



Klimaatbeleid en de groene paradox

Klimaatbeleid is vaak gericht op het verlagen van de vraag naar fossiele brandstoffen. Maar hoe reageren eigenaren van de immense fossiele reserves in Rusland, het Midden-Oosten en Noord-Amerika op de aangekondigde, wereldwijde emissiereducties? Zullen zij spoedig met grote, onverkoopbare voorraden blijven zitten, of gaan deze op korte termijn gedumpt worden op de wereldmarkt?

Nederland behoort niet tot de landen die zich sceptisch uitlaten over de klimaatverandering. In de publicatie *Klimaatbeleid* (Rijksoverheid, 2018) wordt onomwonden gesteld dat de mens de belangrijkste oorzaak is van het broeikas-effect en de versnelde klimaatverandering. Het klimaatbeleid van de overheid is tweeledig. Het beoogt te investeren in adaptatie om de negatieve gevolgen van klimaatverandering te beperken, dan wel te voorkomen. Daarnaast is er aandacht voor mitigatie: het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, zoals koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄). Het recente *Voorstel voor hooflijnen van het Klimaatakkoord* (Sociaal-Economische Raad, 2018) noemt een groot aantal beleidsinitiatieven – zoals het stimuleren van windenergie (op land en zee) en zonne-energie (tot 2025 met subsidie), normen in de woning- en utiliteitsbouw, kostenreductie van isolatie, het aardgasvrij maken van woningen, elektrificatie, reductie van fossiele brandstoffen in de land- en tuinbouw, grotere inzet

van biobrandstoffen en bevordering van zuiniger rijden. Deze maatregelen zijn alle gericht op het reduceren van de vraag naar en het gebruik van fossiele brandstoffen. Verder pleit het voorstel voor het beprijzen van de uitstoot van CO₂, en ook voor het investeren in CO₂-afvang en -opslag (*carbon capture and storage*, CCS). Nergens echter besteedt het voorstel expliciet aandacht aan het effect dat dergelijke maatregelen kunnen hebben op het aanbod van fossiele brandstoffen.

Figuur 1 laat zien dat de hoeveelheid CO₂ opgeslagen in de olie-, gas- en kolenvoorraden in de aardkorst vele malen meer is dan de 1.100 gigaton die we nog maximaal uit mogen stoten om de temperatuurstijging van twee graden Celsius, afgesproken in het Akkoord van Parijs, met een kans van vijftig procent niet te overschrijden (McGlade en Ekins, 2015; Aengenheyster et al., 2018). Het is daarom van cruciaal belang om te weten hoe het aanbod van deze fossiele brandstoffen zal veranderen als het klimaatbeleid wereldwijd wordt aangescherpt.

**GERARD VAN
DER MEIJDEN**

Universitair docent
aan de Vrije Universiteit
Amsterdam
(VU)

**CEES
WITHAGEN**

Emeritus hoogleraar
aan de VU

MINDER VRAAG ROEPT GROTER AANBOD OP

In een baanbrekend artikel laat Sinn (2008) zien dat het gebrek aan aandacht voor de aanbodzijde van de markt van fossiele brandstoffen het effect van het klimaatbeleid kan ondermijnen, en dat beleid zelfs kan leiden tot een versnelling van de opwarming van de aarde. Deze groene paradox doet zich niet voor indien er een optimaal (ofwel: *first-best*) klimaatbeleid gevoerd wordt, in de vorm waarin alle landen op de wereld een belasting per ton CO₂ invoeren die gelijk is aan de zogenaamde *social cost of carbon* (SCC). Om politieke redenen wordt het introduceren van zo'n *first-best* koolstofprijs echter bemoeilijkt door de vrees voor een verlies aan concurrentievermogen (zie de bijdrage van Steven Poelhekke in deze preadviezen). Politici zijn aldus genoodzaakt hun toevlucht te nemen tot alternatieve, suboptimale (ofwel: *second-best*) beleidsmaatregelen, zoals een subsidie op hernieuwbare energie of een aangekondigde toekomstige belasting per ton CO₂, die wél kunnen leiden tot een groene paradox.

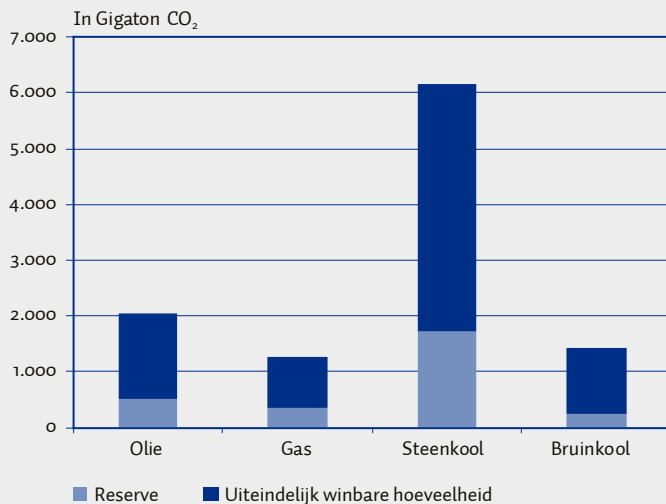
Het mechanisme achter de groene paradox kunnen we duidelijk maken aan de hand van het voorbeeld van de olievoorraden in Saoedi-Arabië. De huidige olieprijs is ongeveer zeventig dollar per vat, terwijl de productiekosten in Saoedi-Arabië per vat minder dan tien dollar zijn (Rystad Energy, 2016). Met zo'n grote winstmarge op de olieproductie is het niet de vraag óf dit land zijn olievoorraden op de markt wil blijven brengen, maar alleen wannéér het dat wil doen. In het extreme geval dat klimaatbeleid het gebruik van fossiele brandstoffen vanaf het jaar 2050 onmogelijk maakt, zal Saoedi-Arabië al zijn olie nog vóór die tijd willen verkopen.

In een minder extreem voorbeeld zorgt het klimaatbeleid in de komende decennia voor een min of meer geleidelijke daling van de vraag naar fossiel. Het verrassende is dat bij een toekomstige lagere vraag niet alleen de toekomstige prijs daalt maar ook de huidige prijs. Als alleen de toekomstige prijzen zouden dalen, valt er winst te behalen door de olieproductie te verschuiven naar de periode waarin de prijzen nog hoog zijn. Via arbitrage spreidt de prijsdaling zich zo uit over de tijd, en dit resulteert uiteindelijk in een lagere prijs over de hele periode. Kortom, aankondiging van strenger klimaatbeleid voor de toekomst leidt tot een versnelde olie-extractie in het heden. En omdat de klimaatverandering vooral het gevolg is van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer, betekent de versnelde productie dat we ook een sterkere toename van de temperatuur op aarde kunnen verwachten. Deze zogenaamde groene paradox is uitgebreid onderzocht in de academische literatuur op basis van het Hotelling-model (zie de uitleg in kader 1).

Het verschijnsel dat beleid gericht op het verminderen van de vraag naar fossiel leidt tot een versnelde productie staat bekend als de *zwakke* groene paradox (Gerlagh, 2011). Ten gevolge hiervan treedt aanvankelijk een versnelling op van de accumulatie van atmosferische CO₂ en dus ook van de klimaatverandering. Wanneer het beleid – bijvoorbeeld via een subsidie op hernieuwbare energie – ertoe leidt dat niet alleen de huidige CO₂-emissies stijgen, maar ook de verdisconteerde klimaatschade, dan spreken we van een *sterke* groene paradox. Ten slotte kan een *supersterke* groene paradox optreden, namelijk wanneer, als gevolg van het

Voorraden fossiele brandstoffen

FIGUUR 1



Bron: McGlade en Ekins (2015)

De groene paradox in elementaire vorm

KADER 1

Het mechanisme achter de groene paradox wordt duidelijk als we de cruciale beslissingen doordenken van de eigenaren van uitputbare grondstoffen. De eigenaar van een olie- of gasbron moet een plan maken voor het uit de grond halen van de vaten olie of de kubieke meters gas, nu en in de toekomst. De winning van de olie (laten we ons hier, bij wijze van voorbeeld, even toe beperken) is kosteloos. Olie concurreert met een alternatieve energiebron, die in dezelfde behoefte als olie kan voorzien. Deze bron is niet kosteloos maar onuitputtelijk, en komt op de markt tegen, zeg, kostprijs b . De rentestand waarmee de olieproducent rekent, zeg r , is constant. Individuele olieproducenten kunnen de olieprijsen in de markt niet beïnvloeden, maar wel voorspellen. Zij vergelijken de contante waarde van de olieprijs op elk moment in de tijd. Indien de huidige contante waarde van de olieprijs hoger is dan de toekomstige, dan kan er geen sprake zijn van marktevenwicht: oliebezitters hebben dan immers een prikkel om hun productie van de toekomst naar het heden te verplaatsten. In een evenwicht moet daarom de contante waarde van de olieprijs op ieder moment in de tijd hetzelfde zijn, en dit impliceert dat de marktprijs van olie moet stijgen met een percentage gelijk aan de rentestand. Deze eerste evenwichtsvoorwaarde voor de groei van de olieprijs heet de regel van Hotelling (Hotelling, 1931). Uiteraard willen olieproducenten hun hele voorraad verkocht hebben op het moment dat de olieprijs gelijk wordt aan de prijs van de concurrerende bron b , zeg op tijdstip T . Deze tweede voorwaarde bepaalt het niveau van

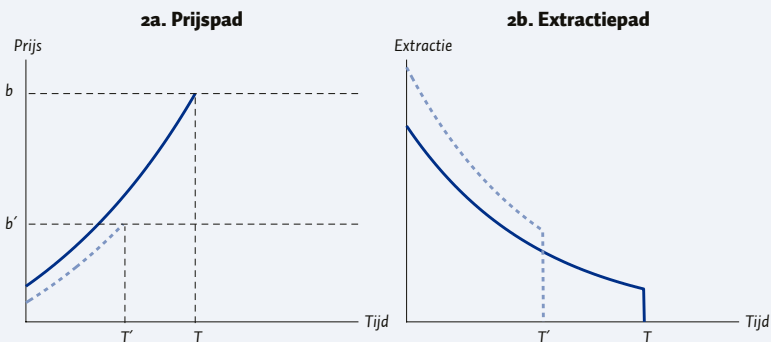
de olieprijs. Hiermee is het marktevenwicht in dit eenvoudige voorbeeld volledig geschetst. De evenwichtige prijs- en extractiepaden zien eruit als de doorgetrokken lijnen in figuur 2. Op het moment dat bekend wordt dat de overheid een subsidie verleent op de hernieuwbare energiebron, zodat de marktprijs daarvan daalt van b naar b' , ontstaat er een nieuw evenwicht waarbij de prijs nog steeds stijgt met een percentage gelijk aan de rentestand (omdat opnieuw de contante waarde van de prijs op ieder moment in de tijd hetzelfde moet zijn), en waarbij de oliebronnen zijn uitgeput op het moment dat de prijs gelijk wordt aan b' , zeg op tijdstip T' . Het nieuwe prijspad ligt dus geheel onder het oude. Immers, als de olieprijs eerder de prijs van de hernieuwbare energie evenaart, moet de aanvankelijke olieprijs lager zijn om toch de hele voorraad olie verkocht te krijgen en komt er over een kortere periode meer olie op de markt. De emissies

van CO_2 nemen daardoor op korte termijn toe. Als de kosten van olieproductie niet te verwaarlozen zijn, maar evenredig zijn met het productievolume, dan gaat de Hotelling-regel in iets gewijzigde vorm nog steeds op: niet de prijs, maar de winst per eenheid stijgt met een percentage gelijk aan de rentestand. De groene paradox blijft dan overeind. Zolang de emissies per eenheid positief gecorrigeerd zijn met de extractiekosten, leidt een subsidie op hernieuwbare hulpbronnen of een snel stijgende koolstofbelasting tot een groene paradox van de zwakke vorm, en zal de accumulatie van CO_2 sneller verlopen.

Als de kosten van de olieproductie toenemen naarmate de voorraden verder uitgeput zijn, dan staat het niet bij voorbaat vast hoeveel voorraden rendabel gewonnen kunnen worden. Zoals in de hoofdstuktekst beschreven wordt, treedt dan de groene paradox minder snel op.

Prijs- en extractiepaden in elementair extractiemodel

FIGUUR 2



Noot: De doorgetrokken lijn stelt het evenwicht voor zonder beleid (waarin de prijs van hernieuwbare energie gelijk is aan b) en de gestreepte lijn geeft het evenwicht met beleid weer (waarin de prijs van hernieuwbare energie gelijk is aan $b' < b$)

klimaatbeleid, de totale welvaart afneemt – bijvoorbeeld gemeten als de som van consumenten- en producentensurplus verminderd met de schade van klimaatverandering. In het voorbeeld gaan de energieconsumenten erop vooruit omdat zij minder voor hun energie hoeven te betalen, maar de subsidie moet worden opgebracht en leidt tevens tot een verstoring van het energiegebruik. Per saldo kan de totale welvaart dus afnemen.

Het is niet de vraag óf Saoedi-Arabië zijn olievoorraden op de markt brengt, maar wannéér het dat doet

De specifieke aard van de productiekosten voor fossiele brandstoffen leidt ertoe dat een versnelde productie uiteindelijk in veel gevallen niet tot een sterke of supersterke groene paradox leidt. De winning van olie en gas gaat gepaard met kosten.

Olie en gas uit bronnen met extractiekosten die hoger zijn dan de prijs van hernieuwbare energie kunnen niet rendabel gewonnen worden. Subsidies voor hernieuwbare energie of een belasting op de CO₂-uitstoot zorgen er derhalve voor dat de producenten die hogere kosten hebben, stoppen met olieproductie zodat hun voorraad dus in de grond blijft zitten – de zogenaamde *stranded assets* als gevolg van klimaatbeleid. Stel dat de prijs van hernieuwbare energie daalt tot 25 dollar per vat olie-equivalent. In dat geval kan de olievoorraad van Saoedi-Arabië, tegen extractiekosten van minder dan 10 dollar per vat, nog steeds rendabel gewonnen worden, maar de schalie-olie in Noord-Amerika, tegen extractiekosten van meer dan 50 dollar per vat, niet (Rystad Energy, 2016). Ook indien de winningskosten van olie en gas afhankelijk zijn van de resterende voorraad in de bron, kan een deel van de voorraden ongebruikt blijven, en heeft klimaatbeleid dus een matigende invloed op de cumulatieve CO₂-emissies.

MARKTMACHT

Met name voor de oliemarkt moeten we rekening houden met de marktmacht van een aantal zeer grote producenten, zoals Saoedi-Arabië en Rusland. Enerzijds willen zij door rantsoenering van het huidige aanbod de prijs hoog houden, maar ook weer niet zo hoog dat er concurrerende hernieuwbare energie op de markt komt. Om de gevolgen voor de groene paradox te schetsen, beschouwen we eerst het extreme geval van een puur monopolistisch aanbod van fossiele brandstoffen. Een interessant verschijnsel dat zich nu voordoet, heet *limit pricing*. Hierbij stelt de monopolist een prijs vast die net onder de prijs van de alternatieve energiebronnen ligt (Salant, 1977; Stiglitz en Dasgupta, 1982). Er zal in een evenwicht altijd zo'n fase met *limit pricing* op het eind zijn, dat wil zeggen net voorafgaande aan de uitputting van de olievoorraad. Voortdurende *limit pricing*, te weten vanaf het begin, doet zich voor bij een inelastische vraag. Dan immers wordt de prijs door de monopolist zo hoog mogelijk vastgesteld.

Als de monopolist de olieprijs van begin tot eind gelijk stelt aan de prijs van hernieuwbare energie (of net daaronder) dan kan een subsidie op hernieuwbare energie zowel tot een zwakke als tot een sterke groene paradox leiden. De subsidie verlaagt de consumentenprijs van de energie, waardoor de extractie op ieder moment in de tijd stijgt totdat de bron is uitgeput. Indien de vraag echter elastisch is en de initiële voorraad voldoende groot is om een aanvankelijke fase met een olieprijs onder de prijs van hernieuwbare energie te verkrijgen, dan vindt er een *omkering* van de zwakke groene paradox plaats. In dat geval zal de monopolist initieel minder olie aanbieden indien de hernieuwbare energie gesubsidieerd wordt. De intuïtie wat betreft dit resultaat is dat de monopolist de minder rooskleurige toekomst wil uitstellen door de extractie van de eerste vaten langer over de tijd uit te smeren middels een verhoging van de initiële prijs (Hoel, 1983; Van der Meijden en Withagen, 2016). Het optreden van de sterke groene paradox is in dit geval ongewis, omdat na het aanvankelijk lagere winningstempo de extractie tijdens de *limit pricing*-fase toeneemt als gevolg van de subsidie op hernieuwbare energie.

Naast de OPEC zijn er nog vele andere aanbieders van olie, onder andere die van de olie uit de teerzanden in Canada en de schalie-olie in de VS, die de laatste tijd een hoge vlucht genomen hebben. Bovendien is de OPEC al lang niet meer het coherente kartel van voorheen. Daarom schetsen Benchekroun et al. (2017) een evenwicht op de oliemarkt waarbij er onderscheid gemaakt wordt tussen twee soorten olie: OPEC-olie en olie uit de rest van de wereld, beide met constante marginale winningskosten. De laatste producentengroep is competitief. Aangetoond wordt dat als de OPEC machtig is (wegens een grote gezamenlijke voorraad van of sterke cohesie tussen de OPEC-landen) we wat de groene paradox betreft dicht bij de uitkomsten voor het pure monopolie zitten. Bij een zwakkere OPEC komen de resultaten meer overeen met die onder volledige mededinging.

TRANSITIE NAAR HERNIEUWBARE ENERGIE

De groene paradox zal minder sterk optreden als het aandeel hernieuwbare energiebronnen in de energievoorziening snel gaat groeien in reactie op het klimaatbeleid. Enerzijds versnelt een subsidie op hernieuwbare energie de olieproductie, maar anderzijds zal een elastisch aanbod van hernieuwbare energie de fossiele energiebronnen gemakkelijk kunnen vervangen. Indien het effect van groene subsidies op de huidige vraag naar fossiele energie het effect op de toekomstige vraag overtreft, doet de groene paradox zich in het geheel niet voor (Gerlagh, 2011; Grafton et al, 2012; Van der Meijden en Withagen, 2016).

Simultaan gebruik van meerdere fossiele brandstoffen die verschillen wat betreft de mate van hun CO₂-emissie, kan eveneens leiden tot een afzwakking van de groene-paradox-effecten. Michielsen (2014) analyseert een model met twee perioden, waarin steenkool, olie en hernieuwbare energie als imperfecte substituten naast elkaar worden gebruikt. Bij steenkool is de emissie dertig tot veertig procent hoger dan bij olie. Bovendien is steenkool in zulke grote hoeveelheden in de aardkorst aanwezig dat de schaarstepremie erop verwaarloosbaar klein is, waardoor we geen versnelde steenkoolwinning hoeven te verwachten als reactie op klimaatbeleid. Een toekomstige belasting op CO₂ leidt er wel toe

dat olie dan goedkoper wordt ten opzichte van steenkool. Dit kan zelfs betekenen dat de olieproductie wordt uitgesteld in plaats van versneld, waardoor de groene paradox zich niet voordoet. Indien het oliegebruik wél naar voren wordt gehaald in de tijd als gevolg van toekomstig klimaatbeleid, leidt deze verschuiving tevens tot een daling van het huidige gebruik van steenkool, waardoor de groene paradox wordt afgezwakt. In een gekalibreerde versie van zijn model vindt Michielsen dientengevolge slechts zeer kleine en zwakke groene-paradox-effecten. Het optreden van een sterke groene paradox onder deze omstandigheden is erg onwaarschijnlijk.

ALGEMEEN EVENWICHT

Klimaatbeleid heeft niet alleen gevolgen voor de markt voor fossiele brandstoffen, maar ook voor andere markten in de economie. Deze algemeen-evenwichtseffecten hebben invloed op de groene paradox. Een belangrijk algemeen-evenwichtseffect doet zich voor in de kapitaalmarkt. Klimaatbeleid heeft namelijk gevolgen voor de opbrengsten van investeringen in kapitaal. Als het rendement op investeringen in kapitaal afneemt, wordt het minder aantrekkelijk om de voorraad direct te exploiteren. Een verlaging van het rendement op kapitaal leidt daardoor tot uitstel van de productie van olie en gas, een verhoging van het rendement op kapitaal leidt tot een hogere huidige productie. Van der Ploeg en Withagen (2014) analyseren deze effecten en vinden voorbeelden waarin een subsidie op hernieuwbare energie wel leidt tot een zwakke maar niet tot een sterke groene paradox.

Van der Meijden et al. (2015) breiden de analyse uit naar een internationale context met olie-exporterende en -importerende landen. Zij laten zien dat een toekomstige koolstofbelasting bij een vaste rente de huidige olieprijs drukt, waardoor de huidige extractie en de huidige productie toenemen ten opzichte van die in de toekomst. Dit zou betekenen dat er, bij een ongewijzigde rente, een toekomstig vraagoverschot ontstaat. De rente, ofwel de relatieve prijs van de huidige consumptie ten opzichte van de toekomstige consumptie, moet dus dalen om het evenwicht op de goederenmarkt te herstellen. De rentedaling zet olieproducenten er vervolgens toe

aan om in evenwicht olie juist geleidelijker te gaan winnen, waardoor de groene paradox wordt afgezwakt. Unilateraal beleid in een internationale context kan bovendien leiden tot *carbon leakage* (Eichner en Pethig, 2011; Hoel, 2011; Ryszka en Withagen, 2016; Böhringer et al., 2017). Poelhekke gaat hier in zijn bijdrage aan deze preadviezen op in.

Smulders et al. (2012) laten zien dat bij een algemeen evenwicht de aankondiging van toekomstig klimaatbeleid, zelfs zonder uitputbare hulpbronnen, de huidige uitstoot kan toenemen. Het mechanisme verloopt hier via het gangbare motief om de consumptie gelijkmatig uit te smeren over de tijd. Een aangekondigde belasting op CO₂ betekent dat huis-

Bij 25 dollar is de winning van olie in Saoedi-Arabië nog rendabel, maar die van schalie-olie in Noord-Amerika niet

houdens verwachten dat de productie in de toekomst lager wordt. Om het toekomstig consumptieverlies te beperken, verhogen de huishoudens hun besparingen. De extra kapitaalaccumulatie die hier het gevolg van is, leidt tot een toename van de productie en van de vraag naar fossiele energie in de periode tussen de aankondiging en de daadwerkelijke invoering van de CO₂-belasting, en dus tot een stijging van de initiële emissies.

EMPIRIE

Hoewel de groene paradox in de theorie van uitputbare hulpbronnen een bijna onontkoombaar effect is, kan dit effect in de praktijk ondergesneeuwd raken door allerlei andere factoren. Zonder gedetailleerde empirische studies is het echter lastig om de orde van grootte en daarmee de beleidsrelevantie van groene-paradox-effecten in te schatten. Helaas zijn er tot op heden slechts twee studies gepubliceerd die de groene paradox aan empirische toetsing hebben onderworpen. Deze betreffen beide bovendien het gebruik van steenkool, waar-

van de uitputbaarheid – een belangrijk aspect van de groene paradox – in twijfel kan worden getrokken.

Di Maria et al. (2012) gebruiken het in 1990 aangekondigde *Acid Rain Program* (ARP) dat in 1995 is geïmplementeerd in de Verenigde Staten, als onderdeel van de amendementen van de *Clean Air Act*. Het ARP bestond uit een systeem van verhandelbare SO₂-emissierechten, met een plafond op de totale uitstoot van SO₂. Aangezien SO₂ vrijkomt bij de verbranding van steenkool, voorspelt de theorie achter de groene paradox dat de winning van steenkool naar voren wordt gehaald in de tijd, zij het slechts in beperkte mate omdat de voorraad steenkool relatief groot is. Met behulp van gegevens over steenkoolleveranties aan kolencentrales, toetsen Di Maria et al. drie op basis van de theorie geformuleerde hypothesen: de prijs van steenkool daalt, het gebruik van steenkool stijgt, en de SO₂-intensiteit van de gebruikte steenkolen stijgt. Het artikel vindt overtuigend bewijs voor een prijsdaling van steenkool. Het gebruik van steenkool in de periode voor de invoering steeg echter alleen significant in kolencentrales met flexibele contracten op de kolenmarkt; centrales met langetermijncontracten verhoogden hun gebruik niet significant. Voor de derde hypothese vindt de studie geen bewijs: er is geen sprake van een significante stijging van de SO₂-intensiteit van de gebruikte steenkolen.

Lemoine (2017) gebruikt het onverwacht sneuvelen van de *American Power Act* (APA, de zogenaamde *Waxman-Markey bill*) in april 2010, die tot doel had om de uitstoot van broeikasgassen in de Verenigde Staten te reduceren (tot 17 procent onder het 2005-niveau in 2020, en 83 procent onder het 2005-niveau in 2050) via een systeem van verhandelbare emissierechten dat in 2013 ingevoerd zou worden. De studie vindt een significante stijging van de prijs en een daling van het gebruik van steenkolen na het onverwachte sneuvelen van de APA, in overeenstemming met de theorie achter de groene paradox. Uit de data blijkt dat het effect binnen deze korte tijdsperiode met name toe te schrijven is aan een stijging in de kolenopslag in plaats van aan een daling van de initiële extractie. Op basis van zijn resultaten concludeert de auteur dat indien marktparticipanten de invoering van de

APA *nu* over vier jaar zouden verwachten, ze hun steenkoolconsumptie zouden verhogen met een hoeveelheid vergelijkbaar met de verhoging die het gevolg zou zijn van een subsidie van tussen de 1 en 12 dollar per ton CO₂.

CONCLUSIES

De groene paradox beschrijft het effect van een suboptimaal klimaatbeleid op het aanbod van fossiele brandstoffen en de gevolgen daarvan voor de opwarming van de aarde. Bij het ontbreken van een correcte beprijzing van CO₂ (hetzij via een koolstofbelasting, hetzij door een systeem van verhandelbare emissierechten) en bij het op grote schaal subsidiëren van alternatieve energiebronnen, moet er rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat landen die fossiele brandstoffen aanbieden, deze gaan dumpen. Het is duidelijk dat Nederland in zijn eentje hier weinig aan kan doen, maar dat er, bijvoorbeeld op Europees niveau, gecoördineerd opge-

treden moet worden. Daarbij is het noodzakelijk om goed inzicht te hebben in het functioneren van de internationale olie- en gasmarkten.

Onder bepaalde voorwaarden (weinig marktmacht en een goede substitutie van fossiele door vernieuwbare energie) leidt aangekondigd toekomstig klimaatbeleid ertoe dat de winning van olie en aardgas versneld plaatsvindt, waardoor de aanvankelijke uitstoot van CO₂ toeneemt en de aarde sneller opwarmt. Dit beleid zorgt er echter ook voor dat de cumulatieve CO₂-emissies dalen, omdat een groter deel van de (niet-conventionele) fossiele reserves onaangeroerd blijft. Het tegengaan van de groene paradox vereist dat klimaatbeleid niet wordt uitgesteld, dat de aanvankelijke CO₂-beprijzing niet te laag is vergeleken met de CO₂-prijs in de toekomst, en dat het beleid mondiaal geïmplementeerd wordt. Er zijn slechts twee empirische studies gedaan naar de groene paradox. Aanvullend empirisch onderzoek is daarom gewenst.

In het kort

- ▶ Toekomstig klimaatbeleid kan de emissies van broeikasgassen op korte termijn verhogen.
- ▶ De eerste empirische studies vinden bewijs voor de groene paradox, maar aanvullend empirisch onderzoek is nog nodig.
- ▶ Ondanks de groene paradox kan aangekondigd toekomstig klimaatbeleid wel de cumulatieve CO₂-emissies verlagen.

LITERATUUR

- Aengenheyster, M., Q.Y. Feng, F. van der Ploeg en H.A. Dijkstra (2018) The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance. *Earth System Dynamics*, 9(3), 1085–1095.
- Benckroun, H., G.A. van der Meijden en C.A. Withagen (2017) *OPEC, shale oil and global warming: on the importance of the order of extraction*. Tinbergen Institute Discussion Paper, 2017-104/VIII.
- Böhringer, C., K.E. Rosendahl en H.B. Storrøsten (2017) Robust policies to mitigate carbon leakage. *Journal of Public Economics*, 149, 35–46.
- Di Maria, C., I. Lange en E. van der Werf (2014) Should we be worried about the green paradox? Announcement effects of the Acid Rain Program. *European Economic Review*, 69(C), 143–162.
- Eichner, T. en R. Pethig (2011) Carbon leakage, the green paradox, and perfect future markets. *International Economic Review*, 52(3), 767–805.
- Gerlagh, R. (2011) Too much oil. *CEsifo Economic Studies*, 57(1), 79–102.
- Grafton, R.Q., T. Kompas en N. Van Long (2012) Substitution between biofuels and fossil fuels: is there a green paradox? *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(3), 328–341.
- Hoel, M. (1983) Future conditions and present extraction: a useful method in natural resource economics. *Resources and Energy*, 5(4), 303–311.
- Hoel, M. (2011) The supply side of CO₂ with country heterogeneity. *The Scandinavian Journal of Economics*, 113(4), 846–865.
- Hotelling, H. (1931) The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.
- Lemoine, D. (2017) Green expectations: current effects of anticipated carbon pricing. *The Review of Economics and Statistics*, 99(3), 499–513.
- McGlade, C. en P. Ekins (2015) The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature*, 517(7533), 187–190.
- Meijden, G. van der, en C. Withagen (2016) *Limit pricing, climate policies and imperfect substitution*. Tinbergen Institute Discussion Paper, 2016-089/VIII.
- Meijden, G. van der, F. van der Ploeg en C. Withagen (2015) International capital markets, oil producers and the green paradox. *European Economic Review*, 76(C), 275–297.
- Michielsen, T.O. (2014) Brown backstops versus the green paradox. *Journal of Environmental Economics and Management*, 68(1), 87–110.
- Ploeg, F. van der, en C. Withagen (2014) Growth, renewables, and the optimal carbon tax. *International Economic Review*, 55(1), 283–311.
- Rijksoverheid (2018) *Klimaatbeleid*. Publicatie te vinden op www.rijksoverheid.nl.
- Rystad Energy (2016) *Saudi-Arabia's resources are the most competitive*. Persbericht te vinden op www.rystadenergy.com, 20 mei.
- Ryszka, K. en C. Withagen (2016) Unilateral climate policies: incentives and effects. *Environmental & Resource Economics*, 63(2), 471–504.
- Salant, S.W. (1977) *Staving off the backstop: dynamic limit-pricing with a kinked demand curve*. International Finance Discussion Paper, 110.
- Sinn, H.-W. (2008) Public policies against global warming: a supply side approach. *International Tax and Public Finance*, 15(4), 360–394.
- Smulders, S., Y. Tsur en A. Zemel (2012) Announcing climate policy: can a green paradox arise without scarcity? *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(3), 364–376.
- Sociaal-Economische Raad (2018) *Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord*. Te vinden op www.klimaatakkoord.nl.
- Stiglitz, J.E. en P. Dasgupta (1982) Market structure and resource depletion: a contribution to the theory of intertemporal monopolistic competition. *Journal of Economic Theory*, 28(1), 128–164.