

## CO2 opzuigen en wolken witten: om de opwarming te stoppen moeten we het klimaat leren manipuleren

*Wester van Gaal*

Wat als in 2050 de opwarming van de aarde veel hoger blijkt dan twee graden Celsius? Als dan - of eerder - inderdaad de grens wordt overschreden die bij de klimaatconferentie in Parijs is afgesproken? Zal dan ongeteste technologie ingezet worden om de aarde af te koelen?

Een kleine, maar invloedrijke groep wetenschappers is de opties al aan het verkennen. Misschien kunnen we een stratosferische sluier zwaveldeeltjes rond de aarde trekken. Of kweken we CO<sub>2</sub>-zuigende plankton. Of laten we vloten onbemande schepen de wolken witten met waternevel om zonlicht terug de ruimte in te kaatsen.

Geo-engineering, de bewuste interventie in het klimaatsysteem, klinkt voor velen misschien vergezocht, maar aan de onderhandeltafels van de wereldpolitiek wint het snel aan weerklank. Het laatste [IPCC-rapport](#), [Lees hier een samenvatting van het laatste IPCC-rapport](#). [Lees hier een samenvatting van het laatste IPCC-rapport](#). IPCC-rapport, het belangrijkste verslag over klimaatverandering, noemt geo-engineering voor het eerst als optie om klimaatverandering tegen te gaan.



*Illustratie: Raúl Soria*

Een constructieve publieke discussie blijft desondanks uit. Net als eerder bij atoom- en gentechnologie ligt een tweestrijd op de loer.

Aan de ene kant verzetten milieubeschermers zich tegen de in hun ogen overmoedige wetenschappers. Geo-engineering is volgens de invloedrijke klimaatactivist Naomi Klein bijvoorbeeld ‘het tragische slot van een eeuwen durend maakbaarheidssprookje.’

Aan de andere kant staan de geo-engineers, die weinig vertrouwen hebben in de huidige pogingen van overheden en activisten om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in te dammen. En een technologische ingreep als misschien wel de haalbaarste manier zien om de ergste risico's van opwarming te verminderen.

Wat deze tweestrijd nog verder compliceert, zijn oliebedrijven als Shell die al eerder onderzoek hebben gefinancierd en het fenomeen vooral lijken te zien als vrijbrief om te blijven boren. En dan zijn er nog miljardairs als Bill Gates en Richard Branson, die het klimaatprobleem gewoon willen ‘oplossen’ met een ‘killer app.’

Het speelveld is kortom bepaald, nog voordat het onderwerp goed en wel de experimentele fase heeft bereikt. Daardoor blijven belangrijke vragen onbeantwoord. Tijd om die eens te beantwoorden.

Weinig mensen kunnen dat beter dan Oliver Morton. Oliver Morton is een Britse wetenschapsjournalist die voor *The American Scholar*, *The Economist*, *The New Yorker* en *Nature* schreef. Ook was hij chef nieuws bij *National Geographic*. Hij was een van de eersten die er een evenwichtig boek [Lees hier meer over Mortons boek \*The Planet Remade\*](#). [Lees hier meer over Mortons boek \*The Planet Remade\*](#). boek over schreef: *The Planet Remade: How Geo-engineering Could Change the World*. Als voorzichtig optimist pleit hij in een interview voor een onbevooroordeelde discussie: ‘Als je de gevaren van klimaatverandering serieus neemt, dan moet je geo-engineering serieus overwegen.’

## Welke ideeën liggen er op tafel?

Het idee om het klimaat te beïnvloeden, is niet nieuw. Morton slalomt in de eerste hoofdstukken van zijn boek door talloze kleurrijke voorstellen heen. Van een vent die zich De Stormkoning noemde en beweerde orkanen te kunnen besturen tot een onderzoekspaper van professor J.C. Jain die de baan om de zon met 1 à 2 procent wilde vergroten, een taak die met ons huidige energieopwekkend vermogen zo'n 100 miljard jaar zou duren.

Maar Morton richt zich hoofdzakelijk op serieuzer onderzoek. En dan valt geo-engineering grofweg in twee ideeën uiteen: directe opname van kooldioxide uit de atmosfeer en zonweerkaatsing.

Het eerste idee richt zich vooral op de oorzaak van het klimaatprobleem: te veel koolstof in de atmosfeer. Het tweede zorgt voor afkoeling, maar biedt geen oplossing voor andere

gevolgen van het teveel aan CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. Bijvoorbeeld verzuring van de oceanen, met desastreuze gevolgen voor het zeeleven; met name door de teloorgang van de koraalriffen, waar, net als in de oerwouden op het land, de biodiversiteit het grootst is en verreweg het meeste leven (of biomassa) is.

Vooraanstaande onderzoeksinstituten als het Rathenau [Lees hier meer over het rapport van het Rathenau Instituut.](#) [Lees hier meer over het rapport van het Rathenau Instituut.](#) Rathenau Instituut zien daarom meer heil in opzuigen van CO<sub>2</sub>. Dat kan op talloze manieren, maar vooral door de directe opslag van CO<sub>2</sub> in steen, kunstmatige planktonbloei en grootschalige bebossing. Dan is er nog het idee om koolstof met enorme zuigmachines de atmosfeer uit te zuigen. Natuurkundige David Keith onderzoekt met zijn bedrijf Carbon Engineering [Lees hier meer over het bedrijf Carbon Engineering.](#) [Lees hier meer over het bedrijf Carbon Engineering.](#) Carbon Engineering op dit moment of dat commercieel interessant is.

( Ook een idee: koolstof met enorme zuigmachines de atmosfeer uit zuigen

Morton benadrukt echter dat de kans dat we deze technologieën op grote schaal kunnen inzetten voor 2050 erg klein is. Veel van de gevolgen van klimaatopwarming kunnen dan al onomkeerbaar zijn. Niet alle gevolgen zijn slecht. Zo groeien gewassen sneller bij een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte en komen veel gebieden vrij voor landbouw die voorheen bedekt waren met ijs. Maar veruit de meeste wetenschappers zijn het erover eens dat de schadelijke gevolgen zullen overheersen. Dat zijn: ontbossing door droogte, oceaanzuur, enorme migratie door het stijgen van de zeespiegel en onvoorziene sociale gevolgen van dien en de teloorgang van biodiversiteit. Directe opslag is nog erg duur, om van Keiths zuigmachines nog maar te zwijgen. Bebossing, op dit moment de meest besproken variant, is vooral erg onpraktisch. Morton: 'Als je het koolstofgehalte in de atmosfeer met één deeltje per miljard per jaar wil doen afnemen, heb je een woud ter grootte van India nodig.'

Veel geo-engineers vestigen hun hoop daarom op zonweerkaatsing. Dat kan bijvoorbeeld door wolken witter te maken door zeewater op een paar kilometer hoogte te vernevelen. Dit is al op zeer korte termijn te realiseren, tegen waarschijnlijk niet al te hoge kosten (volgens Morton een paar miljard per jaar). Invloedrijke geo-engineers als Ken Caldeira en David Keith pleiten daarom voor kleinschalige experimenten.





*Illustratie: Raúl Soria*

Dat die nog niet hebben plaatsgevonden, komt doordat de gevolgen op het neerslagpatroon waarschijnlijk groot zijn. Veel modellen laten bijvoorbeeld een afname zien in neerslag in het Amazonegebied, een gevaarlijk neveneffect dat nog niet goed wordt begrepen. [Hier praat Ken Caldeira uitgebreid over het onderwerp met wetenschapspodcast Inquisitive Minds.](#) [Hier praat Ken Caldeira uitgebreid over het onderwerp met wetenschapspodcast Inquisitive Minds.](#) begrepen.

Optimistischer is Morton daarom over de zogenoemde ‘pinatubovariant’ van zonweerkaatsing – genoemd naar de vulkaan Pinatubo die in 1991 tot uitbarsting kwam op de Filipijnen. Enorme hoeveelheden zwaveldeeltjes kwamen toen in de stratosfeer terecht, een soort scherm van kleine spiegelgltjes vormend. Het jaar erna lag de gemiddelde temperatuur wereldwijd 0,7 graden lager dan normaal.

Met vliegtuigen of lange slangen is dit effect op korte termijn vrij gemakkelijk na te bootsen - met zwaveldeeltjes of andere aerosolen Een aerosol is een mengsel van stofdeeltjes of vloeistofdruppels in een gas. Elk deeltje is iets groter dan een molecuul. Wolken en mist zijn ook voorbeelden van een aerosol; zij bestaan beide uit zeer kleine druppeltjes water in lucht, die lang in de stratosfeer blijven hangen. De hoeveelheid zwavel waar het over gaat is niet schadelijk voor de menselijke gezondheid. Nog een voordeel is dat de effecten op de temperatuur direct merkbaar zijn. Het zou dus de gevolgen van uit de hand gelopen opwarming al voor het jaar 2050 kunnen corrigeren of verminderen.

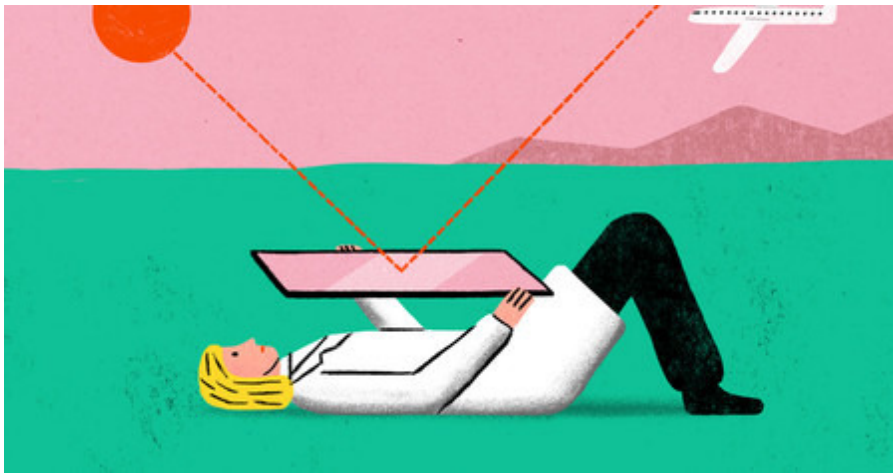
## **Maar is een zonnescherm wel zo’n goed idee?**

Maar door een zonnescherm bereikt minder zon de aarde. Daardoor verdampt er minder water en is er minder neerslag. Klimaatmodellen kunnen misschien wel nooit geheel berekenen wat de gevolgen precies zijn.

De discussie tussen voor- en tegenstanders wordt nog verder bemoeilijkt doordat zonweerkaatsing goedkoop is. Tonnen aerosolen de stratosfeer inspuwen en zo zonlicht weerkaatsen kost naar schatting zo’n 10 miljard euro. Het ligt binnen het bereik van een miljardair als Bill Gates, of een klein land als Bangladesh, dat het water aan de lippen staat.

Het gevaar van ongecontroleerde toepassing is niet voor niets koren op de molen voor het anti-geo-engineeringkamp, dat het liefst nu al een internationaal verbod op toepassing ziet.





Illustratie: Raúl Soria

Morton ziet dat anders. De kans dat we de technologie wel gebruiken, is volgens hem groter dan dat we het niet doen. En het risico op ongecontroleerde toepassing is juist een reden om onderzoek te doen naar dergelijke zonweerkaatsingstechnieken: ‘Ik denk dat het erg onverstandig is om erop te gokken dat we de opwarming onder controle krijgen en niet na te denken over de toepassing van alle opties die we tot onze beschikking hebben. Alleen onderzoek is niet genoeg. We moeten vaststellen of en hoe deze technologie veilig en eerlijk ingezet zou kunnen worden.’

Niet voor niets noemde klimaatjournalist Eli Kintisch geo-engineering al eens ‘een slecht idee waarvoor de tijd is gekomen.’ Want welk gevaar is groter: geo-engineering of uit de hand gelopen opwarming?

## Opwarming is al een feit

De verwachting is dat het totaal aan CO<sub>2</sub> in de atmosfeer dat overeenkomt met een opwarming van 2 graden Celsius rond 2040 bereikt is. Bekende geo-engineers als Ken Caldeira en David Keith, die elk pleiten voor zonweerkaatsingstechnieken, gaan er eigenlijk al van uit dat een snelle transitie naar een koolstofneutrale economie vóór 2040 niet gaat lukken.

Daarom ook ziet Morton geo-engineering als een reactie, en niet als oplossing. Opwarming is al een feit, dus we kunnen maar beter zo veel mogelijk gereedschap inzetten.

Voorals klimaatactivisten verzetten zich hiertegen en zien liever dat overheden de uitstoot in de komende 25 jaar naar nul proberen te brengen. Activist en auteur van het klimaatboek *This Changes Everything* [Lees hier een bespreking van This Changes Everything van Pepijn Vloemans](#). [Lees hier een bespreking van This Changes Everything van Pepijn Vloemans](#). *This Changes Everything* Naomi Klein schrijft dat we ons ‘voorlopig nog niet zo bezig [hoeven] houden met geo-engineering, de eerste prioriteit is stoppen met de delving van fossiele brandstoffen.’ In Nederland is [Marjan Minnesma](#) [Lees hier meer over de plannen van Minnesma](#). [Lees hier meer over de plannen van Minnesma](#). Marjan

Minnesma de vertolker van het idee dat we vooral moeten inzetten op transitie. De uitstoot kan naar nul in Nederland, 'maar dan moet de politiek het willen.' [Marjan Minnesma deed die uitspraak in dit interview met Vrij Nederland.](#) [Marjan Minnesma deed die uitspraak in dit interview met Vrij Nederland.](#) willen.'

Nog afgezien van alle politieke obstakels, is het volgens VN-orgaan UNSDSN inderdaad voor elk land mogelijk om tijdig de overstap te maken naar een koolstofneutrale economie. Talloze wetenschappers hebben per land het benodigde beleid uitgestippeld. Bij elkaar opgeteld zou dat in theorie de opwarming tot 2 graden Celsius beperken.

‘Zonne-energie maakt een revolutie door, maar we weten nog niet zeker of dat in de toekomst ook zo blijft’

Maar UNSDSN-vice-directeur Guido Smith-Traub vertelde [Lees hier mijn interview met Traub op hard//hoofd.](#) [Lees hier mijn interview met Traub op hard//hoofd.](#) vertelde mij vorig jaar dat het slagen van, afhankelijk is van technologie die nog niet bestaat. Onderzoek naar energieopslag, maar ook het opzuigen van CO<sub>2</sub>, gaan te langzaam omdat overheden te weinig geld investeren. 'Vooruitgang moet sneller,' zei Traub. Om dat te bereiken, moeten investeringen enorm omhoog. De VS alleen al moeten investeringen in onderzoek en ontwikkeling de komende jaren zien te vertienvoudigen.

Maar: klimaatmodellen gaan nu al uit van technologie die het mogelijk maakt om rond het jaar 2050 meer koolstof uit de atmosfeer te halen dan dat we uitstoten. Een 'onverantwoorde gok,' vindt Morton. De technologie is nog niet in zicht, laat staan dat ze op grote schaal ingezet kan worden. Bovendien onderschatten mensen volgens hem de grootte van een transitie naar een koolstofvrije economie: 'Zonne-energie maakt een revolutie door, maar we weten nog niet zeker of dat in de toekomst ook zo blijft. Bovendien is er meer nodig dan alleen technische innovatie in ons energiesysteem. Het is ook een kwestie van schaal.'

Want: 'Honderdvijftig jaar fossiele energie heeft twee miljard energierijke levens opgeleverd, voor een groot deel in het Westen. De uitdaging om alle tien miljard mensen aan het einde van de eeuw dezelfde toegang tot energie te geven, is meer dan vier keer zo groot. Ik denk dat het zeer onwaarschijnlijk is dat we dit klaarspelen en tegelijkertijd op hoge snelheid fundamenteel ons energiesysteem weten te herschikken.'

'Als ik ongelijk heb, dan juich ik dat toe, maar dan nog is het mooi als we twintig jaar onderzoek hebben gedaan naar de mogelijke implementatie van geo-engineering.'

## Het taboe op geo-engineering

Dat er nog zo weinig onderzoek is gedaan, heeft te maken met een taboe op geo-engineering, dat lang heeft bestaan in de wetenschappelijke wereld.

De oorzaak ligt in het Voorzorgsprincipe van het Klimaatverdrag van Rio in 1992. Dat principe verbiedt elke beleidsmaatregel die een potentieel ernstig effect op het klimaatsysteem heeft. Hierdoor waren voorstellen om wolken te witten, of tonnen aerosolen de stratosfeer in te spuwen, lange tijd onbespreekbaar.

‘Dat principe bood geen ruimte voor discussie over een technologie die de atmosfeer op grote schaal zou kunnen manipuleren,’ legt emeritus professor milieueconomie Hans Opschoor uit in een telefonisch interview. ‘Internationaal zie je de publieke discussie nu enigszins op gang komen, maar veel mensen zeggen nog: het mag niet, punt.’

## Wetenschappers die voor god spelen

De Australische klimaatexpert Clive Hamilton vraagt zich in [Earthmasters: The dawn of the age of climate engineering](#), [Lees hier meer over Hamiltons boek Earthmasters](#). [Lees hier meer over Hamiltons boek Earthmasters](#). Earthmasters: The dawn of the age of climate engineering, zijn boek over geo-engineering, af of ‘geo-engineers geen moderne faëtons zijn, die met de zon proberen te knoeien en door een bliksemschicht van Zeus getroffen zouden moeten worden om te voorkomen dat ze de aarde vernietigen.’

‘Mijn grootste angst is dat we tegen onze kleinkinderen zullen moeten zeggen dat we de mogelijkheid aan ons voorbij lieten gaan om de ergste gevolgen van klimaatverandering te voorkomen’

Bijna elk kritisch stuk over geo-engineering roept het beeld op van de wetenschapper die voor god speelt. Naomi Klein schrijft bijvoorbeeld dat geo-engineers de individuele mens uit het oog verliezen door hun globale blik. De effecten van geo-engineering zijn volgens de meeste berekeningen niet voor iedereen even aangenaam. Spuw aerosolen in de lucht in Amerika en delen van de Sahel drogen uit. Kan een technologie die tot zo’n resultaat leidt ooit rechtvaardig zijn?

Alhoewel het de vraag is of de gevolgen van opwarming niet nog veel onrechtvaardiger zijn, heeft ze waarschijnlijk gelijk dat deze vragen voor veel geo-engineers niet het allerbelangrijkste zijn. [Lees hier meer over de onrechtvaardige gevolgen van klimaatverandering](#). [Lees hier meer over de onrechtvaardige gevolgen van klimaatverandering](#). zijn. Hun zorg richt zich op de toekomst van de mens en het veiligstellen van zo veel mogelijk leven. Niet op de individuele boer of een specifieke streek.

‘Bovendien,’ zegt Morton, ‘dat we ons in het verleden slecht hebben gedragen, wil niet zeggen dat we ons maar bij mislukking neer moeten leggen. Mijn grootste angst, is dat we tegen onze kleinkinderen zullen moeten zeggen dat we in de vroege jaren van deze eeuw de mogelijkheid aan ons voorbij lieten gaan om de ergste gevolgen van klimaatverandering te voorkomen.’

## Een nieuw milieubewustzijn

Morton noemt het wereldbeeld van geo-engineers daarom juist ‘verruimend,’ omdat het uiting geeft aan het idee hoezeer alles verbonden is. In *The Planet Remade* doet hij veel moeite om dit wereldbeeld invoelbaar te maken. Geo-engineers denken in termen van systemen. Via de [Earth System Sciences](#), [Lees hier meer over Earth System Sciences](#). [Lees hier meer over Earth System Sciences](#). Earth System Sciences, die aan de wieg staan van de moderne klimaatwetenschappen, zien zij de aarde als een systeem van kolkende, interacterende cycli - opgezweept door de straling van de zon - waarvan de koolstof-, stikstof-, water-, zwavel- en fosforcycli al miljarden jaren de belangrijkste zijn voor het leven op aarde. Om een idee te geven hoe fundamenteel deze processen zijn voor het leven op aarde: geologen gebruiken kleine wijzigingen in het systeem om geologische tijdperken aan te duiden. Een kleine verandering in het systeem is terug te lezen in het gesteente, en gaat meestal gepaard met een enorme soortensterfte, oftewel: een ‘extinction event.’ Er zijn er al vijf geweest. Volgens sommige wetenschappers zijn we onder meer door onze koolstofuitstoot hard op weg een zesde te bewerkstelligen.

Mens, natuur en technologie vloeien daarbij in elkaar over en zijn onderdeel van hetzelfde geheel. De invloed van de technologische mens op al die processen is zelfs groter dan die van de natuur zelf. We stoten meer koolstof, zwavel en fosfor de atmosfeer in dan de natuur. Ons collectieve handelen is de belangrijkste factor voor leven op aarde geworden.







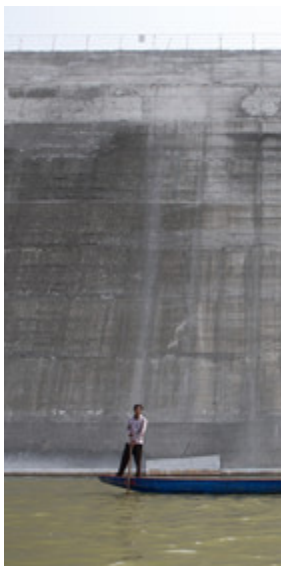
Illustratie: Raúl Soria

Morton verwacht dat zulke inzichten ons milieubewustzijn de komende decennia fundamenteel zullen veranderen: ‘Dat de regen die deze ochtend op mijn hand viel en de proteïne uit mijn voedsel onderdeel uitmaken van systemen die miljarden jaren bestaan - waar wij uit voortkomen en waarmee we volledig zijn geïntegreerd in een sociaal-economisch systeem van 7 miljard individuen -, om daar voeling mee te krijgen is lastig, en niet aantrekkelijk voor iedereen. Maar ik zie hierin argumenten vóór geo-engineering, gebaseerd op compassie en verantwoordelijkheid.’

Het is een overtuigend argument om alle opties van geo-engineering in elk geval net zo serieus te nemen als de pogingen om uitstoot van koolstof in te perken. Niet vanuit heerszucht, maar vanuit de gedachte dat het onze verantwoordelijkheid is om de aarde leefbaar te houden. Alles wijst erop dat de gevolgen verstrekkend zullen zijn. Van een bloedrode zonsondergang vanwege de aerosolen in de stratosfeer, knalwitte wolken aan de horizon tot reflecterende bladeren in de berm.

Klinkt het aanlokkelijk? Nee, niet echt. Is het erger dan een opwarming van meer dan twee graden? Dat weten we niet. Dus laten we alles op alles zetten om dat uit te zoeken.

## Verder lezen:



[Deze twaalf verhalen laten zien hoe de klimaatcrisis zich wereldwijd afspeelt De effecten van klimaatverandering zijn wereldwijd merkbaar. Ik verzamelde twaalf verhalen die laten zien hoe extreem weer mensen treft van Bangladesh tot Zambia, van Paraguay tot Vietnam en van de Noordpool tot de Stille Oceaan. Lees het](#)



[verhaal van Jelmer Mommers hier terug](#) [Waarom rijke landen moeten betalen voor klimaatverandering \(en hoe jij daarbij kan helpen\)](#) Tijdens de eerste week op de klimaatop in Parijs merkte ik: bijna alle strijd gaat hier over geld en de historische verantwoordelijkheid voor de opwarming van de aarde. Maar de discussies over het verleden ontnemen het zicht op een ongemakkelijke waarheid: we zijn ook nu nog de grootste vervuilers. [Lees het verhaal van Jelmer Mommers hier terug](#)

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|