

9 uur geleden • Leestijd 16 - 21 minuten •

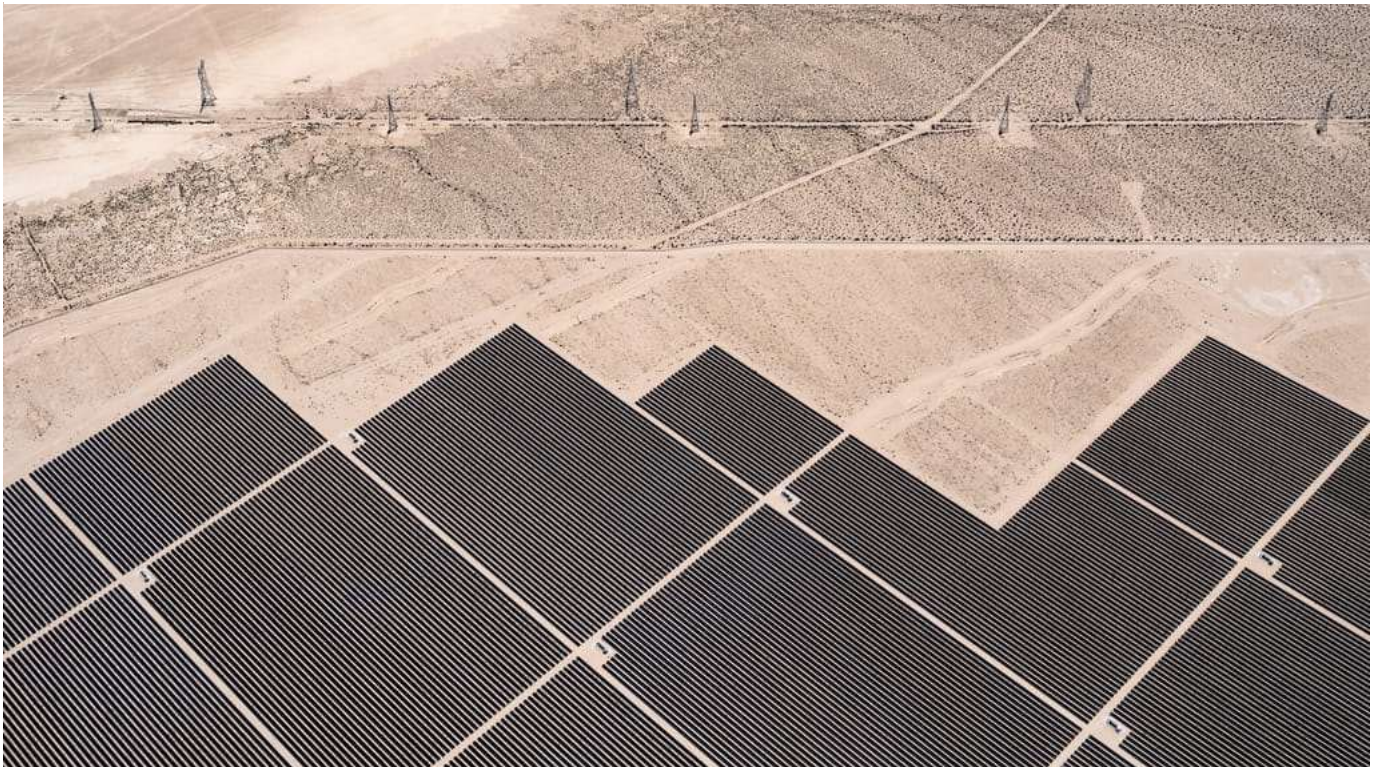
Je gelooft het misschien niet als je de krant openslaat, maar we zijn hard op weg om het klimaatprobleem nog voor de deadline op te lossen. Schone energie uit wind en zon wordt elke dag goedkoper – véél sneller dan iedereen dacht. En dat heeft gigantische gevolgen voor de energietransitie.

Zelfs optimisten zijn te pessimistisch: schone energie wordt spotgoedkoop

Correspondent Economie



Jesse FREDERIK



Uit de Solar Power Series door Tom Hegen.

Ik was net mijn lepel door een baksteen aan havermout aan het ploegen toen een artikel in mijn mailbox verscheen over de naderende ondergang van de menselijke beschaving. ↗

‘Als het laatste IPCC-rapport ons iets leert is het dat de wereld zoals we die kennen ten dode opgeschreven is’, las ik. ‘Het is een suïcidale wereld, die geen toekomst heeft.’

Grote goden!

‘Waarom doen we niets?’ vervolgde de auteur. ‘Waarom spoort de verzamelde wetenschappelijke kennis ons niet aan om in actie te komen?’

Goede vraag! Wellicht kunnen de Europese beleidsbepalers die de Ecodesign-richtlijn verzonnen ↗ (meer dan duizend terawattuur ▼ aan energiebesparingen door zuinigere stofzuigers, warmtepompen en ledlampen) daar meer licht op werpen. Of de Chinese partijbonzen die een terugleververgoeding voor zonnepanelen invoerden (van 2 GW * zon naar 392 GW * zon in tien jaar!). Of misschien de Amerikaanse politici die afgelopen augustus de Inflation Reduction Act ↗ aannamen (honderden miljarden dollars voor elektrische wagens, waterstof en windmolens) wel?

De auteur besloot het aan een Sloveense filosoof te vragen (het was trouwens een stuk in *De Groene Amsterdammer*). ‘We bevinden ons op een snelweg richting klimaathel met onze voet nog op het gaspedaal.’

Toen was ik er wel klaar mee. Het lijkt tegenwoordig wel een wedstrijd: wie kan de meest grimmige ondergangsporno produceren? ‘Het is, zo

beloof ik, veel erger dan je denkt', schreef David Wallace-Wells, pionier in het macabere genre, in de openingszin van zijn bestseller *The Uninhabitable Earth* uit 2019.

Nou, ik beloof je: het gaat veel beter dan je denkt. De somberste klimaatscenario's waarin we auto's laten rijden op vloeibare kolen  (geen grap!) – de scenario's waar boeken als *The Uninhabitable Earth* op zijn gebaseerd – waren al onwaarschijnlijk, maar zijn inmiddels zo goed als onmogelijk.

Zelfs in bewolkt Noord-Europa kan grootschalige zonnestroom inmiddels concurreren met nieuwe gas- of kolencentrales

Sterker nog, in de afgelopen jaren zijn zelfs de meest optimistische klimaatscenario's niet optimistisch genoeg gebleken. Althans, niet als het gaat over de technologieën die het meeste werk moeten verzetten in de strijd tegen klimaatverandering. De kosten van zon, wind en batterijen hebben het afgelopen decennium een duikvlucht genomen.  Terwijl je nog steeds norse berispingen kunt lezen in *De Telegraaf* – vergroening wordt een onbetaalbaar fiasco! – is dat beeld inmiddels achterhaald.

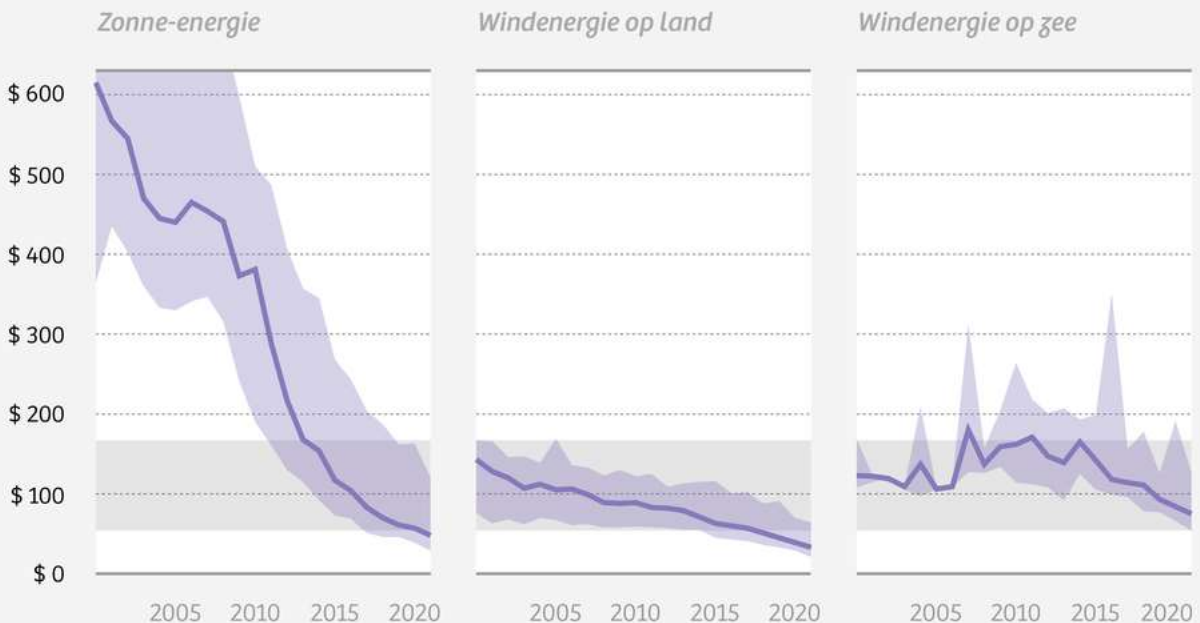
Vooraf bij fotovoltaïsche energie, het omzetten van zonlicht in elektriciteit, gaat de kostendaling belachelijk hard. In zonnige oorden is het nu al de goedkoopste energiebron uit de menselijke geschiedenis.  Zelfs in bewolkt Noord-Europa kan grootschalige zonnestroom inmiddels concurreren met nieuwe gas- of kolencentrales. En het einde is nog lang niet in zicht.

De kosten van schone energie dalen pijlsnel

Gemiddelde wereldwijde kosten van een MWh over de levensduur van een elektriciteitsbron

■ Bandbreedte* fossiel (voor het jaar 2021)

■ Bandbreedte* hernieuwbaar



* De 5 procent goedkoopste en 5 procent duurste projecten

Bron: Irena (2022), IPCC (2022)

Regelmatig suizen cijfers voorbij waarvan je eerst denkt: dat kan niet waar zijn. Zo was er de afgelopen twee jaar een schrijnend tekort aan het belangrijkste ingrediënt voor zonnecellen: polysilicium. 🚩 Fabrieken draaiden op halve kracht in afwachting van dat schaarse goedje.

Maar in het afgelopen jaar stroomden de aankondigingen voor nieuwe polysiliciumfabrieken binnen. Als je de Chinese uitbreidingsplannen nu optelt, produceert het land in 2025 genoeg polysilicium om jaarlijks tussen de 1.100 en 1.900 gigawatt aan zonnepanelen te maken. 📉

Voor wie niet lekker in zijn gigawatts zit: in 2022 werd er voor 41,4 GW aan zonnepanelen geïnstalleerd in de Europese Unie 🚩 (een record) en

voor 268 GW aan zonnepanelen wereldwijd. ⚠ Daarmee kwam de totale capaciteit aan zonne-energie in de Europese Unie op zo'n 208 GW ⚠ en in de wereld als geheel op zo'n 1.040 GW. ▼

En straks hebben we dus 1.100 tot 1.900 GW aan polysilicium per jaar!

Laten we ervan uitgaan dat het 1.500 GW wordt. Als zo veel zonnepanelen 20 procent van de tijd stroom leveren, heb je bijna evenveel elektriciteit (2.628 TWh) als alle kerncentrales op de hele wereld (2.653 TWh) ⚠ nu leveren – en net iets minder stroom dan de gehele Europese Unie op jaarbasis verbruikt (2.785 TWh). ⚠ En waarschijnlijk kunnen ze dat straks in China in één jaar maken.

Het zijn krankzinnige cijfers. Natuurlijk, dat we straks zwemmen in het polysilicium wil niet zeggen dat we ook bergen zonnepanelen kunnen maken. ▼ En het wil al helemaal niet zeggen dat de zonnepanelen ook geïnstalleerd kunnen worden. Misschien dat het elektriciteitsnet het voor die tijd al begeeft.

Misschien. Maar het zal niet voor het eerst zijn dat de opmars van de zonnestroom alle verwachtingen verplettert. De koortsachtige ontwikkeling van fotonvoltaïsche energie wordt namelijk stevast onderschat door deskundigen.

De groei van zonne-energie: ieder jaar weer onderschat

In de vuistdikke rapporten van het Internationaal Energieagentschap (IEA), de grootste autoriteit op energiegebied, zijn de vooruitzichten voor zonnestroom keer op keer te somber. Zelfs in het meest ambitieuze klimaatscenario van de *World Energy Outlook 2010* zou er tegen 2020

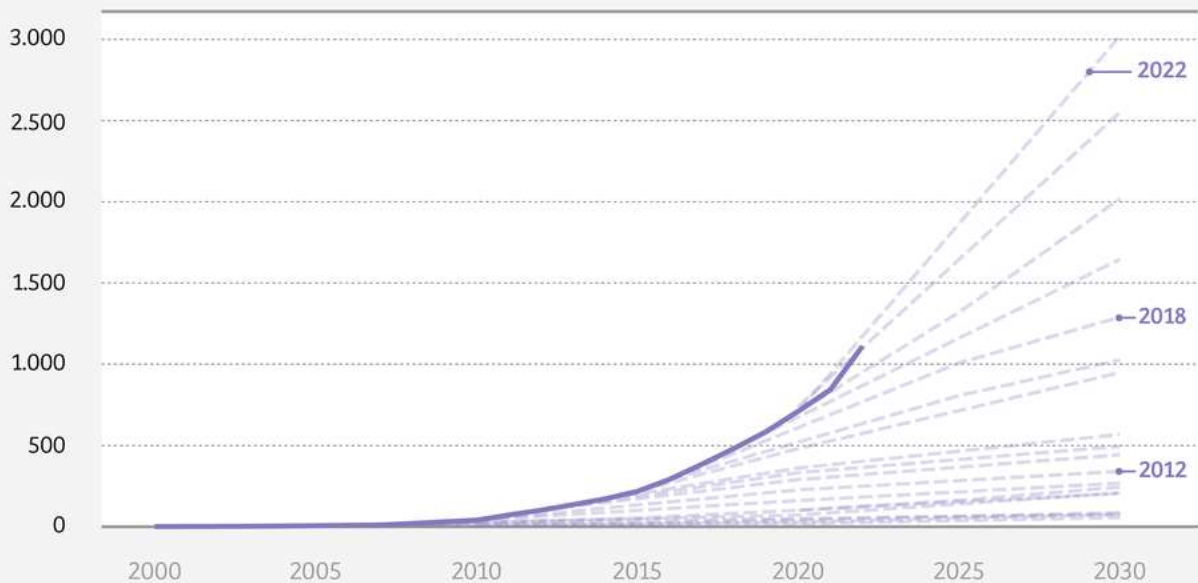
wereldwijd slechts zo'n 138 gigawatt aan zonne-energie opgesteld staan. 
In werkelijkheid was het meer dan vijf keer zo veel: 710 gigawatt. 

De uitrol van zonne-energie wordt systematisch onderschat

Wereldwijd geïnstalleerd en voorspeld vermogen in gigawatt

■ Geïnstalleerd ■ Voorspeld vermogen volgens IEA-modellen (2003-2022) bij huidig beleid

Geïnstalleerd vermogen in gigawatt



Bron: IEA World Energy Outlook (2002-2020)

Maar de scepsis over technologische vooruitgang beperkt zich niet tot het IEA. Hetzelfde chagrijn over de kosten en de potentie van zonnepanelen vind je in de toonzettende rapporten van het IPCC, de instantie die verantwoordelijk is voor het samenvatten van de stand der klimaatwetenschap.

Het IPCC gebruikt tientallen megamodellen om de relaties tussen economie, energie en klimaat te beschrijven (zogenoemde *integrated assessment models*, IAM voor intimi). Deze IAM produceren op hun beurt

weer duizenden scenario's die allemaal in één grote database worden opgenomen. ▼

Van alle scenario's uit het IPCC-rapport van 2014 ging zelfs het meest gunstige ervan uit dat zonne-energie in 2050 zo'n 885 dollar per kilowatt ▼ vermogen zou kosten. In werkelijkheid waren de installatiekosten al in 2021, dertig jaar voor de deadline, gedaald tot 820 dollar per kilowatt. Geen wonder dus dat er in 2020 meer zonnepanelen werden geïnstalleerd dan in 83 procent (!) van alle IPCC-scenario's uit 2014.

Het IPCC is te pessimistisch over de groei van zonnestroom

Geïnstalleerde capaciteit en verwachte capaciteit volgens IPCC-scenario's, in gigawatt

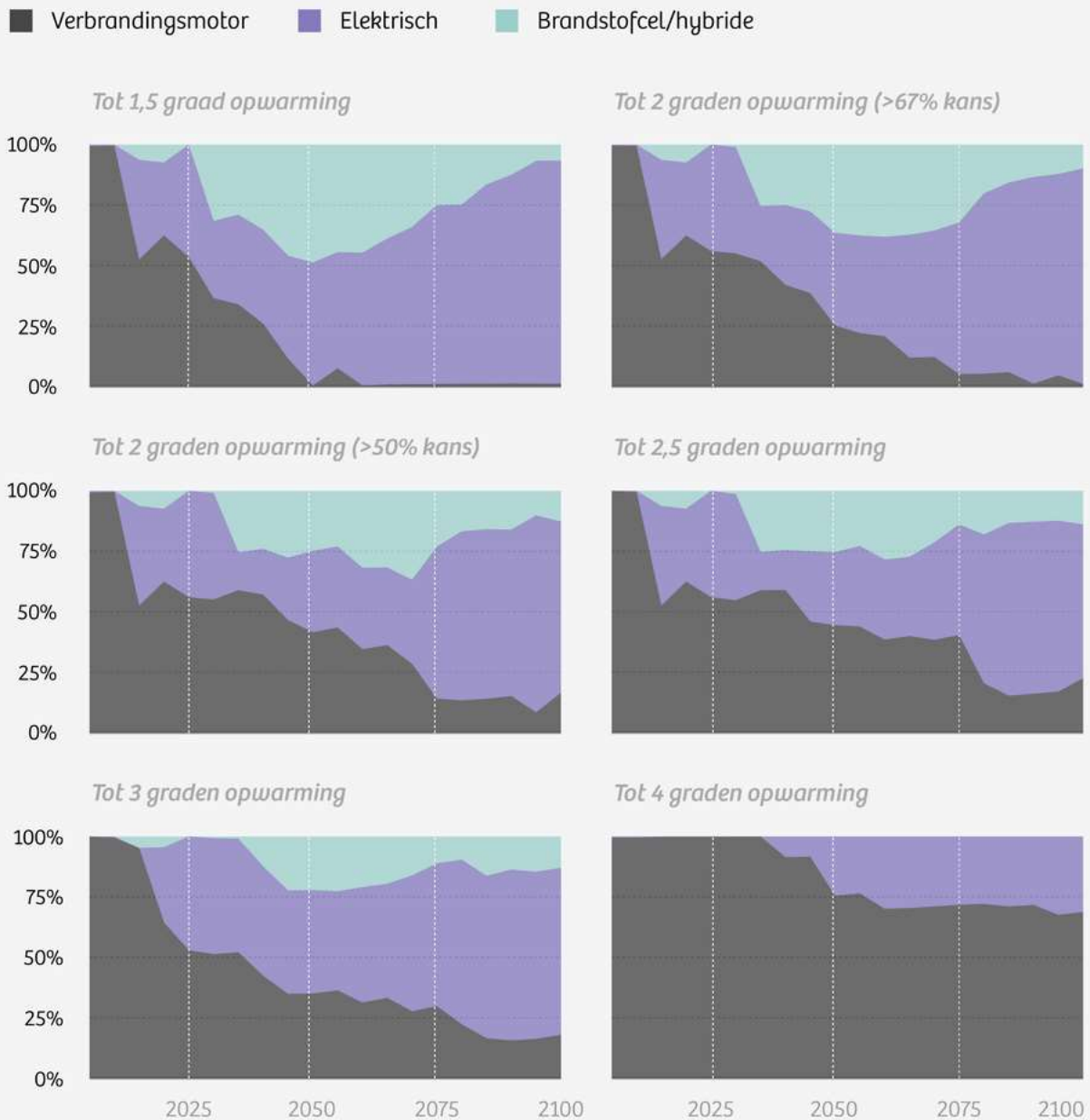


Bron: IPCC (2014), IPCC (2022), Irena (2022)

Hetzelfde geldt voor elektrisch vervoer. Uit een inventarisatie van vijf *integrated assessment*-modellen in 2017 bleek dat zelfs in de scenario's met stevig klimaatbeleid nog werd verondersteld dat elektrische auto's de hele eeuw (!) duurder zouden blijven dan brandstofauto's. 🌟 Ook in het meest recente IPCC-rapport uit 2022 wordt in bijna elk scenario nog tot achter in deze eeuw geïnvesteerd in fossiele autotechnologie.

Volgens het IPCC wordt er tot eind deze eeuw nog volop in brandstofauto's geïnvesteerd

Aandeel van investeringen in verschillende aandrijvingsvormen van lichte voertuigen



Bron: IPCC (2022)

Maar dan nu de werkelijkheid: afgelopen jaar was 14 procent van de wereldwijde autoverkoop elektrisch, 🌐 in China was het zelfs al 22

procent.  En het zijn niet alleen passagiersauto's en tweewielers, maar ook busjes, bussen en zelfs vrachtwagens die de komende jaren op stroom gaan rijden.

Zelfs zonder subsidies zijn elektrische voertuigen al bijna even duur over de levensduur van een auto (vooral door lagere brandstofkosten). Met de snelle kostendalingen van aandrijflijnen en batterijen is de verwachting dat ergens in de komende jaren elektrische voertuigen ook goedkoper worden in aanschafprijs dan brandstofauto's. 

Het is veelzeggend dat oliebedrijven als Shell en ExxonMobil momenteel minder investeren in het boren naar olie en gas dan zelfs in het gunstigste klimaatscenario van het Internationaal Energieagentschap is voorzien.  Voelen ze de bui misschien al hangen? Als de huidige trends in elektrisch transport doorzetten, kan de olievraag met procentpunten per jaar achteruit gaan hollen.

Ik wil maar zeggen: het gaat allemaal véél sneller dan vrijwel iedereen altijd dacht. Zelf geloofde ik ook dat de energietransitie een fortuin zou kosten en een eeuwigheid zou duren. Want van kolen naar olie, van olie naar gas en van gas naar hernieuwbaar duurde ook decennia, zo niet eeuwen. En we zitten nog steeds met kolen, én olie, én gas. Het is nog nooit gelukt om oude energiebronnen volledig te vervangen door nieuwe, zoals nu de bedoeling is. Het was altijd meer, meer, meer; nooit in plaats van.

Maar inmiddels ben ik ervan overtuigd dat het dit keer anders zal gaan.  Er is namelijk een fundamenteel verschil tussen hernieuwbare energie en fossiele energie. Kolen, gas en olie zijn een grondstof; zonnepanelen, windmolens en accu's zijn een technologie. Ieder jaar worden

hernieuwbare energie-opwekkers beter en goedkoper, en het einde is nog niet in zicht.

Fotovoltaïsche energie: de snelst lerende energieopwekker aller tijden

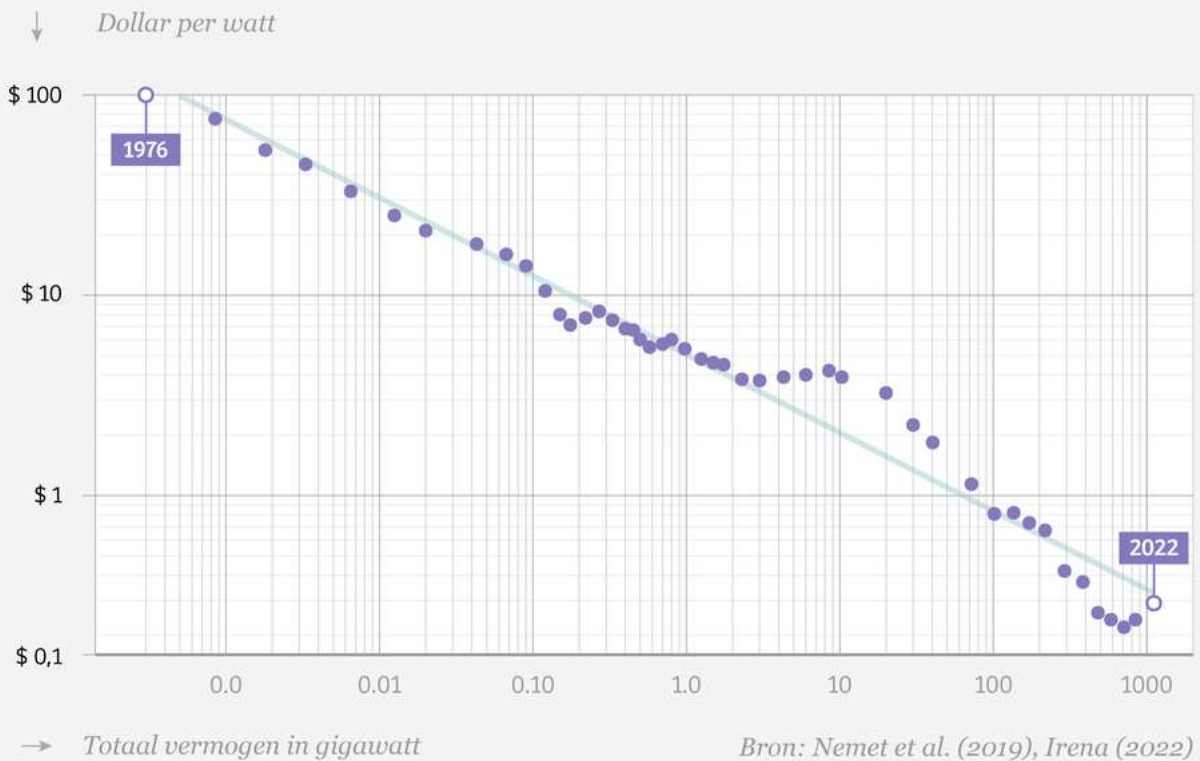
In 1936 schreef de Amerikaanse ingenieur Theodore Paul Wright een kort artikel getiteld 'Factors Affecting the Cost of Airplanes'. * Naast enkele wetenswaardigheden over het meest geschikte materiaal voor vliegtuigen (tip: gebruik geen hout) en de 'monocoque-constructietechniek' bevat het artikel ook een cruciaal inzicht. Wright constateerde dat als er in zijn werkplaats twee keer meer vliegtuigen werden gebouwd, de kosten per vliegtuig met zo'n 10 procent daalden. Meer productie betekende steeds lagere kosten. Dit inzicht is de geschiedenis ingegaan als de wet van Wright. ▼

En wat blijkt: deze wet geldt ook voor zonnepanelen, hoewel de fotovoltaïca veel sneller leert dan de aeronautica. Bij elke verdubbeling van het geïnstalleerde vermogen daalden in de afgelopen decennia de kosten per megawattuur niet met 10 procent, zoals bij vliegtuigen, maar met maar liefst 31,9 procent.

Er is geen energiebron die dit zonnepanelen nadoet. De leercurve van zonne-energie lijkt meer op die van computerchips en televisieschermen dan op die van gas- en kolencentrales.

Hoe meer zonnepanelen we maken, hoe goedkoper ze worden

Wereldwijd geïnstalleerd vermogen in gigawatt en kosten van panelen in dollar per watt



Nog los van klimaatproblematiek is dit een fundamenteel inzicht voor de vraag in welk energiesysteem we willen investeren. Je zet immers liever je geld in op een lerende dan op een stagnerende technologie. Zonnepanelen zijn sinds 1956 met een factor 7.451 (!) goedkoper geworden – en worden dat na meer dan zestig jaar nog steeds.

Hoe anders is dat met fossiele brandstoffen. Kolen, olie en gas vertonen al ongeveer honderdvijftig jaar geen enkele neerwaartse of opwaartse prijstrend (economen spreken ook wel van ‘een willekeurige wandeling zonder richting’). We zijn wel beter geworden in het oppompen en opgraven van fossiele brandstoffen, maar het wordt ook steeds moeilijker om ze te winnen: ooit prikte je een speld in de woestijn, nu ben je teerzanden aan het afgraven in de Canadese grafkou.

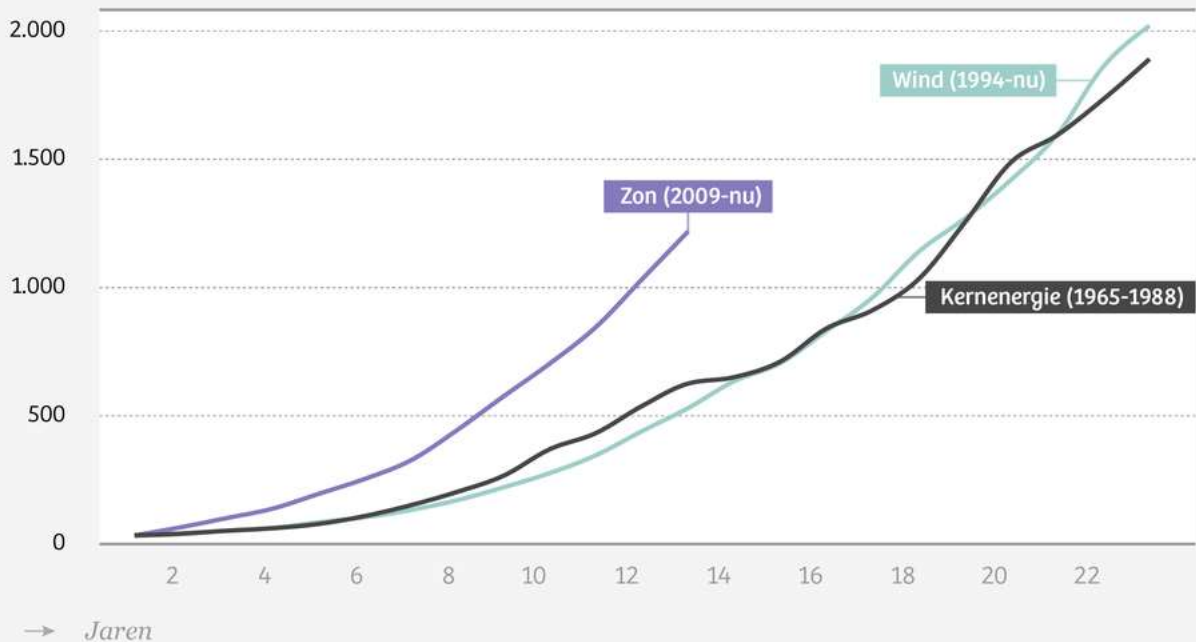
Waar een zonneweide steentje voor identiek steentje groeit, is een kerncentrale eerder een Sagrada Família die almaar duurder wordt

Hetzelfde geldt voor de grote technologische belofte uit de jaren vijftig: kernenergie. Kerncentrales vertonen wereldwijd zelfs een 'ontleercurve': hoe meer kerncentrales we bouwen, hoe duurder ze worden. Toegegeven, er zijn verschillen tussen landen: Zuid-Korea wist goedkopere kerncentrales te maken, de

Verenigde Staten niet. Ⓢ Maar zelfs als het lukt om Korea na te doen, dan is het de vraag of het de moeite waard is. Kernenergie wordt in het beste geval iets meer dan tien procent goedkoper per verdubbeling van de energiec capaciteit, terwijl de kosten bij zonne-energie met meer dan 30 procent omlaaggaan. ▼

Zonnestroom groeit van alle hernieuwbare energiebronnen het snelst

Hoe snel verschillende energiebronnen groeien na het bereiken van de eerste 30 TWh



Bron: BP Statistical Review (2022)

Waarom leert zonne-energie zoveel sneller? Een mogelijke verklaring is de schaalbaarheid van deze technologie. Bij kernenergie ben je elke keer een energiekathedraal aan het bouwen: een eenmalig megaproject met duizenden op maat gemaakte onderdelen. Een zonnepaneel is daar bijna het spiegelbeeld van: fabrieken spuwen er dagelijks duizenden uit.

Zelfs het installeren van een zonneweide is fabriekswerk. Neem de megazonneweide in Bhadla, India van 2.200 MW.  Die begon met één zonnepaneel, toen nog één, toen nog één en toen nog één. Een zonneweide aanleggen is als het bouwen van een duplotoren die steentje voor identiek steentje groeit. Vergeleken daarbij is een kerncentrale eerder een Sagrada Família die almaar duurder wordt.

Neem de kerncentrale bij Hinkley Point, Verenigd Koninkrijk (3.200 MW), * die 20 miljard euro moest kosten * (de laatste prognose is nu 37 miljard euro) * en in 2025 open moest gaan (de laatste prognose is nu 2028). * De centrale bij Hinkley Point is ook geen uitzondering. Uit een recente inventarisatie van megaprojecten bleek dat de gemiddelde kostenoverschrijding bij de bouw van een kerncentrale maar liefst 120 procent bedraagt (dat is bijna even slecht als het organiseren van een Olympische Spelen). * Ter vergelijking: de gemiddelde kostenoverschrijding van een zonneweide is 1 procent.

Eigenlijk is het dus nogal merkwaardig dat de zelfbenoemde 'realisten' in energieland, je weet wel, die koele rekenaars die wars zijn van groene romantiek, zo graag nieuwe kerncentrales willen bouwen. Op grond van het recente verleden is er weinig dat vóór nieuwe kerncentrales pleit, anders dan de fuck-de-hippies-vibe die eromheen hangt. Dat de huidige regering twee kerncentrales wil bouwen, is het best te begrijpen als peperdure rechtse identiteitspolitiek.

De gigantische implicaties van goedkope schone energie

Hoe het ook zij, de snelle leercurve van hernieuwbare energie heeft gigantische implicaties, die zelfs in het laatste IPCC-rapport nog niet zijn terug te lezen. Volgens het IPCC kost de energietransitie ons namelijk veel geld: het wereldwijde bbp zal bij een snelle transitie in 2050 tussen de 4.600 en 7.000 miljard dollar (tussen 1,3 en 2,7 procent van het wereldwijde bbp) lager liggen dan wanneer we niets zouden doen. * Maar als we veronderstellen dat de kostendaling van duurzame energiebronnen van de afgelopen vijftig jaar nog tien tot twintig jaar doorzet, dan is die kostenschatting veel en veel te pessimistisch.

Het bizarre is dat de kosten voor zonne-energie in de meeste IPCC-scenario's helemaal niet snel afnemen. Sterker nog, in ongeveer een derde van de scenario's uit het laatste IPCC-rapport ging men uit van een prijs van zonne-energie in 2030 die in 2021 al achterhaald was! ▼

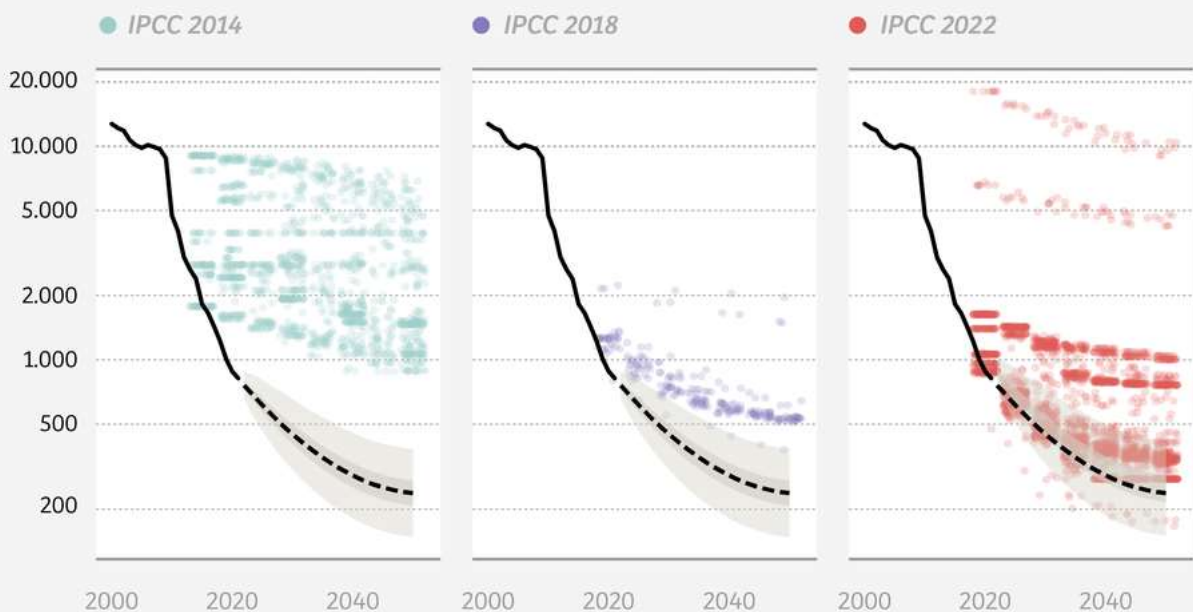
Bijna alle scenario's zijn pessimistischer dan wat je op basis van de wet van Wright mag verwachten. Zet de ontwikkeling zich ongeveer door zoals die zich al een halve eeuw voordoet, dan zullen de mediane kosten ▼ voor zonnestroom lager liggen dan in 98,9 procent van alle IPCC-scenario's voor 2050. ↗

IPCC-scenario's zijn te pessimistisch over kosten zonnestroom

Gerealiseerde en veronderstelde kosten per geïnstalleerde kilowatt zonnestroom

■ Gerealiseerd ■ Wet van Wright

Prijs per kilowatt in dollars



Bron: Ampere (2014), IPCC (2018), IPCC (2022), Irena (2022)

De IPCC-scenario's onderschatten bovendien de mogelijkheden om bijna alles te elektrificeren. Momenteel is slechts 20 procent van de uiteindelijke energiebehoefte afkomstig van elektriciteit:  onze auto's en vrachtwagens rijden op olie, huizen worden verwarmd met gas, en we produceren stoom voor de industrie uit kolen. Maar door goedkope stroom van zon en wind zal het almaar aantrekkelijker worden om je energie uit het stroomnet te halen, in plaats van uit een pijpleiding.

Dat het met het elektrisch vervoer veel harder gaat dan de scenario's verwachten moge inmiddels duidelijk zijn. Maar hetzelfde geldt voor de verwarming van huizen. In het afgelopen jaar nam de verkoop van warmtepompen (omgekeerde airco's die warme lucht van buiten naar binnen brengen) enorm toe. De installatie van warmtepompen groeide in Europa de afgelopen twee jaar zelfs nog sneller dan die van zonnepanelen (maar liefst 36 procent per jaar). 

De nieuwe generatie warmtepompen lijkt bovendien in staat een groot deel van de vraag naar industriële warmte te kunnen afdekken.  Ongeveer de helft van de industriële warmtevraag bestaat uit stoom tot 200 graden Celsius, temperaturen die prima zijn te halen met hyperefficiënte warmtepompen.

Toch gaan bijna alle IPCC-scenario's uit van beperkte elektrificatie. In de meeste scenario's neemt het aandeel elektriciteit nauwelijks toe. En zelfs in de optimistische anderhalvegraadscenario's wordt maar 44 procent van de finale energievraag in 2050 door elektriciteit geleverd. Wat het potentieel van zonnestroom om de energietransitie te bespoedigen behoorlijk inperkt.

De energietransitie: een enorm verdienmodel

Dus: wat zou het voor de energietransitie betekenen als we stoppen met het onderschatten van hernieuwbare energietechnologie?

In een belangrijk paper getiteld 'Empirically grounded technology forecasts and the energy transition'  heeft een team van wetenschappers het antwoord op precies die vraag proberen te berekenen.

In hun middelste scenario levert een snelle energietransitie maar liefst 24 biljoen dollar aan besparingen op ten opzichte van het fossiele energiesysteem. Het is een kwestie van tijd voor het hele energiesysteem dan wordt opgeslokt door spotgoedkope zonne-energie (31,9 procent goedkoper per verdubbeling) en windenergie (19,4 procent), geholpen door lithium-ion-accu's (42,1 procent!), die elektrisch transport aandrijven.

Ook bij een snelle ontwikkeling van zon en wind blijft het moeilijk de opwarming tot anderhalve graad te beperken. Maar we kunnen er wel dichtbij komen

In tegenstelling tot de IPCC-scenario's zal volgens deze wetenschappers bijna alles geëlektrificeerd worden: meer dan 75 procent van de energiebehoefte komt van stroom in 2050. Alleen voor de laatste beetje zullen we elektrolyzers  (12,9 procent goedkoper per verdubbeling) nodig hebben om brandbare waterstof te maken

van water en elektriciteit.

De 24 biljoen dollar aan baten is, *mind you*, nog een conservatieve schatting van de werkelijke opbrengst, omdat de tientallen biljoenen aan klimaatbaten niet worden meegewogen (denk: minder doden door hittegolven, gunstigere oogsten, behoud van biodiversiteit).

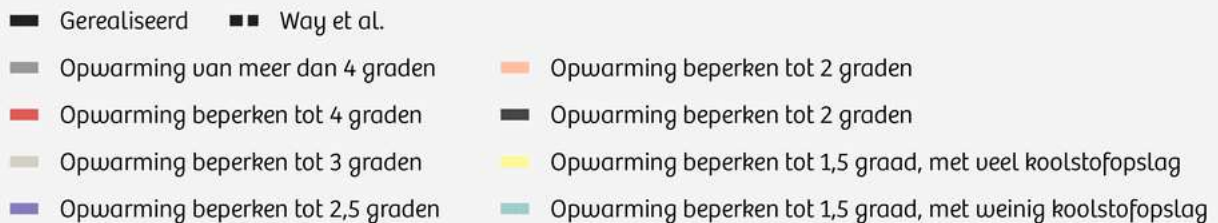
Toegegeven, ook bij een snelle ontwikkeling van zon en wind blijft het moeilijk de opwarming tot anderhalve graad te beperken. Daarvoor is al een te groot deel van het koolstofbudget opgesoupeerd. Maar we kunnen er wel dichtbij komen.

Als de huidige trends zich doorzetten, dan zijn in ieder geval de op energie gebaseerde broeikasgasemissies (zo'n 83 procent van alle uitstoot)  in 2050 tot nihil gereduceerd. We komen dan waarschijnlijk ergens tussen de 1,7 en 2,1 graden opwarming uit.

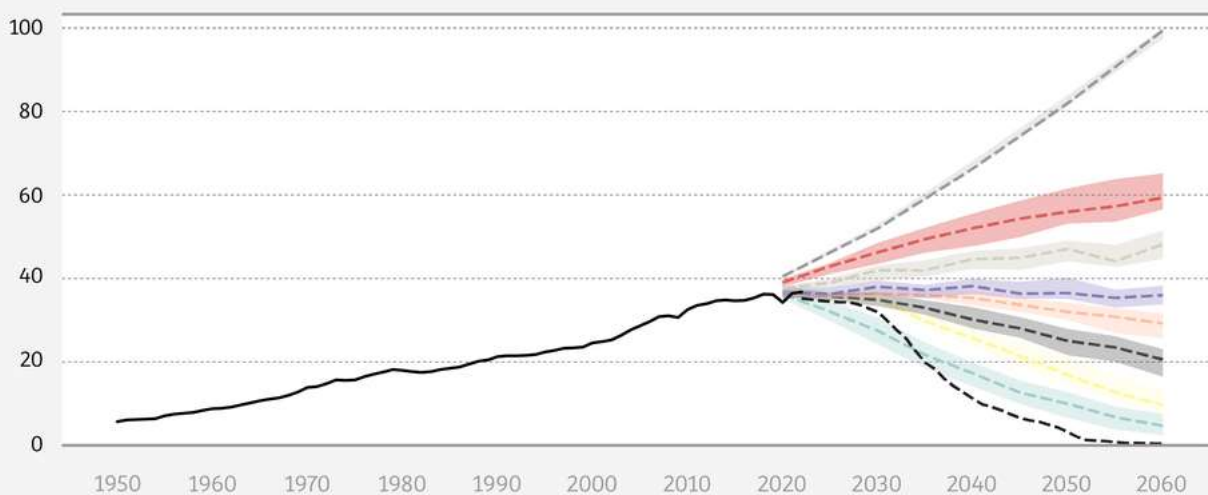
Nu zijn er scenario's in de IPCC-database die een lagere opwarming noteren. Maar veel van de anderhalvegraadscenario's leunen op CO₂-opslag. Eerst overschrijdt de wereld het koolstofbudget, om later in de eeuw heroïsche hoeveelheden CO₂ af te vangen en op te slaan. Modellen die ervan uitgaan dat elektrificatie niet goedkoop kan, rest nou eenmaal niets anders dan de koolstofopslag. Het is merkwaardig dat IPCC-scenario's veelal hun hoop vestigen op een technologie die nauwelijks wordt gebouwd.

De CO₂-uitstoot van energie blijft dalen

De CO₂-uitstoot van fossiele energie volgens de IPCC-scenario's en volgens het onderzoek van Way et al. (2022)



Gigaton CO₂



Bron: Way et al. (2022)

Zo veel zon en wind: kan dat wel?

Oké, prima, hernieuwbare energie wordt steeds goedkoper, maar moet het niet gewoon een keer ophouden? Misschien zal de productie van zonnepanelen niet het probleem zijn, maar wat dan te denken van de aanlegkosten? Zelfs als de prijs van een zonnepaneel naar nihil keldert, heb je stalen rekken, koperen kabels en vaklui nodig. Worden die ooit goedkoper? Waarschijnlijk niet.

Maar ook daar valt omheen te werken. Het Amerikaanse bedrijf Erthos heeft bijvoorbeeld een ontwerp voor zonneparken waarbij de panelen gewoon op de grond worden geplaatst. Dit ontwerp gebruikt geen stalen rekken, 70 procent minder kabels en sleuven, en twee derde minder grond.

* De onderhoudskosten kunnen ook omlaag, omdat robotstofzuigers de boel schoon kunnen houden. Een zonnepark met zulke lage aanlegkosten maakt optimaal gebruik van de snelst dalende kostenpost (de panelen zelf).

De grootste flessenhals voor de uitrol van duurzame energie is eigenlijk niet technisch, steeds minder economisch, maar vooral juridisch. De elektrificatie van alles vergt enorme investeringen in het elektriciteitsnet om al die goedkope zonnestroom een bestemming te geven. Een elektriciteitsnet dat we in honderd jaar hebben opgebouwd, zal nu in een paar decennia tig keer herhaald moeten worden. Hier loopt het in zowel Europa als de Verenigde Staten vast, met duizenden gigawatts aan projecten in de wachtrij voor een aansluiting. ↗

Het Internationaal Energieagentschap becijferde dat je tot wel dertien jaar bezig bent als je een bovengrondse hoogspanningslijn in Europa wilt. Een kwart van de tijd wordt besteed aan de bouw; driekwart gaat op aan het plannen en het krijgen van een vergunning. * In China kun je een zware hoogspanningslijn bouwen in gemiddeld drie jaar. *

Nu zullen er ongetwijfeld legitieme belangen worden genegeerd in China. Maar het omgekeerde is ook waar: in Europa en de Verenigde Staten zeggen we makkelijk 'nee' vanwege minieme nadelen, in plaats van 'ja' vanwege grote voordelen. Dat in Nederland de verwaarloosbare hoeveelheden stikstof die vrijkomen bij de bouw van een elektriciteitslijn ervoor zorgen dat de energietransitie wordt geremd is daarvan een

schrijnend voorbeeld (elektrificatie zorgt op termijn nota bene voor minder stikstof).

Tot slot is er natuurlijk het bezwaar dat zon en wind weliswaar goedkoper zullen worden, maar dat je onmogelijk een energiesysteem kunt laten draaien op slechts grillige stroom uit wind en zon. Het waait immers niet altijd, en de zon valt ook nog weleens tegen. Op zich is dit geen acuut probleem: als we over vijftien jaar nog voor een paar dagen per jaar gascentrales nodig hebben, *so be it!*

Maar op termijn zal er energieopslag nodig zijn voor die dagen, weken en maanden dat de zon niet schijnt en de wind niet waait. Gelukkig kennen we al veel van de oplossingen. We kunnen een meer volpompen in de zomer en weer leeg laten lopen in de winter. We kunnen elektriciteitsnetten aan elkaar knopen van Noorwegen tot Spanje, of – denk groots! – van Noord-Amerika tot Europa, omdat altijd wel ergens de zon schijnt en ergens de wind waait.

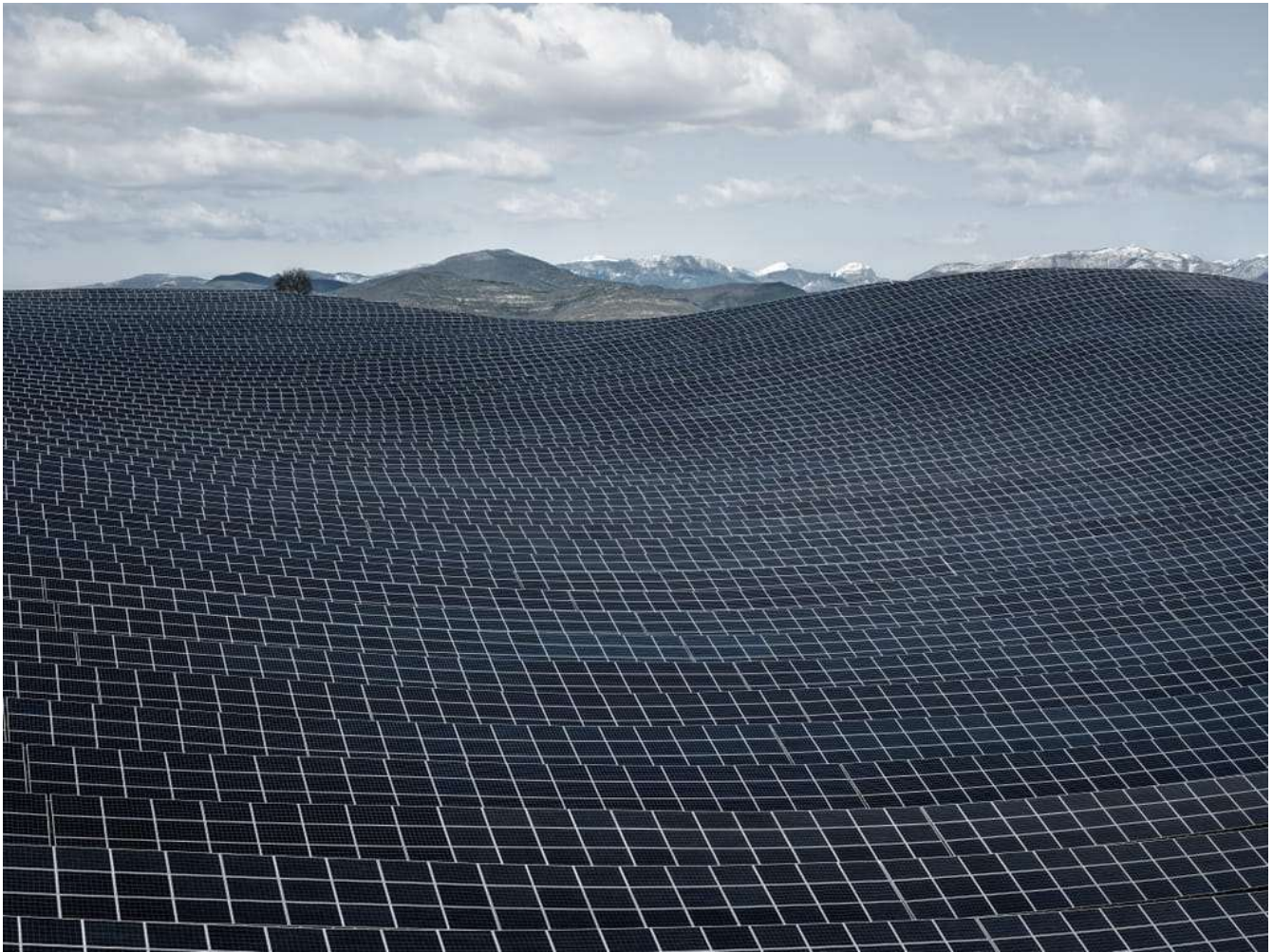
We kunnen optimaal gebruikmaken van de enorme vloot aan elektrische auto's met batterijen ➦ (opladen bij zon, ontladen bij windstil) en warmtepompen (verwarmen bij wind, stoppen bij een wolkendek). Tot slot kunnen we altijd nog stroom gebruiken om waterstof te maken van water om die te verbranden in tijden van schaarste (wel duur, dus liever zo weinig mogelijk). ➦

Nieuwe opslagtechnologieën staan nog in de kinderschoenen, maar als het goedkoop is en het werkt, dan wordt het ingezet

Tegelijkertijd moet je bedenken dat we nog maar net op het punt zijn dat de elektriciteitsprijzen soms richting nul gaan (omdat het heel hard waait, of de zon heel hard schijnt). Er is steeds meer geld te

verdienen door met stroomvraag en -aanbod te schuiven in de tijd. Dikke kans dus dat we de komende jaren nog veel meer vernuftige opslagvormen krijgen. Neem een start-up als Rondo Energy, die een enorme hittebatterij (in feite een soort thermoskan gemaakt van een grote brok stenen) kan opwarmen met zon en wind, die vervolgens stoom kan leveren aan de industrie.  Het staat allemaal nog in de kinderschoenen, maar één ding is zeker: als het goedkoop is en het werkt, dan wordt het ingezet.

Het is niet zo moeilijk om te bedenken hoe het allemaal nog mis kan gaan. En het is niet makkelijk om altijd te bedenken hoe het goed kan gaan. De wet van Wright voorspelt dat kosten afnemen, maar niet hóé ze gaan afnemen. En dat kan nogal frustrerend zijn. Maar misschien wordt het tijd om de bewijslast hier eens om te draaien: waarom zou het niet lukken? ‘Het is makkelijk om grenzen in je model te schrijven: “Dit kan niet, dat kan niet”’, zegt Matthew Ives, een van de auteurs van het paper over de goedkope energietransitie. ‘Maar we zijn er vaak minder goed in om het menselijke vernuft in de modellen te schrijven.’



Uit de Solar Power Series door Tom Hegen.

Een nieuw tijdperk van materiële welvaart

De implicaties van een spotgoedkope energietransitie gaan verder dan alleen het vermijden van klimaatverandering. De geschiedenis leert dat een daling van de energieprijzen een voorbode is van een golf van materiële voorspoed. Vliegtuigen, containerschepen en auto's, ze bestaan alleen bij de gratie van goedkope olie.

Energie is de flessenhals der flessenhalzen: wat technisch mogelijk is, kan economisch niet uit, omdat het dure energie vergt. Het is geen toeval dat bijna alle technologische vooruitgang in de afgelopen decennia is geboekt

in de wereld van bits (waar energiekosten een kleine rol spelen), en niet in de wereld van atomen (waar energie een grote rol speelt).

Met lage energieprijzen zullen allerlei nu nog ondenkbare ideeën mogelijk worden. Bijvoorbeeld: CO₂ uit de lucht zuigen, ↗ waterstof van water maken, en de twee weer samenknopen om er vliegtuigbrandstoffen van te maken. Er komt een punt – als de elektriciteitsprijs maar laag genoeg is – waarop het goedkoper zou kunnen zijn om vliegtuigbrandstof uit de lucht te synthetiseren dan olie uit de grond te halen. ▼

Een andere mogelijkheid is om de grondstoffen voor populaire plastics niet uit olie of gas te kraken, maar uit de lucht te halen. Daarmee wordt meteen een stukje CO₂-opslag gerealiseerd: CO₂ uit de atmosfeer slaan we dan op in plastic.

Dit klinkt misschien allemaal als bizarre toekomstmuziek, en misschien is dat het ook, maar het punt is: hoe lager de energieprijs, hoe meer van dit soort luchtkastelen werkelijkheid zullen worden. ↗

De grootste bijdrage die Nederland kan leveren aan mondiale klimaatproblematiek is niet de collectieve verarming, maar de technische vooruitgang

En zou dat nou niet subliem ironisch zijn? Dat de groene beweging met haar sobere nadruk op ‘minder, minder, minder’ een nieuw tijdperk van economische groei ontketent?

In groene gelederen lijkt men soms bevangen door een seculier geloof in de zondeval: de mens heeft zijn hand overspeeld en moet op de blaren zitten. Het onafwendbare kun je niet afwenden met *technofixes* (getdemme, technofixes!). De weg van de vooruitgang is de achteruitgang. En dus

verschijnen er wijdlopige betogen, waarin Sloveense denkers ons proberen uit te leggen dat we al die voorspoed en welvaart niet moeten willen.

Laat er geen misverstand over bestaan: een SUV,  een biefstuk, een gebogen beeldscherm van honderd duim,  van mij hoeft het ook niet. Tegelijkertijd is ‘minder, minder, minder’ een futloze politieke leus, die met name populariteit geniet bij welvarende hoogopgeleiden die van ‘minder, minder, minder’ weinig te vrezen hebben.

De grootste bijdrage die Nederland, een klein en slim land, kan leveren aan mondiale klimaatproblematiek is niet de collectieve verarming, maar de technische vooruitgang. De wereld is meer gebaat bij de ontwikkeling van goedkope vleesvervangers (laat ons daar eens een belachelijk bedrag voor reserveren: een boterberg, een melkplas van vleesvervangers!) dan bij een Nederland dat zijn materiële levensstandaard naar de jaren tachtig terugbrengt.

Inmiddels lijk je een straffe denker die het monster in de muil kijkt wanneer je flirt met ‘noodtoestanden’ en ‘klimaatmobilisaties’. Nou had zo’n straffe denker twintig jaar geleden, toen accu’s nog van lood waren en zonnepanelen duurder dan een goudbaar, nog wel een punt. Toen was het moeilijk in te zien hoe we dit zouden bolwerken zonder aan welvaart in te boeten. Inmiddels zijn we hard op weg om het klimaatprobleem nog vóór de deadline te *technofixen*.

Nee, vanzelf zal het niet gaan, tal van problemen die nu onoverkomelijk lijken moeten worden overwonnen. En dan kan het helpen als een groep gedreven lieden zich aan een vangrail vastlijmt om de druk op de ketel te houden.

Maar wanhoop is niet nodig. Na het pessimisme komt de zon. Voor een tientje per megawattuur.

Over de beelden

De fonkelende, uitgestrekte zonneweiden die fotograaf Tom Hegen in zijn Solar Power Series vanuit de lucht vastlegt, hebben iets buitenaards: alsof we naar de grootschalige landbouw van de toekomst kijken. En daar zit ook wel wat in. De centrales, gesitueerd in de Verenigde Staten, Frankrijk en Spanje, zijn qua schaal dan misschien overweldigend, ze voorzien veel mensen van broodnodige, schone energie.

Al langere tijd documenteert de fotograaf samen met helikopterpiloot Lars Gange kunstmatige, geconstrueerde landschappen waar bronnen ontgonnen en geraffineerd worden. De betoverende patronen die slechts vanuit de lucht te ontwaren zijn, staan haaks op de vaak natuurlijke, ruige omgeving waarin dit soort centrales zich bevinden. Opnieuw wordt er op nietsontziende wijze door de mens in het landschap geïntervenieerd – allicht ditmaal voor het grotere goed.

Bekijk hier de hele serie >

...dit verhaal heb je **gratis** gelezen. Maar het maken van dit verhaal kost **tijd, geld en energie**. Steun ons en maak meer verhalen mogelijk voorbij de waan van de dag.

Al vanaf het begin worden we **gefinancierd door onze leden** en zijn we volledig **advertentievrij en onafhankelijk**. We maken diepgravende, verbindende en optimistische verhalen die inzicht geven in hoe de wereld werkt. Zodat je niet alleen begrijpt wat er gebeurt, maar ook waarom het gebeurt.

Juist nu in tijden van toenemende onzekerheid en wantrouwen is er grote behoefte aan verhalen die voorbij de waan van de dag gaan. Verhalen die **verdieping, verbinding en optimisme** brengen. Verhalen niet gericht op het sensationele, maar op het fundamentele. Dankzij onze leden kunnen wij verhalen blijven maken voor zoveel mogelijk mensen. **Steun ons en doe mee!**

[Word lid >](#)[Al lid? Log in! >](#)

Meer lezen?

Goed nieuws: schone energie was nog nooit zó goedkoop (en de prijs blijft dalen)

Luisteraars! Een nieuwe aflevering van De Rudi & Freddie Show. We hebben het over de prijzen van groene energie, die veel sneller dalen dan zo'n beetje iedereen had voorzien. En dat geeft hoop voor de planeet.

Luister de podcast van Rutger Bregman en mij >

Zo geweldig kan Brusselse betutteling zijn

Waarom zou de Europese Unie zich bemoeien met banale dingen als stofzuigers, televisies, vaatwassers en autobanden? Welnu: omdat het werk van een handjevol Brusselse ambtenaren een hoeveelheid CO2 bespaart waar je u tegen zegt.

Lees mijn analyse >