Eind 2015 hebben de wereldleiders in Parijs opnieuw bekrachtigd dat de stijging van de wereldwijde gemiddelde temperatuur beperkt moet blijven tot maximaal 2°C ten opzichte van het pre-industriële niveau. Om deze ambitie te verwezenlijken zal de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen in 2050 ten opzichte van 2010 met 40 tot 70% moeten dalen.<sup>1</sup> Bekende maatregelen om de emissies te reduceren zijn het opwekken van elektriciteit met windmolens en zonnecellen, het verminderen van het energiegebruik en elektrisch rijden. Ook biomassa zal naar verwachting een belangrijke rol vervullen bij het terugdringen van broeikasgasemissies.

Ook op dit moment is biomassa al een belangrijke bron van energie. Wereldwijd neemt deze met een aandeel van 10% de vierde plaats in na olie, kolen en gas. Het gaat in totaal om 50 exajoules (EJ).<sup>2</sup> Achter dit cijfer schuilt een enorme diversiteit in gebruik. In arme landen gaat het vooral om het huishoudelijk gebruik van biomassa voor verwarming, verlichting en koken. In 2008 besloeg dit traditionele gebruik van hout, stro en mest ongeveer 80% van het totale wereldwijde biomassagebruik. De andere 20% betrof modern, meer industrieel gebruik van biomassa. Kenmerkend voor dit moderne gebruik van biomassa is dat er eerst conversie van de brandstof plaatsvindt om het verbrandingsproces efficiënter te maken. Zo rijden auto's bijvoorbeeld op biodiesel afkomstig uit koolzaad en draaien verwarmingsinstallaties op biogas dat afkomstig is van mest of afval.

De verwachting is dat de wereldwijde vraag naar biomassa als gevolg van klimaatbeleid zal toenemen. Voor veel toepassingen is biomassa namelijk de enige CO<sub>2</sub>-vrije optie. Vliegtuigen kunnen wel vliegen op biobrandstof, maar vanwege het gewicht van batterijen niet op elektriciteit. Ook voor zwaar transport is gewicht een cruciale factor. Verder kan in de chemische industrie biomassa olie vervangen als CO<sub>2</sub>-arme grondstof. Schattingen voor de vraag naar biomassa in 2050 lopen uiteen van 70 tot 190 EJ per jaar. Maximaal zou het zelfs kunnen gaan om 300 EJ per jaar.<sup>1</sup>

Ook de Europese Unie verwacht dat het klimaatbeleid tot meer gebruik van biomassa zal leiden. Zo stelt de Europese Commissie (EC) in de *'Impact Assessment'* ter ondersteuning van haar Europese Routekaart voor Energie dat het totale gebruik van biomassa in Europa zal

---

<sup>1</sup> IPCC (2011).

<sup>2</sup> Zie IPCC (2011). 1 exajoule = 1000 petajoule = 10<sup>18</sup> joule. Ter vergelijking, het primaire energiegebruik in Nederland in 2014 was 3,2 EJ. Voor de EU-28 was dat ruim 67 EJ (Bron: Eurostat).

stijgen van 5 EJ in 2010 tot ongeveer 11 EJ in 2050.<sup>3</sup> Verder zal het gebruik van biomassa als biobrandstof volgens de EC in diezelfde periode verdrievoudigen.

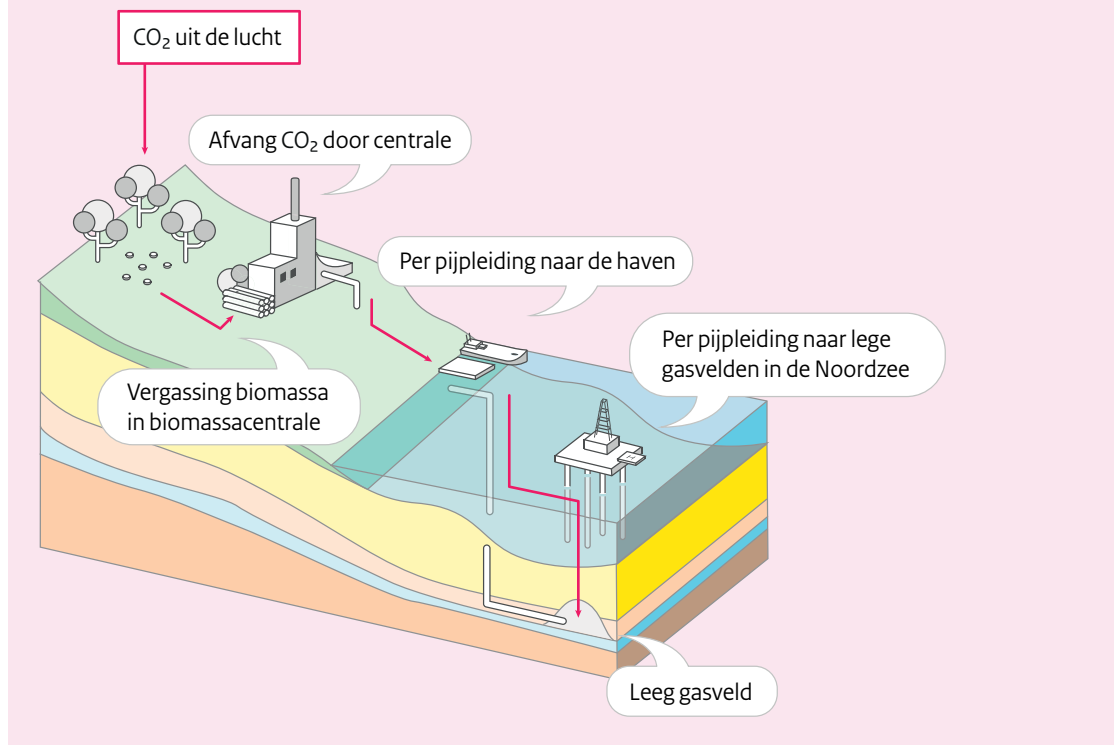
## Negatieve emissietechnologie

CO<sub>2</sub>-afvang en opslag is toepasbaar in alle installaties waarin de opwekking van elektriciteit via kolen, aardgas of biomassa plaatsvindt. Toepassing van deze techniek zorgt er voor dat de netto CO<sub>2</sub>-uitstoot van kolen en aardgascentrales bijna nul is. De CO<sub>2</sub> die bij zo'n elektriciteitscentrale vrijkomt, komt door de opslag immers niet langer terecht in de atmosfeer.

Als elektriciteitscentrales in plaats van kolen en aardgas uitsluitend biomassa gebruiken, is de netto CO<sub>2</sub>-uitstoot over de gehele keten zelfs negatief. De gehele keten, dus van de productie van biomassa tot en met de energieomzetting en het opslaan van de CO<sub>2</sub>, onttrekt in dat geval CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer. Dat komt doordat biomassa (bomen en planten) tijdens de groei CO<sub>2</sub> opnemen uit de atmosfeer. Bij verbranding of vergassing van biomassa komt die CO<sub>2</sub> in principe weer vrij, maar CO<sub>2</sub>-opslag voorkomt dat.

In deze Policy Brief duidt de term 'biomassacentrale' een elektriciteitscentrale aan die elektriciteit produceert via de vergassing van biomassa. Dit is een geheel ander type centrale dan de huidige kolencentrales die naast kolen ook biomassa meestoken. Zo leent de vergassingstechnologie in deze biomassacentrales zich bijvoorbeeld veel beter voor CO<sub>2</sub>-afvang.

### Biomassacentrale met CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag



<sup>3</sup> EC (2011).

De sterke toename van de vraag naar biomassa in Europa en andere werelddelen roept de vraag op hoeveel biomassa onze aarde kan produceren zonder dat de voedselproductie in de knel komt. Een bijkomend risico is dat de productie van biomassa tot verdere ontbossing leidt. Schattingen van het potentieel aan duurzame biomassa zijn zeer onzeker. Voor 2050 lijkt een duurzame productie van 150 EJ per jaar echter haalbaar.<sup>4</sup> Bij dit niveau van de productie blijven volgens de experts de negatieve gevolgen van de teelt van biomassa op de voedselvoorziening en ontbossing binnen de perken.

Door de beperkte beschikbaarheid van duurzame biomassa is er in de afgelopen jaren consensus ontstaan om biomassa zo hoogwaardig mogelijk in te zetten op basis van het principe van 'cascadering'. De gedachte daarachter is dat laagwaardige toepassingen voor biomassa pas in beeld komen als er geen hoogwaardige toepassingen meer zijn. Over de vraag wat laag- en hoogwaardige toepassing precies zijn, bestaat echter geen duidelijkheid.

Zo stelt het kabinet in een brief aan de Tweede Kamer dat het niet mogelijk is om een toetsingskader voor het gebruik van biomassa op te stellen.<sup>5</sup> De SER adviseert echter om biomassa te reserveren voor die activiteiten waarvoor geen andere technische alternatieven beschikbaar zijn, zoals in de lucht- en de scheepvaart.<sup>6</sup> In een visiedocument roept de KNAW op om in de energievoorziening in principe geen biomassa te gebruiken, tenzij die afkomstig is uit afval.

Deze policy brief onderzoekt vanuit het perspectief van brede welvaart wat hoogwaardige toepassing van biomassa precies is, welke knelpunten in de huidige regelgeving de hoogwaardige toepassing van biomassa belemmeren en hoe groot het voordeel van het opheffen van deze knelpunten is.

Als Europa biomassa inzet in elektriciteitscentrales, wegen de voordelen daarvan dan op tegen de nadelen? En welk type elektriciteitscentrale verdient dan de voorkeur? De nu gangbare techniek van mee- en bijstook van biomassa in kolencentrales, of is het beter om een speciaal ontworpen centrale te gebruiken die uitsluitend op biomassa draait? Moeten deze centrales dan gebruik maken van CO<sub>2</sub>-opslag waardoor de mogelijkheid ontstaat van negatieve emissies (zie box 'Negatieve emissietechnologie')?

Met een antwoord op deze vragen draagt deze Policy brief bij aan de discussie over de cascadering van biomassa. Naast de directe economische effecten houdt de analyse in deze policy brief ook rekening met eventuele negatieve effecten op de beschikbaarheid van grondstoffen voor de chemische industrie, op het gebruik van fossiele brandstoffen, op ontbossing en op de voedselproductie.

---

<sup>4</sup> IPCC (2011) en PBL (2012).

<sup>5</sup> Tweede Kamer der Staten-Generaal (2014).

<sup>6</sup> SER (2010). Zie ook: Rli (2015) en Greenpeace International, GWEC & EREC (2013).

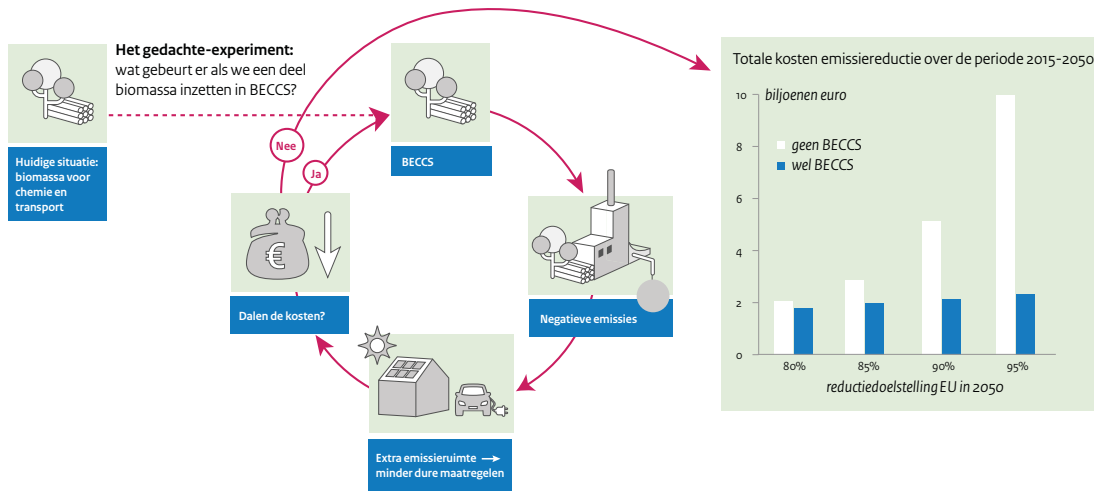
## 2 Investeren in biomassacentrales met CO<sub>2</sub>-opslag

Wat is hoogwaardige toepassing van biomassa als de Europese Unie de uitstoot van broeikasgassen in 2050 met ten minste 80% wil reduceren ten opzichte van 1990? Om beter inzicht te krijgen in deze vraag voeren we een gedachte-experiment uit (figuur 1).

Stel eerst dat alle in Europa geteelde biomassa naar de sectoren chemie en transport gaat. Er zijn dus geen biomassacentrales met CO<sub>2</sub>-opslag (er is geen BECCS).<sup>7</sup> Vervolgens verlagen we de inzet van biomassa in chemie en transport en zetten we de vrijgekomen biomassa in als brandstof in BECCS-centrales. In totaal gebruiken we dus niet meer biomassa, maar we gebruiken het wel anders. We gaan ervan uit dat Europa geen biomassa importeert uit andere werelddelen. Binnen Europa is handel van biomassa wel toegestaan.

In ons gedachte-experiment houden we vast aan de emissiereductiedoelstelling. Omdat de opslag van de CO<sub>2</sub> uit biomassa leidt tot negatieve emissies, ontstaat daarmee elders in de economie ruimte om iets meer CO<sub>2</sub> uit te stoten. Die ruimte benutten we in ons gedachte-experiment volledig.<sup>8</sup>

**Figuur 1** Het gedachte-experiment en de totale kosten van emissiereductie over de periode 2015-2050 (in biljoenen euro)



Vervolgens gaan we na of de totale kosten van emissiereductie in Europa door de andere inzet van biomassa dalen of niet.<sup>9</sup> Zolang de totale kosten dalen, blijven we de inzet van biomassa in BECCS-centrales vergroten. We stoppen het gedachte-experiment als de totale kosten van emissiereductie niet meer dalen.

<sup>7</sup> In de Engelstalige literatuur is de afkorting BECCS (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage) gangbaar om een biomassacentrale met CO<sub>2</sub>-opslag aan te duiden. In de rest van deze Policy Brief sluiten we hierbij aan.

<sup>8</sup> Alle berekeningen zijn uitgevoerd met het algemeen evenwichtsmodel MERGE-CPB. Zie Bollen (2016) voor een uitgebreide beschrijving van dit model en de uitgevoerde analyses.

<sup>9</sup> De totale kosten van emissiereductie omvatten alle kosten die Europa maakt om de emissies te reduceren. Hieronder vallen bijvoorbeeld de kosten van hernieuwbare energietechnologie, de kosten van energiebesparing en de (meer)kosten van de ingezette brandstof.

Tot slot vergelijken we de totale emissiereductiekosten in de Europese economie over de periode 2015 tot 2050 voor de situatie waarin we 'geen BECCS' gebruiken, met de situatie waarin we 'wel BECCS' gebruiken.<sup>10</sup> Dit gedachte-experiment voeren we niet alleen uit voor de reductiedoelstelling van 80% in 2050, maar ook voor de reductiedoelstellingen van 85%, 90% en 95% in 2050.

Figuur 1 laat verder zien dat de totale kosten van emissiereductie gelijk zijn aan 2,1 biljoen (2100 miljard) euro als we geen BECCS gebruiken en de EU haar emissies met 80% wil reduceren.<sup>11</sup> Door biomassa wel in te zetten in BECCS-centrales dalen deze kosten tot 1,8 biljoen (1800 miljard) euro. Het kostenvoordeel van 0,3 biljoen (300 miljard) euro ontstaat door de negatieve emissies van deze technologie, waardoor relatief dure maatregelen in andere sectoren achterwege kunnen blijven.

De kosten om 1 ton CO<sub>2</sub> te reduceren met behulp van een BECCS-centrale liggen in 2050 ongeveer op 115 euro. De inzet van zo'n centrale maakt het mogelijk om elders in de economie af te zien van duurdere maatregelen om CO<sub>2</sub> te reduceren. Deze maatregelen hebben een kostprijs tussen de 115 en 340 euro per ton CO<sub>2</sub>. Het totale kostenvoordeel dat hierdoor ontstaat, is gelijk aan de hierboven genoemde 0,3 biljoen (300 miljard) euro.

Als de Europese Unie haar klimaatambitie opschroeft en de emissies met 85% of meer wil reduceren, moeten er meer en meestal duurdere maatregelen worden genomen om aan de aangescherpte doelstelling te kunnen voldoen. De aanscherping van de reductiedoelstelling van 80 naar 95% verhoogt de emissiereductiekosten van 2,1 naar 10,0 biljoen (2100 naar 10.000 miljard) euro als de EU geen BECCS gebruikt (figuur 1). Dat is gelijk aan een kostenstijging van 7,9 biljoen (7900 miljard) euro.<sup>12</sup>

Als de EU echter wel BECCS gebruikt, dan stijgen de kosten van 1,8 naar 2,3 biljoen (1800 naar 2300 miljard) euro. Een kostenstijging van 'slechts' 0,5 biljoen (500 miljard) euro.

Dat het voordeel van biomassacentrales met CO<sub>2</sub>-opslag bij ambitieuzere doelstellingen zo veel groter is, komt doordat ambitieuzere doelstellingen meer en duurdere maatregelen vergen. Die duurdere maatregelen maken de inzet van biomassa in biomassacentrales met CO<sub>2</sub>-opslag extra aantrekkelijk. Deze centrales zijn goedkoper dan bijvoorbeeld de grootschalige inzet van elektrische auto's en nul-op-de-meter-woningen.<sup>13</sup>

Om de voordelen van BECCS te kunnen realiseren is het van belang dat investeringen in deze centrales al op korte termijn van de grond komen (figuur 2). Bij een emissiereductiedoelstelling van 80% in 2050 zal er in 2020 bijna 10 GW<sup>14</sup> en in 2030 bijna 50 GW aan productiecapaciteit in Europa moeten staan. Wil Europa de emissies in 2050 met 95%

---

<sup>10</sup> Tenzij anders vermeld zijn alle kosten over de jaren 2015 tot 2050 contant gemaakt naar 2015.

<sup>11</sup> Dat is gelijk aan 0,24% van de netto contante waarde van het bbp van 2015 tot 2050.

<sup>12</sup> Dat is gelijk aan 1,3% van de netto contante waarde van het bbp van 2015 tot 2050.

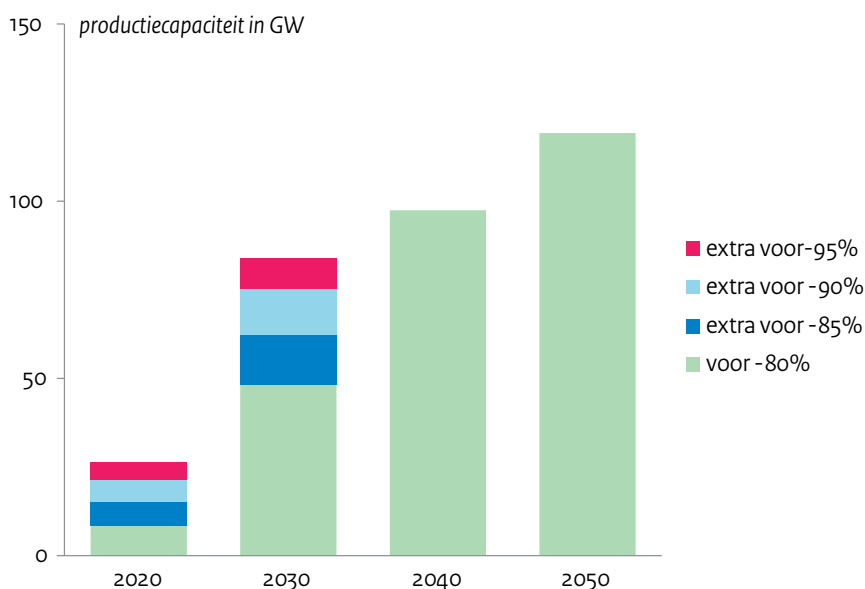
<sup>13</sup> Een hogere inzet van biomassa is geen verklaring voor het grotere kostenvoordeel bij ambitieuzere reductiedoelstellingen. Voor alle reductiedoelstellingen geldt namelijk dat BECCS 9,6 EJ biomassa gebruikt.

<sup>14</sup> Uitgaande van een bezettingsgraad van 50% levert een centrale met een vermogen van 1 gigawatt (GW) ongeveer voor 1 miljoen huishoudens elektriciteit.



reduceren dan gaat dat in 2020 en 2030 maar liefst om 25 en 85 GW. In 2050 loopt de optimale capaciteit op naar ongeveer 120 GW. Daarmee levert BECCS in 2050 ongeveer 12% van alle elektriciteit in Europa.

**Figuur 2** Optimale investeringen in BECCS onder verschillende reductiedoelstellingen voor 2050



Dat investeringen in BECCS al op zo korte termijn noodzakelijk zijn, komt doordat het tijd kost om de infrastructuur rondom deze centrales op te bouwen. Dan gaat het bijvoorbeeld om de infrastructuur die nodig is voor de lokale aanvoer van biomassa, om de tijd die nodig is voor het regelen van vergunningen, om de bouwtijd van de centrales, de opbouw van de lokale expertise en de infrastructuur voor de CO<sub>2</sub>-opslag. Zouden de eerste investeringen pas in 2040 of 2050 plaatsvinden, dan staat er pas in 2070 tot 2080 voldoende capaciteit.<sup>15</sup>

We willen benadrukken dat deze resultaten niet afhankelijk zijn van toevallige aannames over de kosten van specifieke maatregelen, zoals elektrische auto's en nul-op-de-meter-woningen. De inzet van BECCS is namelijk interessant zodra de CO<sub>2</sub>-prijs in 2050 hoger is dan 115 euro per ton.

Voor 2050 is dit geen ongebruikelijk hoge CO<sub>2</sub>-prijs. Zo gaat de Europese Commissie er in haar Impact Assessment van uit dat de CO<sub>2</sub>-prijs in 2050 zonder BECCS uitkomt tussen de 265 en 350 euro per ton.<sup>16</sup> Ook bij deze prijzen loont het om biomassa in te zetten in BECCS-centrales.

De Impact Assessment gaat bovendien uit van een reductiedoelstelling van 'slechts' 80% in 2050. Ambitieuze doelstellingen resulteren in een hogere CO<sub>2</sub>-prijs en daarmee in een groter voordeel van BECCS.

<sup>15</sup> Hetzelfde argument speelt ook bij investeringen in andere nieuwe technologieën, zoals wind- en zonne-energie.

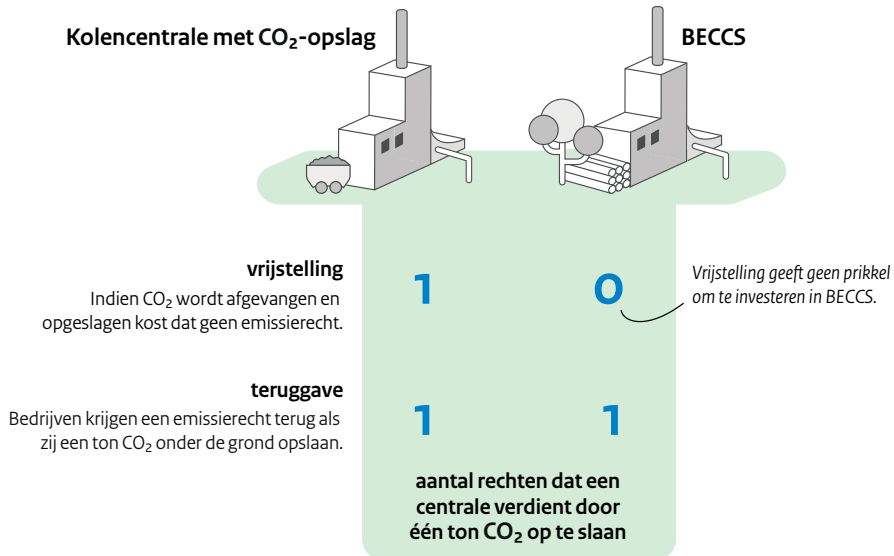
<sup>16</sup> Zie tabel 37 in EC (2011). De CO<sub>2</sub>-prijzen in die tabel zijn op basis van de HCIP inflatie-index omgerekend naar prijzen van 2015.

### 3 Emissiehandel hervormen

Hoewel BECCS de klimaatrekening substantieel verlaagt, zal de animo om erin te investeren nagenoeg nihil zijn. De huidige regelgeving voor CO<sub>2</sub>-opslag is namelijk marktverstorend. Bovendien blijft de CO<sub>2</sub>-prijs te laag, omdat er in het Europese emissiehandelssysteem te veel emissierechten in omloop zijn. Vooral BECCS ondervindt daar de nadelen van (zie box 'Ontbrekende business case of ontbrekend overheidsbeleid?').

Binnen de Europese Unie is het de ETS-richtlijn die de kaders stelt voor de afvang en opslag van CO<sub>2</sub>.<sup>17</sup> Bij gebruik van fossiele energie komt CO<sub>2</sub> vrij. Als bedrijven deze CO<sub>2</sub> afvangen en opslaan, hoeven zij voor de opgeslagen CO<sub>2</sub> geen emissierechten in te leveren. Bedrijven hebben daarmee een prikkel om de uit fossiele energie afkomstige CO<sub>2</sub> af te vangen en onder de grond op te slaan (figuur 3).

**Figuur 3** Hoeveel rechten verdient een centrale door één ton CO<sub>2</sub> op te slaan?



Deze vrijstelling geeft een biomassacentrale echter geen prikkel om CO<sub>2</sub> uit biomassa op te slaan. De inzet van biomassa is, in tegenstelling tot fossiele energie, namelijk al vrijgesteld van emissiehandel. Een tweede vrijstelling levert daarvoor geen extra prikkel.

<sup>17</sup> Zie Europees Parlement en de Raad (2003). Naast de ETS-richtlijn stelt de CCS-richtlijn de technische kaders voor CO<sub>2</sub>-opslag vast (Europees Parlement en Raad, 2009).

## Ontbrekende business case of ontbrekend overheidsbeleid?

Als BECCS-centrales zo rendabel zijn, waarom staan investeerders dan niet te popelen om hierin te investeren, net zoals in het geval van windmolens, zonnecellen en elektrische auto's? Daarvoor zijn meerdere oorzaken aan te wijzen.

De eerste oorzaak is dat deze technologie een lange aanloop nodig heeft voordat deze privaat rendabel is. Daarin zijn BECCS-centrales overigens niet uniek. Ook windenergie op land, windenergie op zee, zonnecellen en elektrische auto's hebben een lange aanloop nodig (gehad) om voor investeerders rendabel te worden. Die lange aanlooptijd betekent dat investeerders in nieuwe technologieën steun nodig hebben van de overheid om de verliesgevende jaren te overbruggen en de technologie met behulp van die steun verder te ontwikkelen (CPB/PBL/SCP, 2014). Om die reden hebben overheden voor veel van deze technologieën dan ook stimuleringsprogramma's opgezet. In Nederland gaat het dan om de SDE+ (voor hernieuwbare energie), de salderingsregeling (voor zonnecellen) en de vrijstelling van BPM en MRB (voor elektrische auto's).

In Nederland kan BECCS in principe aanspraak maken op stimulering vanuit de SDE+. Maar die ondersteuning is voor BECCS onvoldoende effectief. De SDE+ vergoedt namelijk het verschil tussen de kostprijs van hernieuwbare energie en die van grijze energie. De SDE+ vergoedt echter niet de kosten van CO<sub>2</sub>-opslag en afvang. Die prikkel zou moeten komen vanuit het emissiehandelssysteem. Als gevolg van de omissie in de ETS-richtlijn en de te lage prijzen in het emissiehandelssysteem is deze prikkel op dit moment echter afwezig.

Concluderend: er is dus niet zo zeer sprake van een ontbrekende business case voor BECCS, maar van ontbrekend overheidsbeleid.

Door de huidige vrijstelling in de ETS-richtlijn te vervangen door de teruggave van een emissierecht ontstaat wel een eerlijk speelveld voor BECCS. Dit betekent dat bedrijven een emissierecht inleveren als ze fossiele energie verbranden. Voor de CO<sub>2</sub> die deze bedrijven onder de grond opslaan, krijgen ze vervolgens een emissierecht terug.

Eigenaren van BECCS-centrales hoeven geen emissierecht in te leveren als ze elektriciteit uit biomassa produceren, maar krijgen wel een gratis emissierecht voor elke ton CO<sub>2</sub> die zij onder de grond opslaan. Hierdoor ontstaat een prikkel om in dit type centrales te investeren (figuur 3).

Als bedrijven als gevolg van deze prikkel daadwerkelijk in deze centrales investeren, neemt het aantal in omloop zijnde emissierechten toe. Toch verandert de CO<sub>2</sub>-uitstoot naar de atmosfeer niet. De uitgifte van extra emissierechten leidt weliswaar tot extra uitstoot, maar voor elk extra emissierecht heeft een biomassacentrale met CO<sub>2</sub>-opslag eerst een ton CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer onttrokken. Netto komt er dan geen extra CO<sub>2</sub> in de atmosfeer.

Maar zelfs na het aanpassen van de ETS-richtlijn hebben bedrijven nauwelijks een prikkel om te investeren in BECCS. Het voordeel van BECCS is immers dat ze relatief dure maatregelen elders in de economie overbodig maken. De meeste van die maatregelen, zoals elektrisch rijden en nul-op-de-meter-woningen, vallen echter niet onder het emissiehandelssysteem. De eigenaar van een BECCS-centrale kan zijn emissierechten

weliswaar verkopen aan andere bedrijven die onder het emissiehandelssysteem vallen, maar niet aan de woningeigenaar of de automobilist.<sup>18</sup>

Daarmee valt de prijs die de eigenaar van de BECCS-centrale voor zijn emissierecht kan krijgen, veel lager uit. Uitgaande van een gewenste emissiereductie van 80% in 2050 levert de verkoop van een emissierecht binnen het emissiehandelssysteem namelijk 115 euro per ton CO<sub>2</sub> op, terwijl hetzelfde recht buiten het emissiehandelssysteem maar liefst 340 euro per ton CO<sub>2</sub> zou opleveren.<sup>19</sup> Bij een CO<sub>2</sub>-prijs van 115 euro per ton liggen de investeringen in BECCS ruim 80% onder hun efficiënte niveau.

Merk op dat er verschillende mogelijkheden zijn om te bewerkstelligen dat de eigenaar van een BECCS-centrale zijn rechten wèl voor 340 euro per ton CO<sub>2</sub> kan verkopen. De meest voor de hand liggende mogelijkheid is om alle sectoren onder het emissiehandelssysteem te brengen. Dat kan direct door kleine bedrijven en huishoudens zelf te laten handelen in emissierechten, maar ook indirect door het emissiehandelssysteem uit te breiden naar de toeleveranciers van energie, zoals distributiebedrijven en raffinaderijen.<sup>20</sup> Het voordeel van de indirecte route is dat de transactiekosten veel lager uitvallen.

Een andere mogelijkheid is dat de Europese Unie kiest voor een andere toedeling van emissierechten: minder emissierechten voor sectoren die onder het emissiehandelssysteem vallen en meer emissierechten voor sectoren die daar niet onder vallen. Al deze mogelijkheden hebben tot gevolg dat het gevoerde klimaatbeleid in de Europese Unie efficiënt zal zijn. De CO<sub>2</sub>-prijs in het emissiehandelssysteem is dan gelijk aan de kostprijs van de duurste maatregel, of die nu binnen of buiten het emissiehandelssysteem valt.

## 4 Overige effecten beperkt

We hebben gezien dat de inzet van biomassa in BECCS-centrales economisch gezien grote voordelen met zich meebrengt. Hierdoor kan het lucratief zijn om meer biomassa te gaan produceren voor de energievoorziening. Met als mogelijk gevolg dat door extra import van biomassa door Europa, er buiten Europa minder grond beschikbaar is voor de productie van voedsel. Vooral de armere landen kunnen hiervan de gevolgen ondervinden. Ook kan de inzet van biomassa leiden tot verdere ontbossing.<sup>21</sup>

Verder kan het gebruik van BECCS ertoe leiden dat er minder biomassa beschikbaar is als grondstof voor de chemische industrie. Door de extra emissieruimte is er bovendien minder noodzaak om het gebruik van fossiele brandstoffen terug te dringen. Dit heeft mogelijk negatieve gevolgen voor de luchtkwaliteit.

---

<sup>18</sup> De eigenaar van een BECCS-centrale kan zijn emissierechten ook niet verkopen aan de gasleverancier van de woningeigenaar of de brandstofleverancier van de automobilist. Ook deze bedrijven vallen namelijk niet onder het emissiehandelssysteem.

<sup>19</sup> Deze prijzen zijn berekend met MERGE-CPB. Aanname is dat het aantal emissierechten in het emissiehandelssysteem na 2021 jaarlijks lineair met 2,2% afneemt (EC, 2014). De emissieruimte voor de luchtvaart wordt niet afgebouwd. Zie voor verdere details Bollen (2016).

<sup>20</sup> Op dit moment vallen de procesemissies van raffinaderijen wel onder het emissiehandelssysteem, maar de in de eindproducten vervatte CO<sub>2</sub> niet.

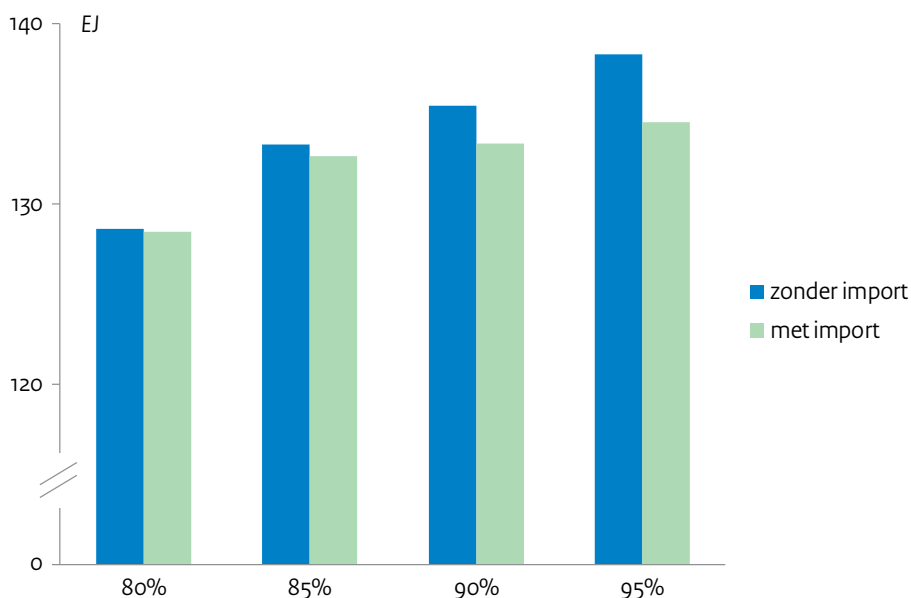
<sup>21</sup> Zie Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (2015), Tweede Kamer der Staten-Generaal (2014).

Tot slot bestaat er in de samenleving weerstand tegen de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> vanwege veiligheidsaspecten.<sup>22</sup> Als de inzet van BECCS ertoe leidt dat de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> toeneemt, kan dat gevolgen hebben voor de veiligheid. In deze paragraaf laten we zien dat de hierboven genoemde effecten afwezig zijn, of kunnen worden ondervangen.

### Geen negatieve effecten op voedselvoorziening en ontbossing

Een van de belangrijkste zorgen met betrekking tot het gebruik van biomassa ligt inderdaad bij de voedselvoorziening. Om een inschatting te kunnen maken van de druk op de voedselvoorziening kijken we naar de impact die de Europese inzet van BECCS heeft op de wereldwijde vraag naar biomassa.

**Figuur 4** Wereldwijde productie van biomassa in 2050 met en zonder importrestrictie in de EU



Zonder BECCS gebruikt de Europese Unie in 2050 ongeveer 9,6 EJ aan biomassa. Als de Europese Unie bedrijven toestaat om BECCS te gebruiken, zal de totale import van biomassa ongeveer 0,8 EJ zijn bij een emissiereductiedoelstelling van 80% en 7,6 EJ bij een emissiereductiedoelstelling van 95%.<sup>23</sup> Het totale gebruik van biomassa komt daarmee, afhankelijk van de emissiereductiedoelstelling, uit op respectievelijk 10,4 en 17,2 EJ in 2050.

Verrassend genoeg neemt de wereldwijde vraag naar biomassa door de import van de Europese Unie niet toe, maar juist af (figuur 4).<sup>24</sup> De verklaring hiervoor is dat de inzet van BECCS energie minder schaars maakt, omdat de emissieruimte toeneemt. Aan de ene kant neemt de vraag naar biomassa dus toe door de EU, maar door extra inzet van fossiele energie

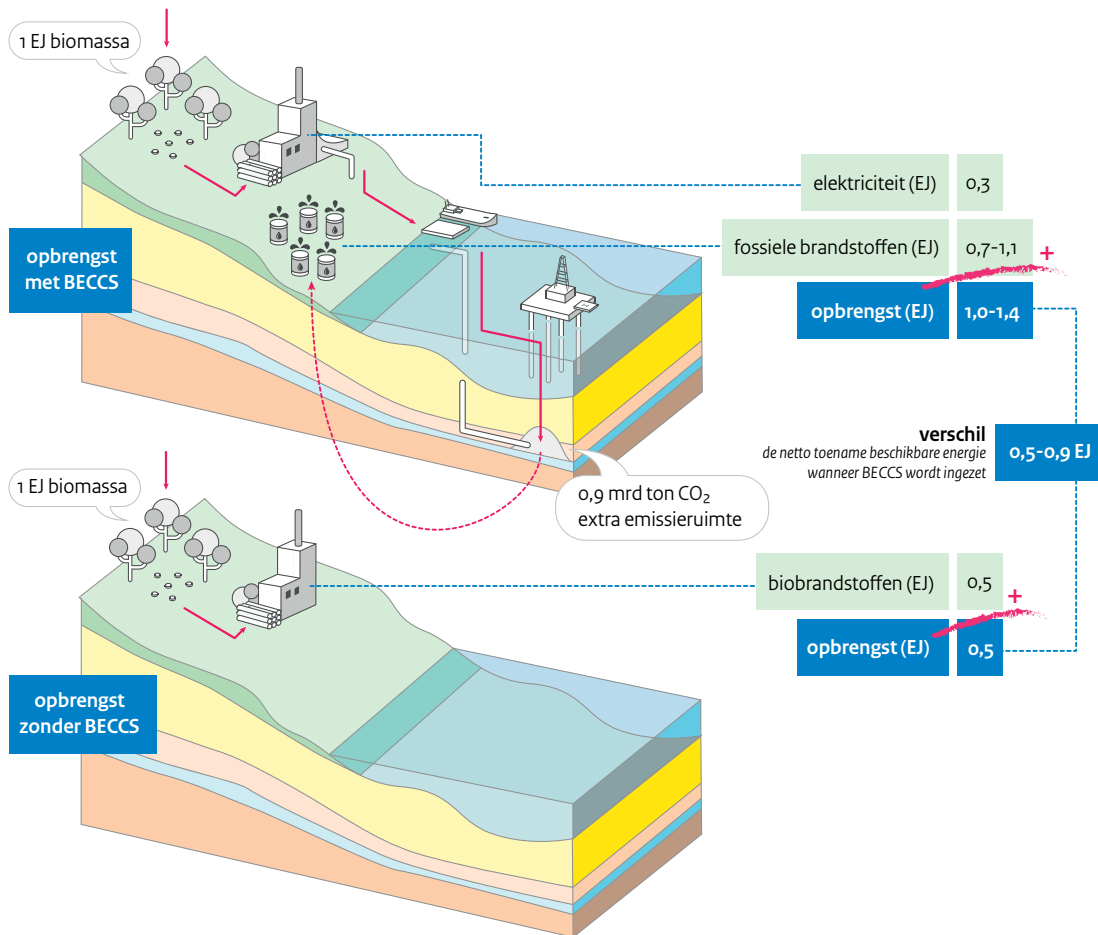
<sup>22</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2010/11/04/co2-opslagproject-barendrecht-van-de-baan>.

<sup>23</sup> Als de Europese Unie geen import van biomassa toestaat, dan zal de druk op de voedselvoorziening in Azië, Afrika en Zuid-Amerika onveranderd blijven.

<sup>24</sup> Zelfs als er wereldwijd niet 150 EJ maar slechts 100 EJ aan duurzame biomassa beschikbaar is, neemt de druk op landbouwgrond door BECCS af.

daalt de vraag naar duurzame energie en biomassa juist weer. Netto is er sprake van een daling van de vraag naar biomassa (figuur 5).

**Figuur 5** Wat levert 1 EJ biomassa op zonder dat er iets aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot verandert?



Grosso modo levert de inzet van 1 EJ ruwe biomassa in BECCS-centrales ongeveer 0,3 EJ elektriciteit op (figuur 5). Door de opslag van de uit biomassa afkomstige CO<sub>2</sub> daalt de hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de atmosfeer echter met ongeveer 0,9 mld ton. Hierdoor ontstaat extra emissieruimte, waardoor het gebruik van fossiele benzine of grondstoffen voor de petrochemische industrie met 0,7 tot 1,1 EJ kan toenemen.<sup>25</sup> In totaal 'levert' 1 EJ biomassa in BECCS-centrales daarmee 1,0 tot 1,4 EJ aan energie op.

Daarentegen levert 1 EJ ruwe biomassa 'slechts' 0,5 EJ biobrandstof of grondstoffen voor de petrochemische industrie op (figuur 5). Netto neemt de beschikbaarheid van energie door de inzet van BECCS dus toe met 0,5 tot 0,9 EJ.

<sup>25</sup> De indirecte emissies die vrijkomen bij de productie van fossiele brandstof, bepalen in sterke mate hoeveel fossiele brandstof er extra op basis van de additioneel beschikbare emissieruimte kan worden ingezet. Zo hebben onconventionele olie, zoals schalieolie, teerzanden en Gas-to-Liquids, en synthetische olie, zoals Gas-to-Liquids en Coal-to-Liquids, hogere indirecte emissies dan de nu gangbare lichte ruwe olie (Brandt en Farrell, 2007). Door tijdens het productieproces gebruik te maken van CO<sub>2</sub>-opslag kunnen bedrijven overigens een deel van deze indirecte emissies afvangen.

De inzet van BECCS leidt dus tot een hogere beschikbaarheid van energie. En dat terwijl de CO<sub>2</sub>-uitstoot constant blijft. Tegenover de hogere CO<sub>2</sub>-emissies uit fossiele energie staan namelijk de lagere (negatieve) CO<sub>2</sub>-emissies uit biomassa. Per saldo zijn de CO<sub>2</sub>-emissies in 2050 daarmee vrijwel constant.<sup>26</sup>

### **Geen negatief effect op de petrochemische industrie**

De toegenomen beschikbaarheid van fossiele energie betekent ook dat de inzet van BECCS niet leidt tot tekorten van hoogwaardige grond- en brandstoffen in de petrochemische industrie, luchtvaart en zwaar transport. Integendeel, het heft deze tekorten juist op.

### **Negatief effect op luchtvervuiling eenvoudig te compenseren**

Een nadeel van BECCS is dat de luchtvervuiling hoger is als gevolg van de extra inzet van fossiele energie. Zo daalt de blootstelling van mensen aan fijnstof in Europa zonder BECCS met ongeveer 60% bij een reductiedoelstelling van 80% en met 70% bij een reductiedoelstelling van 95%.<sup>27</sup> Met BECCS blijft deze daling onafhankelijk van de reductiedoelstelling beperkt tot ongeveer 50%. Daarmee voldoet de luchtkwaliteit in 2050 niet aan de het beleidsdoel van de EU voor 2030.<sup>28</sup>

Door het nemen van extra maatregelen kan de EU de stijging van de luchtvervuiling door het hogere gebruik van fossiele energie echter eenvoudig voorkomen.<sup>29</sup> De kosten van deze maatregelen zijn minder dan 1% van het welvaartsvoordeel dat ontstaat door de inzet van BECCS-centrales. Daarmee blijft de inzet van BECCS maatschappelijk gezien een zeer aantrekkelijke optie.

### **Veiligheidsaspecten te ondervangen door CO<sub>2</sub>-opslag alleen toe te staan op zee**

Een laatste bezwaar tegen BECCS richt zich op de veiligheid van CO<sub>2</sub>-opslag.<sup>30</sup> De wellicht eenvoudigste manier om aan deze veiligheidsaspecten tegemoet te komen is door CO<sub>2</sub>-opslag op land te verbieden. Voor de inzet van BECCS maken deze beperkingen niets uit. Die inzet blijft maatschappelijk gezien zeer rendabel. Bovendien is er op zee voldoende opslagcapaciteit beschikbaar.<sup>31</sup>

---

<sup>26</sup> Als gevolg van de inzet van BECCS is er sprake van een lichte stijging van de CO<sub>2</sub>-emissies in 2050. De emissies in een specifiek jaar kunnen namelijk als gevolg van het (ont-)sparen van emissierechten, het zogenaamde 'banking', afwijken van de doelstelling in dat jaar.

<sup>27</sup> Deze blootstelling is een gewogen gemiddelde waarde van de blootstelling van de totale Europese populatie aan fijnstof in een heel jaar in zowel het landelijke en het stedelijke gebied. In 2010 kwam deze waarde uit op 10 µg/m<sup>3</sup>. De Europese doelstelling voor 2030 ligt op ongeveer 4 µg/m<sup>3</sup>. Voor verdere details zie Bollen (2016). Merk op dat de blootstelling in zogeheten 'hot-spot' gebieden boven deze gemiddelde waardes ligt.

<sup>28</sup> Vanaf 2030 is aangenomen dat het EU-beleid via 'National Emission Ceilings' voor de stoffen SO<sub>2</sub> (zwavel), NO<sub>x</sub> (stikstof), NH<sub>3</sub> (ammoniak), en PM<sub>2.5</sub> (fijnstof) leidt tot een gemiddelde blootstelling van fijnstof gelijk aan ongeveer 4 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>29</sup> Het gaat onder andere om end-of-pipe-maatregelen, zoals filters, maar ook om verschuivingen in het gebruik van fossiele energie.

<sup>30</sup> Uit enquêteresultaten blijkt overigens dat Nederlanders veel positiever staan tegenover de opslag van CO<sub>2</sub> uit biomassa dan uit fossiele bronnen (Mastop et al., 2014).

<sup>31</sup> Zie European Academies Science Advisory Council, 2013.

## Literatuur

Brandt, A.R. en A.E. Farrell, 2007, Scraping the Bottom of the Barrel: Greenhouse Gas Emission Consequences of a Transition to Low-Quality and Synthetic Petroleum Resources, *Climatic Change*, 84, 241-263.

Aalbers, R., en J. Bollen, , 2016, Biomass Energy with Carbon Capture and Storage can reduce climate policy costs of the EU's Energy Roadmap with 15-75%, Background Document to CPB Policy Brief 2016/15.

Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa, 2015, Naar een Duurzame Bio-Economie, [www.corbey.nl](http://www.corbey.nl).

CPB/PBL/SCP, 2014, Monitor Duurzaam Nederland 2014: Verkenning, Uitdagingen voor Adaptief Energie-Innovatiebeleid, CPB Boek 13.

European Academies Science Advisory Council, 2013, Carbon Capture and Storage in Europe, EASAC policy report 20, [www.easac.eu](http://www.easac.eu).

European Commission, 2011, Impact Assessment Energy Roadmap 2050, SEC 1565, Part 2/2.

European Council, 2014, 2030 Climate and Energy Policy Framework; European Council, 2009, Council Conclusions on EU position for the Copenhagen Climate Conference.

Europees Parlement en Raad, 2003, Richtlijn 2003/87/EG van het Europees Parlement en de Raad van 13 oktober 2003 tot vaststelling van een regeling voor de handel in broeikasgasemissierechten binnen de Gemeenschap en tot wijziging van Richtlijn 96/61/EG van de Raad.

Europees Parlement en Raad, 2009, Richtlijn 2009/31/EG betreffende de geologische opslag van kooldioxide en tot wijziging van Richtlijn 85/337/EEG van de Raad, de Richtlijnen 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG en 2008/1/EG en Verordening (EG) nr. 1013/2006 van het Europees Parlement en de Raad.

Greenpeace International, Global Wind Energy Council (GWEC) & European Renewable Energy Council (EREC), 2013, Energy [r]evolution: a sustainable Netherlands energy outlook.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [link](#).

Mastop, J. , M. de Best-Waldhober, C. Hendriks, A. Ramirez Ramirez, 2014, Cato<sub>2</sub> Informed Public Opinions in the Netherlands: Deliberating Expert Information and Lay Beliefs, CATO-2-WPS.3-D06.

PBL, 2012, PBL Note Sustainability of biomass in a bio-based Economy, A quick-scan analysis of the biomass demand of a bio-based economy in 2030 compared to the sustainable supply, PBL Publication number: 500143001, Bilthoven.



RLI, 2015, Rijk zonder CO<sub>2</sub>, Naar een duurzame energievoorziening in 2050.

SER, 2010, Meer chemie tussen groen en groei, de kansen en dilemma's van een biobased-economy, Advies 10/05.

Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2014, Meer waarde uit biomassa door cascadering, Kamerstuk 32637 nr. 84.



Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau  
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag  
T (088) 984 60 00  
Januari 2017 | ISBN 978-90-5833-750-4