

# Milieu-economie: over ongeprijsde schaarste en klimaatverandering

*Ekko van Ierland*

*Dit is de rede die Ekko van Ierland heeft uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Milieu-economie aan de Landbouwwuniversiteit te Wageningen op 25 januari 1996. (van de redactie)*

Een mooier onderwerp dan de milieu-economie is slechts met moeite denkbaar. De milieu-economie gaat immers over het menselijk handelen en de gevolgen ervan voor de prachtige wereld waarin we leven en biedt daarom een interessant en uitdagend werkterrein. Dit artikel heeft als titel "Milieu-economie: over ongeprijsde schaarste en klimaatverandering", omdat de milieu-economie gaat over de omgang met schaarse goederen en diensten, in het bijzonder over milieugoederen en -diensten die niet op de markt worden verhandeld en die daarom ongeprijsd zijn<sup>1</sup>. Het thema klimaatverandering betreft een mondiaal milieuvraagstuk is, waarin de kern van de milieu-economie tot uitdrukking komt, namelijk de economische analyse van milieuvraagstukken waarover maatschappelijke besluitvorming moet plaats vinden om tot een goede allocatie van produktiefactoren te komen, waarbij rekening wordt gehouden met de veranderingen die nu en in de toekomst in het leefmilieu plaatsvinden. Het vraagstuk gaat ook over de verdeling van het inkomen, niet alleen tussen leden van de huidige wereldgemeenschap, maar ook tussen de huidige en toekomstige generaties. Bovendien spelen onzekerheid over de omvang van de milieu-effecten en het omgaan met risico's een belangrijke rol. Tenslotte illustreert het onderwerp de mogelijkheden van samenwerking met de natuurwetenschappelijke disciplines, een ander kenmerk van de milieu-economie.

---

<sup>1</sup> Het betreft ook marktgoederen met een prijs die geen juiste weerspiegeling geeft van de schaarste ervan vanwege externe effecten.

De milieu-economie heeft zich - nadat in het verleden enkele economen, zoals Malthus (1798), Hotelling (1931) en Mishan (1967) zich met de economie van milieu en natuur hadden bezig gehouden - vanaf het begin van de jaren zeventig snel ontwikkeld: in Nederland leverden de economen Hennipman (1977), Hueting (1974), Nentjes (1989), Nijkamp (1976) en Opschoor (1989) belangrijke bijdragen. In het buitenland verrichtten de Amerikanen Baumol en Oates (1988) en Tietenberg (1992) baanbrekend werk, terwijl in Europa de Engelsman Pearce (1976), de Duitser Siebert (1987) en de Zweed Mäler (1985) zich tot vooraanstaande milieu-economen ontwikkelden.

Dit artikel begint met een zeer korte historische schets. Daarna worden enkele belangrijke aspecten van de milieu-economie besproken, waarna de aandacht zich concentreert op de economische analyse van het broeikas-effect. Tenslotte volgen conclusies en enkele aanbevelingen die kunnen bijdragen tot duurzame ontwikkeling, met een goede milieukwaliteit, waarin een zinvol bestaan voor toekomstige generaties kan worden opgebouwd.

## 1. De achtergronden van milieuvraagstukken

Een terugblik in de geschiedenis laat zien dat de aarde circa 5 miljard jaar geleden tot stand is gekomen. In een meer nabij verleden zien we mensen als jagers in een woeste en onherbergzame omgeving, klein in aantal en nietig tegenover het natuurgeweld, bestaande uit onbegrepen natuurkrachten, zoals onweer, donder en bliksem. Door de eeuwen heen ontwikkelt zich een samenleving, waarbij wordt overgeschakeld van verzamelen en jagen op landbouw en veeteelt en de eerste vormen van handarbeid. Via de oudheid, China, Egypte, de Griekse en Romeinse historie belanden we in Europa in een periode van stadsvorming zoals we die kennen uit de middeleeuwen. Daarna komt vanaf ongeveer het jaar 1700 de reusachtige stroomversnelling van de industriële revolutie op gang, de zeer snelle bevolkingsgroei en de ongeremde technologische expansie. Na het weefgetouw en de stoommachine, de explosiemotor, de toepassing van elektriciteit, vliegverkeer en kernenergie begint het informatietijdperk, waarin we op het beeldscherm kunnen lezen over de genetisch gemanipuleerde stier Herman, over mogelijk afnemende vruchtbaarheid van de mens onder invloed van de werking van bestrijdingsmiddelen en over de dreiging van klimaatverandering, om slechts enkele in het oog springende feiten te noemen.

In 1996 is het ingrijpen in het leefmilieu van een zodanige omvang dat de kwaliteit van bodem water en atmosfeer in belangrijke mate door mensen wordt bepaald en dat ook de soortenrijkdom en biodiversiteit resultante zijn van menselijk handelen. Een groot aantal ecologische rampen heeft zich

voltrokken, waaronder de kwikvergiftiging in de Minimata baai, de explosie in de chemische fabriek in Bhopal, de brand in Chernobyl en de vergiftiging van de Rijn door de brand bij Sandoz in Bazel. Ook heeft de reusachtige verontreiniging in de voormalige Sovjetunie en Oost Europa zich in zijn volle omvang gemanifesteerd.

De wereldbevolking is snel gegroeid van circa 1 miljard in 1700 tot 5,3 miljard nu en zal naar verwachting nog verdubbelen tot ongeveer 10 miljard in het midden van de volgende eeuw. De groei zal zich vooral voordoen in ontwikkelingslanden, met name in India en andere landen in het Verre Oosten. Deze zorgelijke ontwikkelingen gaan gepaard met snelle technologische veranderingen op het gebied van de energie-opwekking, de informatieverwerking en de telecommunicatie. Zonne-energie wordt op kleine schaal toegepast en we zijn in staat om steeds zorgvuldiger en efficiënter met energie om te gaan. Ook worden, mede onder druk van het milieubeleid, allerlei milieuvriendelijke substituten voor verontreinigende producten en productieprocessen ontwikkeld.

Deze korte schets maakt duidelijk dat het evenwicht tussen economie en ecologie, tussen de mens en zijn leefomgeving sterk is verstoord. Bovendien bestaat een omvangrijke werkloosheidsproblematiek, in Europa, in de VS en ook in de ontwikkelingslanden; een vraagstuk dat volgens sommige economen alleen door middel van economische groei kan worden opgelost. Daarnaast is er sprake van grote armoede in ontwikkelingslanden. Alles wijst er daarom op dat de druk op het leefmilieu in de toekomst nog verder zal toenemen, vanwege de sterke groei van de wereldbevolking en de wens om steeds hogere inkomens te genereren. Ook neemt de concurrentie om de beschikbare ruimte steeds extremere vormen aan, zoals blijkt in de miljoenensteden in de Derde wereld, zoal Cairo, Mexico stad en de grote steden in het verre Oosten. Het is in dit licht van de lokale en mondiale milieuvraagstukken dat we de milieu-economie in 1996 moeten bekijken.

## 2. De milieu-economie

De milieu-economie bestudeert de samenhang tussen het economische systeem en het ecologische systeem. Milieu-economen analyseren hoe de economie zich ontwikkelt, welke milieuveranderingen daarbij optreden en waarom ze optreden. Vervolgens wordt bekeken hoe - via de politiek of anderszins - ongewenste ontwikkelingen kunnen worden vermeden of bijgestuurd. Milieu-economen adviseren vervolgens over het optimale milieubeleid, gegeven de in de politiek geformuleerde maatschappelijke en ecologische doelen. Welke milieudoelen in concreto worden gesteld is een

kwestie van politieke besluitvorming; wetenschappelijk onderzoek kan slechts laten zien welke mogelijkheden er zijn om het milieu te beschermen, wat de gevolgen zijn van bepaalde keuzen en welke maatschappelijke consequenties (o.a. voor inkomen, werkgelegenheid, betalingsbalans en inkomensverdeling) eraan verbonden zijn. Wat dit betreft ben ik het met de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid eens dat de milieudoelen niet alleen uit wetenschappelijk onderzoek kunnen worden afgeleid, maar het resultaat van maatschappelijke besluitvorming zijn.

De samenhang tussen het economische systeem en het ecologische systeem kan als volgt worden omschreven. In de economie worden grondstoffen met behulp van arbeid en kapitaal bewerkt, waarna ze worden gebruikt als kapitaalgoederen of als consumptiegoederen, om vervolgens te worden afgedankt en als afval te worden gestort in het leefmilieu. Bij dit proces komen emissies van toxische en verontreinigende stoffen vrij, die zich in de verschillende compartimenten van het leefmilieu verspreiden.

Kenmerkend is het feit dat afvalstoffen en persistente toxische stoffen zich in de loop van de tijd in het milieu ophopen: het zijn voorraadgrootheden. Zelfs bij dalende jaarlijkse emissies, nemen in veel gevallen de concentraties van schadelijke stoffen toe, zodat ook de milieuschade nog toeneemt, ondanks afnemende jaarlijkse emissies. Alleen de makkelijk afbreekbare stoffen kunnen in voldoende mate in de natuurlijke kringlopen worden opgenomen.

Binnen het economische systeem vindt de besluitvorming over wat te produceren, hoe te produceren en voor wie te produceren voor het belangrijkste deel plaats via het marktmechanisme, voor een ander deel via besluitvorming in het parlement of in dictatoriale staten door de daar heersende machthebbers.

Het marktmechanisme, waarin producenten winst proberen te maximaliseren en consumenten hun budget zo proberen te besteden dat ze hun welvaart maximaliseren, heeft als sterke kant dat het leidt tot een efficiënte voortbrenging van allerlei marktgoederen. Inefficiënte bedrijven worden weggeconcurrerd en in de ideale situatie kunnen alleen efficiënte bedrijven tot bloei komen en blijven bestaan. De stereotype weergave is dat het marktmechanisme er toe leidt dat slechts datgene wordt geproduceerd dat de consument wenst, zodat er sprake zou zijn van consumentensouvereïniteit. In het Oostblok wordt het marktmechanisme nu omhelst, omdat terecht wordt verwacht dat het de produktie en de welvaart kan bevorderen ten opzichte van de situatie van voor de val van het ijzeren gordijn.

### 3. Het falen van de markt

Het marktmechanisme kent echter zeer belangrijke tekortkomingen, die alleen door een sterke overheid kunnen worden weggenomen. De welvaartstheoretische literatuur geeft immers duidelijk aan dat de ongeremde, vrije werking van het marktmechanisme een ramp is voor het leefmilieu. Het marktmechanisme functioneert alleen goed als er aan belangrijke voorwaarden is voldaan, waaronder:

- volledige mededinging;
- volledige informatie;
- het afwezig zijn van zogenaamde common property resources;
- het afwezig zijn van externe effecten;
- het afwezig zijn van collectieve goederen.

Ook is een vereiste dat de voorkeuren van de consument niet stelselmatig worden gemanipuleerd door overmatige reclame. Het zijn juist deze aspecten van het falen van de markt waar de milieu-economie zich vooral mee bezighoudt.

Common property resources zijn natuurlijke hulpbronnen waarvan de eigendomsrechten niet aan individuen zijn toegekend: ze zijn in gemeenschappelijk eigendom. Een typisch voorbeeld van een vernieuwbare common property resource is de voorraad vis in de zeeën en oceanen, die leidt tot omvangrijke zwarte circuits en visserij-oorlogen, zoals u dagelijks in de krant kunt lezen. Typische vragen die op dit terrein naar voren komen zijn: Hoe kan een optimaal visbeleid tot stand komen, als duidelijk is dat het marktmechanisme tot reusachtige overbevissing leidt. Welke instrumenten kunnen we inzetten om deze voorraden te beschermen? Hoe kan via quotering en of verhandelbare visrechten tot een goede allocatie worden gekomen?

Externe effecten treden op als het gedrag van producenten of consumenten een invloed uitoefent op de productie- en consumptiemogelijkheden van andere producenten en consumenten, zonder dat daarvoor op de markt compensatie plaatsvindt. Typische voorbeelden van negatieve externe effecten zijn de verontreiniging van bodem, water en lucht of lawaaioverlast. Bij het beperken van externe effecten komen o.a. de volgende vragen naar voren: Hoe kan de verzuring in Europa worden beperkt? Hoeveel mag er worden geëmitteerd, hoe lang kunnen we nog doorgaan met emitteren? Wie moet hoeveel emissiereductie tot stand brengen, hoe hoog zijn de kosten daarvan en wie moet de kosten van het beleid betalen?

Bij collectieve goederen gaat het om goederen waarbij het onmogelijk is om bepaalde individuen uit te sluiten van het gebruik ervan en die om die reden niet via de markt tot stand kunnen worden gebracht. Een typisch voorbeeld

betreft de klimatologische omstandigheden die tegenwoordig door het menselijk handelen worden beïnvloed: niemand kan zich onttrekken aan het heersende klimaatpatroon. Niemand kan als individu van klimaatverandering worden uitgesloten en de manier waarop individu A het klimaat ondergaat gaat niet ten koste van de gebruiksmogelijkheden van andere individuen, er is dus ook geen sprake van rivaliteit in de consumptie. Het klimaat heeft daarmee typisch de karakteristieken van een collectief goed gekregen en de markt kan, zonder overheidsingrijpen niet in een juiste allocatie voorzien. Als we de markt zijn gang laten gaan wordt het klimaat naar hartelust verstoord, zoals voorheen water, lucht en bodem naar hartelust werden verontreinigd.

In de werkelijkheid komen common property resources, externe effecten en collectieve goederen juist veelvuldig voor. Het marktmechanisme kan daarbij niet leiden tot een optimale allocatie van productiefactoren en overheidsingrijpen is een absoluut vereiste om de problemen op te lossen. Daarbij kan de overheid kiezen uit de volgende beleidsinstrumenten:

- directe regelgeving, waarbij door middel van regelgeving en verbodsbepalingen de milieuverontreiniging wordt beperkt;
- economische beleidsinstrumenten, zoals heffingen (de ecotax) en subsidies die het gedrag van producenten en consumenten beïnvloeden. Een milieuheffing vormt een prijs voor de ongeprijsde schaarste.

Een ander economisch instrument - dat slechts op zeer kleine schaal in de VS wordt toegepast voor zwaveldioxide emissies - is een systeem van verhandelbare emissierechten, waarbij de overheid een beperkt aantal emissierechten voor bedrijven en consument beschikbaar maakt, waarna deze rechten op de markt verhandeld kunnen worden. Dit heeft als voordeel dat de verontreiniging beperkt blijft tot de hoeveelheid uitgegeven rechten, terwijl de markt ervoor zorgt dat de emissiebeperking tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten plaatsvindt. Het is een zeer efficiënte manier om emissiereductie tot stand te brengen. Ook dit systeem leidt ertoe dat de ongeprijsde schaarste een prijs krijgt, zodat er zorgvuldig met het milieu wordt omgesprongen.

Voor afvalpreventie zijn statiegeldsystemen mogelijk, zodat consumenten en producenten economische prikkels krijgen om afval te retourneren, zodat hergebruik en recycling mogelijk worden. Ook worden convenanten gesloten, waarin op basis van afspraken een vermindering van de milieuverontreiniging tot stand wordt gebracht. Als laatste categorie van beleidsinstrumenten beschikt de overheid over de mogelijkheid om via voorlichting en educatie milieuvriendelijk gedrag te bevorderen, bijvoorbeeld door middel van spotjes van Postbus 51. Deze voorlichting creëert misschien

wel extra draagvlak voor milieubeleid, maar is op zichzelf absoluut onvoldoende om gedragsverandering te bewerkstelligen.

In een gesloten nationale economie is het nog voorstelbaar dat de complexe milieuvraagstukken worden opgelost door passende parlementaire besluitvorming over de milieurandvoorwaarden en het gebruik van schaarse natuurlijke hulpbronnen. Het Nederlandse milieubeleid, vooral tot stand gekomen via het NMP en NMP+ is wat dat betreft voor de milieuvraagstukken in Nederland hoopgevend, zij het dat de vorderingen traag verlopen en niet alle doelstellingen worden gehaald.

De zaken zijn echter aanzienlijk gecompliceerder door de internationale concurrentieverhoudingen en het grensoverschrijdende karakter van milieuvraagstukken. In de praktijk zijn circa 180 landen betrokken bij de mondiale milieuvraagstukken, zoals de aantasting van de ozonlaag en het vraagstuk van klimaatverandering.

De milieu-economie richt zich daarom ook op deze vraagstukken van internationale samenwerking en de verdeling van de kosten en baten over landen. Onderzocht wordt hoe door middel van internationale samenwerking een efficiënte oplossing kan worden gevonden, waarin iedereen beter af is dan bij het ontbreken van internationale samenwerking, de zogenaamde win-win situaties uit de speltheorie. Bij het ontbreken van samenwerking proberen individuele landen door een gematigd milieubeleid een concurrentievoordeel op te bouwen ten opzichte van andere landen: in dat geval is er sprake van "ecologische dumping": men houdt in een poging de export te bevorderen de prijs kunstmatig laag door te weinig milieumaatregelen te nemen, met desastreuze gevolgen voor het milieu. Het vrijstellen van de exporterende bedrijfstakken van de energieheffing in Nederland is een voorbeeld in deze sfeer. Paradoxaal genoeg kan een te stringent milieubeleid in een kleine open economie zelfs leiden tot een toename van de mondiale verontreiniging, namelijk als de produktie zich verplaatst naar landen waar ouderwetse technieken worden gebruikt.

Sinds het Brundtland rapport (World Commission on Environment and Development, 1987) is het concept 'duurzame ontwikkeling' niet meer weg te denken uit de milieu-economische analyse. In essentie betekent duurzame ontwikkeling in economische termen dat we zoveel kapitaalgoederen, hulpbronnen, kennis en milieukwaliteit dienen na te laten aan toekomstige generaties, dat deze per saldo minstens even goed of zelfs beter af zullen zijn dan de voorgaande generatie. Deze gedachtengang gaat ervan uit dat de wereld in de toekomst anders zal zijn, maar waar het om gaat is dat toekomstige generaties beschikken over de hulpmiddelen en de milieukwaliteit die nodig is om een goed bestaan te kunnen opbouwen, beter dan het bestaan van de voorgaande generatie. Dit impliceert dat de uitstoot van

verontreinigende stoffen de draagkracht van het milieu niet te boven mag gaan en dat we binnen de milieugebruiksruimte moeten blijven. Het gebruik van natuurlijke hulpbronnen dient zodanig te zijn dat toekomstige generaties voldoende gebruiksmogelijkheden over houden, waarbij we overigens wel rekening mogen houden met technologische vernieuwing, zoals verbetering van de energie-efficiëntie en het op termijn beschikbaar komen van grotere hoeveelheden zonne-energie en andere duurzame energie, tegen lagere prijzen dan de huidige. Voorbeelden hiervan zijn wind- en waterkracht, geothermische energie, of waterstof geproduceerd door middel van zonne-energie.

In de milieu-economie staat het denken in termen van kringlopen tegenwoordig centraal en worden de milieu-effecten voor veel produkten over de gehele levenscyclus van het produkt bekeken: vanaf de grondstoffenwinning, via de milieu-effecten tijdens het productieproces, naar de milieu-effecten tijdens het gebruik van het produkt, tot de uiteindelijke effecten in de fase van de afvalverwerking. Daarin worden grondstoffen, produktietechnieken en produkten, zodanig gekozen dat de milieu-effecten gedurende de levenscyclus van het produkt zo beperkt mogelijk zijn. Uit deze analyses blijkt steeds weer dat nog heel veel milieuwinst kan worden behaald door verbeteringen in produkt en productieproces, waarbij dikwijls ook bedrijfseconomische voordelen zijn te behalen.

Een stringent milieubeleid, strikte toepassing van het principe de vervuiler betaalt en toepassing van economische beleidsinstrumenten (heffingen en verhandelbare emissierechten) corrigeren de prijsverhoudingen en stimuleren daardoor technologische innovatie in een milieuvriendelijke richting.

#### 4. Klimaatverandering

De economie van mondiale klimaatverandering en de verdeling van de inspanningen om CO<sub>2</sub> emissiereductie tot stand te brengen over verschillende landen biedt een goede mogelijkheid de milieu-economische denkwijze te illustreren. Het broeikas-effect betreft de risico's van klimaatverandering onder invloed van toenemende concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer. Tot deze broeikasgassen behoren CO<sub>2</sub>, CFC's, methaan en N<sub>2</sub>O. Door de meteorologen en andere natuurwetenschappers zijn klimaatmodellen geformuleerd die aangeven dat naar verwachting bij een verdubbeling van de concentraties van broeikasgassen aan het eind van de volgende eeuw een temperatuurstijging te verwachten is van ongeveer 2 tot 6 graden Celsius. Daarbij zou horen een zeespiegelstijging van ca 20-60 cm aan het eind van de volgende eeuw, maar op langere termijn kunnen zowel de temperatuurstijging als de zeespiegelstijging veel omvangrijker worden. De natuurwetenschappers schetsen ook scenario's waarin in weersextremiteiten, zoals stormen en lange perioden van kou en droogte frequenter zullen voorkomen.

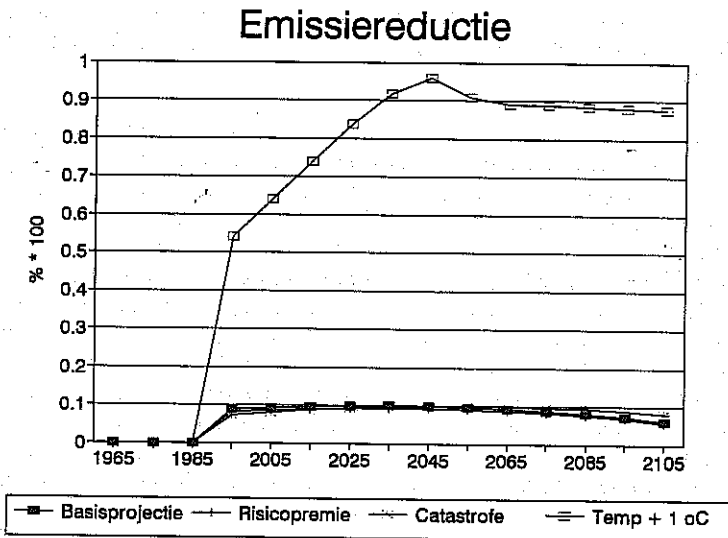


Ook de regionale neerslagpatronen zullen volgens de berekeningen wijzigen. Dit onderwerp is actueel omdat de internationale politiek tot ingrijpende besluiten moet komen om wel of geen emissiereductie tot stand te brengen, met alle daaraan verbonden consequenties voor de kosten en de baten van het beleid.

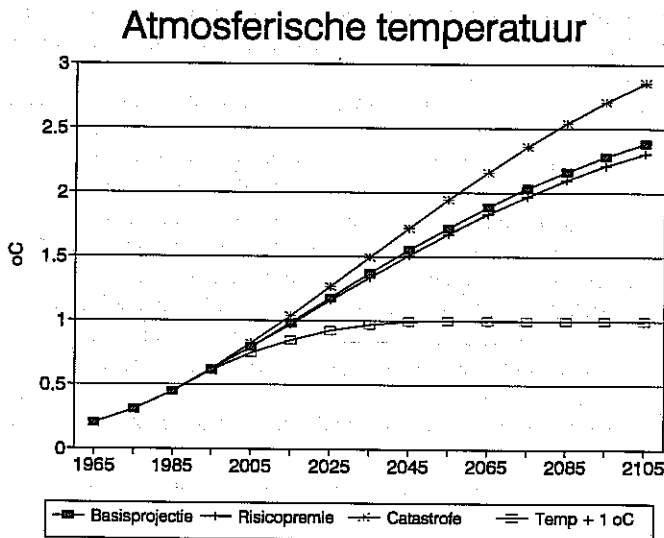
Het versterkte broeikas effect is een milieuvraagstuk waarbij de milieu-economie het volledige analytische instrumentarium inzet om bij te dragen aan het oplossen van de vraag of en zo ja in welke mate en door wie wanneer tot vermindering van de emissies van broeikasgassen moet worden gekomen. In de milieu-economie wordt het klimaatvraagstuk geanalyseerd met behulp van speltheorie en dynamische optimaliseringsmodellen waarin scenario's worden gepresenteerd voor de toekomstige ontwikkeling van de wereldeconomie (onderverdeeld in verschillende regio's van de wereld). Deze analyse wordt in eerste instantie uitgevoerd onder de aanname dat we alles zeker weten: de omvang van de klimaatverandering, de ontwikkeling in de wereldeconomie, de beschikbaarheid van energiedragers, de kosten van emissiebeperking en de schade die voortvloeit uit eventuele veranderingen in temperatuur en neerslagpatronen. In de milieu-economische modellen worden het energiegebruik en de emissies van broeikasgassen berekend. Vervolgens wordt in de modellen een vereenvoudigd klimaatmodel opgenomen dat aangeeft hoe de gemiddelde temperatuur op aarde zal wijzigen bij de geschetste emissie-tijdpaden van broeikasgassen en hoe groot de verwachte temperatuurstijging in verschillende gebieden van de wereld zal zijn. Daarna wordt (althans in sommige modellen) de te verwachten schade voor milieu en economie berekend, soms in fysieke eenheden, soms uitgedrukt in monetaire eenheden.

Omdat in het model ook is opgenomen een beschrijving van de kosten die moeten worden gemaakt om de emissies van broeikasgassen te beperken, kan in principe worden uitgerekend wat het optimale tijdpad van emissiereductie van de verschillende broeikasgassen is. Afhankelijk van de omvang van de schade die wordt gehanteerd in de modelberekeningen, geven de uitkomsten van het door de Amerikaanse econoom Nordhaus (1991) ontwikkelde model (zie bijlage A) aan dat op mondiale schaal een zekere beperking van de CO<sub>2</sub> emissies ten opzichte van ongewijzigd beleid gewenst is, namelijk in de orde van grootte van ca 10%, zie basisprojectie in de figuren 1 en 2. De atmosferische temperatuur zou in dat geval stijgen met ongeveer 2,5 graad Celsius. Echter als men zou willen proberen de temperatuurstijging te beperken tot 1 graad Celsius aan het eind van de volgende eeuw, dan zijn mondiale emissiebeperkingen van broeikasgassen gewenst van circa 80-90 procent, al beginnend met circa 50-60 procent vanaf het begin van de volgende eeuw, zie figuren 1 en 2 op bladzijde 56.

**Figuur 1: Berekende mondiale emissiereductie van broeikasgassen (\*100%) ten opzichte van ongewijzigd beleid voor een aantal varianten.**



**Figuur 2: Berekende toename van de gemiddelde atmosferische temperatuur voor een aantal varianten ten opzichte van de pre-industriële gemiddelde atmosferische temperatuur.**



De kosten van dergelijke ingrijpende maatregelen kunnen oplopen tot circa 5% van het wereld inkomen. Deze kosten moeten vooral worden gemaakt door de huidige generaties, terwijl de vermeden schade pas relevant is voor de toekomstige generaties. De modellen kunnen ook berekenen wat er gebeurt als uitstel van emissiebeperkende maatregelen plaatsvindt. Er wordt dan bespaard op kosten in het heden, maar de schade in de toekomst dreigt toe te nemen, tenzij in de toekomst tot stringentere beleidsmaatregelen wordt besloten. In de figuren 1 en 2 is ook een zogenaamd 'catastrofe scenario' opgenomen, waarin is aangenomen dat de schade door klimaatverandering hoger is dan in de basisprojectie en dat de bestrijdingskosten hoger zijn. In dat geval wordt er in eerste instantie minder emissiereductie tot stand gebracht, waar door de atmosferische temperatuur uiteindelijk hoger oploopt dan in de basisprojectie. Aan het eind van de periode komt minder emissiereductie tot stand omdat de bestrijdingskosten in deze ongunstige variant hoog zijn verondersteld.

## 5. Risico's, onzekerheid en leerproces

Tot zover richtte de analyse zich op het zoeken naar oplossingen onder volledige zekerheid. Kenmerkend voor het broeikaseffect is echter dat we niet met zekerheid weten of het optreedt en als het optreedt hoe groot de schade zal zijn. Er is daarom sprake van besluitvorming onder onzekerheid. Vragen die beantwoord moeten worden zijn:

Wat gebeurt er als we niets doen? Hoe groot is de kans dat het een ernstig probleem blijkt te zijn? Als we nu geen maatregelen nemen, is er dan straks nog voldoende tijd om wel maatregelen te nemen? Als we nu geen maatregelen nemen zijn de kosten dan in de toekomst veel hoger, of zijn ze juist lager omdat er nieuwe technieken beschikbaar komen en we geen aanpassingen aan bestaande installaties hoeven te laten plaatsvinden? Wat gebeurt er als we nu wel maatregelen nemen en straks blijkt dat het broeikaseffect een non-issue is geweest; is al het geld dan weggegooid en heeft het beleid dan gefaald? Een fraaie analyse op dit gebied is uitgevoerd door Kolstad (1992) en Ulph & Ulph (1994) naar de vraag of het feit dat we in de komende jaren meer kennis verzamelen over het broeikaseffect maakt dat we op dit moment juist meer of minder emissiebeperking moeten laten plaats vinden. De uitkomst geeft aan dat het dan verstandig is om op dit moment wat minder emissiebeperking tot stand te brengen, omdat in een later stadium - als eenmaal bekend is of het probleem ernstig is of niet - een betere keuze kan worden gemaakt. Dit geldt echter alleen wanneer het broeikaseffect omkeerbaar is, dat wil zeggen dat het in de toekomst mogelijk is om de concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer op het gewenste niveau te brengen. Omdat negatieve emissies van CO<sub>2</sub> niet mogelijk zijn en

omdat de verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer een traag verlopend proces is (de verblijftijd van CO<sub>2</sub> is ongeveer 100 jaar), bestaat de kans dat het in de toekomst onmogelijk is om de CO<sub>2</sub> concentraties tijdig op een voldoende laag niveau te brengen. In dat geval zal herbebossing slechts een van de weinige mogelijkheden zijn om grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> vast te leggen en uit de atmosfeer te houden.

Een belangrijke gedachte bij het bepalen van een beleidsstrategie voor het broeikaseffect is de zogenaamde "no regret"-strategie, waarbij we nu alleen die maatregelen nemen waarvan we geen spijt zullen hebben als blijkt dat het broeikaseffect niet ernstig is. We nemen alleen de maatregelen die niets kosten of die toch goed zijn voor overige doelstellingen zoals verzuring en het conserveren van fossiele brandstoffen voor toekomstige generaties. Meer fundamenteel is de vraag of we ons wel experimenten met het klimaatsysteem kunnen veroorloven als we bedenken dat de gevolgen onomkeerbaar kunnen zijn en het theoretisch gesproken denkbaar is dat we klimaatdrempels overschrijden waarbij geen weg terug mogelijk is en waarbij de gevolgen zeer ingrijpend en negatief kunnen zijn.

## 6. Internationale aspecten

Tot op dit punt was de analyse eenvoudig omdat we net deden alsof er één mondiale autoriteit is die kan bepalen hoeveel emissies er worden toegelaten. In de praktijk is het internationale krachtenveld bepaald door regeringen van ongeveer 180 landen, en de onduidelijke politieke processen waarin deze al dan niet samenwerken op grond van even onduidelijke nationale verkiezingsprogramma's. Als we emissies gaan terugdringen welke landen moeten dat dan doen en zijn zij daartoe bereid? Dit brengt ons bij de vraag wie recht heeft op het emitteren van broeikasgassen, in hoeverre emissies in het verleden er een rol bij spelen en hoeveel ruimte we moeten laten aan ontwikkelingslanden om de zo vereiste economische groei tot stand te brengen.

In principe kunnen we uitrekenen voor het geval dat landen volledig zouden samenwerken hoeveel elk land zou moeten reduceren om zo efficiënt mogelijk de mondiale emissie reductiedoelstelling te halen. Maar het is niet duidelijk of alle landen aan een dergelijk beleid zouden willen meedoen. De milieu-economie kan met behulp van de speltheorie analyseren onder welke omstandigheden landen bereid zullen zijn om in een coalitie te participeren. Landen kunnen een zogenaamde Nash-strategie volgen, waarbij ze zonder internationale samenwerking een bepaalde emissiereductie tot stand brengen, zodanig dat geen enkel land er baat bij heeft een andere strategie te kiezen. Zouden ze besluiten tot internationale samenwerking dan kunnen ze er in principe allemaal op vooruitgaan, als tenminste betalingen mogelijk zijn

waarmee landen die een grotere inspanning moeten leveren dan ze op eigen initiatief zouden moeten doen gecompenseerd kunnen worden.

Ook kan worden berekend wat bepaalde verdelingsprincipes van emissierechten voor gevolgen hebben en hoe de verdeling van emissiebeperkende maatregelen eruit kan zien. Een mogelijke verdeelsleutel zou zijn een zelfde hoeveelheid emissies van broeikasgassen per hoofd van de bevolking, maar dan wel op basis van de bevolking in 1995, om te voorkomen dat een toenemende bevolking tot steeds grotere emissierechten leidt, waardoor een prikkel tot bevolkingstoename wordt gecreëerd. In tabel 1 is aangegeven hoe groot de emissiereductie in de geïndustrialiseerde wereld en in de ontwikkelingslanden zou moeten zijn om een mondiale vermindering van de uitstoot te bereiken van 30%, volgens verschillende verdelingsprincipes.

**Tabel 1: Mogelijke verdeling van emissiereductie**

Emissie	Geïndustrialiseerde landen	Ontwikkelingslanden
1990	(GtC)	(GtC)
7.1 w.v.	5.1	2.0
Verdeling op basis van -30%	3.6	1.4
Verdeling op basis van zelfde emissie per hoofd van de bevolking	1.3 (-75%)	3.7 (+90%)

Volgens criterium 1 dienen beide groepen van landen de emissies met 30% te verminderen. Volgens criterium 2 wordt een gelijke emissie per hoofd van de bevolking nagestreefd. In dat geval moeten de geïndustrialiseerde landen de emissies met circa 75% verminderen, terwijl voor de ontwikkelingslanden een toename van 90% ontstaat. Een alternatief zou zijn om in de internationale onderhandelingen tot beleidsdoelstellingen voor de individuele landen te komen en stapsgewijs stringenter doelen te formuleren, als dat in de loop van de tijd nodig blijkt te zijn.

De nationale doelstellingen kunnen worden bereikt via nationale beleidsmaatregelen, directe regelgeving of via nationale energieheffingen. Daarnaast zijn verhandelbare emissierechten mogelijk of convenanten voor energiebesparing en de toepassing van duurzame energie. Het is daarbij gewenst de emissiebeperkende maatregelen tegen zo gering mogelijke kosten tot stand te

brengen: daaraan kan joint implementation een belangrijke bijdrage leveren. Joint implementation houdt in dat een land meebetaalt aan emissiereductie of het vast leggen van CO<sub>2</sub> c.q. het verminderen van CO<sub>2</sub>-emissies in een ander land en om die reden minder emissievermindering in eigen land hoeft te doen om de opgelegde doelstelling te halen. Een voorbeeld zou zijn een herbebossingproject in Zuid Amerika, gefinancierd door Nederland of een van de andere westerse landen. Joint implementation is in de praktijk echter erg complex omdat het moeilijk is na te gaan hoe de emissies zich zonder deze samenwerking zouden hebben ontwikkeld; de zogenaamde baseline is erg moeilijk vast te stellen.

In de conferentie van Rio 1992 zijn de eerste afspraken over het beperken van de emissies van broeikasgassen gemaakt, maar deze zijn zeer beperkt van omvang en munten uit door vrijblijvendheid, omdat er geen resultaat verplichting in is opgenomen. Sommige landen hebben nationale doelen geformuleerd maar blijken deze niet te halen en ook de gemeenschappelijke doelstelling van de EG lijkt niet haalbaar.

The First Conference of the Parties in Berlijn (1995) heeft niet geleid tot nieuwe doelstellingen voor emissiereductie, anders dan een beleidsinspanning voor de stabilisatie in het jaar 2000 ten opzichte van 1990 voor de geïndustrialiseerde wereld.

De Amerikaanse economen Manne en Richels (1991 en 1995) hebben berekend dat de kosten van het klimaatbeleid sterk kunnen worden verminderd als niet tot uniforme emissiereductiepercentages per land wordt besloten, maar gebruik wordt gemaakt van internationale samenwerking. Wanneer bovendien de emissiereductie in de loop van de tijd wordt geoptimaliseerd, kunnen de kosten nog verder worden terug gedrongen. Deze resultaten tonen eens te meer aan hoe belangrijk het is om het beleid te baseren op een goede analyse van de efficiency ervan. De maatschappelijke kosten van het milieubeleid zijn anders veel hoger dan noodzakelijk en het draagvlak voor te nemen milieumaatregelen wordt er ernstig door verkleind. In de derde Energienota voor Nederland die in december 1995 verscheen is een stabilisatie van de Nederlandse CO<sub>2</sub> emissies voorzien in het jaar 2020 t.o.v. 1990. Deze inspanning is uitermate teleurstellend, gezien de krachtige geluiden die Nederland in de internationale politiek heeft laten horen om tot emissiereductie te komen. Als juist Nederland besluit om tussen 2000 en 2020 geen verdere maatregelen te nemen is dat een ernstige belemmering voor vorderingen in de internationale onderhandelingen. Als we zelfs een toename t.o.v. het jaar 2000 zouden accepteren is er geen enkel argument om andere landen te overtuigen van de noodzaak van verdergaande emissiereductie. In feite voert Nederland slechts een "no regret"-strategie en is er

nauwelijks sprake van een beleidsinspanning<sup>2</sup>.

Intussen gaat het natuurwetenschappelijk onderzoek nog voort naar de te verwachten natuurwetenschappelijke effecten en verrichten milieu-economen onderzoek naar de te verwachten schade aan de wereldeconomie en de regionale verdeling ervan. Op basis van de integratie van resultaten van het wetenschappelijke onderzoek kan dan in de komende jaren worden bekeken in welk tempo en hoe een verdergaande emissiereductie tot stand kan worden gebracht. Duurzame energiebronnen worden tegen die tijd goedkoper en er is dan een duidelijker beeld ontstaan van de toepassingsmogelijkheden, o.a. op basis van experimenten die nu in volle gang zijn.

## 7. Conclusies

De verdubbeling van de wereldbevolking vormt een ernstige bedreiging voor de kwaliteit van het leefmilieu. Waar mogelijk dient beperking van de bevolkingsgroei te worden bevorderd, vooral door scholing en verbetering van de levensstandaard in de derde wereld. Een goed milieubeleid vereist dat de prijzen de maatschappelijke schaarste weerspiegelen. Dit is nu niet het geval omdat de milieuschade niet in de prijzen wordt doorberekend. Heffingen en toepassing van verhandelbare emissierechten zijn efficiënte milieubeleidsinstrumenten die veel te weinig worden toegepast. Dat brandstoffen voor vliegtuigen zijn vrijgesteld van heffingen is volstrekt in strijd met de economische theorie en het leidt tot ongebreidelde groei van het vliegverkeer en het daaraan gerelateerde energieverbruik.

De internationale inspanning op het gebied van emissiereductiemaatregelen is absoluut onvoldoende om klimaatverandering tegen te gaan. Alles wijst erop dat zeer omvangrijke emissiebeperking gewenst is om de negatieve effecten van het broeikaseffect te beperken. Dit betekent dat op korte termijn, mede op basis van het voorzorgprincipe meer dan de no regret strategieën gewenst zijn. We kunnen ons het risico van onomkeerbare klimaatverandering niet veroorloven en het zou onjuist zijn te anticiperen op mogelijkheden om in de toekomst tot omvangrijke emissiereductie te komen. Hoewel er nog tijd is om meer inzicht te verwerven is het van groot belang om op korte termijn meer energiebesparing en duurzame energie tot stand te brengen. Stabilisatie in het jaar 2020 op het niveau van 1990, zoals beoogd in de Energienota is een te geringe beleidsdoelstelling voor Nederland. Nederland zou met zijn

---

<sup>2</sup> Bij ongewijzigd beleid zou een toename van 10% optreden. Met het oog op de verzuringsproblematiek en het conserveren van aardgas voor toekomstige generaties is een intensivering van het energiebesparingsbeleid en een beleid gericht op meer duurzame energie gewenst. In dit verband spreek ik van 'no regret' beleid; het beleid is gerechtvaardigd om andere redenen dan het klimaatvraagstuk.

hoge energieverbruik per hoofd van de bevolking een ambitieuzere doelstelling kunnen aanhangen. Het is daarom gewenst dat minister De Boer in de Vervolnota Klimaatbeleid duidelijke aanvullende initiatieven ontwikkelt. Het in de energienota gehanteerde emissieniveau geeft andere landen een vrijbrief om te zeggen: ook wij streven geen emissiereductie t.o.v. 1990 na. Als we mondiaal pas in het jaar 2020 tot verder gaande maatregelen gaan besluiten zijn de mogelijkheden erg beperkt, te meer daar de emissies in de ontwikkelingslanden snel toenemen. De ontwikkelingslanden willen doorgroeien en zullen niet meedoen aan internationale beleidsinspanningen zolang de emissies per hoofd lager zijn dan het mondiale gemiddelde. Zo als het er nu naar uitziet zal de klimaatverandering onverminderd doorzetten en lijkt de internationale politiek te accepteren dat de gemiddelde temperatuur op aarde in de volgende eeuw ongeremd zal toenemen.

Gegeven het zeer traag verlopende internationale besluitvormingsproces en de grote risico's die in het geding zijn is het gewenst zeer zorgvuldig met de fossiele brandstoffen om te springen en de efficiency van het energieverbruik sterker te verhogen dan thans het geval is.

Het is echter duidelijk dat het beleid in goede samenwerking tussen EU en de VS en bij voorkeur in OECD verband tot stand zal moeten worden gebracht. Als deze groep van landen gemeenschappelijk beleid inzet kunnen de bruto kosten zich beperken tot enkele procenten van het nationaal inkomen en door de vermeden schade (o.a. op het gebied van verzuring en ozonvorming), zullen de netto kosten beduidend lager zijn.

Tenslotte geeft onderzoek aan dat belangrijke kostenbesparingen tot stand kunnen worden gebracht als energie-efficiencyverbetering in ontwikkelingslanden plaatsvindt. De energieverspilling door het gebruik van subsidies en het werken met volstrekt verouderde technieken is nog zeer omvangrijk. Internationale samenwerking op dit terrein door middel van joint implementation verdient daarom grote aandacht. Dat de internationale gemeenschap vrijwel geen enkel land meer dan 0,75% van het BNP aan ontwikkelingssamenwerking wil uitgeven (gemiddeld niet meer dan 0,35%) is volstrekt onbegrijpelijk als we zien hoe groot de problemen zijn en hoe groot ze zullen worden als niet tot drastische wijzigingen wordt gekomen. Scholing, technologie-overdracht en samenwerking op het gebied van milieubescherming zijn meer dan ooit te voren van levensbelang. Het gepraat over duurzame ontwikkeling zou zich moeten vertalen in een omvangrijke internationale inspanning, maar daarvan is in de praktijk geen sprake, noch voor ontwikkelingssamenwerking, noch voor klimaatbeleid.



## Literatuur

- Baumol, W.J. and W.E. Oates, 1988, *The theory of environmental policy*, Cambridge University Press, Cambridge
- Cline, W.R., 1992, *The Economics of Global Warming*, Institute for International Economics, Washington
- Edmonds, J., and J. Reilly, 1983, A long-term global energy-economic model of carbon dioxide release from fossil fuel use, *Energy Economics*, 4, 74-88
- Hennipman, P., 1977, *Welvaartstheorie en economische politiek*, Samsom, Alphen aan de Rijn
- Hotelling, H., 1931, The economics of exhaustible resources, *The Journal of Political Economy*, 39(2), pp. 137-175
- Huetting, R. 1974, *Nieuwe schaarste en economische groei*, Agon Elsevier, Amsterdam
- Ierland, E.C. van (ed.), 1994, *International Environmental Economics, Theories and applications for climatic change, acidification and international trade*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam
- Kolstad, Ch., 1992, *Looking vs. leaping: information acquisition vs. emission control in global warming policy*, paper presented at the annual meeting of the Association of Environmental and Resource Economists, June 16-19, Cracow, Poland
- Mäler, K.-G., 1985, *Environmental economics: a theoretical inquiry*, John Hopkins, Baltimore
- Malthus, T.R., 1798 (1971), *An Essay on the Principle of Population*, New York
- Manne, A.S. and G.R. Richels, 1991, Buying greenhouse insurance, *Energy Policy*, 19(1), 543-552
- Manne, A.S. and G.R. Richels, 1995, *The Berlin mandate: the costs of meeting post-2000 targets and timetables*, mimeo, Stanford University, Stanford
- Ministerie van EZ, 1995, *Derde Energienota*, Den Haag
- Mishan, E.J., 1967, *The cost of economic growth*, Pelican Books, Harmondsworth
- Nentjes, A., 1989, Macroeconomic cost benefit analysis of environmental programmes, in: H.Folmer and E. C. van Ierland (eds), *Valuation Methods and Policymaking in Environmental Economics*, Elsevier, Amsterdam
- Nijkamp, P. (ed.), 1976, *Environmental Economics, volume 1: Theories and volume 2: Methods*, Martinus Nijhoff, Leiden
- Nordhaus, W.D., 1991, To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect, *Economic Journal*, vol 101, 920-937

- Nordhaus, W., 1991, Economic approaches to greenhouse warming, in: Dornbusch and Poterba
- Nordhaus, W., 1992, *The "Dice" model: Background and Structure of a dynamic Integrated Climate Economy Model of the Economics of Global Warming*, Yale University, New Haven (mimeo)
- Opschoor, J. B. and J. Vos, 1989, *Economic instruments for environmental protection*, OECD, Paris
- Pearce, D., *Environmental economics*, Longman, London
- Peck, S.C., and T.J. Teisberg, 1993, Global warming uncertainties and the value of information: An analysis using CETA, *Resource and Energy Economics*, 15(1), 71-97
- Reilly, J.M., and M. Anderson, (red.), 1992, *Economic issues in global climate change*, Westview Press, Boulder
- Rose, A., and B. Stevens, 1993, The efficiency and equity of marketable permits for CO<sub>2</sub> emissions, *Resource and Energy Economics*, 15(1), 117-146
- Rotmans, J., *IMAGE*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1991
- Siebert, H., 1987, *Economics of the environment, theory and policy*, Springer Verlag, Berlin
- Tietenberg, T. H., 1992, *Environmental and natural resource economics*, Harper Collins Publishers, New York
- Ulph, A. en D. Ulph, 1994, *Global Warming: Why irreversibility may not require lower current emissions of greenhouse gases*, Department of Economics, University of Southampton, Southampton
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987, *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, New York

## Bijlage A

De vergelijkingen van het model van Nordhaus (1992).

### Economische vergelijkingen:

- (1)  $\max_{\{c(t)\}} \sum_t U[c(t), L(t)](1 + \rho)^{-t}$
- (2)  $Y(t) = \Omega(t)A(t)K(t)^\gamma L(t)^{1-\gamma}$
- (3)  $A(t) = A(t-1)[1 + g_A(0)(1 - \delta_A)^t]$
- (4)  $L(t) = L(t-1)[1 + g_{pop}(0)(1 - \delta_{pop})^t]$

$$(5) \quad Y(t) = C(t) + I(t)$$

$$(6) \quad c(t) = C(t)/L(t)$$

$$(7) \quad K(t) = (1 - \delta_K)K(t-1) + I(t)$$

$$(8) \quad E(t) = [1 - \mu(t)]\sigma(t)Y(t)$$

$$(9) \quad \sigma(t) = \sigma(0)e^{\xi\sigma t}$$

#### Klimaatvergelijkingen:

$$(10) \quad M(t) = \beta E(t) + (1 - \delta_M)M(t-1)$$

$$(11) \quad F(t) = 4.1 \log[M(t)/590]/\log(2)$$

$$(12) \quad T(t) = T(t-1) + (1/R_1)\{F(t) - \lambda T(t-1) - (R_2/\tau_{12})[T(t-1) - O(t-1)]\}$$

$$(13) \quad O(t) = O(t-1) + (1/R_2)\{(R_2/\tau_{12})[T(t-1) - O(t-1)]\}$$

$$(14) \quad TC(t) = Y(t)b_1\mu(t)^{b_2}$$

$$(15) \quad D(t) = Y(t)\varphi_1 T(t)^{\varphi_2}$$

$$(16) \quad \Omega(t) = (1 - b_1\mu(t)^{b_2})/(1 + \varphi_1 T(t)^{\varphi_2})$$

#### Variables

A(t)	=	level of technology
C(t)	=	consumption in $10^{12}$ U.S. dollars (1989 prices)
c(t)	=	consumption per capita in $10^{12}$ U.S. dollars
D(t)	=	damage from greenhouse warming in $10^{12}$ U.S. dollars
E(t)	=	emissions of GHG's in billion tons CO <sub>2</sub> equivalent
F(t)	=	radiative forcing in Watt/m <sup>2</sup>
I(t)	=	investments in $10^{12}$ U.S. dollars
K(t)	=	capital stock in $10^{12}$ U.S. dollars
L(t)	=	labour inputs in billion persons
M(t)	=	mass of GHG's in atmosphere in billion tons CO <sub>2</sub> equivalent
$\mu(t)$	=	rate of emissions reduction
O(t)	=	deep-ocean temperature relative to base period in °C
T(t)	=	atmospheric temperature relative to base period in °C
TC(t)	=	total cost of reducing GHG emissions in $10^{12}$ U.S. dollars
U(t)	=	utility of per capita consumption

$Y(t)$  = Gross World Product (GWP) in  $10^{12}$  U.S. dollars  
 $\Omega(t)$  = output reduction due to emissions control and damage

### Parameters

$b_1$  = 0.0686 (parameter cost function)  
 $b_2$  = 2.887 (parameter cost function)  
 $\beta$  = 0.64 (marginal atmospheric retention ratio)  
 $\gamma$  = 0.25 (elasticity of output with respect to capital)  
 $\delta_A$  = 0.11 (decline rate in growth of productivity)  
 $\delta_K$  = 0.10 (rate of depreciation of the capital stock)  
 $\delta_M$  = 0.00833 (rate of transfer of GHG's from upper to lower reservoir)  
 $\delta_{pop}$  = 0.195 (decline rate in growth of population)  
 $g_A(0)$  = 0.0141 (growth rate of total factor productivity at  $t = 0$ )  
 $g_{pop}(0)$  = 0.0203 (growth rate of population at  $t = 0$ )  
 $g_\sigma$  = -0.0125 (growth rate of the emissions to product ratio)  
 $\lambda$  = 1.41 (feedback parameter in climate model)  
 $R_1$  = 4.42 (thermal capacity of the upper layer)  
 $R_2$  = 223.7 (thermal capacity of deep oceans)  
 $\sigma(t)$  = (emissions/output ratio)  
 $\tau_{12}$  = 500 (transfer rate from lower to upper reservoir)  
 $\varphi_1$  = 0.00144 (parameter damage function)  
 $\varphi_2$  = 2 (parameter damage function)