



Recht doen aan klimaatbeleid

Kosteneffectief naar 25% reductie in 2020

| | Projected Cost | Actual Cost |
|------------------|----------------|-------------|
| HOUSING | € 1,500.00 | € 1,400.00 |
| Mortgage or rent | € 60.00 | € 100.00 |
| Phone | € 50.00 | € 60.00 |
| Electricity | € 200.00 | € 180.00 |
| Gas | € 50.00 | € 48.00 |
| Water and sewer | | |



CE Delft

Committed to the Environment

Recht doen aan klimaatbeleid

Kosteneffectief naar 25% reductie in 2020

Dit rapport is geschreven door:

Geert Warringa
Harry Croezen
Arno Schroten
Nanda Naber
Frans Rooijers
Jasper Faber

Delft, CE Delft, juni 2016

Publicatienummer: 16.7144.62

Klimaat / Overheidsbeleid / Rechtspraak / Kosten / Emissievermindering / Doelgroepenbeleid / Steenkool / Elektriciteitscentrales

Opdrachtgever: European Climate Foundation (ECF) en Eneco

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Warringa.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

| | | |
|------------------|------------------------------------------------------|-----------|
| | Samenvatting | 4 |
| 1 | Inleiding | 8 |
| 1.1 | Aanleiding | 8 |
| 1.2 | Doel onderzoek | 8 |
| 1.3 | Methodiek en uitgangspunten | 8 |
| 1.4 | Geen bredere maatschappelijke kosten en baten | 10 |
| 1.5 | Alleen emissies op Nederlands grondgebied | 10 |
| 1.6 | Leeswijzer | 12 |
| 2 | De resterende opgave | 13 |
| 2.1 | Gerechtelijke uitspraak | 13 |
| 2.2 | Maatregelen kabinetsreactie | 13 |
| 2.3 | Resterende opgave | 14 |
| 2.4 | Conclusie | 15 |
| 3 | Meest kosteneffectieve pakket maatregelen | 16 |
| 3.1 | Inleiding | 16 |
| 3.2 | Reductiepotentieel per sector | 16 |
| 3.3 | Kostencurve nationaal perspectief | 17 |
| 3.4 | Pakket maatregelen exclusief sluiting kolencentrales | 20 |
| 3.5 | Kosten per huishouden | 21 |
| 3.1 | Overige impacts | 22 |
| 4 | Conclusie | 23 |
| 5 | Bibliografie | 25 |
| Bijlage A | Energiesector | 27 |
| A.1 | Potentieel tot 2020 | 27 |
| Bijlage B | Sluiting kolencentrales | 30 |
| B.1 | Kolencentrales in 2020 | 30 |
| B.2 | Vervanging van bij- en meestook | 31 |
| B.3 | Reductiepotentieel | 31 |
| Bijlage C | Landbouw en overige broeikasgassen | 36 |
| C.1 | Reductiepotentieel | 36 |
| C.2 | Kosteneffectiviteit maatregelen | 37 |
| Bijlage D | Industrie | 38 |
| D.1 | Reductiepotentieel | 38 |
| D.2 | Kosteneffectiviteit | 41 |



| | | |
|------------------|---------------------------------|-----------|
| Bijlage E | Gebouwde omgeving | 42 |
| E.1 | Reductiepotentieel | 42 |
| E.2 | Kosteneffectiviteit maatregelen | 45 |
| | | |
| Bijlage F | Mobiliteit | 47 |
| F.1 | Inleiding | 47 |
| F.2 | Reductiepotentieel | 48 |
| F.3 | Kosteneffectiviteit maatregelen | 49 |



Samenvatting

Aanleiding

De Rechtbank van Den Haag heeft in zijn uitspraak van 24 juni 2015 bepaald dat de Staat de emissie van broeikasgassen in 2020 met 25% moet reduceren ten opzichte van 1990. Het kabinet heeft daarom op 1 september 2015 de Tweede Kamer geïnformeerd dat direct wordt begonnen met de uitvoering van de uitspraak.

In de brief aan de Tweede Kamer van 9 april 2016 (Rijksoverheid, 2016) is een aantal maatregelen genoemd om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak. De (concrete) maatregelen leveren weliswaar een significante reductie op, maar zijn nog niet voldoende om de doelstelling te realiseren. Deze studie richt zich daarom op de volgende drie vragen:

1. Wat is de resterende opgave om de 25% CO₂-reductiedoelstelling in 2020 te behalen, nadat de maatregelen zijn genomen die in de kabinetsreactie zijn genoemd?
2. Wat is het meest kosteneffectieve pakket maatregelen om de resterende opgave te realiseren?
3. Wat zijn de kosten per huishouden?

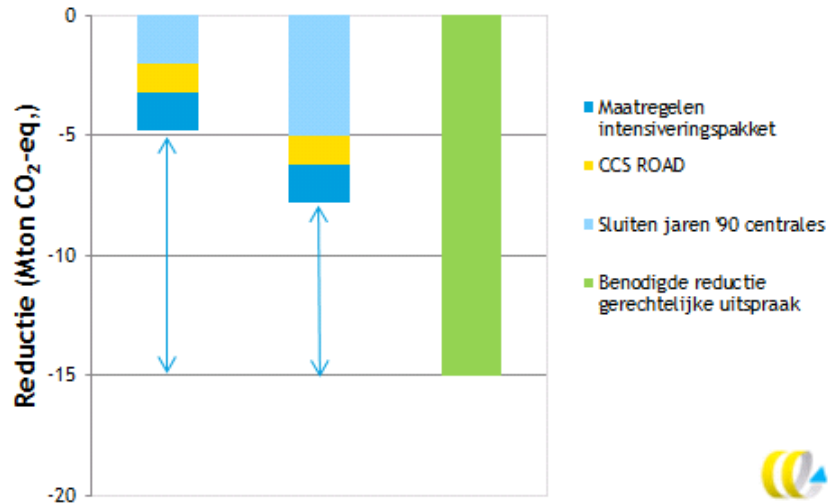
Resterende opgave voor realisatie Urgendadoel is nog 7 tot 10 Mton

In de kabinetsreactie is een aantal maatregelen genoemd om te voldoen aan de gerechtelijke doelstelling, zoals het sluiten van de jaren '90 centrales en het intensiveringspakket voor het realiseren van de doelen in het Energieakkoord. De reductie van deze maatregelen is lager dan is opgegeven in de kabinetsreactie van 9 april 2016 (Rijksoverheid, 2016), omdat met de geïnstrumenteerde afspraken van het intensiveringspakket nog niet alle doelen van het Energieakkoord worden gerealiseerd. Onze raming van de CO₂-reductie van het intensiveringspakket is gebaseerd op de doorrekening door ECN (2016)¹. De resterende opgave om de Urgenda-doelstelling te realiseren is nog zo'n 7 tot 10 Mton.

¹ ECN, 2016. Beoordeling intensiveringspakket Energieakkoord, Amsterdam: ECN, Policy Studies. Deze analyse laat zien dat met de geïnstrumenteerde afspraken zo'n 8 PJ extra hernieuwbare energie wordt opgewekt en een besparing plaatsvindt van 16 PJ ten opzichte van de NEV 2015. Op basis van de emissiekengetallen die zijn gehanteerd in de IBO-rapportage (Rijksoverheid, 2016) hebben we deze waarden omgerekend naar reductie van CO₂-eq. Hiermee komt de emissiereductie uit op 1,6 Mton in plaats van 6,5 Mton die is opgegeven in de kabinetsreactie.



Figuur 1 Resterende opgave (Mton CO₂-eq.)*

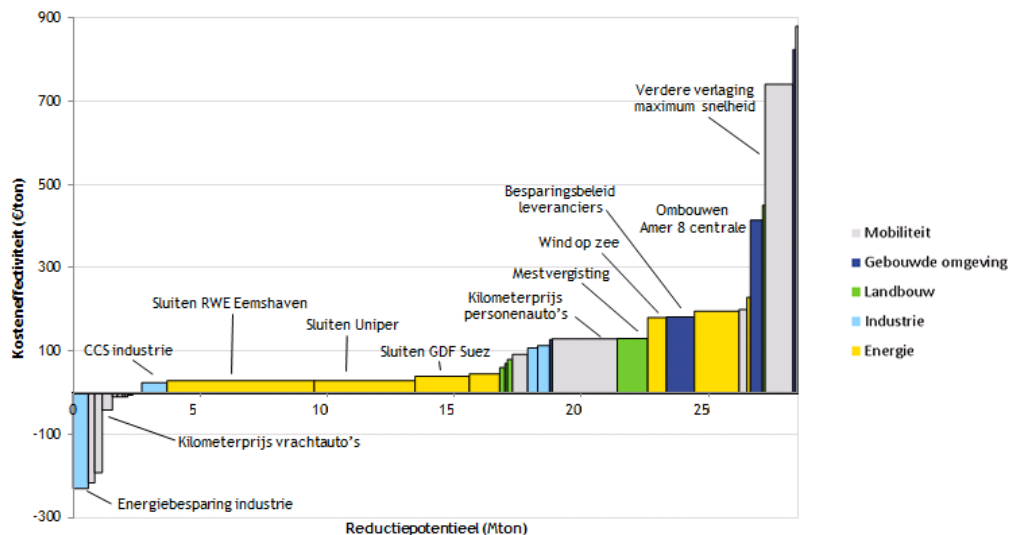


* Daarnaast zijn aanvullende maatregelen voorzien in vervoer, landbouw en gebouwde omgeving. Deze maatregelen zijn echter niet geconcretiseerd en onderbouwd in termen van emissiereductie.

Met het meest kosteneffectief pakket kan het Urgendadoel worden bereikt zonder dat er per saldo maatschappelijke kosten tegenover staan

Om de resterende opgave te realiseren zijn verschillende maatregelen mogelijk. De nationale kostencurve, met maatregelen die voor 2020 realiseerbaar zijn, is weergegeven in Figuur 2. Op de X-as is het cumulatieve reductiepotentieel weergegeven; de Y-as geeft de kosten van de maatregelen weer uitgedrukt in euro's per ton.

Figuur 2 Kosten CO₂-reductiemaatregelen (in euro's per vermeden ton CO₂-eq.)



Figuur 2 laat zien dat ongeveer 3 Mton reductie gerealiseerd kan worden met maatregelen die niets kosten of zelfs geld opleveren. Het gaat om de 9 PJ energiebesparingsmaatregelen in de industrie (0,6 Mton), gedragsmaatregelen



in het verkeer (1,8 Mton) en maatregelen in de landbouwsector en overige broeikasgassen (0,3 Mton). Als alle kosteneffectieve maatregelen zijn gerealiseerd, zijn CO₂-afvang en opslag (CCS) in de industrie en sluiting van één of twee nieuwe kolencentrales de goedkoopste maatregelen (van de maatregelen die geld kosten) om de resterende opgave van de Urgenda-doelstelling in 2020 te realiseren.

Een opsomming van de maatregelen in het meest kosteneffectieve pakket is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Meest kosteneffectieve pakket maatregelen om Urgendadoel te halen in 2020

| Sector | Maatregel | Kosten in € per ton bespaarde CO ₂ -eq. | Reductie-potentieel (Mton) | Jaarlijkse kosten (€ mln) |
|--------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Industrie | Energiebesparing industrie (9 PJ) | -230 | 0,6 | -140 |
| Verkeer en vervoer | Verlagen onbelaste kilometervergoeding | -217 | 0,3 | -51 |
| | Efficiëntieverbetering vrachtauto's | -192 | 0,3 | -61 |
| | Kilometerprijs vrachtauto's | -42 | 0,4 | -19 |
| | Eco-routing | -6 | 0,2 | -1 |
| | Het Nieuwe Rijden | -10 | 0,2 | <0 |
| | Verkeerslichtenregelingen | -10 | 0,2 | <0 |
| | Thuiswerken | -10 | 0,1 | <0 |
| | Vergaderen op afstand | -10 | 0,1 | <0 |
| Landbouw/OBG | Levensduurverlenging melkvee | 0 | 0,1 | <0 |
| | Vermindering N ₂ O Caprolactamproductie | 1 | 0,3 | 0,2 |
| Industrie | CCS industrie | 24 | 1,0 | 24 |
| Energiesector | Sluiten RWE Eemshaven | 29 | 5,8 | 170 |
| | Sluiten Uniper (MPP3) | 29 | 4,0 | 115 |
| Totaal | | | 13,5 | <40 |

Tabel 1 laat zien dat bij sluiting van twee van de drie nieuwe kolencentrales, naast de sluiting van de 2 kolencentrales uit de jaren 90, een reductie mogelijk is van 13,5 Mton bij nationale kosten die lager zijn dan € 40 mln. Bij sluiting van één nieuwe kolencentrale zijn de nationale kosten per saldo € 70 mln negatief (bij een reductie van 9,5 Mton). Met andere woorden: het pakket kan worden gerealiseerd zonder dat er per saldo nationale kosten² tegenover staan.

De kosten van een alternatief pakket maatregelen om de Urgendadoelstelling te halen zijn 400 tot 600 miljoen euro per jaar hoger dan het meest kosteneffectieve pakket met sluiting van nieuwe kolencentrales

Het meest kosteneffectieve pakket bevat sluiting van één of twee nieuwe kolencentrales, afhankelijk van de bandbreedte van de resterende opgave. In de kabinetsreactie op de IBO-rapportage is echter aangegeven dat sluiting van de nieuwe kolencentrales niet aan de orde is. Dit betekent dat duurdere maatregelen in de kostencurve noodzakelijk zijn om de resterende opgave van

² Het begrip nationale kosten gaat uit van de balans van kosten en baten ongeacht bij wie de baten en kosten liggen binnen Nederland. Energiebesparing levert vanuit nationaal perspectief geld op, ook al zijn er heffingen en/of subsidies nodig om die besparingen te bereiken. Voor bepaalde partijen zijn er voordelen en voor anderen nadelen.



de Urgendadoelstelling in 2020 alsnog te kunnen realiseren. Om een vergelijkbare emissiereductie te realiseren als met de sluiting van één nieuwe kolencentrale, zijn de volgende extra maatregelen noodzakelijk:

- reductie WKK slip gasmotoren;
- toepassing nitrificatieremmers;
- rantsoenaanpassing melkvee;
- 10% biobrandstoffen;
- biomassa stadsverwarming;
- biostoom in de industrie;
- CCS ROAD;
- koopwoningen bij overdracht van G en F naar E;
- kilometerprijs personenauto's.

Met bovenstaande maatregelen wordt een vergelijkbare hoeveelheid CO₂ gereduceerd als de sluiting van één kolencentrale. De nationale kosten door deze vervangende maatregelen, zijn zo'n € 400 mln per jaar hoger dan het meest kosteneffectieve pakket.

Om de bovenbandbreedte van de resterende opgave (zie Figuur 1) te realiseren zonder sluiting van twee nieuwe kolencentrales, zijn naast de bovengenoemde maatregelen, verplichte monovergisting van mest en een extra windpark op zee de meest kosteneffectieve alternatieve maatregelen die nodig zijn om de bovenbandbreedte van de resterende opgave zeker te stellen. De nationale kosten van dit pakket zijn ongeveer € 600 mln per jaar hoger dan kosten van het meest kosteneffectieve pakket (inclusief sluiting twee nieuwe kolencentrales).

Kosten per huishouden zijn 50 tot 80 euro per jaar hoger als de Urgendadoelstelling wordt gerealiseerd zonder sluiting van de nieuwe kolencentrales

De kosten van CO₂-reductiemaatregelen kunnen direct bij huishoudens neerslaan, zoals een hogere prijs aan de pomp bij een verplichting van 10% biobrandstoffen, een hogere Opslag Duurzame Energie (ODE) en besparingsmaatregelen bij koopwoningen. Ook kunnen de kosten indirect voor rekening komen van huishoudens, als bedrijven de kosten doorbelasten aan huishoudens of als de overheid besluit de kosten voor de maatregelen aan de doelgroep te vergoeden (zoals rantsoenaanpassing melkvee) en hiervoor de belastingen voor huishoudens te verhogen.

Omdat de precieze (financiële) uitwerking van de maatregelen nog ontbreekt, is slechts een grove raming mogelijk van de kosten per huishouden. Uitgaande van een volledige doorbelasting van de kosten aan huishoudens, zijn de kosten van een pakket zonder sluiting van kolencentrales zo'n € 50 tot € 80 per huishouden per jaar hoger dan het meest kosteneffectieve pakket.

Alleen klimaatwinst op Nederlands grondgebied bepaald

Uitgangspunt van deze studie is het realiseren van de gerechtelijke doelstelling van 25% reductie in 2020. Het gaat alleen om emissies op Nederlands grondgebied. Bij sluiting van de kolencentrales is de CO₂-reductie voor een deel te danken aan de import van stroom. Hierdoor wordt de uitstoot op Nederlands grondgebied weliswaar gereduceerd, maar kan dit gedeeltelijk teniet worden gedaan door toegenomen uitstoot in het buitenland. De netto klimaatwinst is in deze studie niet onderzocht.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Rechtbank van Den Haag heeft in zijn uitspraak van 24 juni 2015 in de zaak Urgenda/Staat bepaald dat de Staat de emissie van broeikasgassen in Nederland in 2020 moet beperken tot een niveau van 25% onder de uitstoot in 1990. Volgens het vonnis mag de Staat het hoger beroep niet afwachten. Het kabinet heeft daarom op 1 september 2015 de Tweede Kamer geïnformeerd dat direct wordt begonnen met de uitvoering van de uitspraak (32 813, nr. 103) (Rijksoverheid, 2015).

Om de doelstelling van 25% CO₂-reductie in 2020 te halen is ten opzichte van de Nationale Energieverkenning 2015 een extra broeikasgasreductie nodig van 15 Mton. Het kabinet heeft op 9 april 2016 in een brief aan de Tweede Kamer aangegeven dat in het najaar wordt besloten welke concrete CO₂-reductie-maatregelen moeten worden genomen om deze doelstelling te halen. In dezelfde brief is tevens aangegeven dat met het realiseren van alle doelen uit het Energieakkoord 6,5 Mton extra broeikasgasreductie wordt gerealiseerd en dat door het sluiten van de twee kolencentrales uit de jaren '90 substantiële CO₂-reductie kan worden bereikt (32813, nr. 122) (Rijksoverheid, 2016). Het kabinet stelt voor om met deze maatregel een deel van de 'Urgendadoelstelling' te realiseren.

Ervan uitgaande dat de twee jaren '90 kolencentrales voor 2020 worden gesloten, roept dit de vraag op tot welke reductie de genoemde maatregelen (Energieakkoord en sluiting twee jaren '90 centrales) optellen, of er dus nog een tekort resteert en hoe groot dat tekort is. Indien na de maatregelen een tekort blijft bestaan, is een tweede vraag welke CO₂-reducerende maatregelen het meest kosteneffectief zijn om dit resterende CO₂-tekort tijdig te dichten. De European Climate Foundation (ECF) en Eneco hebben opdracht gegeven aan CE Delft om deze vragen te onderzoeken. Ook is gevraagd om aan te geven hoe de kosten uitpakken per huishouden. Deze studie richt zich nadrukkelijk op de vraag hoe de 25% CO₂-reductiedoelstelling in 2020 tegen de laagste kosten kan worden gerealiseerd (korte termijn).

1.2 Doel onderzoek

Bepaling van het meest kosteneffectieve pakket maatregelen om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak. Het gaat om maatregelen die aanvullend zijn aan het scenario voorgenomen en vastgesteld beleid in de nationale energieverkenning 2015 en de maatregelen die zijn genoemd in de kabinetsreactie op de IBO-rapportage (Rijksoverheid, 2016).

1.3 Methodiek en uitgangspunten

De berekening van de kosten is uitgevoerd conform de milieukostenmethodiek (VROM, 1994). Dit is een methode die voorschrijft hoe de kosten en baten van milieumaatregelen op een uniforme wijze bepaald dienen te worden. Het doel van de publicatie is om consistentie en vergelijkbaarheid van milieukosten in verschillende toepassingen te waarborgen.



De milieukostenmethodiek beschouwt de kosten vanuit verschillende invalshoeken:

- Nationale of maatschappelijke kosten zijn de kosten die de hele maatschappij maakt voor een bepaalde maatregel. Het gaat dus zowel om alle partijen in de maatschappij die kosten moeten maken. Bij zon-PV gaat het bijvoorbeeld om de kosten die een consument maakt voor de panelen en daarbij opgeteld de kosten die de overheid moet maken (lokale subsidies en misgelopen energiebelasting).
- Kosten voor eindverbruikers. Het gaat hierbij om de kosten en baten voor alleen de eindgebruikers (vooral huishoudens en bedrijven, zie volgende tekstbox) en niet de gehele maatschappij. In het geval van zonnepanelen op particuliere daken, gaat het bijvoorbeeld om de kosten die de consument maakt voor de aanschaf, aanleg en onderhoud van de panelen en de opbrengsten uit elektriciteit. Misgelopen energiebelastingen door de overheid³ zijn geen kostenpost vanuit het perspectief van de eindgebruiker.⁴

In deze studie is de eindverbruiker gedefinieerd als de afnemer van de energie. In de sector mobiliteit gaat het bijvoorbeeld vooral om automobilisten en transportbedrijven, in de gebouwde omgeving om eigenaren en huurders van het vastgoed, in de industrie en landbouw om de eigenaren van de onderneming. Bij hernieuwbare energiemaatregelen die SDE+ ontvangen, zoals windenergie op zee, gaat het om bedrijven en consumenten die de meerkosten betalen in de vorm van een opslag op de energierekening (ODE).

Het vereiste rendement verschilt tussen de twee benaderingen.

Bij een nationale analyse schrijft de milieukostenmethodiek voor om uit te gaan van een lagere discontovoet dan in privaat-economische analyses gebruikelijk is. Er wordt gerekend met een (reële) maatschappelijke of sociale discontovoet van 3%.⁵ Alle investeringskosten worden tegen dit percentage gedisconteerd.

Bedrijven en huishoudens vereisen daarentegen in het algemeen een hoger rendement op hun investeringen dan 3%. De vereiste terugverdientijd is lager dan de maatschappelijke terugverdientijd en de kosten zijn daarom in het algemeen hoger.

De lagere discontovoet in nationale analyses, houdt in dat klimaatmaatregelen met een lange levensduur vanuit nationaal perspectief eerder rendabel zijn dan vanuit eindgebruikersperspectief.⁶ Voor sluiting van kolencentrales pakken de kosten juist hoger uit bij een lage discontovoet, omdat toekomstige (gemiste) inkomsten van de kolencentrales relatief zwaarder meewegen in het saldo.

³ Omdat de consument deze niet betaalt over zelf opgewekte stroom.

⁴ Vanuit maatschappelijk perspectief echter wel, omdat de overheid elders belastingen moet verhogen of moet bezuinigen om de begroting op orde te krijgen. Dit betekent dat andere actoren in de maatschappij kosten moeten maken om de misgelopen energiebelasting te compenseren.

⁵ Conform het meest recente advies van de werkgroep discontovoet.

⁶ Door uit te gaan van een lagere discontovoet, vallen de kosten van maatregelen in veel gevallen lager uit dan het subsidiebedrag dat de overheid moet verlenen om een maatregel van de grond te krijgen. Immers, bedrijven die duurzame maatregelen treffen willen een hogere vergoeding op hun investering dan de maatschappelijke discontovoet van 3%.



In dit project bepalen we de kosten zowel vanuit nationaal perspectief als het perspectief van de eindverbruiker, zoals huishoudens en bedrijven. Hiermee maken we inzichtelijk hoe de kosten vanuit nationaal perspectief uitpakken en hoe deze uitpakken vanuit het perspectief van de eindgebruiker. Het gehanteerde prijspeil in deze studie is 2015.

1.4 Geen bredere maatschappelijke kosten en baten

De milieukostenmethodiek gaat uit van het in beeld brengen van de primaire kosten van maatregelen. Het gaat om kosten die worden gemaakt voor de milieumaatregelen zelf en worden geëvalueerd ten opzichte van de situatie waarin de milieumaatregel niet wordt genomen.

Afgeleide milieukosten worden niet in de milieukostenberekeningen meegenomen. Het gaat bijvoorbeeld om de economische gevolgen van milieumaatregelen zoals de impact op de werkgelegenheid, economische groei, de elektriciteitsprijs, in geld uitgedrukte milieubaten (CO₂, fijnstof, etc.), importafhankelijkheid en reguleringskosten voor beleid. Deze posten worden wel meegenomen in Maatschappelijke Kosten Baten Analyses (MKBA's), maar vormen geen onderdeel van deze studie. Bij een vergelijking van de kosten, moet daarom in het achterhoofd worden gehouden dat additionele effecten een rol kunnen spelen bij de afweging.

1.5 Alleen emissies op Nederlands grondgebied

Bij de bepaling van het CO₂-reductiepotentieel gaat het om de emissies op Nederlands grondgebied. Met verdringingseffecten, door extra of juist afgenomen uitstoot in het buitenland, is geen rekening gehouden in deze studie. De reden is dat deze emissies niet worden meegenomen in de statistieken voor de Nederlandse uitstoot die van belang zijn voor de rechtszaak.⁷ Vanuit klimaatperspectief zijn de buitenlandse emissies echter wel van belang. Voor de opwarming van de aarde maakt het niet uit waar de uitstoot plaatsvindt.

De emissiekengetallen voor maatregelen in de elektriciteitsmarkt zijn gelijk aan de kengetallen die zijn gebuikt in de IBO-studie (Rijksoverheid, 2016). Voor deze studie is gemodelleerd dat zo'n 40% van extra elektriciteitsopwekking in Nederland elektriciteitsimport vervangt, en de overige 60% gasgestookte productie vervangt. Hiermee bedraagt de CO₂-reductie per opgewekte kWh duurzame energie zo'n 0,25 kg CO₂ op Nederlands grondgebied.

⁷ De CO₂-reductie van het sluiten van kolencentrales, kan bijvoorbeeld deels teniet worden gedaan door extra uitstoot van centrales in het buitenland, omdat een deel van de weggevalen productie wordt vervangen door import van elektriciteit. Ook kan er sprake zijn van extra uitstoot in het buitenland door de werking van het Europese emissiehandelssysteem (EU ETS). Alleen emissies op Nederlands grondgebied vallen binnen de scope van dit onderzoek.



Figuur 3 Effecten CO₂-uitstoot op Nederlands grondgebied en buitenland bij toename hernieuwbaar



Door alleen uit te gaan van emissies op Nederlands grondgebied, is de CO₂-besparing van hernieuwbare energiemaatregelen lager dan de besparing op Europees niveau. Reducties in het buitenland, door de vervanging van import, worden namelijk niet meegenomen. Hierbij zijn de discussies over het waterbedeffect buiten beschouwing gelaten.

Voor de bepaling van de binnenlandse reductie, zijn ook de uitgangspunten van belang over de fossiele mix die wordt vervangen door hernieuwbare energieopwekking. Als bijvoorbeeld wordt uitgegaan van het gemiddelde fossiele park (referentieparkbenadering), bedraagt de uitgespaarde CO₂-emissie voor 2020 zo'n 0,64 kg per kWh. Deze factor is hoger dan de 0,42 kg per kWh die is aangenomen voor een gasgestookte centrale.

Op basis van een lopende studie van CE Delft, lijkt de ordegrrootte van de CO₂-reductie door vervanging van fossiele productie in Nederland realistisch. De durkromme van de residuele vraag in vergelijking tot de durkromme van de vraag, laat namelijk zien dat in 2020 vooral vervanging van gasgestookte STEG- en WKK-eenheden verwacht mag worden. Kolengestookte eenheden worden in mindere mate vervangen (10%). Het uitgangspunt van vervanging van gascentrales lijkt daarmee een redelijke aanname.

De emissiereductie door sluiting van kolencentrales is op Nederlands grondgebied juist hoger dan op Europees niveau. Omdat de helft van de weggevallen productie wordt geïmporteerd, neemt de uitstoot in het buitenland juist toe. Hierdoor is de kosteneffectiviteit op Europees niveau juist lager dan op nationaal niveau.

1.6 Leeswijzer

De opzet van deze rapportage is als volgt:

- Om het meest kosteneffectieve pakket maatregelen te bepalen, moet eerst in kaart worden gebracht wat de resterende opgave is om de 25% reductie te realiseren. In Hoofdstuk 2 bepalen we daarom de vereiste emissiereductie aanvullend op de reductie van de maatregelen die zijn aangekondigd in de kabinetsreactie op de IBO-rapportage.
- Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van het meest kosteneffectieve pakket maatregelen om te voldoen aan de resterende opgave. Het gaat zowel om nationale kosten als de kosten per huishouden.
- In Hoofdstuk 4 geven we tenslotte de conclusie weer.

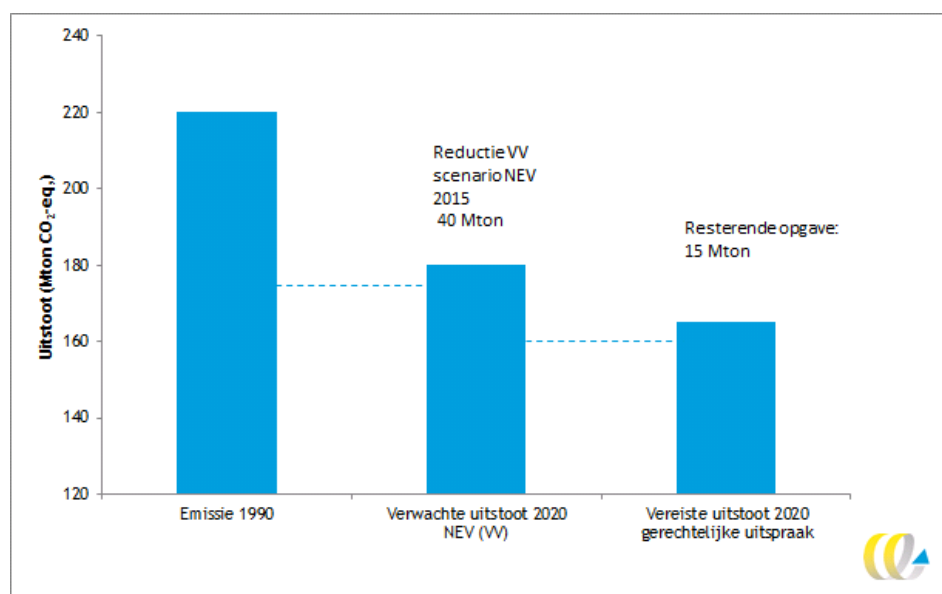


2 De resterende opgave

2.1 Gerechtelijke uitspraak

Om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak, mag op Nederlands grondgebied in 2020 maximaal 165 Mton worden uitgestoten. Dit is gelijk aan een reductie van 25% ten opzichte van de uitstoot in 1990. De reductie door voorgenomen en vastgesteld beleid in de NEV 2015, is niet voldoende om deze doelstelling te realiseren. Aanvullende maatregelen, die zo'n 15 Mton reduceren op Nederlands grondgebied, zijn noodzakelijk om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak.⁸

Figuur 4 Benodigde extra emissiereductie in 2020 om Urgendadoel te halen (Mton)



Bron: (PBL en ECN, 2015a).

2.2 Maatregelen kabinetsreactie

Om de aanvullende reductie te realiseren, is een aantal maatregelen genoemd in de kabinetsreactie op het IBO-rapport. Deze maatregelen zijn deels geconcretiseerd en gekwantificeerd in termen van emissiereductie. Zo'n 6,5 Mton moet namelijk worden gereduceerd door maatregelen uit het intensiveringspakket van het Energieakkoord. Daarnaast wordt 2 tot 5 Mton reductie voorzien door het sluiten van kolencentrales uit de jaren '90 en een pilotproject voor de opvang van CO₂ uit kolencentrales (CCS ROAD, 1,2 Mton). Ook zijn aanvullende maatregelen voorgenomen in de sectoren vervoer, landbouw en gebouwde omgeving. Deze maatregelen zijn echter nog niet geconcretiseerd in de kabinetsreactie.

⁸ Dit is namelijk het verschil tussen de verwachte uitstoot van 180 Mton in 2020 en de gerechtelijk doelstelling van 165 Mton.

Tabel 2 Maatregelen kabinetsreactie

| Maatregel | Emissiereductie (Mton) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Intensiveringsmaatregelen voor het realiseren van de doelen van het Energieakkoord (aanvullend ten opzichte van VV-scenario in de NEV 2015) | 6,5 |
| Sluiten jaren '90 kolencentrales | 2-5 |
| CCS (ROAD) | 1,2 |
| Aanvullende maatregelen vervoer, landbouw en gebouwde omgeving | n.b.* |
| Totale reductie (afgerond) | 10-13** |

* Niet bepaald in kabinetsreactie.

** Plus reductie aanvullende maatregelen.

2.3 Resterende opgave

De reductie in de kabinetsreactie telt op tot zo'n 10 tot 13 Mton. Dit zou inhouden dat de resterende opgave 2 tot 5 Mton bedraagt om de doelstelling van 25% te realiseren. Wij verwachten echter dat de opgave in de kabinetsreactie te hoog is, omdat de intensiveringsmaatregelen (Tabel 2) naar verwachting geen 6,5 Mton reductie realiseren. De doorrekening van het intensiveringspakket (ECN, 2016) laat namelijk zien dat de geïnstrumenteerde afspraken⁹ resulteren in zo'n 16 PJ energiebesparing en ruim 8 PJ extra duurzame opwekking. De bijbehorende CO₂-reductie op Nederlands grondgebied bedraagt daarmee naar schatting zo'n 1,6 Mton.

Tabel 3 Effecten intensiveringspakket

| | Productie/ Besparing (PJ)* | CO ₂ -reductie op Nederlands grond- gebied (Mton)** |
|-------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ISDE-subsidieregeling | 6,2 | 0,4 |
| Offensief lokale energie inclusief postcoderoos | 0,2 | 0,01 |
| Subsidie sportaccomodaties | 0,2 | 0,01 |
| Innovatie mono-mestvergisting | 0,5 | 0,1 |
| Regionale energiestrategie VNG | 1 | 0,07 |
| Revolverend projectbureau | 0,2 | 0,01 |
| Energiebesparing gebouwde omgeving | 10 | 0,6 |
| Industrie | 2 | 0,2 |
| Mobiliteit | 3,5 | 0,3 |
| Totaal | 24 | 1,6 |

* Resultaten ECN (2016).

** Eigen berekening op basis van emissiekengetallen Rijksoverheid (2016).

Als wordt uitgegaan van de bovengenoemde, op ECN gebaseerde doorrekening van de geïnstrumenteerde afspraken in het intensiveringspakket, dan tellen de maatregelen uit de kabinetsreactie op tot 5 tot 8 Mton emissiereductie in

⁹ In ECN (2016) is een onderscheid gemaakt tussen geïnstrumenteerde afspraken en aanvullende ambities. Bij geïnstrumenteerde afspraken gaat het om concrete maatregelen, terwijl de aanvullende ambities niet of nog onvoldoende zijn onderbouwd met concrete maatregelen.



2020. Dit betekent dat een extra reductie van 7 tot 10 Mton noodzakelijk is om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak.

Tabel 4 Berekening resterende opgave om de Urgendadoelstelling van 25% CO₂-reductie in 2020 te realiseren (Mton)

| Maatregel | Emissiereductie (Mton) |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Intensiveringsmaatregelen voor het realiseren van de doelen van het Energieakkoord | 1,6 |
| Sluiten jaren '90 kolencentrales | 2-5 |
| CCS (ROAD) | 1,2 |
| Aanvullende maatregelen vervoer, landbouw en gebouwde omgeving | Onbekend |
| Totale reductie (afgerond) | 5-8 |
| Benodigde reductie | 15 |
| Resterende opgave (afgerond) | 7-10 |

2.4 Conclusie

Om in 2020 de reductiedoelstelling van 25% reductie ten opzichte van 1990 te realiseren, zijn aanvullende inspanningen noodzakelijk. De concrete maatregelen in de kabinetsreactie leveren een significante reductie op van 5 tot 8 Mton, maar tellen niet op tot 15 Mton. In het volgende hoofdstuk presenteren we de potentiële maatregelen om de resterende opgave te van 7 tot 10 Mton realiseren.



3 Meest kosteneffectieve pakket maatregelen

3.1 Inleiding

Op basis van literatuuronderzoek, eigen expertise en interviews hebben we een overzicht gemaakt van de mogelijke maatregelen die voor 2020 realiseerbaar zijn. Door de maatregelen te rangschikken in oplopende kosten, laten we in dit hoofdstuk zien hoe de resterende opgave met het goedkoopste pakket aan maatregelen gerealiseerd kan worden.

3.2 Reductiepotentieel per sector

Om het potentieel te bepalen, hebben we per sector een inschatting gemaakt van de mogelijke maatregelen voor 2020. Het reductiepotentieel per sector is weergegeven in Tabel 5.

In alle sectoren gezamenlijk kan in totaal zo'n 27 Mton reductie gerealiseerd worden voor 2020. Dit is het maximale potentieel voor alle sectoren bij elkaar. Het grootste potentieel is aanwezig in de sector energie, gevolgd door mobiliteit. In de sectoren industrie, landbouw en overige broeikasgassen en de gebouwde omgeving is het additionele reductiepotentieel relatief beperkter.

Tabel 5 Reductiepotentieel

| Sector | Reductiepotentieel (Mton) | Belangrijkste maatregelen |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energie | 14,5 | Sluiten nieuwe kolencentrales, pilotplant kolen CCS (ROAD) ¹⁰ , wind op zee, grootschalig zon, ombouw Amer 8 centrale |
| Mobiliteit | 6 | Kilometerprijs personenauto's, verlaging maximumsnelheid |
| Industrie | 2,5 | CCS industrie en energiebesparing |
| Gebouwde omgeving | 2 | Kleinschalige zon-PV |
| Landbouw en OBG | 2 | Mestvergisting |
| Totaal (afgerond) | 27 | |

Het potentieel van 27 Mton is het maximaal haalbare potentieel als alles op alles wordt gezet. Veel van de projecten hebben een doorlooptijd van meer dan drie jaar, waardoor op korte termijn beslist moet worden om de reductie in 2020 te realiseren. Dit geldt bijvoorbeeld voor een additioneel windpark,

¹⁰ Het betreft hier de pilotplant CCS ROAD. Grootschalige toepassing van CCS in Nederlandse kolencentrales achten wij nog niet mogelijk voor 2020. Toepassing hiervan zal naar verwachting rond 2025 pas haalbaar zijn. Een belangrijke kanttekening bij grootschalige kolen CCS is dat opslag waarschijnlijk een negatieve impact heeft op de flexibiliteit van kolencentrales, terwijl meer eisen worden gesteld aan de flexibiliteit bij een toenemend aandeel wind en zon. De vraag is daarom of de marginale kosten van kolencentrales (inclusief CCS) laag genoeg blijven om concurrerend te zijn met andere opties.



CCS industrie en de ombouw van de Amer 8 centrale. Een detaillering van de maatregelen per sector en het reductiepotentieel is weergegeven in Bijlage A tot en met Bijlage E.

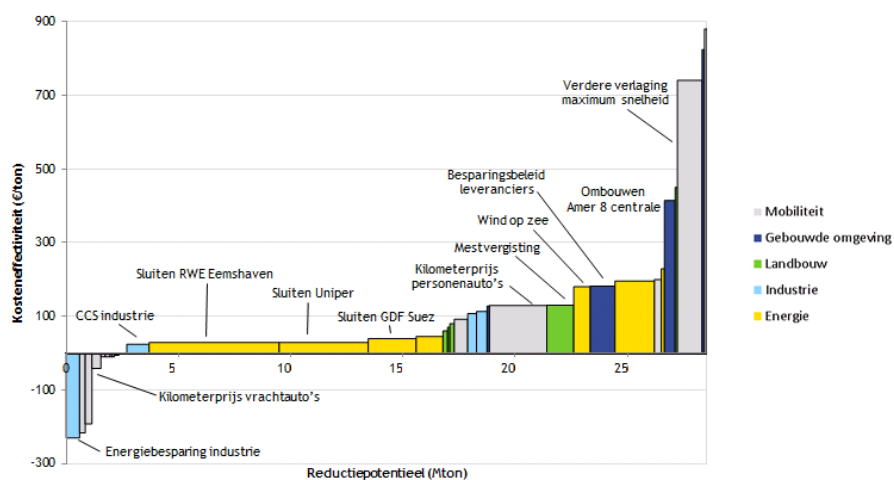
Het maatregelenpakket bevat ook de sluiting van de nieuwe kolencentrales. Als deze centrales sluiten, wordt de maatregel CCS ROAD (genoemd in de kabinetsreactie) overbodig. De centrales stoten immers geen CO₂ meer uit om op te slaan. Alhoewel CCS ROAD al is opgenomen als maatregel in de kabinetsreactie, hebben we deze toch opgenomen in de kostencurve. Op deze manier kunnen sluiting van kolencentrales en opslag worden vergeleken op basis van kosteneffectiviteit.

Dit impliceert dat de resterende opgave, zoals berekend in Hoofdstuk 3, stijgt met 1,2 Mton (het reductiepotentieel van CCS ROAD). CCS ROAD beschouwen we immers als maatregel in de kostencurve en kan daarom niet tweemaal als reductie worden ingeboekt. De benodigde additionele reductie stijgt hierdoor van 7 tot 10 Mton naar 8,2 tot 11,2 Mton.

3.3 Kostencurve nationaal perspectief

De kostencurve, vanuit een nationaal perspectief, is weergegeven in Figuur 5. Op de X-as is het cumulatieve reductiepotentieel weergegeven; de Y-as geeft de kosten van de maatregelen weer uitgedrukt in euro's per ton.

Figuur 5 Kostencurve nationaal perspectief *, **



* De kostencurve op de X-as telt op tot meer dan 27 Mton (totale reductiepotentieel Tabel 5). De reden is dat de pilotplant CCS kolen (ROAD) en sluiting van kolencentrales beide zijn opgenomen in de kostencurve, maar deels overlappende maatregelen zijn waardoor de CO₂-reductie niet bij elkaar kan worden opgeteld bij de potentieelbepaling. Hetzelfde geldt voor interferentie tussen verkeersmaatregelen. Hierdoor is het totaal op de X-as hoger dan het totale potentieel.

** Zoals beschreven in de inleiding gaat de kostencurve uit van emissies op Nederlands grondgebied. Hierdoor is de emissiereductie van sluiting van kolencentrales bijvoorbeeld groter dan vanuit Europees perspectief. Bij een emissiereductie vanuit Europees perspectief nemen de kosten van sluiting van kolencentrales per bespaarde ton CO₂ toe, maar niet dusdanig dat dit een significante invloed heeft op de rangschikking van de maatregelen.



Figuur 5 laat zien dat een kleine 3 Mton reductie gerealiseerd kan worden met maatregelen die niets kosten of zelfs geld opleveren. Het gaat vooral om de afgesproken 9 PJ energiebesparingsmaatregelen in de industrie (0,6 Mton), gedragsmaatregelen in het verkeer (1,8 Mton) en maatregelen in de landbouwsector en overige broeikasgassen (0,3 Mton). In totaal kan daarom een deel van de resterende opgave worden ingevuld zonder dat dit tot additionele kosten leidt vanuit nationaal perspectief.

De overige maatregelen leiden wel tot kosten. Van de maatregelen die geld kosten, zijn CCS in de industrie (€ 24/ton) en het sluiten van de kolencentrales (€ 29/ton) relatief de goedkoopste maatregelen. Duurdere maatregelen in de curve zijn verplichte (mono)mestvergisting (rond de € 130 per ton) en hernieuwbare energiemaatregelen zoals wind op zee, zon-PV en ombouw van de Amer 8 centrale. De duurste maatregelen in de curve zijn een verplichting tot klimaatneutraal nieuwbouwwoningen en een kilometerprijs voor bestelauto's. De kosten van deze maatregelen liggen tussen de € 800 en € 900 per ton bespaarde CO₂-uitstoot.

De grafiek laat verder zien dat, uitgaande van het meest kosteneffectieve pakket, de marginale maatregel om de resterende opgave van 8,2 Mton te realiseren, het sluiten is van of de Uniper centrale (MPP3) of de RWE Eemshaven centrale. De kosteneffectiviteit van sluiting van beide centrales ligt in dezelfde ordegrootte.¹¹ De kosten voor de sluiting van de derde nieuwe kolencentrale (GDF SUEZ) zijn hoger verondersteld per ton vermeden CO₂-emissie (rond de € 39 per ton), omdat we hebben aangenomen dat in deze centrale relatief meer bijstook plaatsvindt in 2020 waardoor de bespaarde CO₂-uitstoot lager is dan de andere twee centrales. Een nadere onderbouwing van de door ons berekende kosten voor de sluiting van de kolencentrales is weergegeven in Bijlage B.

Het pakket impliceert dat, afhankelijk van het aantal centrales dat wordt gesloten, een alternatief noodzakelijk is voor de 25 PJ biomassa die maximaal meegestookt kan worden. Dit kan mogelijk deels door extra biomassa bij te stoken in centrales die open blijven. Volledige vervanging van meestook is mogelijk met een aanvullend pakket met windenergie op zee (700 MW), grootschalige zon (560 MW), biostoom (7,5 PJ) en biomassa voor stadsverwarming (5 PJ). Een eerdere studie heeft laten zien dat het alternatieve pakket tegen lagere kosten gerealiseerd kan worden, zie CE Delft (2016). Daar komt bij dat dit pakket additionele emissiereductie met zich meebrengt van 1,7 Mton op Nederlands grondgebied (als de kolencentrales worden gesloten). Hierdoor verbetert de kosteneffectiviteit van sluiting van de kolencentrales.

Bij de interpretatie van de grafiek gelden belangrijke kanttekeningen: ten eerste is het belangrijk om op te merken dat er sprake kan zijn van een onderlinge wisselwerking tussen maatregelen. Hierdoor kan keuze van één maatregel consequenties hebben voor de kosten en effecten van andere maatregelen. Zo is de CO₂-reductie van sluiting van kolencentrales afhankelijk van de hoeveelheid biomassa die wordt meegestookt.¹² Bij sluiting van één of

¹¹ De absolute kosten voor sluiting van de RWE Eemshaven zijn echter groter, maar hier staat tegenover dat meer CO₂ wordt gereduceerd. Per ton bespaarde CO₂-uitstoot zijn de kosten van sluiting van beide centrales ongeveer gelijk.

¹² Een andere wisselwerking geldt tussen het sluiten van kolencentrales en CCS ROAD. Als de centrales worden gesloten, is CCS ROAD geen potentiële maatregel meer in de curve. Omdat CCS ROAD een maatregel is die niet behoort tot het meest kosteneffectieve pakket om de



twee van de drie nieuwe kolencentrales, wordt mogelijk meer biomassa meegestookt in de andere twee centrales, waardoor de CO₂-uitstoot van de openblijvende centrale(s) afneemt. Deze onderlinge wisselwerking zorgt ervoor dat de waarden in de curve niet als absoluut beschouwd moeten worden.

Ten tweede is het belangrijk om te vermelden dat de gepresenteerde cijfers relatief onzeker zijn. Zo zijn de kosten van sluiting sterk afhankelijk van aannames over de ontwikkeling van de elektriciteits-, kolen en CO₂-prijzen. Een gevoeligheidsanalyse is daarom gepresenteerd in Bijlage B. Als bijvoorbeeld wordt uitgegaan van forwardprijzen in plaats van de waarden uit de nationale energieverkenning, dan dalen de kosten naar € 20 tot € 27 per ton. Daarbij is bij de bepaling van de kosten ook geen rekening gehouden met het feit dat kolencentrales in de toekomst waarschijnlijk minder draaiuren zullen maken door een toenemend aandeel flexibele bronnen in de energievoorziening. Ook hierdoor kunnen de kosten lager uitpakken.

Ook voor de overige maatregelen geldt dat aannames over de ontwikkeling van de energieprijzen, investeringskosten, onderhoudskosten, levensduur van de techniek en emissiefactoren (op Nederlands grondgebied) een belangrijke invloed op de resultaten hebben. De cijfers geven daarom een ordegrrootte weer en moeten niet als absoluut worden geïnterpreteerd. Ondanks deze onzekerheden lijkt het mogelijk om de resterende opgave te realiseren tegen per saldo nationale besparingen.

Als het meest kosteneffectieve pakket maatregelen wordt gerealiseerd om 8,2 Mton te realiseren, zijn de nationale kosten zo'n € 70 mln negatief en bedraagt de cumulatieve besparing een kleine 9,5 Mton. Met andere woorden: het is mogelijk om de resterende opgave te realiseren zonder dat er per saldo kosten tegenover staan.¹³

De bovenbandbreedte van de resterende opgave bedraagt 11,2 Mton. Om deze reductie te bewerkstelligen, moeten zowel de Uniper centrale (MPP3) als de RWE Eemshaven worden gesloten om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak. In dat geval bedraagt de CO₂-reductie van het totale pakket een kleine 13,5 Mton bij nationale kosten van per saldo kleiner dan € 40 mln.

Belangrijk om hierbij te vermelden is dat in de nationale kostenbenadering de weerstandskosten niet zijn opgenomen. De weerstandskosten zijn de kosten die marktpartijen of de overheid moeten maken om de gebruikers of eigenaren er toe aan te zetten besparingsmaatregelen daadwerkelijk te treffen. Vooral voor de industrie is bekend dat deze weerstandskosten relatief hoog zijn.

doelstelling te realiseren, levert deze interactie geen problemen op voor de selectie van het pakket.

¹³ De totale kosten worden gevormd door de oppervlakte onder de grafiek.



Tabel 6 Meest kosteneffectief pakket maatregelen voor realiseren resterende opgave

| Sector | Maatregel | Kosten in euro per ton bespaarde CO ₂ -eq. | Reductie-potentieel (Mton) | Jaarlijkse kosten (€ mln) |
|--------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Industrie | Energiebesparing industrie (9 PJ) | -230 | 0,6 | -140 |
| Verkeer en vervoer | Verlagen onbelaste kilometer-vergoeding | -217 | 0,3 | -51 |
| | Efficiëntieverbetering vracht-auto's | -192 | 0,3 | -61 |
| | Kilometerprijs vrachtauto's | -42 | 0,4 | -19 |
| | Eco-routing | -6 | 0,2 | -1 |
| | Het Nieuwe Rijden | -10 | 0,2 | <0 |
| | Verkeerslichtenregelingen | -10 | 0,2 | <0 |
| | Thuiswerken | -10 | 0,1 | <0 |
| | Vergaderen op afstand | -10 | 0,1 | <0 |
| Landbouw/OBG | Levensduurverlenging melkvee | 0 | 0,1 | <0 |
| | Vermindering N ₂ O Caprolactamproductie | 1 | 0,3 | 0,2 |
| Industrie | CCS industrie | 24 | 1,0 | 24 |
| Energiesector | Sluiten RWE Eemshaven | 29 | 5,8 | 170 |
| | Sluiten Uniper (MPP3) | 29 | 4,0 | 115 |
| Totaal | | | 13,5 | <40 |

3.4 Pakket maatregelen exclusief sluiting kolencentrales

In de kabinetsreactie op de IBO-rapportage is aangegeven dat sluiting van de nieuwe kolencentrales niet aan de orde is. Dit houdt in dat duurdere maatregelen in de kostencurve noodzakelijk zijn om de resterende opgave te realiseren. Om een vergelijkbare emissiereductie te realiseren als met de sluiting van één kolencentrale, zijn de volgende extra maatregelen noodzakelijk:

- CCS ROAD;
- reductie WKK slip gasmotoren;
- toepassing nitrificatieremmers;
- rantsoenaanpassing melkvee;
- 10% biobrandstoffen;
- biomassa stadsverwarming;
- biostoom in de industrie;
- koopwoningen bij overdracht van G en F naar E;
- kilometerprijs personenauto's.

Met dit pakket maatregelen wordt een vergelijkbare hoeveelheid CO₂ gereduceerd als de sluiting van één kolencentrale. De nationale kosten van dit pakket maatregelen zijn zo'n € 400 mln hoger.

Om de bovengrens van de resterende opgave te realiseren (11,2 Mton), zijn naast de bovengenoemde maatregelen, verplichte monovergisting van mest en een extra windpark op zee de meest kosteneffectieve alternatieve maatregelen. De nationale kosten van dit pakket zijn ongeveer € 600 mln hoger dan kosten van het meest kosteneffectieve pakket (met sluiting twee kolencentrales).

3.5 Kosten per huishouden

De kosten van het alternatieve pakket zullen in eerste instantie voor een deel neerslaan bij consumenten (bijvoorbeeld bij de overdracht van een koopwoning, kilometerbeprijzing, opslag energierekening voor vergoeden biostoom, en hogere prijs aan de pomp voor biobrandstoffen), een deel bij agrarische ondernemers (rantsoenaanpassing melkvee), een deel bij de overheid (subsidiering maatregelen) en een deel bij de industrie. De kosten voor de overheid, agrarische ondernemers en de industrie kunnen in tweede instantie alsnog neerslaan bij huishoudens als deze kosten worden doorberekend in de vorm van belastingen of productprijzen.

Omdat de financiële uitwerking van een aantal maatregelen ontbreekt, is het slechts mogelijk om een grove raming te maken van de meerkosten per huishouden voor het alternatieve pakket maatregelen. De kostenraming per huishouden is gebaseerd op de eindgebruikerskosten benadering (zie Bijlage A t/m Bijlage F voor de uitwerking van deze kosten):

- Voor de maatregelen die SDE+ ontvangen is, op basis van het rekenmodel van het ministerie van Economische Zaken, de vuistregel gehanteerd dat iedere € 100 mln aan extra uitgaven resulteert in een jaarlijkse opslag van € 9,3 op de rekening per huishouden (Algemene Rekenkamer, 2015).
- Voor de overige maatregelen is aangenomen dat de kosten volledig voor rekening komen voor huishoudens (7,6 miljoen huishoudens). Hiermee veronderstellen we dat de eindgebruikerskosten, bijvoorbeeld voor sluiting van de kolencentrales, rechtstreeks worden doorbelast aan huishoudens door hogere productprijzen, of dat de overheid de kosten vergoedt en deze in de vorm van hogere belasting doorberekent aan huishoudens.
- Daarnaast worden huishoudens geconfronteerd met een hogere rekening voor stroom, omdat de elektriciteitsopwekking bij sluiting van kolencentrales in Nederland duurder wordt. In ECN (2015a) is een stijging van de gemiddelde elektriciteitsprijs van 0,3 cent per kWh berekend. Bij een gemiddelde elektriciteitsverbruik van 3100 kWh per huishouden, bedragen de jaarlijkse kosten € 9 per huishouden. Dit is waarschijnlijk een conservatieve inschatting, omdat in ECN (2015a) de impact is berekend voor de sluiting van 5 centrales. De impact op de elektriciteitsprijs bij sluiting van één tot twee centrales is naar verwachting kleiner.

Bij deze veronderstelling bedragen de jaarlijkse meerkosten van het alternatieve pakket per huishouden zo'n € 50 (sluiting één kolentrale) tot € 80 per jaar (bovenbandbreedte resterende opgave en sluiting twee kolencentrales).

Tabel 7 Jaarlijkse kosten per huishouden

| Maatregel | Jaarlijkse eindgebruikerskosten (€ mln) | Jaarlijkse kosten per huishouden (€) |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Sluiten kolencentrales</i> | | |
| Sluiten RWE Eemshaven | 110 | 14 |
| Sluiten Uniper (MPP3) | 70 | 9 |
| Kosten door stijging electriciteitsprijs | 70 | 9 |
| Totaal | 250 | 32 |
| <i>Alternatief pakket</i> | | |
| CCS ROAD | 78 | 10 |
| Reductie WKK slip | 12 | 2 |
| Nitrificatieremmers | 7 | 1 |



| Maatregel | Jaarlijkse eindgebruikerskosten (€ mln) | Jaarlijkse kosten per huishouden (€) |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Rantsoenaanpassing melkvee | 16 | 2 |
| 10% biobrandstoffen | 53 | 7 |
| Biomassa stadsverwarming | 75 | 7 |
| Biostoom | 83 | 8 |
| Koopwoningen bij overdracht van G en F naar E | -2 | 0 |
| Kilometerprijs personenauto's | 286 | 38 |
| Mestvergisting | 156 | 15 |
| Wind op zee | 250 | 23 |
| Totaal | 1.020 | 112 |
| Verschil pakketten | 770 | 80 |

* Voor een vergelijkbare reductie als de sluiting van één kolencentrale zijn de maatregelen CCS ROAD tot en met de kilometerprijs de meest kosteneffectieve alternatieve maatregelen. De kosten van dit pakket bedragen zo'n € 75. Het verschil met sluiting van de RWE Eemshaven bedraagt zo'n € 50 per huishouden per jaar.

3.1 Overige impacts

Zoals omschreven in de methodiek, gaat de milieukostenmethodiek alleen uit van de directe kosten voor de actoren die de maatregelen treffen. Vanuit een breder maatschappelijk perspectief zijn er additionele kosten en baten. Zo geldt voor veel van de maatregelen dat er naast CO₂-emissies ook een reductie van luchtverontreinigende emissies optreedt (SO₂, NO_x, fijnstof, VOS). Ook kunnen de maatregelen invloed hebben op werkgelegenheid, landschap, voorzieningszekerheid, etc.

4 Conclusie

In deze studie is onderzocht wat de resterende opgave is voor de gerechtelijke uitspraak en wat het meest kosteneffectieve pakket aan maatregelen is om hieraan te voldoen.

De belangrijkste conclusies zijn:

Van de reductieopgave van 15 Mton moet nog 7 tot 10 Mton worden ingevuld met concrete maatregelen

De CO₂-reductie die kan worden toegeschreven aan CCS ROAD, het sluiten van de jaren '90 centrales en maatregelen in het intensiveringspakket bedraagt zo'n 5 tot 8 Mton. Dit betekent dat de resterende opgave om te voldoen aan de gerechtelijke uitspraak zo'n 7 tot 10 Mton bedraagt.

Met het meest kosteneffectief pakket kan het Urgendoel worden bereikt zonder dat er per saldo maatschappelijke kosten tegenover staan

Om de resterende opgave te realiseren is er nog een relatief groot potentieel aan goedkope reductiemaatregelen. Het gaat vooral om energiebesparingsmaatregelen in de sectoren industrie, mobiliteit en maatregelen in de landbouw en overige broeikasgassen. Het pakket kan worden gerealiseerd zonder dat er per saldo nationale kosten tegenover staan. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat in de nationale kostenbenadering de weerstandskosten niet zijn opgenomen, terwijl bekend is dat deze vooral voor de industrie relatief hoog zijn.

Kosteneffectief reductiepotentieel is alleen haalbaar bij maximale inzet op korte termijn en bij vergaande prikkels

Om het meest kosteneffectieve pakket maatregelen te realiseren, moeten alle zeilen worden bijgezet. Het pakket bevat een aantal maatregelen met een doorlooptijd van 3 tot 4 jaar, zoals CCS industrie. Er moet daarom op korte termijn worden gestart met de implementatie.

CCS industrie en sluiting van één tot twee nieuwe kolencentrales behoren tot het meest kosteneffectieve pakket maatregelen om de resterende opgave te realiseren

Als alle kosteneffectieve maatregelen zijn gerealiseerd, zijn CCS industrie en sluiting van de nieuwe kolencentrales de goedkoopste maatregelen (van de maatregelen die geld kosten) om de resterende opgave te realiseren.

Hogere kosten pakket maatregelen exclusief sluiting nieuwe kolencentrales

Het pakket bevat de sluiting van één of twee nieuwe kolencentrales, afhankelijk van de bandbreedte van de resterende opgave. In de kabinetsreactie op de IBO-rapportage is echter aangegeven dat sluiting van de nieuwe kolencentrales niet aan de orde is. Dit houdt in dat duurdere maatregelen in de kostencurve noodzakelijk zijn om de resterende opgave te realiseren. De nationale kosten zijn zo'n € 400 mln tot € 600 mln per jaar hoger. Bij de veronderstelling dat de kosten volledig worden doorbelast aan huishoudens, bedragen de jaarlijkse meerkosten per huishouden grofweg zo'n



€ 50 tot € 80 per jaar. De jaarlijkse kosten per huishouden voor sluiting van kolencentrales bedragen naar schatting ruim € 30 per huishouden per jaar.

Alleen klimaatwinst op Nederlands grondgebied bepaald

Uitgangspunt van deze studie is het realiseren van de gerechtelijke doelstelling van 25% reductie in 2020. Het gaat alleen om emissies op Nederlands grondgebied. Bij sluiting van de kolencentrales is de CO₂-reductie voor een deel te danken aan de import van stroom. Hierdoor wordt de uitstoot op Nederlands grondgebied weliswaar gereduceerd, maar kan dit gedeeltelijk teniet worden gedaan door toegenomen uitstoot in het buitenland. De netto klimaatwinst is in deze studie niet onderzocht.



5 Bibliografie

Algemene Rekenkamer, 2015. *Beantwoording van Kamervragen Vaste Kamercommissie EZ met betrekking tot SDE+ en ODE+, 12 mei 2015*, Den Haag: Algemene Rekenkamer.

CE Delft; ECN ; TNO, 2014. *CO2-reductie door gedragsverandering in de verkeerssector*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2010. *Opties voor Schoon & Zuinig verkeer*, delft: CE Delft.

CE Delft, 2011. *Nuclear energy : the difference between costs and prices*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2012. *Marginal abatement cost curves for Heavy Duty Vehicles - Background report*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016. *Alternatieven voor meestook biomassa in kolencentrales. Quick scan van de subsidies en overige effecten van alternatieve maatregelen voor het Energieakkoord*, Delft: CE Delft.

Compendium voor de leefomgeving, 2015. *Emissie naar lucht, water en bodem*. [Online]

Available at:

<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/dossiers/nl0079-emissies-verkeer-naar-lucht.html?i=23-69>

[Geopend 2016].

CPB/PBL, 2015. *Maatschappelijke Kosten en Baten Prijsbeleid Personenauto's, notitie*, Den Haag: CPB/PBL.

EBN/Gasunie Advies, 2010. *Co2 transport - en opslagstrategie*, Utrecht: EBN/Gasunie.

ECN ; PBL, 2014. *EU-doelen klimaat en energie 2030 : Impact op Nederland*, Petten: ECN.

ECN ; PBL, 2016. *Kostenefficiëntie van beleidsmaatregelen ter vermindering van broeikasgasemissies : Bijlage bij het IBO kostenefficiëntie CO2-reductie maatregelen*, Petten: ECN.

ECN, 2007. *Fact Finding Kernenergie T.B.V. de SER-Commissie Toekomstige Energievoorziening*, Petten: ECN.

ECN, 2013a. *CO2-emissies en primair fossiel energiegebruik van elektriciteit in Nederland- aanvulling 2020, 2025 en 2030*, Petten: ECN.

ECN, 2013b. *De mogelijke aanscherping van vijf eisen in het Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties*, Petten: ECN.

ECN, 2015a. *Effecten van het vervroegd sluiten van de Nederlandse kolencentrales*, Petten: ECN.



ECN, 2015b. *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016*, Petten: ECN.

ECN, 2016. *Beoordeling intensiveringspakket Energieakkoord*, Amsterdam: ECN, Policy Studies.

IEA/NEA, 2010. *Projected costs of Generating Electricity 2010 Edition*, Paris: International Energy Agency, Nuclear Agency organisation for economic co-operation and development (IEA/NEA).

PBL en ECN, 2015a. *Quick scan mogelijke aanvullende maatregelen emissiereductie 2020 ten behoeve van Urgenda Klimaatzaak*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL en ECN, 2015b. *Nationale Energie Verkenning 2015*, Petten: ECN/Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Rijksoverheid, 2012. *Parlementair onderzoek Kosten en effecten klimaat- en energiebeleid, Vergaderjaar 2012-2013, kamerstuknr. 33 193*, Den Haag: Tweede kamer der Staten-Generaal.

Rijksoverheid, 2015. *Kabinetsaanpak Klimaatbeleid op weg naar 2020 ; Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu d.d. 1 september 2015, kamerstuk nr. 32 813, nr. 103*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten Generaal.

Rijksoverheid, 2016. *IBO Kostenefficiëntie CO2-reductiemaatregelen*, Den Haag: Ministerie van Financiën, Inspectie Rijksfinanciën, Bureau Strategische Analyse.

Rijksoverheid, 2016. *Kabinetsaanpak Klimaatbeleid op weg naar 2020 : brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu en de minister van Economische Zaken, 9 april 2016*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten-Generaal.

Rijkswaterstaat, 2011. *Onderzoek invoering verhoging maximumsnelheid naar 130 km/h*, Den Haag: Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat, 2015-. *Klimaatmonitor*. [Online]

Available at:

https://klimaatmonitor.databank.nl/jive/jivereportcontents.ashx?report=home&inp_geo=gemeente_307

[Geopend 2016].

SEO ; ECN, 2012. *Kosten en baten van CO2-emissiereductie maatregelen*, Petten: ECN.

VROM, 1994. *Kosten en baten in het milieubeleid. Definities en berekeningsmethoden. Achtergrond document VROM, Publicatierreeks Milieubeheer*, Den Haag: VROM.

Bijlage A Energiesector

A.1 Potentieel tot 2020

In deze bijlage beschrijven we de kosteneffectiviteit van maatregelen in de energiesector exclusief sluiting van de kolencentrales. De kosten en effecten van sluiting van de kolencentrales zijn in Bijlage B beschreven.

De maatregelen die wij voor 2020 denkbaar achten in de energiesector zijn beschreven door CE Delft (CE Delft, 2016). Het gaat om een extra opschaling van grootschalige zon-PV met zo'n 560 MW, een extra windpark van 700 MW en de ombouw van de Amer 8 kolencentrale naar een biomassa-centrale. Een extra windpark op zee in 2020 is mogelijk door het naar voren halen van de geplande vergunningverlening in 2017 (met drie maanden) en het vereisen van een kortere opleveringstermijn (3 jaar en 9 maanden in plaats van 4 jaar). Meer grootschalige zon-PV is haalbaar als er meer SDE+-middelen ter beschikking worden gesteld; de ombouw van de Amer 8 centrale naar een biomassa-centrale achten wij ook haalbaar voor 2020.

CO₂-reductiepotentieel

Alle maatregelen leiden tot CO₂-reductie omdat elektriciteitsproductie op basis van fossiele bronnen vervangen. Daarnaast zal de Amer 8 centrale duurzame energie in de warmtemarkt verschaffen. Voor de bepaling van het CO₂-reductiepotentieel op Nederlands grondgebied sluiten we aan bij de emissiefactoren zoals gehanteerd in ECN en PBL (ECN ; PBL, 2016). In deze studie op basis van modelberekeningen aangenomen dat zo'n 40% van de hernieuwbare energie opwekking import van elektriciteit vervangt, en dat 60% de binnenlandse productie door gascentrales vervangt. De emissiereductie op Nederlands grondgebied bedraagt hiermee 0,25 kg per kWh. De CO₂-reductie komt hiermee uit op 2,6 Mton. Het reductiepotentieel, en daarmee ook de kosteneffectiviteit van de maatregelen, is sterk afhankelijk van de aannames over de emissiereductie op Nederlands grondgebied. Stel bijvoorbeeld dat wordt uitgegaan van de emissiefactor voor 2020 uit de referentiepark-benadering van 0,64 kWh (ECN, 2013a), dan neemt het reductiepotentieel met een factor 2,5 toe.

Tabel 8 Vermogen, productie en CO₂-reductiepotentieel

| | Vermogen | Elektriciteitsproductie (GWh) | Warmteproductie (GWh) | CO ₂ -reductie |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Wind op zee | 700 | 2.940 | - | 0,7 |
| Grootschalige Zon-PV | 560 | 532 | - | 0,1 |
| Ombouwen Amer 8 kolencentrale | 645 | 5.000 | 1.944 | 1,8 |
| Totaal (afgerond) | | | | 2,6 |



Kosteneffectiviteit

De kosten zijn geraamd op nationaal perspectief en eindgebruikersperspectief. Uitgangspunt van de kostenraming zijn de financiële parameters voor de SDE+-subsidies. Voor het eindgebruikersperspectief is aangenomen dat de kosten in 2020 gelijk zijn aan het subsidiebedrag dat jaarlijks moet worden verstrekt. De kosten voor de eindgebruiker bestaan uit een opslag op de elektriciteitsrekening. Voor windenergie op zee zijn de kosten van aansluiting op het net opgeteld bij de SDE+-subsidies, omdat netaansluitingskosten niet worden vergoed door de SDE+-subsidies.

De SDE+ vergoedt het verschil tussen de kostprijs van grijze energie en die van duurzame energie. De kostprijs voor de productie van groene energie is vastgelegd in het basisbedrag voor de technologie. De opbrengst van de (grijze) energie is vastgelegd in het correctiebedrag. De SDE+-vergoeding is gelijk aan het basisbedrag minus het correctiebedrag. Het correctiebedrag wordt jaarlijks vastgesteld aan de hand van marktprijzen van energie. In de berekening vanuit eindgebruikersperspectief is gerekend met het basisbedrag en voorlopige correctiebedrag zoals vastgesteld in het eindadvies voor het jaar 2016.

De aanname is dat het verschil in basisbedrag en correctiebedrag representatief is voor de kosten voor de eindgebruiker. Mogelijk kunnen de jaarlijkse kosten echter afwijken, omdat de elektriciteitsprijs (en dus het correctiebedrag) de komende jaren stijgt of daalt. Daarnaast kunnen de jaarlijkse kosten voor wind op zee en zon lager uitpakken dan de jaarlijks verstrekte SDE+-subsidie, omdat de (technische) levensduur van de technieken mogelijk groter is dan de periode (15 jaar) waarin subsidie wordt verstrekt. Na afloop van de 15 jaar is de investering terugverdiend, en kunnen eigenaren van de technieken additionele inkomsten genereren. Alhoewel het verstrekte subsidiebedrag een indicatie geeft van de eindgebruikerskosten, kunnen deze, afhankelijk van prijsontwikkelingen en levensduur van de technieken, in de praktijk anders uitpakken.

Vanuit nationaal perspectief zijn de kosten lager dan het benodigde SDE+-subsidiebedrag. De voorgeschreven discontovoet van 3% is immers lager dan het vereiste rendement die ondernemers verlangen.¹⁴ De kosten vanuit nationaal en eindgebruikersperspectief zijn weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Kosteneffectiviteit maatregelen energiesector

| | Jaarlijkse kosten nationaal (€ mln) | Jaarlijkse kosten eindgebruiker (€ mln) | Jaarlijkse CO ₂ -reductie (Mton) | Kosten-effectiviteit nationaal | Kosten-effectiviteit eindgebruiker (€/ton) |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| Wind op zee | 135 | 250 | 0,7 | 180 | 340 |
| Zonne-energie | 30 | 45 | 0,1 | 230 | 330 |
| Ombouwen Amer 8 centrale* | 350 | 460 | 1,8 | 200 | 260 |
| Totaal (afgerond) | 500 | 750 | 2,6 | 190 | 290 |

* Deze kosten zijn lager dan geraamd in CE Delft (2016), waarin is gerekend met SDE+-kosten van € 600 mln per jaar. Bij nadere bestudering van de cijfers schatten we in dat de ombouw van de Amer 8 kolencentrale tot een biomassacentrale goedkoper zou kunnen. De onzekerheidsmarge is echter groot.

¹⁴ Dit kan men vergelijken met een lening. Hoe lager het rentepercentage, hoe lager de jaarlijkse kosten om de lening terug te betalen.



De jaarlijkse kosten zijn geraamd op zo'n € 500 mln (nationaal perspectief) tot € 750 mln vanuit het perspectief van eindgebruikers. De kosteneffectiviteit varieert van zo'n € 180 per ton voor windenergie op zee (nationaal perspectief) tot € 340 per ton (eindgebruikersperspectief). Gemiddeld kosten maatregelen in de energiesector zo'n € 190 per ton (nationaal perspectief) tot € 290 per ton (eindgebruikersperspectief).



Bijlage B Sluiting kolencentrales

B.1 Kolencentrales in 2020

Het scenario vastgesteld en voorgenomen beleid van de NEV 2015 gaat ervan uit dat vijf kolencentrales in bedrijf zijn in 2020. Sluiting van de jaren '90 centrales is één van de genoemde maatregelen in de kabinetsreactie. Dit zijn Amer 9 in Noord-Brabant en de Hemweg 8 in Amsterdam. De drie nieuwe centrales zijn gelegen op de in de Eemshaven en de Maasvlakte (twee centrales).

Figuur 6 Locatie kolencentrales



Bron: CE Delft.

De drie nieuwe kolencentrales hebben een gezamenlijk vermogen van ruim 3.400 MW. Het grootste vermogen is de centrale in de Eemshaven, gevolgd door de MPP3; GDF Maasvlakte heeft relatief het kleinste vermogen.

Tabel 10 Vermogen per centrale (MW)

| Centrale | Elektrisch vermogen (MW) |
|----------------|--------------------------|
| GDF Maasvlakte | 780 |
| RWE-Eemshaven | 1.560 |
| MPP3 | 1.070 |
| Totaal | 3.410 |

B.2 Vervanging van bij- en meestook

In het Energieakkoord is afgesproken dat maximaal 25 PJ hernieuwbare energie wordt geproduceerd door bij/meestook van biomassa. Bij sluiting van (alle) kolencentrales moeten op een andere manier invulling worden gegeven aan de 25 PJ. Dit kan door een extra windpark op zee (700 MW), grootschalige zonne-energie (560 MW), biostoom (7,5 PJ) en biomassa voor standsverwarming (5 PJ). Met dit pakket is het mogelijk om 25 PJ te realiseren (CE Delft, 2016).

B.3 Reductiepotentieel

De sluiting van de kolencentrales resulteert volgens ECN (ECN, 2015a) naar verwachting in een CO₂-reductie van zo'n 15 Mton in 2020. De reductie wordt deels gerealiseerd doordat kolenstroom wordt vervangen door gas, en deels doordat extra stroom wordt geïmporteerd. Dit leidt tot lagere CO₂-emissies omdat:

- gas een lagere CO₂-emissiefactor heeft dan kolen;
- gascentrales een hoger rendement hebben dan kolencentrales, waardoor per eenheid opgewekte elektriciteit minder brandstof ingezet hoeft te worden;
- de CO₂-uitstoot van buitenlandse energiecentrales niet meetelt in de Nederlandse statistieken.

De berekening van de CO₂-reductie is weergegeven in Tabel 11. De bruto CO₂-reductie door het stopzetten van kolenstroom bedraagt naar verwachting 20 Mton (op Nederlands grondgebied). Hier staat 5 Mton extra uitstoot door gascentrales tegenover. Per saldo bedraagt de reductie door het stopzetten 15 Mton.

Tabel 11 Berekening CO₂-reductie op Nederlands grondgebied in 2020 (Mton)

| Effecten | Uitstoot (Mton) |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Vermeden uitstoot CO ₂ door niet meer inzetten kolen | -20 |
| Extra uitstoot CO ₂ door vervanging gas | 5 |
| Extra uitstoot CO ₂ op Nederlands grondgebied door import | 0 |
| Totaal vermeden uitstoot (afgerond) | -15 |

In ECN (2015a) is geen onderscheid gemaakt naar de reductie per individuele centrale. In de kabinetsreactie is aangegeven dat sluiting van de jaren '90 centrales een CO₂-reductie oplevert van naar schatting zo'n 2 tot 5 Mton. In deze studie hebben wij een schatting gemaakt van de CO₂-reductie per centrale op basis van de verwachte koleninzet per centrale.



Tabel 12 CO₂-uitstoot per centrale in 2020¹⁵

| Centrale | Elektrisch vermogen (MW) | Inzet biomassa (PJ) | Inzet kolen (PJ) | CO ₂ -uitstoot (Mton) | CO ₂ -reductie Nederlands grondgebied bij sluiting (Mton) |
|----------------|--------------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| GDF Maasvlakte | 780 | 16 | 30 | 2,8 | 2,1 |
| RWE-Eemshaven | 1.560 | 11 | 80 | 7,6 | 5,8 |
| MPP3 | 1.070 | 8 | 55 | 5,2 | 4,0 |
| Amer 9 | 600 | 12 | 20 | 1,9 | 1,4 |
| Hemweg 8 | 630 | 10 | 23 | 2,2 | 1,7 |
| Totaal | 4.640 | 56 | 208 | 20 | 15 |

Tabel 12 laat zien dat grofweg zo'n twee derde van de uitstoot afkomstig is uit de RWE Eemshaven en de MPP3. Sluiting van de Amer 9 centrale en de Hemweg 8 levert een CO₂-reductie op van zo'n 3,1 Mton. Deze waarde ligt binnen de genoemde range van 2 tot 5 Mton in de kabinetsreactie.

Additionele reductie door vervanging bij- en meestook

Als alle centrales sluiten, zal er sprake zijn van additionele CO₂-reductie, omdat over een periode van acht jaar zo'n € 500 mln jaarlijks aan SDE+-middelen bestemd voor de bij- en meestook van biomassa, vrijvallen en kunnen worden gebruikt voor andere vormen van hernieuwbare energie (om te voldoen aan de Europese verplichting). Wind op zee, grootschalige zonne-energie, biostoom en biomassa voor stadsverwarming resulteren in een additionele CO₂-emissiereductie van zo'n 1,7 Mton op Nederlands grondgebied.

Kosteneffectiviteit sluiten kolencentrales

De belangrijkste directe kosten voor sluiting van de kolencentrales zijn de gederfde inkomsten voor de eigenaren van deze centrales. De investeringen die zij hebben gedaan in de (nieuwe) kolencentrales, leveren minder opbrengsten op dan gepland. Daarnaast zijn er kosten voor het vroegtijdig afbreken van de centrales. De afbraakkosten worden immers naar voren gehaald in de tijd, waardoor deze zwaarder meewegen in de huidige waarde van de centrales (huidige kosten en inkomsten tellen zwaarder mee in financiële analyses dan toekomstige kosten en opbrengsten). Omdat er bij ons geen specifieke waarden bekend zijn van de afbraakkosten van kolencentrales, hebben we, conform IEA/NEA (IEA/NEA, 2010) aangenomen dat deze 5% van de investeringskosten bedragen.

Ook zijn er indirecte kosten en opbrengsten door sluiting van kolencentrales, zoals kosten voor stijging van de elektriciteitsprijs (vooral voor de industrie), inkomsten voor maatschappijen met gascentrales die de weggevalen productie deels overnemen, verbeterde luchtkwaliteit en uitgespaarde SDE+-subsidies (die voor andere doeleinden dan meestook van biomassa ingezet kunnen worden). De bredere kosten en opbrengsten zijn niet opgenomen in

¹⁵ Hierbij is aangenomen dat de nieuwe centrales in 2020 zo'n 7.500 vollasturen draaien en de oude centrales 6.000.



deze analyse, omdat de milieukostenmethodiek alleen de directe kosten en opbrengsten voorschrijft (zie Paragraaf 1.3).¹⁶

De schadekosten voor de vijf centrales hebben we geraamd door de toekomstige netto opbrengsten (opbrengsten minus marginale kosten) van de centrales te bepalen in het geval dat ze niet worden gesloten. Hier zijn de kosten van voortijdige afbraak bij opgeteld. Deze kosten hebben we teruggerekend naar één bedrag met behulp van de Weighted Average Cost of Capital (WACC). Dit is de gemiddelde kosten voor kapitaal voor energie-maatschappijen, bestaande uit de rente voor banken en obligatiehouders en rendementseisen voor investeerders.

Bij de bepaling van de waarde van de centrales gaat het om de opbrengsten van elektriciteitsverkoop minus de marginale kosten. Marginale kosten zijn de extra kosten die de maatschappijen zouden moeten maken als de centrales blijven draaien. Dit zijn kosten voor CO₂-emissierechten, O&M-kosten, kosten voor inkoop van kolen en kosten voor vennootschapsbelasting. Deze kosten vallen weg als de centrales worden gesloten en hoeven daarom niet te worden vergoed.

De schadekosten voor energiemaatschappijen zijn sterk afhankelijk van de leeftijd van de centrales. Het verdienpotentieel van de nieuwe centrales is immers groter dan de jaren '90 centrales; nieuwe centrales hebben een hoger rendement en kunnen nog over de vrijwel de volledige levensduur elektriciteit produceren en inkomsten genereren voor de maatschappijen.

De kosten zijn weergegeven in Tabel 13. Uitgangspunt voor de berekening zijn de elektriciteits-, kolen en CO₂-prijzen uit de nationale energieverkenning tot het jaar 2030.¹⁷ De levensduur van de centrales is verondersteld op 30 jaar; de O&M-kosten van kolencentrales zijn gebaseerd op uitgangspunten van de SDE+-subsidie voor meestook van biomassa.

¹⁶ Daarnaast zal de sluiting administratiekosten met zich meebrengen, zoals kosten voor eventuele rechtszaken en personeelsinzet bij de overheid en energiemaatschappijen voor onderhandelingen. Deze kosten zijn op dit moment moeilijk in te schatten en zijn buiten beschouwing gelaten (zie ook methodiek Paragraaf 1.3). Alhoewel deze kosten substantieel kunnen zijn, verwachten wij dat deze relatief beperkt zijn ten opzichte van de schadekosten van voortijdige sluiting door de kolencentrales zelf.

¹⁷ Omdat de levensduur van de centrales 30 jaar is, en de NEV 2015 cijfers presenteert tot 2030, hebben we voor de periode na 2030 verondersteld dat de prijzen blijven stijgen met dezelfde groeivoet als de periode 2025-2030.



Tabel 13 Kosten en CO₂-reductie sluiten kolencentrales

| Centrale | Jaarlijkse emissie-reductie (Mton) | Jaarlijkse kosten nationaal (€ mln) | Jaarlijkse kosten eindgebruiker (€ mln) | Kosten-effectiviteit nationaal (€/ton) | Kosten-effectiviteit eindgebruiker (€/ton) |
|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| GDF Maasvlakte | 2,1 | 85 | 50 | 39 | 25 |
| RWE Eemshaven | 5,8 | 170 | 110 | 29 | 18 |
| MPP3 | 4,0 | 115 | 70 | 29 | 18 |
| Jaren '90 centrales | 3,1 | 90 | 80 | 30 | 25 |
| Additionele CO ₂ -reductie* | 1,7 | | | | |
| Totaal | 16,7 | 460 | 310 | 27 | 18 |

* Door de vrijval van SDE+-middelen die voor meestook van biomassa gebruikt kunnen worden.

De kosten zijn hoger vanuit een nationaal perspectief dan vanuit eindverbruikersperspectief, omdat een lagere discontovoet wordt voorgeschreven waarmee de toekomstige inkomsten contant worden gemaakt. De maatschappelijke discontovoet is 3% in plaats van de WACC van 6,4% die we hebben aangenomen voor de private sector (ECN, 2016). Hierdoor worden inkomsten in de toekomst relatief hoger gewaardeerd, waardoor de centrales meer waard worden.

Bij een discontovoet van 3% en een looptijd van 25 jaar voor de nieuwe centrales en 3 jaar voor de oude centrales (resterende levensduur), bedragen de jaarlijkse kosten (afgerond) zo'n € 310 mln vanuit eindverbruikersperspectief € 460 mln per jaar vanuit nationaal perspectief. Bij 17 Mton CO₂-reductie komt dit overeen met een kosteneffectiviteit van € 18 per ton CO₂ (eindverbruikersperspectief) tot € 27 per ton (nationaal perspectief).

Gevoeligheidsanalyse

De schadekosten zijn sterk afhankelijk van de gehanteerde uitgangspunten. Met name de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs, kolenprijs en CO₂-prijs heeft een belangrijke invloed op de uitkomsten. In de berekeningen is conform de NEV 2015 uitgegaan van een prijs van € 52 per MWh in 2020 oplopend naar € 70 per MWh in 2030. Deze prijs hebben we geëxtrapoleerd naar € 84 per MWh in 2044. De CO₂-prijs stijgt van € 11 per ton in 2020 naar € 20 per ton in 2030 en is geëxtrapoleerd naar € 33 per ton in 2044; de kolenprijs stijgt van € 81 per ton in 2020 naar € 96 per ton in 2044.

De huidige forward prijzen voor het jaar 2020 liggen echter substantieel lager dan de prijzen waarvan uit wordt gegaan in de NEV (PBL en ECN, 2015b). Forwardprijzen zijn prijzen afgesproken in huidige contracten die de verplichting scheppen om kolen, elektriciteit en/of CO₂-certificaten te kopen of te verkopen in 2020.

Tabel 14 Prijzen voor het jaar 2020

| | NEV-2015 | Forwardprijs |
|--------------------------------|----------|--------------|
| Elektriciteitsprijs (€/MWh) | 52 | 27 |
| CO ₂ -prijs (€/ton) | 11 | 5,3 |
| Kolenprijs (€/ton) | 81 | 37 |



Als we de forwardprijzen hanteren voor 2020, en aannemen dat voor de opvolgende jaren de prijzen met hetzelfde verschil dalen ten opzichte van de NEV 2015 (PBL en ECN, 2015b) dalen de kosten naar € 13 per ton (eindgebruikersperspectief) tot € 19 per ton (nationaal perspectief).

Tabel 15 Gevoeligheidsanalyse

| Centrale | Jaarlijkse emissie-reductie (Mton) | Jaarlijkse kosten nationaal (€ mln) | Jaarlijkse kosten eind-gebruiker (€ mln) | Kosten-effectiviteit nationaal (€/ton) | Kosten-effectiviteit eind-gebruiker (€/ton) |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|
| GDF Maasvlakte | 2,1 | 60 | 40 | 27 | 17 |
| RWE Eemshaven | 5,8 | 120 | 70 | 20 | 13 |
| MPP3 | 4,0 | 80 | 50 | 20 | 13 |
| Jaren '90 centrales | 3,1 | 70 | 55 | 21 | 17 |
| Emissiereductie alternatief meestook | 1,7 | | | | |
| Totaal | 16,7 | 330 | 215 | 19 | 13 |

Ook de hoogte van de WACC heeft een belangrijke invloed op de resultaten. We zijn, conform ECN (2015b), uitgegaan van een gemiddeld rendement van 6,4%. Stel dat wordt uitgegaan van forwardprijzen en een WACC van 8% in plaats van 6,4%, dan dalen de jaarlijkse kosten naar € 11 per ton vanuit eindgebruikersperspectief. Een WACC van 5% (bij het hanteren van forwardprijzen) resulteert in een kosteneffectiviteit van € 15 per ton.

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de kosten voor sluiting van alle centrales gezamenlijk variëren van € 11 per ton (eindgebruikersperspectief, forwardprijzen, privaat rendement 8%) tot € 27 per ton (nationaal perspectief, uitgangspunten NEV 2015). De kosten voor sluiting van GDF SUEZ zijn het hoogst per ton CO₂, door het veronderstelde relatief hoge percentage meestook en daardoor de relatief geringere CO₂-reductie.

Overige impacts

Zoals omschreven in de methodiek, gaat de milieukostenmethodiek alleen uit van de directe kosten voor de actoren die de maatregelen treffen. In deze studie zijn we uitgegaan van de schadekosten voor de eigenaren van de kolencentrales. Bredere kosten en baten zijn niet in kaart gebracht. Zo zijn er baten voor energiemaatschappijen, omdat gasgestookte eenheden zullen profiteren van de weggevalle productie. Hierdoor wordt een deel van de verloren winst (het zogenaamde producenten surplus) gecompenseerd.

Daarentegen zullen afnemers van elektriciteit (met name de industrie) nadelen ondervinden door een hogere elektriciteitsprijs. In ECN (2015a) is een toename van 0,3 €cent per kWh berekend. Deze additionele kosten zijn voor de huishoudens meegenomen in de eindgebruikersbenadering. In de nationale analyse zijn deze kosten niet meegenomen.



Bijlage C Landbouw en overige broeikasgassen

C.1 Reductiepotentieel

Landbouw is een belangrijke bron van broeikasgasemissies. De uitstoot van broeikasgassen in 2013 bedroeg zo'n 25,5 Mton CO₂-equivalenten.¹⁸ Hiervan komt ongeveer 50% voor rekening van methaanemissies, 30% door CO₂-uitstoot en 20% door distikstofoxide (N₂O).

De belangrijkste maatregel in de landbouwsector is verplichte monovergisting van mest, waarbij hernieuwbaar gas wordt geproduceerd. Door deze maatregel wordt zowel methaan gereduceerd (die anders zou zijn vrijgekomen uit het mest), als CO₂-uitstoot door de vervanging van fossiele brandstoffen door het hernieuwbare gas. Daarnaast is er additioneel potentieel door levensduurverlenging van het jongvee, rantsoenaanpassingen voor melkvee, precisiebemesting en het toepassen van nitrificatieremmers.

Het reductiepotentieel van overige broeikasgassen buiten de landbouw is kleiner dan 0,5 Mton PBL en ECN, (2015a). Er is additioneel potentieel voor vermindering van distikstofoxide (N₂O) bij caprolactamproductie en reductie van methaanslip in WKK's.

Het totale reductiepotentieel in de landbouw en de sector overige broeikasgassen komt daarmee uit op zo'n 2 Mton.

Tabel 16 Reductiepotentieel landbouw (mton)

| Maatregel | Reductiepotentieel (Mton) |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <i>Landbouw</i> | |
| Verplichten mono-mestvergisting | 1,2 |
| Levensduurverlenging melkvee | 0,1 |
| Rantsoenaanpassing melkvee | 0,2 |
| Precisiebemesting | 0,1 |
| Toepassen nitrificatieremmers | 0,1 |
| <i>Overige broeikasgassen (niet landbouw)</i> | |
| Vermindering N ₂ O-emissie caprolactamproductie | 0,2 |
| Kleinschalige WKK (methaanslip) | 0,2 |
| Totaal (afgerond) | 2 |

¹⁸ <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0165-Broeikasgasemissies-in-Nederland.html?i=5-20>



C.2 Kosteneffectiviteit maatregelen

De kosteneffectiviteit is per maatregel weergegeven in Tabel 17. De kosten per ton reductie variëren in de landbouwsector, vanuit nationaal perspectief, tussen € 0 per ton (levensduurverlenging melkvee) en € 450 per ton (precisiebemesting). Vanuit eindgebruikersperspectief is de kosteneffectiviteit van veel maatregelen niet bekend. Door de lagere discontovoet verwachten we dat de maatregelen relatief duurder zijn dan vanuit nationaal perspectief.

Tabel 17 Kosteneffectiviteit maatregelen landbouwsector

| Maatregel | Kosteneffectiviteit nationaal (€/ton) | Kosteneffectiviteit eindgebruiker (€/ton)* |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| <i>Landbouw</i> | | |
| Mestvergisting | 130 | >130 |
| Levensduurverlenging melkvee | ≤0 | ≤0 |
| Rantsoenaanpassing melkvee | 80 | >80 |
| Precisiebemesting | 450 | >450 |
| Toepassen nitrificatieremmers | 70 | >70 |
| <i>Overige broeikasgassen (niet landbouw)</i> | | |
| Vermindering N ₂ O-emissie caprolactamproductie | 0,6 | >0,6 |
| Kleinschalige WKK (methaanslip) | 60 | >60 |

Bron: ECN en PBL (2014).

* Cijfers van kosteneffectiviteit zijn alleen bekend vanuit nationaal perspectief. Aanname is dat maatregelen vanuit eindgebruikersperspectief duurder zijn, door de hogere discontovoet en eventuele heffingen.

De maatregel met het grootste reductiepotentieel in de landbouw is vergisting van mest. De kosteneffectiviteit van de overige maatregelen in de landbouwsector is gebaseerd op Rijksoverheid (2016). Door een verlenging van de levensduur van melkvee kan het aandeel jongvee omlaag, waardoor de methaanemissie door fermentatie daalt. Deze maatregel leidt niet tot additionele kosten en mogelijk zelfs tot besparingen (ECN en PBL, 2014). Rantsoenaanpassingen houden in dat vet, olie of andere additieven aan het voer worden toegevoegd waardoor de methaanemissies afnemen. De kosten zijn geraamd op € 80 per ton. Toevoeging van nitrificatieremmers aan kunstmest resulteert in vermindering van N₂O-emissies; de kosten zijn geraamd op circa € 70 per ton. De duurste maatregel is precisiebemesting (€ 450 per ton); met deze methode kan met efficiënte toedieningstechnieken de stikstofkunstmest met ongeveer 30% dalen (ECN ; PBL, 2014).

De reductie van N₂O-emissies bij de productie van caprolactam is een relatief kosteneffectieve maatregel. De kosten vanuit nationaal perspectief zijn geraamd op minder dan één euro per ton (Rijksoverheid, 2012). Ook voor reductie van methaanslip in WKK's is additioneel reductiepotentieel. Het potentieel van verdere aanscherping is in PBL en ECN (2015a) geraamd op zo'n 0,2 Mton. De kosten voor reductie van methaanemissies bij grote, kleine en biogasmotoren zijn in ECN (2013b) geraamd tussen de € 0 en € 60 per ton. ECN en PBL (2016) gaat uit van nationale kosten van € 60 per ton.



Bijlage D Industrie

D.1 Reductiepotentieel

Het additionele reductiepotentieel in de industrie is relatief groot. Wij achten het volgende reductiepotentieel tot het jaar 2020 realistisch:

- CCS industrie (1 Mton);
- productie van biostoom (0,5 Mton);
- biomassa voor stadsverwarming (0,4 Mton);
- energiebesparing in de industrie (0,6 Mton).

CCS industrie

Het besparingspotentieel tot 2020 bedraagt ongeveer 1 Mton. Wij verwachten dat CCS mogelijk zou kunnen zijn door het bestaande OCAP¹⁹-pijpleiding-systeem te verbinden met lege olie- en/of gasvelden in de Noordzee. Het OCAP-systeem bestaat uit een pijpleidingssysteem met een hoofdleiding van meer dan 80 km vanaf Botlek naar Schiphol en de Amsterdamse haven. De hoofdleiding heeft een transportcapaciteit van ongeveer 1 Mton/jaar en kan CO₂ onder een druk van ongeveer 20 bar transporteren. De pijpleiding wordt beleverd vanuit de PER+ en Abengoa fabrieken in de Botlek, die jaarlijks maximaal 1,3 Mton/jaar (1,0 + 0,3 Mton/jaar) aan de pijpleiding leveren. Vanuit de pijpleiding worden een kleine 600 tuinders in het Westland, de B-driehoek en de Zuidplaspolder beleverd met ongeveer 400 kton/jaar aan CO₂.

Er zou theoretisch nog een kleine 1 Mton/jaar aan CO₂ uit PER+ en Abengoa fabrieken in de Botlek beschikbaar zijn voor opslag, met name in de winter. Het overschot aan CO₂ kan worden opgeslagen in het gasveld onder de kust bij IJmuiden (opslagcapaciteit 9-10 Mton) en in de verder op zee liggende olievelden (opslagcapaciteit 90-100 Mton). Hiertoe is additionele infrastructuur benodigd tussen Amsterdam en de gasvelden bij IJmuiden.

¹⁹ Organic CO₂ for Assimilation by Plants (OCAP).



Figuur 7 Tracé van OCAP-leiding met bronnen, afnemers en mogelijke koppeling naar offshore eindbergingen



Bron: http://www.ocap.nl/images/stories/kaart_nl_nov2010_big.jpg

Biostoom

Wij schatten in dat het realistische potentieel biostoom voor 2020 zo'n 7,5 PJ bedraagt. Dit komt overeen met 0,5 Mton.

Biostoom of heet water, geproduceerd op basis van biomassa, kan voor industriële consumenten een alternatief zijn voor stoom geproduceerd uit aardgas. De huidige vraag naar stoom in de industrie bedraagt 180-190 PJ/jaar en betreft vooral stoom voor destillatie. Rekening houdend met inzet van restgassen, biogas en vaste biomassa is er nog ongeveer 100 PJ/jaar aan technisch potentieel. Het realistisch potentieel voor 2020 ramen wij op ongeveer 7,5% hiervan.

Een convenant met de industrie lijkt nodig én mogelijk om de 7,5 PJ realistisch potentieel binnen de gestelde tijd te realiseren. De chemie wil de komende tijd verduurzamen en met biomassa kunnen ze een grote sprong maken. In de Roadmap chemie is dit duidelijk beschreven. Varianten waarbij de productie van syngas uit biomassa wordt gehonoreerd voor SDE+ (en daarmee als hernieuwbare energie) maken dit duidelijk. Aanvullend aan het convenant zullen ondersteunende beleidsmaatregelen vanuit overheden moeten worden getroffen, zoals een iets betere financiële stimulering door de Rijksoverheid (SDE+) en ondersteuning door regionale overheden als het gaat om de benodigde vergunningen (zie CE Delft, 2016).

Biomassa voor stadsverwarming

Wij schatten in dat voor 2020 zo'n 5 PJ biomassa inzet voor stadsverwarming kan worden gerealiseerd. Dit komt overeen met 0,4 Mton. Warmte voor stadsverwarmingsnetten kan op basis van houtpellets worden geproduceerd met dezelfde technologie als bij industriële stoomproductie. De biomassaketel wordt door een warmtewisselaar met het stadsverwarmingsnet verbonden; de warmte wordt geleverd op ca. 120°C. Warmteproductie voor stadsverwarmingsnetten op basis van hout, biogas en stortgas wordt of is al ingevoerd in Purmerend, Utrecht en Nijmegen, terwijl in Hengelo, Amsterdam en Alkmaar al warmte vanuit AVI's aan warmtenetten wordt geleverd. Additionele afzetmogelijkheden voor houtpellets of houtsnippers voor warmtelevering aan stadsverwarmingsnetten is denkbaar in met name Almere, het Amernet (Geertruidenberg, Tilburg, Breda), Den Haag en Leiden. Om het potentieel te benutten kan met gemeenten en energiebedrijven (die in de betreffende gebieden actief zijn) een overeenkomst worden opgesteld. Hiermee moet worden gegarandeerd dat energiebedrijven zeker zijn van subsidie en zorgen dat voor 1-1-2020 de ombouw is gerealiseerd.

Energiebesparing

Het finaal gebruik aan elektriciteit en warmte in de industrie heeft volgens de NEV (PBL en ECN, 2015b) tussen 2015 en 2020 een vrijwel continue omvang. De elektriciteitsvraag bedraagt 128 PJ per jaar en de warmtevraag 415 PJ per jaar.²⁰ Uit diverse studies van CE Delft, waaronder energiescans voor de MJA/MEE en vergunningverleners, blijkt dat er in de industrie, aanvullend aan het scenario voorgenomen en vastgesteld beleid van de NEV (PBL en ECN, 2015b) nog verschillende kosteneffectieve mogelijkheden zijn om energiebesparingen te realiseren. Deze maatregelen verdienen zich binnen vijf jaar terug en kunnen vaak snel en zonder ingrijpende aanpassingen en grote investeringen worden gerealiseerd.

Implementeerbare maatregelen voor reductie van warmtevraag en elektriciteitsconsumptie zijn met name:

- betere isolatie - isolatie van appendages, periodieke thermografische inspectie van isolatie, tankdakisolatie;
- beter onderhoud aan stoomsystemen, zoals regelmatig onderhoud aan condenspotten en vervanging van lekkende condenspotten;
- toepassing van frequentieregelde pompen en ventilatoren;
- periodieke reiniging van luchtkoelers en afstemmen van koelend vermogen middels frequentieregeling;
- regelmatige ultrasone lekanalyse bij perslucht.

In feite gaat het hierbij steeds om een regelmatig en beter onderhoud en om beter energiemanagement bij de inzet van pompen en ventilatoren. Deze maatregelen worden door de industrie herkend.

In Tabel 18 is het besparingspotentieel per maatregel weergegeven en het bijbehorende CO₂-reductiepotentieel. De implementatiegraad van de maatregelen is gebaseerd op ervaringen van vergunningverleners. Het totale CO₂-emissiereductiepotentieel op Nederlands grondgebied bedraagt ongeveer 3 Mton/jaar.

²⁰ De totale vraag aan warmte is met ongeveer 600 PJ hoger, maar deze warmte wordt deels omgezet in de stookwaarde c.q. energie-inhoud van producten (chemische grondstoffen, ruw ijzer).



Tabel 18 Kosteneffectief reductiepotentieel (PJ en Mton)

| Besparingsoptie | Besparing (PJ) | CO ₂ -reductie (Mton) |
|----------------------|----------------|----------------------------------|
| <i>Warmte</i> | | |
| Isolatie | 24 | 1,5 |
| Ketels/stoomsystemen | 10 | 0,6 |
| <i>Elektriciteit</i> | | |
| Pompen | 6 | 0,4 |
| Ventilatoren | 3 | 0,2 |
| Perslucht | 2 | 0,1 |
| Koeling | 2 | 0,1 |
| Totaal | 47 | 3 |

In het intensiveringspakket van het Energieakkoord zijn maatregelen opgenomen om een energiebesparing te realiseren van 9 PJ. Als dit doel wordt gerealiseerd, bedraagt de emissiereductie op Nederlands grondgebied zo'n 0,6 Mton.

D.2 Kosteneffectiviteit

Een groot deel van de maatregelen in de industriesector is relatief goedkoop. De kosteneffectiviteit van de maatregelen is gepresenteerd in Tabel 19.

De kosten van CCS zijn geraamd op € 24 per ton (nationaal perspectief) tot € 36 per ton (eindgebruikersperspectief). Biostoom en biomassa voor stadsverwarming zijn relatief de duurste maatregelen in de industrie (grotendeels € 100 tot € 200 per ton afhankelijk van perspectief). De energiebesparingsmaatregelen hebben negatieve reductiekosten en leveren zowel vanuit het nationaal perspectief als het perspectief van de eindgebruiker baten op.

Tabel 19 Kosteneffectiviteit maatregelen industrie

| | Reductiepotentieel (Mton) | KE nationaal (€/ton) | KE eindgebruikers perspectief (€/ton) |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| CCS | 1 | 24 | 36 |
| Biostoom | 0,5 | 113 | 177 |
| Biomassa voor stadsverwarming | 0,4 | 107 | 197 |
| Energiebesparing industrie (9 PJ) | 0,6 | -230 | -220 |
| Totaal | 2,5 | -8 | 25 |

Bijlage E Gebouwde omgeving

E.1 Reductiepotentieel

De gebouwde omgeving omvat zowel de huishoudens als de dienstverlenende sector. De doelstellingen met betrekking tot CO₂-reductie in de gebouwde omgeving, vastgesteld in het voorgenomen beleid van de Nationale Energieverkenning, zijn al vrij scherp. De extra potentie is ons inziens daarom beperkt tot 1,8 Mton CO₂ in 2020.

Huidige afspraken in het Energieakkoord:

- Doelstellingen uit de Europese energie-efficiëntie richtlijn (EED).
- Herziening richtlijn energieprestatie van gebouwen (EPBD).
- Richtlijn Ecodesign.
- Convenanten/richtlijnen voor energiebesparing in de gebouwde omgeving, te weten:
 - bestaande bouw: 300.000 bestaande woningen en andere gebouwen per jaar minimaal twee labelstappen laten maken;
 - nieuwbouw en grootschalige renovatie: bijna energieneutraal vanaf 2020 (en vanaf 2018 reeds voor overheidsgebouwen) conform EPBD-richtlijn;
 - huur: gemiddeld label B in de sociale verhuur en minimaal label C voor 80% van de particuliere verhuur in 2020.
- Voor een deel van de utiliteitsgebouwen geldt de Wet milieubeheer (Wm). Bedrijven die onder de Wm vallen zijn verplicht om energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van maximaal vijf jaar te treffen. Kleine bedrijven zijn uitgesloten van de Wm.

De extra maatregelen die wij mogelijk achten:

- alle koopwoningen met energielabel G of F bij overdracht minimaal naar energielabel E;
- extra zon-PV op koopwoningen en MKB-bedrijven;
- nieuwbouwwoningen al in 2016 naar EPC 0;
- besparingsmaatregelen voor energieleveranciers.

Tabel 20 Extra potentie CO₂-reductie per jaar in 2020

| | CO ₂ -reductie (Mton) |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|
| Koopwoningen bij overdracht van G en F naar E | 0,1 |
| Extra zon-PV op koopwoningen | 0,5 |
| Nieuwbouwwoningen naar EPC 0 in 2016 | 0,1 |
| Besparingsmaatregelen energieleveranciers | 1,1 |
| Totaal | 1,8 |

Koopwoningen minimaal naar label E

Voor koopwoningen is de huidige doelstelling om 300.000 bestaande woningen en andere gebouwen per jaar twee labelstappen te laten maken. Dit kunnen woningen zijn met energielabel G, maar ook woningen met energielabel B. Bovenop deze doelstelling, zouden afspraken gemaakt kunnen worden om alle koopwoningen die op dit moment energielabel G of F hebben, naar minimaal E te laten renoveren op het moment dat er een overdracht plaatsvindt. Er zit hiermee een overlap met de huidige doelstelling, maar huiseigenaren kunnen



ook besluiten verder dan naar label E te renoveren, waardoor zij jaarlijks een grotere CO₂-reductie behalen.

In het jaar 2015 werden er in Nederland 180.000 woningen verkocht. Indien de verplichting van de isolerende maatregelen bij woningen met label F of G in 2016 wordt ingevoerd, kan de maatregel naar schatting in 2017 verplicht worden. Over de periode 2017-2020 worden er naar schatting 720.000 woningen verkocht in Nederland. In totaal heeft zo'n 20% van de woningvoorraad energielabel F of G²¹. Van de verkochte woningen over de periode 2017-2020, gaat het dan om ongeveer 140.000 woningen. Indien deze woningen allemaal een labelstap naar E maken bij verkoop, zal dit een CO₂-besparing van 0,1 Mton per jaar opleveren in 2020. Aangezien er een overlap is met de huidige doelstellingen en het moeilijk is deze maatregel te handhaven, zal er uiteindelijk waarschijnlijk minder dan 0,1 Mton per jaar extra bespaard worden aan CO₂ en heeft deze maatregel slechts een kleine bijdrage aan de totale doelstelling.

Voor de huurwoningen is de doelstelling, gemiddeld naar label C, al enorm hoog. Wij verwachten niet dat hier meer potentie in zit en de doelstellingen zijn in enkele gemeenten zelfs al minder hoog. Zo is er in Zaanstad een convenant afgesproken dat expliciet dit doel niet haalde, maar sprak van 'op weg naar C' in 2020. Het plan om 111.000 corporatiewoningen in 2020 naar nul-op-de-meter te hebben gerenoveerd, lijkt al zeer moeilijk haalbaar. In 2016 zijn pas 400 renovaties verricht, terwijl het doel was om eind 2016 al 10.000 woningen naar nul-op-de-meter te hebben gerenoveerd²².

Extra zon-PV

Zon-PV wordt op dit moment fiscaal gestimuleerd in Nederland en daarnaast bestaat de salderingsregeling²³. Er zijn echter plannen om de salderingsregeling te versoberen, waardoor de kans groot is dat de komende jaren minder in zon-PV zal worden geïnvesteerd door huiseigenaren. In het geval de salderingsregeling blijft bestaan alsmede fiscale regelingen voor huiseigenaren, zal het aandeel zon-PV verder kunnen stijgen. Dan moet ook worden nagedacht over de oplossing voor de extra belasting op de netten en de verminderde energiebehoefte van andere bronnen in het geval de zon volop schijnt. Op den duur zal het wel nodig zijn de salderingsregeling aan te passen. Als echter wordt gesteld dat deze tot 2025 nog zal blijven bestaan, zal er meer in zon-PV worden geïnvesteerd, dan wanneer er onzekerheid is over de regeling.

Tabel 21 Groei zon-PV in Nederland Klimaatmonitor (Rijkswaterstaat, 2015-)

| Jaartal | Toename (MWp) | Opgesteld vermogen (MWp) |
|---------|---------------|--------------------------------------|
| 2012 | | 351 |
| 2013 | 341 | 692 |
| 2014 | 302 | 974 |
| 2015 | 450 | 1.500 (schatting energieoverheid.nl) |

²¹ Bron: Energieatlas.

²² Volgens artikel 'Nul-op-de-meter nog steeds in wachtkamer', gepubliceerd in Cobouw op 15 maart 2016.

²³ Salderen houdt in dat gebruikers zelfopgewekte stroom die ze niet direct gebruiken en daardoor terugleveren aan het net, mogen aftrekken van de stroom die van het net betrokken wordt op het moment dat de zonnepanelen niet voldoende leveren. Dit verrekenen gebeurt tegen dezelfde kosten als de afgenomen stroom, dus het levertarief van de producent, inclusief energiebelasting, opslag duurzame energie (ODE) en omzetbelasting.



In vier jaar tijd is het opgesteld vermogen met een factor vier vermenigvuldigd. Eind 2014 hadden zo'n 250.000 huishoudens en bedrijven in Nederland gezamenlijk voor 1 gigawatt aan zonnepanelen op hun dak staan²⁴. Marktpartijen en maatschappelijke organisaties streven ernaar dat minimaal 1 miljoen huishoudens en/of MKB-bedrijven in 2020 voor een substantieel deel via duurzame decentrale energie (DDE) in hun eigen elektriciteitsvraag voorzien en andere vormen van duurzame opwekking voor eigen gebruik toepassen²⁵. Gezien de trend van afgelopen jaren, lijkt deze doelstelling haalbaar. Bij extra stimulering en behoud van de salderingsregeling, zou het ons inziens mogelijk kunnen zijn om in 2020 1,5 miljoen huishoudens en/of MKB-bedrijven van eigen stroom te voorzien. Dit is een extra potentie van 500.000 huishoudens/bedrijven. Het extra vermogen dat hiermee wordt bereikt is 2 gigawatt, wat overeenkomt met 1.800 GWh.

Hiermee zal een extra CO₂-reductie van 0,5 Mton worden behaald.

Nieuwbouwwoningen naar EPC 0 in 2016

De huidige doelstelling voor nieuwbouw in 2020 is dat deze bijna energie-neutraal zal zijn, met een EPC van 0. Deze doelstelling kan worden aangescherpt naar 'energieneutraal in 2016'. Hiermee wordt 17 GJ per woning per jaar extra bespaard²⁶. In totaal worden er per jaar gemiddeld 48.000 nieuwbouwwoningen gebouwd²⁷. Indien de eis van EPC 0 al in 2016 wordt verplicht, is het de verwachting dat aan deze eis zal worden voldaan vanaf 2018. Daarbij gaat het om zo'n 150.000 nieuwbouwwoningen die in de periode 2018 t/m 2020 worden gebouwd met aangescherpte isolatie-eisen.

De EPC 0-woningen verbruiken iets meer elektriciteit, maar wel een stuk minder gas dan woningen met EPC 0,4²⁸. In totaal zal er voor 150.000 woningen zo'n 40 MWh/jaar meer aan elektriciteit worden gebruikt, maar ook 80 miljoen m³ aardgas worden bespaard per jaar. Dit levert een CO₂-besparing op van 0,1 Mton.

Besparingsmaatregelen energieleveranciers

Met een besparingsmaatregelen voor energieleveranciers kan tot 20 PJ energie worden bespaard. Hiertoe wordt in overleg met partijen in het Energieakkoord in 2016 een tenderregeling uitgewerkt. De maatregelen om de energiebesparing te realiseren verschillen in kosteneffectiviteit. Om 20 PJ additioneel te bereiken moet ingezet worden op technische maatregelen die bij het voorgenomen en vastgestelde beleid nog niet worden toegepast. Het gaat dan om bijvoorbeeld hybride warmtepompen en zonneboilers in bestaande bouw, nul-op-de-meter-woningen in de koopsector, feedbacksystemen in huishoudens en energiemanagement in de utiliteitsbouw.

²⁴ Bron: Klimaatmonitor.

²⁵ Bron: Energieakkoord voor duurzame groei. SER, 2013.

²⁶ Bron: CE Delft.

²⁷ Bron: STATLINE CBS.

²⁸ Bron: CE Delft.



E.2 Kosteneffectiviteit maatregelen

Koopwoningen bij overdracht minimaal naar label E

De kosteneffectiviteit van het isoleren van koopwoningen van G en F naar E bij overdracht, worden voor de eindverbruiker bepaald door de kosten van de isolatie min de besparing aan kosten voor aardgas. De overheid krijgt minder belastinggeld binnen als er minder aardgas wordt gestookt. Per m³ scheelt dit € 0,38.

Zon-PV

Voor zon-PV geldt dat de terugverdientijd korter is dan de levensduur van de zonnepanelen, waardoor er jaarlijks een kostenbesparing wordt behaald voor de eindgebruiker. We gaan uit van een levensduur van 20 jaar en een prijs van € 4.700 voor een installatie van 2.500 Wattpiek, inclusief omvormer en installatie²⁹. Door de salderingsregeling heeft de overheid minder belastingen-inkomsten, waardoor de kosten hoger zijn vanuit een nationaal perspectief³⁰.

Nieuwbouwwoningen EPC=0 in 2016

We gaan er vanuit dat deze extra maatregel verplicht wordt voor woningen die vanaf 2018 worden gebouwd. De meerkosten per woning zijn geraamd op € 15.000³¹. De besparing aan kosten wordt veroorzaakt door een lagere gasrekening, maar wel een iets hogere elektriciteitsrekening.

De nationale kosten zijn hoger, omdat de overheid energiebelasting misloopt door lagere energiebelastingopbrengsten van het gas. Dit wordt slechts ten dele gecompenseerd door energiebelastingopbrengsten uit extra elektriciteit door de EPC 0-woning.

Besparingsmaatregelen energieleveranciers

Een indicatieve schattig van de kosteneffectiviteit van deze maatregel is gebaseerd op een pakket maatregelen dat gezamenlijk tot een reductie van 20 PJ uitkomt. Bij een CO₂-reductie van 1,1 Mton zijn bedragen de jaarlijkse kosten per saldo zo'n € 200 mln vanuit nationaal perspectief. Vanuit eindgebruikersperspectief zijn de kosten zo'n € 100 mln negatief, doordat de energiebaten groter zijn voor de eindgebruiker dan vanuit nationaal perspectief.

Overzicht kosteneffectiviteit maatregelen

De kosteneffectiviteit van de maatregelen is weergegeven in Tabel 22.

²⁹ Bron: MilieuCentraal.

³⁰ Per kWh verbruikte stroom krijgt de overheid € 0,11 aan energiebelasting en € 0,03 aan BTW. Per kWh heeft de overheid dus € 0,14 aan gederfde inkomsten.

³¹ Bron: Jan Willem van de Groep over nul-op-de-meter-woningen.



Tabel 22 Kosteneffectiviteit per maatregel

| | CO ₂ -reductie (Mton) | Nationale kosten (jaarlijks € mln) | Eindgebruikerskosten (jaarlijks, € mln) | KE nationaal (€/ton) | KE eindgebruiker (€/ton) |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Koopwoningen bij overdracht van G en F naar E | 0,1 | 14 | -2 | 127 | -19 |
| Extra zon-PV op koopwoningen | 0,5 | 188 | -21 | 414 | -46 |
| Nieuwbouwwoningen naar EPC 0 in 2016 | 0,1 | 104 | 108 | 824 | 858 |
| Besparingsmaatregelen energieleveranciers | 1,1 | 200 | -100 | 182 | -91 |
| Totaal | 1,8 | 505 | -15 | 282 | -8 |

Bijlage F Mobiliteit

F.1 Inleiding

Verkeer en vervoer levert een belangrijke bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen in Nederland. In 2014 was de verkeerssector verantwoordelijk voor bijna 22% van de totale CO₂-emissies van Nederland (Compendium voor de Leefomgeving). In tegenstelling tot veel andere sectoren zijn de CO₂-emissies van verkeer sinds 1990 niet gedaald maar gestegen (met ca. 10%), hoewel er de laatste jaren wel een duidelijke dalende trend in CO₂-emissies van verkeer is waar te nemen.

In deze bijlage bekijken we het CO₂-reductiepotentieel en de kosten-effectiviteit van een pakket aan mobiliteitsmaatregelen. Hierbij gaat het om maatregelen die additioneel zijn t.o.v. de Nationale Energieverkenning 2015. Een overzicht van de onderzochte maatregelen is weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23 Overzicht pakket mobiliteitsmaatregelen

| Maatregel | Omschrijving |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Efficiëntieverbetering vrachtauto's | Conform een voorstel van de Europese Commissie is een jaarlijkse efficiëntieverbetering van vrachtauto's van 1,1% verondersteld. Voor een periode van 4 jaar (t/m 2020) betekent dit een cumulatieve efficiëntieverbetering van 4,3%. |
| Kilometerprijs personenauto's | Invoering kilometerprijs op alle Nederlandse wegen voor personenauto's. Deze wordt lastenneutraal ingevoerd (variabilisatie van vaste autobelastingen). |
| Kilometerprijs vrachtauto's (MAUT-tarief) | Invoering kilometerprijs voor vrachtauto's op alle Nederlandse wegen met een tarief van € 0,15 per kilometer. |
| Kilometerprijs bestelauto's (hoog tarief) | Invoering kilometerprijs voor bestelauto's op alle Nederlandse wegen met een tarief van € 0,115 per kilometer. |
| Terugdraaien verhoging maximumsnelheid snelwegen naar 130 km/h | De maximumsnelheid op de Nederlandse snelwegen wordt weer teruggebracht van 130 km/h naar 120 km/h. |
| Verdere verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen | In aanvulling op de vorige maatregel wordt de maximumsnelheid nog verder teruggebracht: op plekken waar 120 km/h geldt naar 100 km/h, en op plekken waar nu al 100 km/h geldt naar 80 km/h. |
| 10% biobrandstoffen | In de NEV wordt 8,5% bijmenging van biobrandstoffen verondersteld (fysiek, excl. dubbeltellingen van 2 ^e generatie biobrandstoffen). Deze maatregel veronderstelt dat dit bijmengpercentage wordt verhoogd naar 10%, waarbij de additionele biobrandstoffen bestaan uit 2 ^e generatie biobrandstoffen op basis van houtachtige biomassa. |
| Verlagen onbelaste kilometervergoeding woon-werk en zakelijk verkeer | De onbelaste kilometervergoeding wordt verlaagd van € 0.19 per kilometer naar € 0,12 per kilometer. |

| Maatregel | Omschrijving |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grootschalige implementatie eco-routing | Eco-routing (applicatie waarbij navigatiesystemen de meest zuinige routes weergegeven) wordt op grote schaal toegepast (1/3 van de zakelijke rijders, ca. 10% van de privérijders). |
| Verdere uitbreiding Het Nieuwe Rijden | Het Nieuwe Rijden wordt op grotere schaal toegepast. |
| Verkeerslichtenregelingen | De afstemming tussen verkeerslichtenregelingen wordt op lokaal niveau geoptimaliseerd. |
| Het Nieuwe Werken: thuiswerken | Stijging van het aantal thuiswerkdagen van 22 miljoen nu naar 34 miljoen in 2020. Dit kan o.a. bereikt worden door meer mensen te laten thuis werken en mensen vaker te laten thuiswerken. |
| Het Nieuwe Werken: vergaderen op afstand | Toename van vergaderen op afstand, waardoor het aantal zakelijke ritten in 2020 met 6% afneemt. |

F.2 Reductiepotentieel

Op basis van verschillende bronnen is per maatregel een inschatting gemaakt van het CO₂-reductiepotentieel (zie Tabel 24). Waar nodig zijn daarbij door ons correcties uitgevoerd op de reductiepotentiëlen zoals die gepresenteerd werden in de verschillende bronnen, bijvoorbeeld om ze in lijn te brengen met de Nationale Energieverkenning 2015.

Het grootste additionele CO₂-reductiepotentieel wordt verwacht voor de invoering van een kilometerprijs voor personenauto's (ca. 2,3 tot 2,8 Mton), gevolgd door een sterke verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen. Ook het verhogen van de bijmenging van biobrandstoffen levert een aanzienlijk additioneel reductiepotentieel op (ca. 0,6 Mton).

Vanwege allerlei interactie-effecten kunnen de reductiepotentiëlen van de afzonderlijke maatregelen kunnen niet direct bij elkaar worden opgeteld. Zo hebben de maatregelen 'Efficiëntieverbetering vrachtauto's' en 'Kilometerprijs vrachtauto's' betrekking op dezelfde voertuigen en zal het gezamenlijk reductiepotentieel van deze twee maatregelen kleiner zijn dan de som van de twee afzonderlijke reductiepotentiëlen. Vandaar dat we een cumulatief CO₂-reductiepotentieel voor het pakket aan mobiliteitsmaatregelen hebben bepaald, waarbij we de maatregelen hebben gerangschikt op basis van hun individuele kosteneffectiviteit (zie Paragraaf F.3). Hieruit volgt dat het CO₂-reductiepotentieel van het maatregelenpakket als geheel gelijk is aan 5,7 tot 6,3 Mton.

Tabel 24 CO₂-reductiepotentieel van mobiliteitsmaatregelen in 2020

| Maatregel | CO ₂ -reductiepotentieel per maatregel | Cumulatief CO ₂ -reductiepotentieel |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Verlagen onbelaste kilometervergoeding ^a | 0,2-0,3 | 0.2-0,3 |
| Efficiëntieverbetering vrachtauto's ^b | 0,3 | 0.5-0,7 |
| Kilometerprijs vrachtauto's ^a | 0,4 | 0.9-1,1 |
| Eco-routing ^c | 0,2 | 1.2-1,3 |
| Het Nieuwe Rijden ^c | 0,2 | 1.3-1,5 |
| Verkeerslichtenregelingen ^c | 0,2 | 1.5-1,6 |
| Thuiswerken ^c | 0,1 | 1.6-1,7 |
| Vergaderen op afstand ^c | 0,1 | 1.7-1,8 |

| Maatregel | CO ₂ -reductiepotentieel per maatregel | Cumulatief CO ₂ -reductiepotentieel |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Kilometerprijs personenauto's ^d | 2,3-2,8 | 3.9 - 4,5 |
| 10% biobrandstoffen ^b | 0,6 | 4.4 - 5,0 |
| Terugdraaien verhoging maximumsnelheid ^e | 0,3 | 4.6 - 5,3 |
| Verdere verlaging maximumsnelheid ^a | 1,1 | 5.6 - 6,2 |
| Kilometerprijs bestelauto's ^a | 0,1 | 5.7 - 6,3 |

^a Gebaseerd op CE Delft (2010), Opties voor Schoon en Zuinig Verkeer.

^b Gebaseerd op ECN en PBL (2014), EU doelen klimaat en energie 2030: Impact of Nederland.

^c Gebaseerd op CE Delft et al. (2014), CO₂-reductie door gedragsverandering in de verkeerssector.

^d Gebaseerd op CPB en PBL (2015), Maatschappelijke kosten en baten prijsbeleid personenauto's.

^e Gebaseerd op Rijkswaterstaat (2011), Onderzoek invoering verhoging maximumsnelheid naar 130 km/h.

F.3 Kosteneffectiviteit maatregelen

De kosten zijn geraamd op nationaal perspectief en eindgebruikersperspectief. Voor beide perspectieven geldt dat naast de investeringskosten en financiële operationele kosten (bijv. brandstofbesparing, besparing op onderhoudskosten), ook eventuele reistijdbaten/kosten en welvaartskosten verbonden aan vraaguitval zijn meegenomen. Met andere woorden, alle directe kosten en baten van de maatregelen zijn meegenomen bij de bepaling van de kosteneffectiviteit.

In Tabel 25 is een overzicht gegeven van de kosten en kosteneffectiviteit van de individuele maatregelen. Een verlaging van de onbelaste kilometervergoeding komt als meest kosteneffectieve maatregel naar voren, vooral ook omdat deze maatregel op een goedkope manier bijdraagt aan een daling van de congestie (en dus leidt tot reistijdwinsten). Ook het efficiënter maken van vrachtauto's kan op een kosteneffectieve wijze worden gerealiseerd. De minst kosteneffectieve maatregelen zijn het verlagen van de maximumsnelheid (vooral door aanzienlijke reistijdverliezen), extra biobrandstoffen (vanwege de additionele kosten van biobrandstoffen t.o.v. conventionele brandstoffen) en een kilometerprijs voor personenauto's en vooral bestelauto's (bij bestelauto's is dit vooral het gevolg van de beperkte effectiviteit van deze maatregel, terwijl de investeringskosten relatief hoog zijn).

Voor een deel van de maatregelen (Het Nieuwe Rijden, verkeerslichtenregelingen, thuiswerken en vergaderen op afstand) was het binnen deze studie niet mogelijk om een kwantitatieve inschatting te maken van de kosten en/of kosteneffectiviteit. CE Delft et al. (CE Delft; ECN ; TNO, 2014) laat echter zien dat deze maatregelen wel zeer kosteneffectief zijn (kosteneffectiviteit <0).



Tabel 25 Overzicht jaarlijkse kosten en kosteneffectiviteit

| Maatregel | CO ₂ -reductie-potentieel per maatregel | Jaarlijkse kosten nationaal (€ mln) | Jaarlijkse kosten eindgebruiker (€ mln) | Kosten-effectiviteit nationaal (€/ton) | Kosten-effectiviteit eindgebruiker (€ / ton) |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| Verlagen onbelaste kilometervergoeding ^a | 0,2-0,3 | -57 / -44 | -89 | -302 / -131 | -467 / -299 |
| Efficiëntieverbetering vrachtauto's ^b | 0,3 | -61 | -144 | -192 | -454 |
| Kilometerprijs vrachtauto's ^a | 0,4 | -19 | 1.007 | -42 | 2.271 |
| Eco-routing ^g | 0,2 | -1 | -65 | -6 | -281 |
| Het Nieuwe Rijden ^c | 0,2 | - | - | <0 | <0 |
| Verkeerslichtenregelingen ^c | 0,2 | - | - | <0 | <0 |
| Thuiswerken ^c | 0,1 | - | - | <0 | <0 |
| Vergaderen op afstand ^c | 0,1 | - | - | <0 | <0 |
| Kilometerprijs personenauto's ^d | 2,3-2,8 | 155-541 | 111-496 | 68-191 | 49-175 |
| 10% biobrandstoffen ^e | 0,6 | 53 | 53 | 92 | 92 |
| Terugdraaien verhoging maximumsnelheid ^f | 0,3 | 66 | -45 | 200 | -150 |
| Verdere verlaging maximumsnelheid ^a | 1,1 | 843 | 374 | 741 | 329 |
| Kilometerprijs bestelauto's ^a | 0,1 | 63 | 1.921 | 880 | 26.842 |

^a Gebaseerd op CE Delft (2010), Opties voor Schoon en Zuinig Verkeer.

^b Gebaseerd op CE Delft (2012), Marginal abatement cost curves for Heavy Duty vehicles.

^c Gebaseerd op CE Delft et al. (2014), CO₂-reductie door gedragsverandering in de verkeerssector.

^d Gebaseerd op CPB en PBL (2015), Maatschappelijke kosten en baten prijsbeleid personenauto's.

^e Gebaseerd op ECN en PBL (2014), EU doelen klimaat en energie 2030: Impact of Nederland.

^f Gebaseerd op Rijkswaterstaat (2011), Onderzoek invoering verhoging maximumsnelheid naar 130 km/h.

^g Eigen berekeningen

Over het algemeen geldt dat maatregelen goedkoper zijn vanuit een eindgebruikersperspectief dan vanuit een nationaal perspectief. Dit is vooral omdat voor een eindgebruiker de besparingen op brandstofaccijnzen ook een baat vormen, terwijl dit vanuit een nationaal perspectief overdrachten zijn. Een uitzondering op deze algemene conclusie vormen de kilometerprijs voor bestel- en vrachtauto's, die vanuit het perspectief van de eindgebruiker veel minder efficiënt zijn dan vanuit een nationaal perspectief. Omdat deze maatregelen een forse additionele heffing invoeren, leiden ze tot een significante lastenverzwaring voor de eindgebruiker. Dit in tegenstelling tot de kilometerprijs voor personenauto's, die in dit pakket als lastenneutraal is vormgegeven.

