



Energy research Centre of the Netherlands

Effecten op CO₂-emissie en energiegebruik van Green4sure

A.W.N. van Dril

L.W.M. Beurskens

Y.H.A. Boerakker

B.W. Daniëls

P. Kroon

A.J. Seebregts

C. Tigchelaar

C.H. Volkers

Verantwoording

Op verzoek van het Centrum voor Energiebesparing (CE) te Delft zijn door ECN berekeningen gemaakt voor Green4sure met het NEV-modelinstrumentarium. Dit Groene Energieplan is een initiatief van Nederlandse Milieuorganisaties en FNV. De coördinatie is in handen van CE. Bij is ECN is dit project bekend onder nummer 7.7788 Groen Energieplan.

Abstract

Dutch NGO's have taken the initiative to develop a Green Energy Plan, targeting at 50% greenhouse gas reductions in 2030 compared to current levels. Instruments include an intensified European emission trading scheme, and caps for CO₂ emissions in transport and the households and services sector. In addition efficiency standards are foreseen for buildings, vehicles and appliances. Integrated model calculations have been made regarding the required price levels and costs. In an international context that is favorable for reduction of greenhouse gas emissions, the target for 50% greenhouse gas reduction for 2030 compared to 2005 seems achievable.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	6
2. Uitgangspunten berekeningen Green4sure	7
2.1 Doelen van Green4sure (www.green4sure.nl)	7
2.2 Maatschappelijke context berekeningen	7
2.3 Extra beleid in Green4sure	8
2.4 Industrie, energiesector en glastuinbouw	8
2.5 Gebouwde omgeving	9
2.6 Transport	9
3. Rekenmethode	11
3.1 Modelinstrumentarium	11
3.2 Benadering emissiehandelssystemen	12
4. Resultaten energiegebruik en CO ₂ -emissie	13
5. Resultaten kosten	19
6. Conclusies	21
6.1 Doelbereik	21
6.2 Kosten	21
Referenties	22

Lijst van tabellen

Tabel 5.1	<i>Kostenoverzicht Green4sure t.o.v. SE, verdeeld naar maatregelen</i>	19
Tabel 5.2	<i>Kosten van enkele CO₂-reductieopties in G4S en SE</i>	20

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Prijsverloop CO₂-emissierecht in €/ton voor diverse scenario's</i>	9
Figuur 3.1	<i>Schematisch overzicht ECN-modelinstrumentarium voor nationale energieverkenningen</i>	11
Figuur 4.1	<i>Directe CO₂-emissie, scenario's GEHP, SE en G4S</i>	13
Figuur 4.2	<i>Directe CO₂-emissie G4S in sectoren (huishoudens, diensten, industrie, energiesector, landbouw, transport)</i>	13
Figuur 4.3	<i>Primair energiegebruik in sectoren (huishoudens, diensten, industrie, energiesector, landbouw, transport)</i>	14
Figuur 4.4	<i>Primair energiegebruik, brandstoffen (kolen, olie, aardgas, uranium, import elektriciteit, vermeden primair door hernieuwbaar, overig)</i>	15
Figuur 4.5	<i>Finaal thermisch gebruik in sectoren (huishoudens, diensten, industrie, energiesector, landbouw, transport)</i>	15
Figuur 4.6	<i>Finaal elektriciteitsgebruik in sectoren</i>	16
Figuur 4.7	<i>Elektriciteitsopwekking, naar opwekkingstechniek (kolen, gas, uranium, duurzaam, WKK, overig)</i>	16
Figuur 4.8	<i>Hernieuwbare energie vermeden primair (wind op zee, wind op land, biomassa bij- en meestook, AVI, vergisting, biobrandstoffen, overig elektriciteit, overig warmte/koude)</i>	17
Figuur 4.9	<i>CO₂-afvang en -opslag</i>	17

Samenvatting

Het Groene Energieplan 'Green4sure' is een initiatief van Stichting Natuur en Milieu, Greenpeace, Wereld Natuur Fonds, FNV, Milieudefensie en ABVAKABO-FNV. Het plan, gecoördineerd door CE, wil een alternatief bieden voor het huidige Nederlandse energiebeleid. Het doel is om een reductie van 50% van de uitstoot van broeikasgassen te bereiken in 2030 ten opzichte van het 1990. ECN heeft met modelberekeningen het plan kwantitatief onderbouwd. De beleidskeuzen van de genoemde organisaties zijn in de berekeningen verwerkt.

De beleidsinstrumenten om het doel te bereiken zijn vooral emissieplafonds en regelgeving. De industrie, energiesector en glastuinbouw nemen deel aan een geïntensiveerd Europees emissiehandelssysteem. Aparte klimaatplafonds worden ingesteld voor de transportsector en de gebouwde omgeving. De regelgeving heeft vooral betrekking op de energie-efficiency van gebouwen, voertuigen en elektrische apparaten. Daarnaast wordt nog intensief beleid gevoerd om de mobiliteitsvraag te stabiliseren.

De effecten van het Groene Energieplan zijn bepaald ten opzichte van het Strong Europe scenario waarin internationaal krachtig klimaatbeleid wordt verondersteld. Met het Green4Sure-beleid wordt in 2030 een binnenlandse CO₂-reductie bereikt van 40% ten opzichte van 2005. Aangevuld met ongeveer 18 Mton aankoop van emissierechten in het buitenland wordt een CO₂-reductie van 50% gehaald. De reductie voor de drie deelgebieden bedraagt 38% voor de sectoren onder het EU-emissiehandelssysteem, 38% voor de transportsector en ruim 60% voor de directe en indirecte CO₂-emissie van de gebouwde omgeving. In deze laatste sector wordt de indirecte emissie ten gevolge van het elektriciteitsgebruik gereduceerd door aankoop van groene stroom.

De economische effecten van het plan kunnen worden afgeleid uit de nationale kosten. Ten opzichte van het klimaatvriendelijke 'Strong Europe'-scenario bedragen deze nog ruim € 4 miljard extra op jaarbasis in 2030. De sterke regelgeving en ingrepen in de mobiliteitsvraag vereisen een actieve rol van de overheid en grote inspanningen om het vereiste maatschappelijk draagvlak te scheppen.

1. Inleiding

Het Groene Energieplan 'Green4sure' is een initiatief van Stichting Natuur en Milieu, Greenpeace, Wereld Natuur Fonds, FNV, Milieudefensie en ABVAKABO-FNV. Het plan wil een alternatief bieden voor het huidige Nederlandse energiebeleid. Het doel is om een reductie van 50% van de uitstoot van broeikasgassen te bereiken in 2030 ten opzichte van het 1990. De maatschappelijke organisaties hebben CE Delft opdracht gegeven dit plan te concretiseren. CE heeft ECN Beleidsstudies ingeschakeld om integrale berekeningen te maken met het modelinstrumentarium voor de nationale energieverkenningen (NEV).

Aan ECN is verzocht om kwantitatief aan te geven:

- wat de effecten zijn op energiegebruik en CO₂-emissie van de beoogde beleidsinstrumenten voor verschillende sectoren,
- wat de voornaamste maatregelen zijn die worden getroffen onder invloed van het voorgestelde beleid,
- wat de kosten zijn voor de nationale economie en de verschillende doelgroepen.

Dit rapport doet daarvan verslag.

In Hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten van het Green4sure uiteengezet en wordt het voorgestelde beleid gespecificeerd. In Hoofdstuk 3 wordt kort uiteengezet op welke wijze de berekeningen zijn uitgevoerd. Hoofdstuk 4 geeft de fysieke resultaten en Hoofdstuk 5 de kosten. Tot slot worden in Hoofdstuk 6 enkele conclusies getrokken.

2. Uitgangspunten berekeningen Green4sure

In dit hoofdstuk worden eerst de doelen van Green4sure uiteengezet. Daarna wordt de maatschappelijke context behandeld waarin Green4sure is uitgewerkt en die de basis vormt voor de berekeningen. Vervolgens wordt de keuze van beleidsinstrumenten aangegeven om de gestelde doelen te bereiken.

2.1 Doelen van Green4sure (www.green4sure.nl)

Green4sure wil laten zien welke instrumenten en strategieën mogelijk zijn om de uitstoot van broeikasgassen en het gebruik van fossiele brandstoffen met 50% te verminderen rond 2030 én gelijktijdig de zekerheid van onze energievoorziening te verbeteren. Het plan beschrijft besturingsinstrumenten voor innovatie, energiebesparing en in gebruik name van hernieuwbare energiebronnen. Om de realiteitswaarde te toetsen, worden alle instrumenten doorgerekend op nationale kosten, koopkrachteffecten en werkgelegenheidseffecten. Discussies met de politiek, het bedrijfsleven en publiek moeten zorgen voor draagvlak en input van ideeën.

Cruciaal in het groene energieplan is dat alle maatschappelijke kosten in de prijzen worden meegenomen en de vervuiler hierdoor meer gaat betalen. Bedrijven krijgen meer investeringszekerheid. Belastingen zullen meer verschuiven van arbeid naar milieu om groene innovatie en werkgelegenheid te stimuleren.

De hoofdlijnen voor de instrumentering zijn:

- Duidelijke grenzen aan emissies en het gebruik van fossiele brandstoffen door emissieplafonds en normen voor het energiegebruik van huishoudelijke apparaten, auto's en huizen.
- Een innovatiestrategie voor de ontwikkeling van nieuwe technieken die er voor zorgen dat de klimaatdoelen worden bereikt én kansen worden gecreëerd voor het Nederlandse bedrijfsleven.
- Concrete Europa-strategieën die door Nederland worden gevoerd om energienormen voor auto's en apparaten daadwerkelijk ingevoerd te krijgen.
- Weerstand overwinnen bij burgers en bedrijven tegen verdergaande energiebesparing door het treffen van slimme maatregelen en optimaal gerichte informatie en educatie.

2.2 Maatschappelijke context berekeningen

Voor de berekeningen van ECN is gebruik gemaakt van het 'Strong Europe'-scenario (SE) van de studie 'Welvaart en Leefomgeving' (CPB/MNP/RPB, 2006). Dit scenario gaat uit van internationale samenwerking gekoppeld aan publieke verantwoordelijkheid. Europa groeit tot een sterk economisch en politiek blok. Het slaagt er in om op termijn ook de Verenigde Staten te betrekken in een succesvol wereldwijd klimaatbeleid dat sterk gebruik maakt van flexibele Kyoto-instrumenten. De economische groei bedraagt in SE gemiddeld 1,6% per jaar in de periode 2005-2030. De bevolkingsgroei is relatief hoog vanwege een ruim immigratiebeleid en een hoog geboortecijfer, stijgend tot 18,4 miljoen in 2030.

SE veronderstelt een wereldwijd klimaatbeleid, met een oplopende internationale prijs voor CO₂-emissierechten. Vooral na 2020 stijgt deze van 11 naar 58 €/ton CO₂. Ook in Nederland wordt beleid verondersteld in het SE-scenario:

- Handhaving van energiebelasting en brandstofaccijns op het niveau van 2007.
- Bouwvoorschriften: handhaving op EPC van 0,8; huidige normen voor U-bouw; invoering EPBD.
- Stimulering met MEP en EIA-subsidies handhaven.

De keuze voor SE als maatschappelijke context bij Green4sure past bij een brede maatschappelijke aanpak van het klimaatprobleem, zoals voorgesteld door de initiatiefnemers (zie Paragraaf 2.1). Het beleid van de Nederlandse overheid heeft meestal als referentie het 'Global Economy'-scenario (GE) met relatief hoge groei en lage publieke verantwoordelijkheid (VROM, 2005). In het GE-scenario wordt het klimaatbeleid op termijn afgeschaft. De CO₂-emissie in GE is substantieel hoger dan in SE.

2.3 Extra beleid in Green4sure

Het CE heeft overleg gehad over de veronderstelde inzet van beleidsinstrumenten met milieubeweging en werknemersorganisaties. ECN is aan de slag gegaan met de keuzes die door hen zijn gemaakt.

Het voorgenomen beleid in Green4sure is vooral een plafondbeleid. De doelgroepen krijgen een bepaalde hoeveelheid uitstootrechten toegewezen en deze rechten zijn verhandelbaar. Actoren die meer dan de toegewezen hoeveelheid willen uitstoten kunnen rechten kopen van actoren die minder uitstoten. Er worden drie handelssystemen voorgesteld: een uitgebreider Europees CO₂-handelssysteem; een klimaatplafond voor de gebouwde omgeving en een voor transport. Het is de bedoeling dat de genoemde drie handelssystemen de totale emissies ten gevolge van fossiel energiegebruik gaan dekken. In de aanloopfase tot de implementatie van de handelssystemen geldt dat via de milieuvergunningen redelijke maatregelen worden opgelegd.

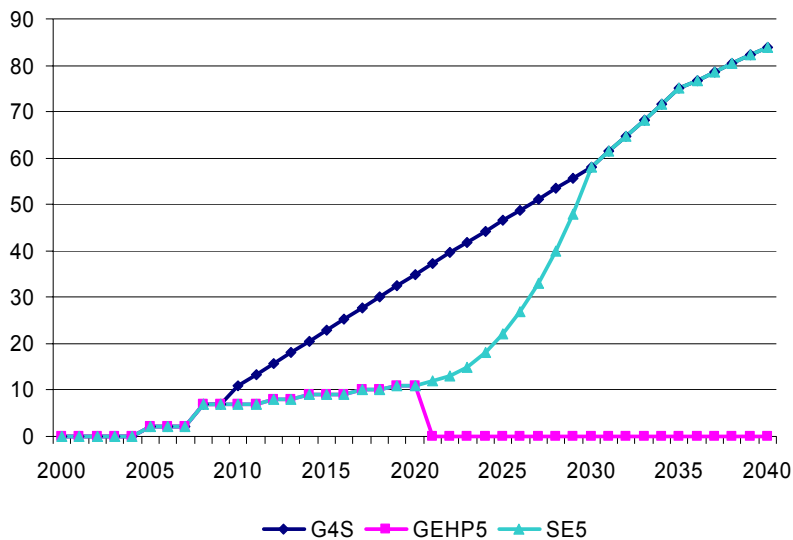
Daarnaast wordt beleid gericht op normering van gebouwen, apparaten en voertuigen, en op onderzoek en innovatie. Per doelgroep wordt het beleid in de volgende paragrafen nader uiteengezet.

2.4 Industrie, energiesector en glastuinbouw

Ten eerste het verscherpte Europese emissiehandelssysteem (EU-ETS) voor de industrie, glastuinbouw, energiesectoren en grotere bronnen van overige broeikasgassen. Verondersteld wordt dat na 2012 ook kleinere industrie- en glastuinbouwbedrijven onder het EU-ETS vallen. Het afvangen en permanent opslaan van CO₂ uit de bronnen die onder het EU-ETS vallen wordt aangemerkt als emissiereductie. Ook CO₂ uit deze bronnen die afkomstig is uit biomassa en die permanent wordt opgeslagen kan als negatieve emissie (sink) worden verrekend.

De doelstelling en het prijsniveau in het verscherpte EU-ETS wordt in Brussel bepaald voor de EU als geheel. Op basis van deze Europese toewijzing wordt een bepaalde Europese markt voor emissierechten verondersteld met bijbehorend prijsverloop. Dit prijsverloop is bepalend voor de maatregelen die in Nederland worden genomen. Verondersteld wordt dat de emissiehandelsprijzen in de EU sneller stijgen dan in het SE-scenario (zie Figuur 2.1). Een prijsniveau bij Green4sure dat in 2010 en 2020 hoger ligt dan in SE leidt eerder tot ontwikkeling en implementatie van reductietechnologie. Onder Green4sure wordt voor de tussenliggende jaren dus in Europa een strengere CO₂-plafond gehanteerd dan in het basisscenario SE.

Naast het plafond voor de sectoren onder het EU-emissiehandelssysteem wordt nog extra beleid ingezet om hernieuwbare energieproductie te bevorderen. Vanaf 2012 wordt de terugleververgoeding vervangen door een verplicht aandeel niet-gesubsidieerde duurzame elektriciteit in Europees verband. Verondersteld wordt dat dit Europese beleid voor Nederland leidt tot een implementatietempo van windenergie en biomassa dat aansluit op de mogelijkheden. Voor windenergie zijn dat vooral de ruimtelijke mogelijkheden, voor biomassa betreft het de mogelijkheden van bij- en mestook in bestaande en nieuwe centrales.



Figuur 2.1 *Prijsverloop CO₂-emissierecht in €/ton voor diverse scenario's*

2.5 Gebouwde omgeving

Het tweede handelssysteem betreft de huishoudens en andere kleinverbruikers die niet onder het EU-ETS vallen. Hier wordt een nationaal plafond ingevoerd voor fossiel energiegebruik, inclusief indirecte effecten door elektriciteits- en warmteverbruik. Het handelssysteem wordt uitgevoerd door de energieleveranciers. De doelstelling voor het kleinverbruik is een CO₂-reductie van 60% t.o.v. 2005. Met toepassing van hernieuwbare bronnen of aankoop van hernieuwbaar opgewekte elektriciteit kunnen kleinverbruikers de CO₂-emissie onder het klimaatplafond reduceren. Afvang en -opslag van CO₂ wordt echter niet aangemerkt als CO₂-reductie voor deze doelgroep.

Deze ambitieuze doelstelling wordt ondersteund door regelgeving die betrekking heeft op de energie-efficiency van gebouwen en elektrische apparaten en verlichting. Voor nieuwbouwwoningen wordt de Energieprestatiecoëfficiënt geleidelijk verlaagd tot 0,4 in 2015. Bovendien wordt de EPL-norm stapsgewijs verhoogd tot 10 in 2015. Voor bestaande huurwoningen geldt de verplichting om uiteindelijk in 2030 alle woningen te brengen op het niveau van B-label (VROM, 2006). Deze normering sluit aan op de Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Voor bestaande koopwoningen geldt de verplichting van B-label bij wisseling van eigenaar. Voor bestaande utiliteitsgebouwen is uitgegaan van de eis dat bij wisseling van eigenaar of huurder alle maatregelen genomen worden met een terugverdientijd van acht jaar of korter. Voor elektrische apparaten en verlichting geldt een verbetering van de efficiëntie van nieuwe apparaten en lichtbronnen met 2% per jaar, waarbij beleid start in 2010 en vervanging gemiddeld eens per tien jaar plaatsvindt. Dit beleid wordt geconcretiseerd door een voortschrijdende normering van nieuwe producten, een energieslurpersheffing van 300% op lichtbronnen en apparaten met een label gelijk aan of slechter dan D en een stand-by norm van 1 Watt. Met dit beleid wordt bijvoorbeeld de marktpositie van gloeilampen op termijn afgebouwd.

2.6 Transport

Het derde handelssysteem betreft een klimaatlimiet voor verkeer. Het betreft hier alleen directe emissies. Het systeem wordt zoveel mogelijk in EU-verband uitgevoerd, of door Nederland en buurlanden. Het handelssysteem wordt uitgevoerd door de leveranciers van motorbrandstoffen. Brandstof van niet-fossiele oorsprong valt niet onder de beperking. De doelstelling is 35% CO₂-emissiereductie ten opzichte van 2005. Daarnaast worden de volgende instrumenten ingezet:

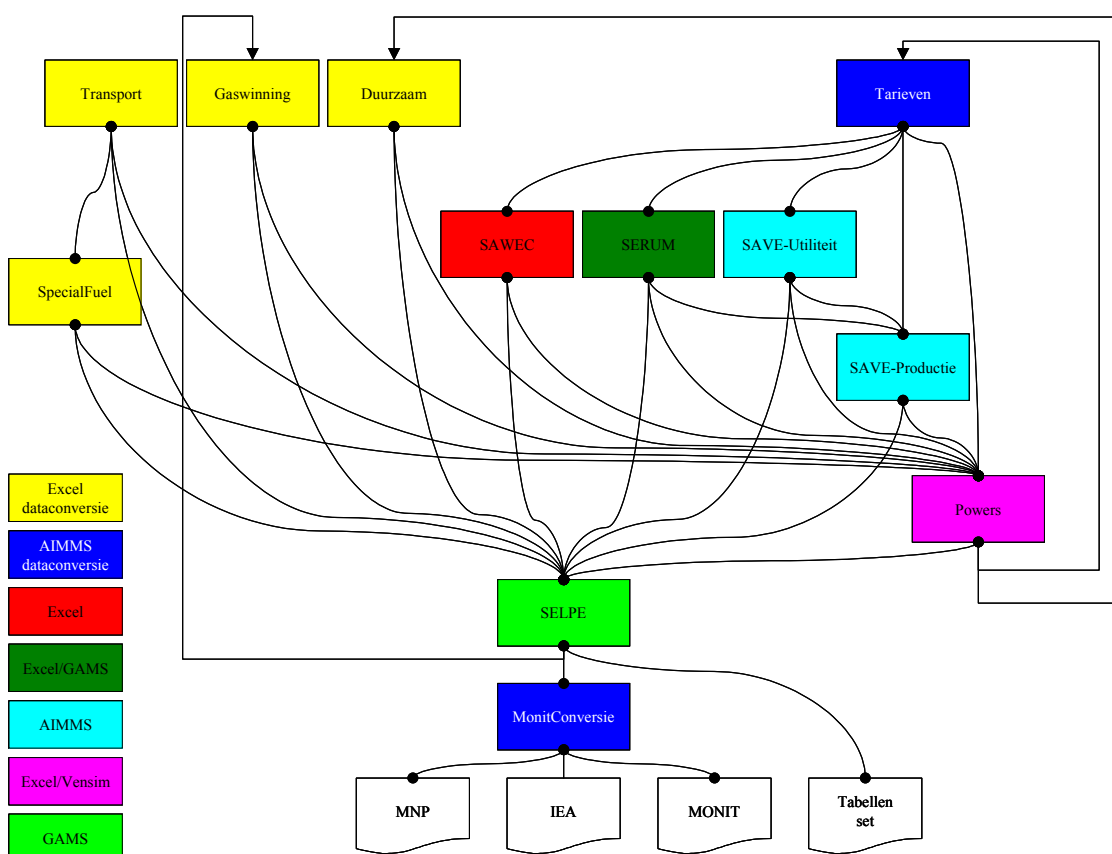
- De gemiddelde brandstofefficiëntie van nieuwe personenauto's en bestelwagens wordt gereguleerd op Europees niveau. Vanaf 2015 komt er een handelssysteem voor autofabrikanten waarbij alle nieuw verkochte auto's gemiddeld een bepaalde norm dienen te halen. De typegoedkeuring van personenauto's komt in 2030 op 85 g/km. Bestelauto's worden 20% zuiniger. Tot 2015 wordt de aanschaf van efficiënte voertuigen gestimuleerd door een differentiatie BPM en differentiatie van de fiscale bijtelling leaseautorijders.
- Een verplichting om in 2020 en daarna 15% biobrandstoffen bij te mengen. Conform het huidige EC-beleidsvoornemen leidt dit tot een reductie van de CO₂-uitstoot van transportbrandstoffen van 10% per eenheid brandstof, gerekend over de keten.
- Met een mix van instrumenten wordt het aantal voertuigkilometers van personen op het niveau van 2005 gestabiliseerd:
 - Geen nieuwe wegen, maar investeringen in openbaar vervoer, de Randstad krijgt een frequent en fijnmazig openbaarvervoersysteem.
 - De belastingvrije reiskostenvergoeding wordt afgeschaft onder gelijktijdige verhoging van de belastingvrije verhuisvergoeding en de bouw van woningen.
 - Een kilometer(spits)heffing, maximaal gedifferentieerd naar milieukeurmerken, primair bedoeld voor bereikbaarheid en luchtkwaliteit, maar met positieve bijeffecten op CO₂-uitstoot.
 - Een convenant woon-werkverkeer, inhoudende dat werkgevers met meer dan 50 werknemers een vervoersplan opstellen waarin ze aangeven hoe ze de autokilometers binnen hun bedrijf zullen stabiliseren op het niveau van 2005.

De klimaatlimiet voor verkeer omvat weg- en railverkeer, mobiele werktuigen, binnenvaart en visserij. Bunkerbrandstoffen voor de internationale scheep- en luchtvaart vallen niet onder de klimaatlimiet voor verkeer maar komen onder het EU-emissiehandelsysteem. Conform de Europese beleidsvoornemens (SESAR) verbetert de efficiëntie van de luchtverkeersleiding waardoor er 8-10% minder CO₂-emissies zullen zijn op Europese routes door minder omvliegen en cirkelen.

3. Rekenmethode

3.1 Modelinstrumentarium

De berekeningen zijn uitgevoerd met het modelinstrumentarium van ECN (Volkers, 2006). In Figuur 3.1 is een schematisch overzicht van het systeem afgebeeld. De lijnen representeren gegevensstromen tussen modellen. Gestart wordt met prijzen voor aardgas en elektriciteit op basis van internationale marktanalyse. Via een tarievenmodel levert dit prijsinput aan de modellen die de energievraag in verschillende sectoren simuleren: bijvoorbeeld SAVE-utiliteit (dienstensector); SAVE-productie (industrie/bouw/landbouw en WKK); SERUM (raffinaderijen). Voor transport en gebouwde omgeving is voor dit project ook met externe data gewerkt. De totale elektriciteitsvraag is input voor het POWERS-model, dat de elektriciteitsproductie en prijsvorming simuleert. Dit leidt tot Nederlandse marktprijzen en vormt weer input voor de vraagmodellen. Daarmee bepaalt POWERS tevens de marktomstandigheden voor duurzame elektriciteitsopwekking en WKK. Na deze iteratie vindt optimalisatie van het energiesysteem plaats met SELPE, dat een consistente energiebalans maakt overeenkomstig de CBS-definities. De uitvoer van SELPE kan vervolgens in verschillende vormen verwerkt en aangeleverd worden.



Figuur 3.1 Schematisch overzicht ECN-modelinstrumentarium voor nationale energieverkenningen

De simulatiemodellen starten met fysieke capaciteit in een basisjaar, die zich verder ontwikkelt in diverse zichtjaren. Nieuwe fysieke capaciteit (gebouwen, voertuigen, procesinstallaties, centrales) kan ontstaan door de vervangings- en uitbreidingsvraag. De uitbreidingsvraag wordt veelal exogeen bepaald op basis van scenariogegevens, meestal economische, demografische of structurele ontwikkelingen. Voor de beslissing over deze nieuwe capaciteit wordt door de mo-

dellen het gedrag van investeerders en consumenten gesimuleerd. Daarbij wordt rekening gehouden met beschikbare nieuwe technieken, investeringskosten, energieprijzen en beleidsdruk. De beschikbare technologie in de modellen is vastgelegd, wel kan technologie zich afhankelijk van de markt- en beleidsomgeving sneller of minder snel ontwikkelen. De gesimuleerde mate van toepassing van technologie (penetratie) en de ontwikkeling van de technologie bepaalt de veranderingen in energiegebruik en emissies. In de modellen zit dus geen rechtstreekse economische relatie tussen energieprijzen of -beleid en energiegebruik: een verandering van energiegebruik is steeds belichaamd in technologie of een fysieke gedragsaanpassing.

3.2 Benadering emissiehandelssystemen

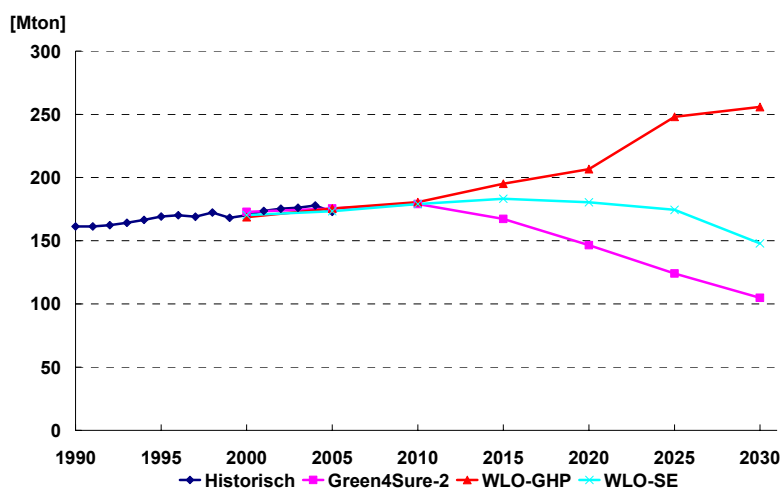
De prijzen in de drie handelssystemen voor emissierechten en de Europese prijzen voor hernieuwbare elektriciteit zijn op de volgende wijze afgeleid:

- De prijs in het Europese emissiehandelssysteem kan niet rechtstreeks door Nederlands beleid worden bepaald. In Green4sure wordt daarom voor de grote emissiebronnen een Europese strategie ingezet. Voor het EU-ETS is verondersteld dat het tot 2030 vooruitloopt op het wereldwijde klimaatbeleid in SE. Het ligt voor de hand dat in 2030, als in het SE-scenario de wereldwijde CO₂-prijs sterk stijgt, Europa hier op gaat aanhaken. De tussenliggende waarden voor de CO₂-prijs zijn geïnterpoleerd. Er is voor de tussenliggende periode geen berekening gemaakt van de CO₂-reductie en CO₂-prijsvorming in de EU als geheel. Verondersteld is dat de allocatie en het andere beleid in de EU-landen leidt tot het weergegeven CO₂-prijsverloop. Verder wordt een eventueel EU-CO₂-handelssaldo van de Nederlandse deelnemers buiten beschouwing gelaten voor het bepalen van de Nederlandse CO₂-emissie. De berekeningsresultaten hebben dus betrekking op in Nederland optredende CO₂-emissie.
- Voor het klimaatplafond van de gebouwde omgeving geldt een doelstelling van 60% reductie. In de eerste fase van het project zijn globale berekeningen gemaakt van de vereiste prijsprykkels om dit doel via energiebesparing te bereiken. Dit leidde tot het inzicht dat zeer hoge prijzen van emissierechten nodig zijn om via energiebesparing en vraagvermindering het doel te bereiken. Deze hoge prijsprykkels maken hernieuwbare elektriciteit relatief financieel aantrekkelijker dan verder besparen. Omdat ten gevolge van het verplichtingsbeleid hernieuwbare elektriciteit ruim beschikbaar komt wordt dit voor de gebouwde omgeving de marginale reductietechnologie. De marktprijs van hernieuwbare elektriciteit bepaalt daarmee de extra kosten en daarmee de CO₂-handelsprijs voor de gebouwde omgeving. Voor de berekeningen is deze marktprijs afgeleid van de kostprijs uit het optiedocument (ECN/MNP, 2006) en bedraagt circa 110 €/ton vermeden CO₂. Dit komt overeen met een prijsverhoging van 7 €/ct per kWh of 20 €/ct per m³ aardgas. Er heeft geen iteratie plaatsgevonden. Voor eventuele aankoop van hernieuwbare elektriciteit in het buitenland geldt de veronderstelling dat het marktprijsniveau daarvan niet wezenlijk afwijkt van het veronderstelde Nederlandse marktprijsniveau.
- Bij het klimaatplafond voor de transportsector wordt een vergelijkbare benadering gekozen. Het systeem voor de transportsector is in opzet Europees, de reductiedoelstelling bedraagt 35% reductie van CO₂ ten opzichte van 2005. Het aanvullende beleid betreft emissienormen van voertuigen (EU), verplichte bijmenging van biobrandstoffen (EU) en de stabilisatie van de vraag van het personenvervoer (NL). Er zijn geen berekeningen gemaakt van de mobiliteitsvraag en besparing in de andere EU-landen, en het effect daarvan op het Europese klimaatplafond en de emissieprijs. Verondersteld wordt dat in de resterende Europese vraag naar transportbrandstoffen, voor zover boven het Europese plafond, wordt voorzien met biobrandstoffen. Als prijs voor biobrandstoffen voor de Nederlandse verbruikers wordt uitgegaan van € 200 per ton vermeden CO₂ (ECN/MNP Optiedocument, 2006). Deze brandstoffen worden op de wereldmarkt betrokken en voldoen aan hoge duurzaamheidscriteria.

4. Resultaten energiegebruik en CO₂-emissie

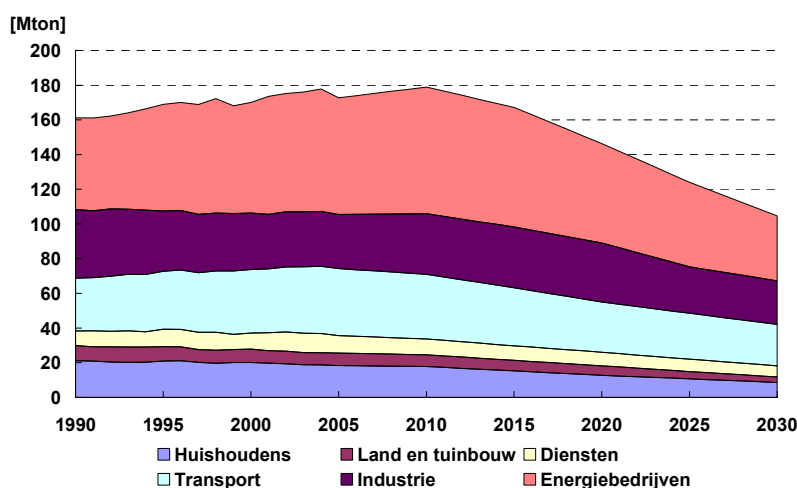
In dit hoofdstuk worden de belangrijkste effecten op het Nederlandse grondgebied weergegeven. Conform de IPCC-conventie is de internationale scheep- en luchtvaart niet weergegeven.

In Figuur 4.1 is de CO₂-emissie voor verschillende scenario's aangegeven voor het Nederlandse grondgebied. De scenario's 'Global Economy' met de hoge olieprijs (GEHP) en 'Strong Europe' (SE) zijn de door ECN uitgewerkte basisscenario's uit de langetermijnverkenning 'Welvaart en Leefomgeving' (WLO). Green4sure is een variant van SE, waarin een duidelijk dalende trend van CO₂-emissie wordt ingezet.



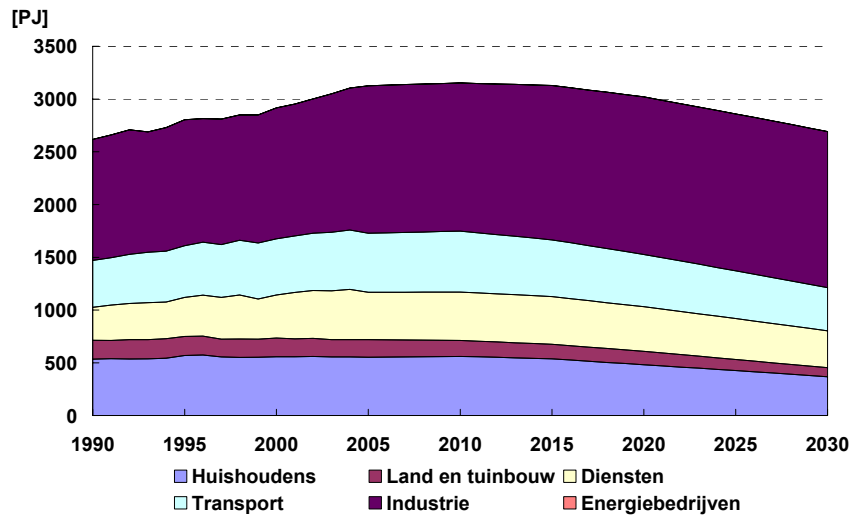
Figuur 4.1 Directe CO₂-emissie, scenario's GEHP, SE en G4S

De binnenlandse CO₂-emissie in G4S bedraagt 104 Mton in 2030. Dit is bijna 40% lager dan in 2005, en tevens substantieel lager dan GEHP en SE in 2030. Via aanvullende aankoop van CO₂-rechten in het buitenland is de doelstelling voor Nederland van 50% emissiereductie binnen bereik.



Figuur 4.2 Directe CO₂-emissie G4S in sectoren (huishoudens, diensten, industrie, energiesector, landbouw, transport)

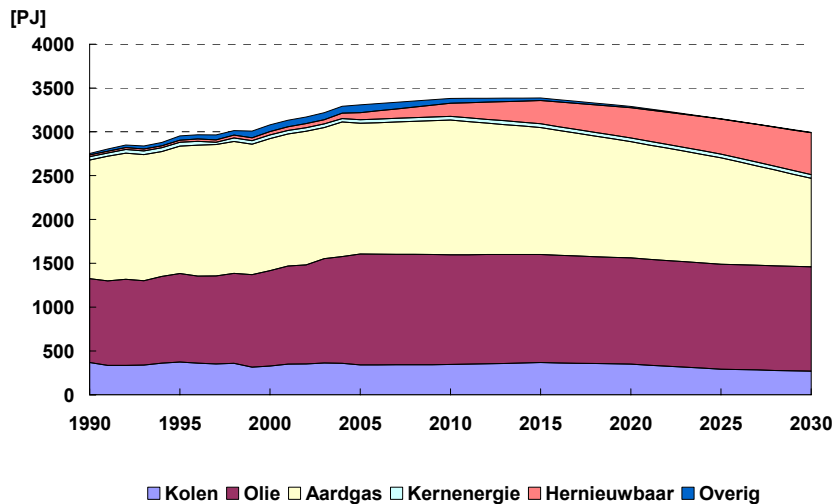
De substantiële reductie van de directe CO₂-emissie treedt op in alle sectoren, variërend van landbouw met 55% tot de industrie met 20%. De directe CO₂-emissie in de gebouwde omgeving daalt met 47% in 2030 ten opzichte van 2005. Dit betreft vooral vermindering van het aardgasverbruik voor verwarming. De directe CO₂-emissie in de transportsector daalt met 38% in 2030 ten opzichte van 2005.



Figuur 4.3 *Primair energiegebruik in sectoren (huishoudens, diensten, industrie, energiesector, landbouw, transport)*

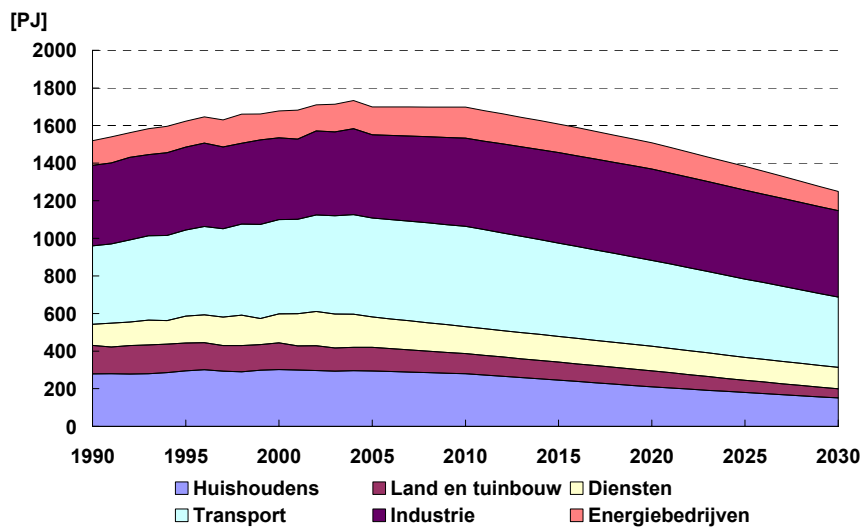
Het primaire energiegebruik wijkt af van de ontwikkeling van de CO₂-emissie op een aantal wezenlijke punten. Ten eerste is het non-energetische energiegebruik van olieproducten als grondstoffen in de industrie toegevoegd. Dit groeit nog door, maar het draagt niet bij aan de CO₂-emissie van de industrie en er kan moeilijk rechtstreeks op worden bespaard. Ten tweede ontbreekt de sector energiebedrijven: het energiegebruik hiervan is toegerekend aan de eindverbruiker, dit betreft vooral elektriciteit. Daardoor is het aandeel van de huishoudens- en dienstensector groter dan in Figuur 4.1. Ten derde is het verbruik van duurzame energiebronnen toegevoegd. Ten vierde wordt CO₂ gedeeltelijk afgevangen en opgeslagen in de ondergrond. Per saldo verbruiken de eindverbruikers in 2030 ongeveer 14% minder energie dan in 2005. Ook hier is de landbouw met bijna 50% reductie koploper¹, terwijl de industrie per saldo nog in energiegebruik groeit.

¹ De instraling van zonne-energie in broeikassen of andere gebouwen wordt hier niet als energieverbruik aangemerkt. Het telt ook niet mee als hernieuwbare energie in deze weergave, en wordt dus op dezelfde wijze geboekt als energiebesparing.



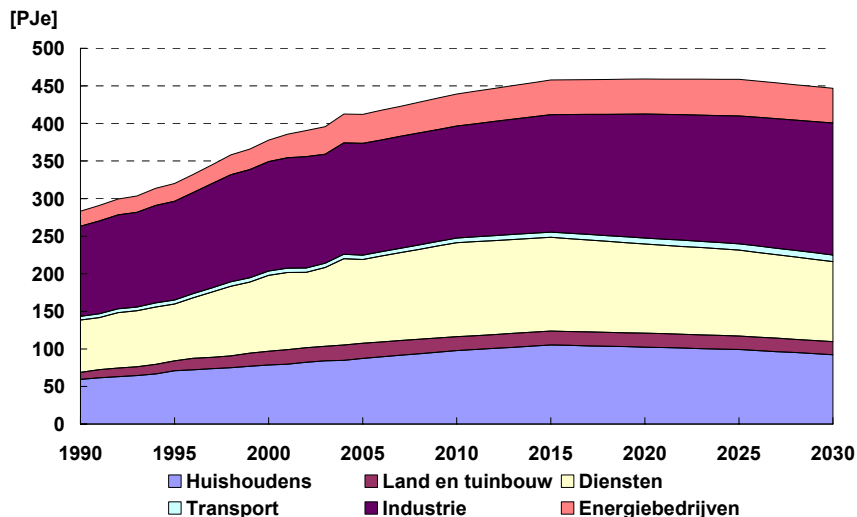
Figuur 4.4 *Primair energiegebruik, brandstoffen (kolen, olie, aardgas, uranium, import elektriciteit, vermeden primair door hernieuwbaar, overig)*

De samenstelling van het pakket van energiedragers verandert in G4S. Vooral het aandeel aardgas daalt van 45 naar 34%, terwijl het aandeel duurzame energie stijgt naar 16% in 2030. Het aandeel kolen daalt van 10 naar 9%, in absolute zin daalt het kolengebruik met ongeveer 20%. Het aandeel aardolie en -producten stijgt nog licht naar 40%, hoewel het in absolute termen daalt met 6%. Naast een forse afname van olieproducten in de transportsector treedt stijging van het grondstofgebruik in de chemische industrie op.



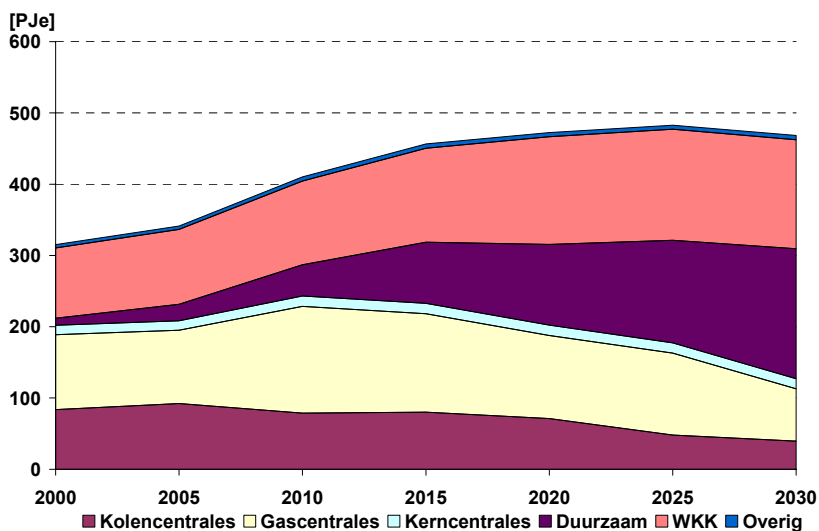
Figuur 4.5 *Finaal thermisch gebruik in sectoren (huishoudens, diensten, industrie, energiesector, landbouw, transport)*

In Figuur 4.5 en 4.6 wordt het eindverbruik verdeeld in thermisch verbruik en elektriciteit. Het thermisch verbruik neemt vooral in de landbouw en in de huishoudens sterk af. In de industrie neemt het thermisch verbruik nog licht toe omdat de energiebesparing wordt tegengewerkt door groei. Het finaal thermisch verbruik in de energiesector betreft de aardolieraffinatie. De capaciteit in deze sector neemt af onder invloed van de afnemende vraag van motorbrandstoffen in Europa.



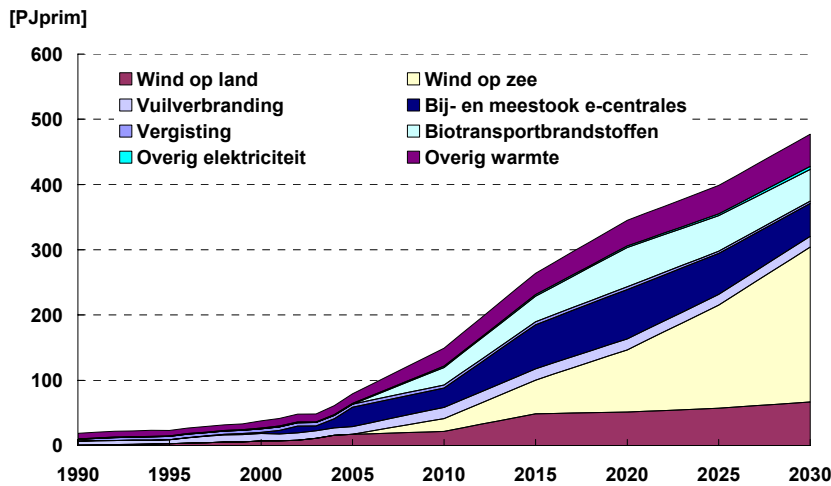
Figuur 4.6 Finaal elektriciteitsgebruik in sectoren

Het finaal elektriciteitsverbruik stijgt nog tot 2020 en gaat vervolgens dalen, omdat de groei afvinkt en de besparing bij kleinverbruikers doorzet. De totale vraag naar elektriciteit voor de gebouwde omgeving bedraagt in 2030 bijna 200 PJ_e. In de energiesector wordt steeds meer elektriciteit gebruikt in de aardgaswinning door uitputting van het Groningenveld. Ook de netverliezen worden hier aangemerkt als finaal gebruik (3-4%).



Figuur 4.7 Elektriciteitsopwekking, naar opwekkingstechniek (kolen, gas, uranium, duurzaam, WKK, overig)

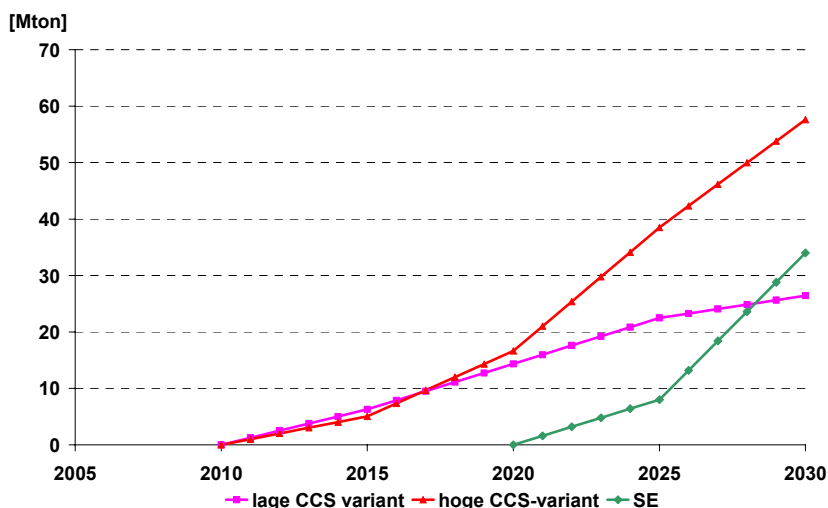
Figuur 4.7 geeft de veranderende samenstelling van het elektriciteitsproductiepark weer. Het aandeel van opwekking met fossiele energie neemt sterk af ten gunste van hernieuwbare elektriciteitsopwekking. Deze vertegenwoordigt in 2030 in G4S 40% van de productie, ruim 180 PJ_e. Daarmee wordt het mogelijk vrijwel de volledige elektriciteitsvraag voor de gebouwde omgeving met binnenlands geproduceerde hernieuwbare elektriciteit in te vullen. De meerkosten van deze hernieuwbare elektriciteit ten opzichte van de marktprijs vallen waarschijnlijk in 2030 belangrijk lager uit dan de in 3.2 veronderstelde €0,07 per kWh. De grootste afname zit bij kolencentrales die minder dan 10% van de stroom produceren. Bij aardgas verschuift het aandeel vooral naar warmtekrachtkoppeling.



Figuur 4.8 *Hernieuwbare energie vermeden primair (wind op zee, wind op land, biomassa bij- en meestook, AVI, vergisting, biobrandstoffen, overig elektriciteit, overig warmte/koude)*

De stijging van duurzame energie in G4S is aanzienlijk: de grootste toename zit bij wind op zee, dat relatief goedkoop is en een groot potentieel kent. Bij de grote hoeveelheden windenergie in G4S zijn extra maatregelen en kosten nodig om de stabiliteit van het netwerk te garanderen. Een mogelijke maatregel is het verhogen van de reservecapaciteit: bij 6 GW windenergie is het vereiste reservevermogen tussen 15% en 20% van het geïnstalleerde windvermogen (Verrips, 2005). Een andere voor de hand liggende maatregel is het opslaan van elektriciteit in de vorm van waterkracht in spaarbekken in Noorwegen, of meer algemeen het gebruiken van de import- en exportmogelijkheden. Andere mogelijkheden om in te spelen op de variabiliteit van windenergie zijn stuurbare energievragers of regelbare decentrale opwekkingsinstallaties.

De andere hernieuwbare opties kennen ook allerlei beperkingen, zoals ruimtegebrek bij wind op land, bijstookmogelijkheden bij fossiele centrales, en vooral ook kosten. Ook blijft vanwege duurzaamheidsaspecten een sterke toename van biobrandstoffen voor transport achterwege.



Figuur 4.9 *CO₂-afvang en -opslag*

Figuur 4.9 geeft de toepassing van CO₂-afvang en -opslag (CCS) weer, zoals ingezet in G4S. Vergeleken met duurzame opwekking lijkt CCS goedkoper, maar het is nog sterk in ontwikkeling. De bijdrage van CCS is relatief onzeker. De in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten betreffen een realistische ontwikkeling van CCS (lage CCS-variant) tot 26 Mton in 2030. Bij

voortvarend beleid en sterke overheidsinitiatieven voor de aanleg van infrastructuur en het beschikbaar maken van opslagvelden is een nog grotere bijdrage van CCS denkbaar. Dit is tot uitdrukking gebracht in een variant van Green4sure met een hogere CO₂-afvang en -opslag. In deze hoge CCS-variant omvat 57 Mton in 2030, waardoor de binnenlandse CO₂-emissie (zie Figuur 4.1) nog 31 Mton lager wordt in 2030. Omdat meer afvang en -opslag ook meer energie vereist is het nationale energieverbruikssaldo in de hoge CCS-variant ruim 120 PJ hoger dan in de lage CCS-variant, ongeveer 4%. De afvang en opslag betreft elektriciteitscentrales, grotere warmtekrachtkoppeling, industriële bronnen en raffinaderijen. Verondersteld wordt dat CCS erkend wordt als CO₂-reductie in het Europese emissiehandelssysteem. Bovendien dient ook afgevangen CO₂ uit de bijstook van biomassa erkend te worden als reductie.

5. Resultaten kosten

In dit hoofdstuk worden de initiële kosteneffecten van Green4sure aangegeven volgens de milieukostenmethodiek (VROM, 1998). Deze kosten omvatten geen indirecte doorwerkingen in de economie, en geen gezondheidseffecten, waardering van risico's, baten van klimaatbeleid, etc. Er wordt onderscheid gemaakt in nationale kosten en eindgebruikerskosten. De nationale kosten zijn een maat voor het effect van beleid op de nationale economie. Het zijn de kosten die de Nederlandse samenleving als geheel moet maken om in eerste instantie de gewenste verandering te betalen. Deze omvatten de kosten in verband met investeringen, onderhoudskosten, uitgespaarde brandstof. Er wordt daarbij een rentevoet op staatsleningen gehanteerd en groothandelsprijzen voor energie. De eindverbruikerskosten zijn een maat voor lastenverdeling tussen de doelgroepen. Het zijn de kosten voor de doelgroepen van beleid, hierbij wordt rekening gehouden met de energieprijzen, rentevoeten, subsidies en heffingen zoals die door de doelgroepen worden ervaren. De in dit hoofdstuk aangegeven kosten hebben een grote onzekerheidsmarge: +/-50%. Energiebedrijven, zoals de elektriciteitsproductiesector, distributiebedrijven, gaswinning en raffinage ondervinden door G4S-beleid volume-effecten. Deze effecten worden niet meegenomen in de kostengegevens.

Tabel 5.1 *Kostenoverzicht Green4sure t.o.v. SE, verdeeld naar maatregelen*

Kosten t.o.v. SE in mld €2000/jaar	Eind-verbruiker		Nationaal	
	2020	2030	2020	2030
Energiebesparing thermisch huishoudens	0,9	1,3	1,1	1,8
Energiebesparing elektrisch huishoudens	-0,4	-0,8	0,1	0,2
Energiebesparing thermisch dienstensector	0,1	0,2	0,1	0,1
Energiebesparing elektrisch dienstensector	-0,4	-1,0	-0,1	-0,3
Energiebesparing industrie	-0,1	0,0	-0,2	-0,1
Energiebesparing landbouw	0,0	0,0	0,0	0,0
Energiebesparing transport	-1,3	-3,2	1,5	2,4
Biobrandstoffen transport	0,3	0,7	0,3	0,7
Windenergie	-0,1	0,0	-0,1	0,0
Biomassa bij- en meestook	0,3	-0,1	0,3	-0,1
CO ₂ -afvang en -opslag lage variant	0,6	-0,3	0,6	-0,3
Totaal kosten t.o.v. SE lage CCS-variant			3,6	4,4
CO ₂ -afvang en -opslag hoge variant	0,7	0,9	0,7	0,9
Totaal kosten t.o.v. SE hoge CCS-variant			3,7	5,7

De belangrijkste posten bij de nationale kosten zijn energiebesparing in de gebouwde omgeving en in het transport. Vanwege de hoge belastingen op energie zijn de eindgebruikerskosten in deze sectoren veel lager dan de nationale kosten².

Bij nieuwbouwwoningen zijn de kosten relatief hoog door de strenge normering. Besparing op het thermisch verbruik is in de gebouwde omgeving duurder dan op het elektriciteitsverbruik. In de kosten voor de gebouwde omgeving zijn niet de kosten opgenomen van de meerkosten van groene stroom waarmee deze sector beneden het klimaatplafond blijft. Deze kosten maken deel uit van de apart aangegeven kosten voor windenergie en biomassa (zie Tabel 5.2). Onder SE is geen expliciete aanname gemaakt bij welke doelgroep de meerkosten van groene stroom terecht

² Door de besparingsmaatregelen spaart de eindverbruiker energiebelasting c.q. benzineaccijns uit, voor de nationale economie tellen alleen de uitgespaarde groothandelsprijzen van de energiedragers. De nationale belastingdruk en ook de inkomensverdeling tussen doelgroepen wordt constant verondersteld, veranderingen in de inkomsten uit energiebelastingen worden via andere belastingen gecompenseerd.

komen. Onder G4S is dit de gebouwde omgeving, voor zover noodzakelijk om de doelstelling van 60% reductie te halen.

Ook in de transportsector leidt strenge normering tot hoge kosten. De kosten in de transportsector betreffen technische maatregelen aan voertuigen inclusief de voorzieningen voor de kilometerheffing. De kosten omvatten niet de effecten van vraagvermindering, ruimtelijke ordening, modal shift, of verschuivingen bij het aankoopgedrag van auto's. De kosten voor de transportsector betreffen weg- en railverkeer, binnenvaart en visserij. Kosten van maatregelen bij de internationale scheep- en luchtvaart zijn buiten beschouwing gelaten.

De kostengegevens in de tabellen van dit hoofdstuk hebben betrekking op de effecten van het Green4sure beleidspakket op het achtergrondscenario SE. Omdat in SE ook maatregelen worden getroffen op het gebied van energiebesparing en hernieuwbare energie geven de kosten dus niet de totale kosten voor energiemaatregelen weer. Vooral de in SE veronderstelde investeringen in hernieuwbare energie en CO₂-afvang en -opslag vertegenwoordigen nog aanzienlijke kosten. In SE worden deze opties gestimuleerd met de sterk stijgende prijs van CO₂-emissie na 2020. Wind en biomassa worden bovendien in SE gestimuleerd met subsidie. In Tabel 5.2 is voor deze opties een overzicht van de totale kosten weergegeven.

Tabel 5.2 *Kosten van enkele CO₂-reductieopties in G4S en SE*

Kosten in mld €2000/jaar	G4S		SE	
	2020	2030	2020	2030
Windenergie	0,1	-0,4	0,2	-0,4
Biomassa bij- en meestook	0,6	0,2	0,3	0,3
CO ₂ -afvang en -opslag lage variant	0,6	1,1	0,0	1,4
CO ₂ -afvang en -opslag hoge variant	0,7	2,3		

De kosten voor windenergie en biomassa bij- en meestook zijn hier weergegeven op basis van opbrengsten op de elektriciteitsmarkt waarin de invloed van hogere CO₂-prijzen doorwerkt. Mede daardoor wordt windenergie rendabel na 2020. De kosten van CO₂-afvang en -opslag zijn weergegeven exclusief de opbrengst van CO₂-rechten.

6. Conclusies

6.1 Doelbereik

Doel van Green4sure is om een reductie van 50% van de uitstoot van broeikasgassen te bereiken in 2030 ten opzichte van het 1990. ECN heeft met modelberekeningen het plan onderbouwd.

Op basis van de analyses en berekeningen ten opzichte van het SE-scenario, dat internationaal krachtig klimaatbeleid veronderstelt, blijkt dat de binnenlandse CO₂-reductie ten opzichte van 2005 in 2030 ongeveer 68 Mton bedraagt, een reductie van 40%. Aangevuld met ongeveer 18 Mton aankoop van emissierechten in het buitenland wordt een CO₂-reductie van 50% gehaald. Voor de drie deelgebieden die zijn onderscheiden geldt:

- De CO₂-emissie van de sectoren die onder het Europese emissiehandelssysteem vallen wordt met G4S teruggebracht met 38% in 2030 ten opzichte van 2005. Indien zeer voortvarend beleid voor CO₂-afvang en -opslag wordt toegepast kan daar de emissie zelfs met meer dan tweederde worden teruggebracht.
- De directe CO₂-emissie van de gebouwde omgeving daalt met 47% van 28 Mton in 2005 tot circa 15 Mton in 2030. De indirecte CO₂-emissie ten gevolge van elektriciteitsgebruik bedraagt 20-25 Mton in 2005, afhankelijk van de referentie-emissie. Het finale elektriciteitsverbruik in de gebouwde omgeving ligt zowel in 2005 als in 2030 op ongeveer 200 PJ_e, ofwel 55 TWh. Dit verbruik kan ongeveer gedekt worden uit de Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2030 van 50 TWh. Als de verbruikers in de gebouwde omgeving deze hernieuwbare elektriciteitsproductie aankopen wordt ruimschoots voldaan aan de doelstelling van 60% op de directe plus indirecte emissie.
- De doelstelling van 35% CO₂-reductie in 2030 ten opzichte van 2005 voor de transportsector wordt bereikt. Dit vereist onder andere een combinatie van sterke ingrepen in de mobiliteitsvraag en sterke verhoging van de technische voertuigefficiëntie.

Voor verschillende onderdelen van het veronderstelde beleid moet nog in belangrijke mate maatschappelijk draagvlak gecreëerd worden.

6.2 Kosten

Ten opzichte van het SE-scenario zijn de kosten in Green4sure hoger in de gebouwde omgeving en de transportsector. In deze sectoren wordt een veel sterkere regelgeving voorgesteld betreffende de energie-efficiëntie van gebouwen, apparaten en voertuigen. De nationale meerkosten ten opzichte van SE bedragen daarom ruim € 4 miljard jaarlijks in het zichtjaar 2030.

Onder invloed van veronderstelde stijgende CO₂-prijzen in Green4sure wordt hernieuwbare elektriciteitsopwekking met wind en biomassa na 2020 concurrerend met fossiele opwekking. Ook CO₂-afvang en -opslag wordt dan kosteneffectief.

De onzekerheden betreffende kosten zijn groot: +/-50%, en zijn afhankelijk van maatschappelijke en technologische ontwikkelingen. Indien een scenario zou worden verondersteld zonder krachtig internationaal beleid gericht op vermindering van CO₂-emissies dan kunnen de extra kosten nog aanzienlijk hoger zijn.

Referenties

- CPB/MNP/RPB (2006): *Welvaart en Leefomgeving. Achtergronddocument pg. 257 e.v.*
- Daniëls, B.W. et.al (2006): *Instrumenten voor energiebesparing. Instrumenteerbaarheid van 2% besparing per jaar.* ECN-E--06-057, Petten.
- Daniëls, B.W., J.C.M. Farla (2006): *Optiedocument energie en emissies 2010/2020.* ECN-C--05-105, Petten.
- Verrips, A.J., H.J. de Vries, A.J. Seebregts, M. Lijesen (2005): *Windenergie op de Noordzee. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse.* CPB/ECN.
- Volkers, C.H. (2006): *NEV-RekenSysteem; Technische beschrijving.* ECN-E--06-042, Petten
- VROM (1998): *Kosten en baten in het milieubeleid - definities en berekeningsmethoden.* Publicatiereeks milieustrategie 1998/6, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1998
- VROM (2005): *Evaluatienota Klimaatbeleid. Onderweg naar Kyoto.* Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, oktober 2005
- VROM (2006): *Regeling energieprestatie gebouwen.* Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 21 december 2006