

# Geen mirakels nodig?

JOHAN MALCORPS

Mark Z. Jacobson, *No Miracles Needed. How Today's Technology Can Save Our Climate and Clean Our Air*, Cambridge University Press, 2023, 454 pp.

Mark Jacobson is professor civiele techniek en milieu aan de Stanford Universiteit in Californië. Hij leidt er ook het *Atmosphere and Energy Program*. Hij brengt een ronduit positieve boodschap. Het klimaatprobleem, het probleem van de luchtvervuiling en van de energiebevoorrading kunnen samen op relatief korte tijd opgelost worden en dat kan perfect met bestaande technologieën. Tegen 2050 kunnen de samenleving en de economie draaien op 100% hernieuwbare energie. Of in de terminologie van Jacobson op basis van WWS-technologieën ('wind, water en solar'). We hebben geen 'mirakeltechnologieën' nodig zoals kernenergie, koolstofafvang (*carbon capture*) of zelfs bio-energie. We hoeven niet te wachten op speculatieve technologische ontwikkelingen of peperdure investeringen. We kunnen nu meteen aan de slag. Bovendien kan dit aan een lage kost en staan er ook geen economische barrières in de weg.

Hij bracht deze boodschap al samen met andere collega's van de universiteit van Stanford in artikels

in wetenschappelijke tijdschriften in 2009<sup>1</sup> en 2015<sup>2</sup>, maar kreeg daarbij ook veel tegenstand, onder meer in 2017 van Christopher Clack en twintig andere collega's in het tijdschrift *Proceedings of the National Academy of Sciences*<sup>3</sup>. Het kwam zelfs tot een rechtszaak, waarin Jacobson zijn gelijk fel verdedigde en erop aandrong bij het tijdschrift om dit artikel wegens onjuiste gegevens terug te trekken. Maar de procedure werd een jaar later stopgezet, omdat ze volgens Jacobson uitzichtloos zou zijn. Maar Jacobson kreeg ook veel steun en navolging. De milieubeweging ijverde samen met hem voor 100% *renewables* en verschillende bedrijven en overheden gingen bij hem te rade.

Het boek *No Miracles Needed* kan gezien worden als een uitgebreide apologie waarin Jacobson tot in de kleinste details uiteenzet hoe een economie en samenleving wel degelijk kunnen draaien op 100% opwekking en opslag van hernieuwbare energie. Tegelijk biedt het boek een boeiend historisch overzicht van de ontwikkeling van nieuwe technologieën,

zoals PV, windenergie, elektrische wagens, stroomnetwerken, warmtenetten, batterijen en dergelijke.

## WWS

Als Jacobson het heeft over WWS verwijst hij naar elektriciteit en warmte uit wind (*onshore* en *offshore* windturbines), water (waterkracht, getijden- en golfslagenergie, maar ook geothermie) en zonne-energie (fotovoltaïsche energie en *centralized solar power* (CSP)). Wat waterkracht betreft volstaan voor hem bestaande stuwdammen. Er moeten geen nieuwe grote dammen bijgebouwd worden.

De WWS-technologieën moeten het klimaat- en energieprobleem oplossen, maar ook het probleem van de luchtvervuiling, die elk jaar wereldwijd zeven miljoen mensen doodt en honderden miljoenen ziek maakt. De oorzaak van al die problemen is de verbranding van fossiele brandstoffen. Maar ook van biomassa.

De tijd om de samenhangende problemen van klimaat, luchtvervuiling en energietekorten op te lossen is kort. Tegen 2030 moeten we 80% van alle schadelijke emissies stoppen, tegen 2050 100%. Maar in feite zou dat al moeten (en kunnen) tegen 2035. Daarom juist moeten we focussen op bekende efficiënte oplossingen die al commercieel beschikbaar zijn. Nu geldt uitgeven aan 'minder nuttige' keuzes, is spelen met het klimaat, de energiebevoorrading en onze gezondheid. Klassieke energiecentrales maar ook kerncentrales zijn afhankelijk van fossiele brandstoffen of uranium die van ver aangevoerd moeten worden, tegen hoge milieu- en gezondheidskosten ontgonnen moeten worden en die op termijn uitgeput raken. WWS-energie-technologieën hebben als groot voordeel dat ze proper zijn en decentraal geproduceerd kunnen worden.

95 Procent van alle energie die nodig is in de vorm van elektriciteit of warmte voor welke toepassing ook, kan opgewekt worden door wind, water en zon. Alleen voor langeafstandsscheep- en luchtvaart is er nog een probleem. Voor langeafstandstransporten kunnen waterstofbrandcellen een oplossing bieden.

Zonne- en windenergie kunnen elk apart meerdere malen voldoen aan onze *totale* energiebehoefte.

Wereldwijd is het perfect haalbaar om maar liefst 1.300 terawatt zonne-energie op land via PV te produceren. Dat is 144 keer de totale energievraag voor alle mogelijke energietoepassingen vandaag. En daar is nog niet het potentieel aan drijvende zonnepanelen bijgerekend, dat zeker in dichtbevolkte kustgebieden de komende jaren fors kan toenemen. Voor windturbines gaat het om 253 terawatt (waarvan 72 terawatt op land). Ook dat volstaat ruimschoots om in alle noodzakelijke energie wereldwijd te voorzien.

Door wind- en zonne-energieparken samen te plannen en aan te leggen (*colocation*), kan de efficiëntie verhoogd worden, want beide energievormen zijn sterk complementair.

In 2021 zijn er al landen die hun elektriciteit voor bijna 100% uit hernieuwbare bronnen halen, zoals IJsland, Noorwegen en Costa Rica. Maar elektriciteit is slechts 20% van het totale energieverbruik. Tot nu toe draait nog geen enkel land op 100% hernieuwbare energie.

## De ruimere WWS-transitie

De transitie naar WWS-technologieën is ook een transitie naar globale elektrificatie. Elektriciteit is veel efficiënter dan fossiele brandstoffen. Een batterij-elektrische wagen is veel energie-efficiënter dan een wagen op fossiele brandstoffen, een warmtepomp veel energie-efficiënter dan een gasketel. De transitie van fossiele brandstoffen, bio- en nucleaire energie naar WWS-energie zorgt op zich voor een grote energiebesparing, door minder verlies van warmte, minder energie voor het opsporen, winnen en nadien vervoeren van grond- en brandstoffen.

Vervoer van groene stroom gebeurt het best via HVDC-lijnen (*high voltage direct current*). Die lijnen kunnen best ondergronds aangelegd worden. Dit is wel een pak duurder, maar vermijdt op lange termijn nog veel hogere kosten door verwoestende branden.

Een uitdaging voor de omschakeling naar 100% WWS is het verzekeren van de stabiliteit van het elektriciteitsnet. Door een slim prijzenbeleid kan de energievraag gestuurd worden, bijvoorbeeld van grote industriële verbruikers. Elektrische wagens

kunnen via een *vehicle-to-grid*-plan bijdragen aan de stabiliteit van het net. Daarvoor is zelfs maar een beperkt percentage van het aantal elektrische voertuigen nodig.

Energie die niet direct gebruikt kan worden, kan worden opgeslagen in de vorm van elektriciteit, warmte, koude of waterstof. Waterstof is een vorm van elektriciteitsopslag en is nodig voor vervoer over lange afstanden, de productie van staal, voor lokale netwerken (*microgrids*) voor stroom en warmte of voor de productie van ammoniak.

Belangrijke opslagopties voor elektriciteit zijn onder meer waterkrachtopslag met behulp van pompen (*pumped storage hydropower*, PSH), bestaande hydro-elektrische dammen, CSP gekoppeld aan thermische energieopslag, batterijen, vliegwielen, persluchtopslag en zwaartekrachtopslag met vaste massa's.

### De WWS-transitie en het grondstoffenprobleem

Ook voor een groene economie op basis van WWS-energie stelt zich een grondstoffenprobleem. Zo zijn zeldzame grondstoffen nodig voor zonnepanelen, windturbines, elektrische batterijen en brandstofcellen. Jacobson onderkent dit probleem, maar ziet ook oplossingen.

Zo zijn er alternatieven in ontwikkeling: bijvoorbeeld ijzernitride als alternatief voor het gebruik van neodymium in windturbines. Of ijzer-lucht-batterijen als alternatief voor lithium-ion-batterijen.

Er is nood aan een circulaire economie met meer recyclage van kostbare grondstoffen. Dat gebeurt bijvoorbeeld al bij het recyclen van platina voor waterstof-brandstofcellen. Of bij het recyclen van lithiumbatterijen. Maar nieuwe lithiummijnen zullen nodig zijn. Die mogen niet zorgen voor milieuschade. Door de inzet van WWS kunnen ook mijnen schoner worden.

Voor de zuivering van silicium (gebruikt in semi-conductoren in fotovoltaïsche cellen, maar ook in computers en micro-elektronica) bestaan er ook al alternatieve productiemethoden die geen CO<sub>2</sub> uitstoten.

### WWS zorgt voor lagere facturen

Door de massale inzet van energie uit wind, water en zon kan de jaarlijkse energiefactuur van de consumenten op termijn met meer dan de helft dalen. De totale sociaaleconomische kost van een WWS-systeem is minder dan 10% van de kost van een systeem op fossiele brandstoffen. Een wereldwijde transitie naar 100% WWS zal tegen 2050 ook zorgen voor het jaarlijks vermijden van 33,6 biljoen (!) dollar aan gezondheidskosten en 31,8 biljoen (!) dollar aan klimaatschade.

Door de transitie naar WWS zullen er jobs verloren gaan in de sector van de fossiele brandstoffen, maar er zullen veel meer nieuwe jobs bijkomen. Netto zou het wereldwijd om een winst gaan van meer dan 28 miljoen jobs.

Door de omschakeling naar WWS kunnen belangrijke kosten ten gevolge van *stranded assets* van fossiele brandstoffen vermeden worden. In die zin is het ook economisch zinvol om een fossiele-energiecentrale al te vervangen voor het einde van de beoogde levensduur.

### WWS-oplossingen voor transport

In het verkeer kunnen alle voertuigen die nu rijden op fossiele brandstoffen (benzine, diesel, gas) vervangen worden door elektrische voertuigen. Overheden moeten het goede voorbeeld geven. Voor vrachtvervoer over lange afstanden, schepen en luchtvaart biedt waterstof een oplossing. Nieuwe zware vrachtwagens zouden tegen 2030 uitgerust moeten zijn met een elektrische batterij of een waterstof-brandstofcel. Tegen dan zouden ook alle nieuwe bussen elektrisch moeten rijden en alle treinen elektrisch of op waterstof. Lichtere schepen en vliegtuigen kunnen elektrisch aangedreven worden, zwaardere schepen en langafstandsvluchten zullen beroep moeten doen op waterstof-brandstofcellen.

### WWS voor gebouwen

Voor gebouwenverwarming pleit Jacobson voor de massale inzet van warmtepompen want die zijn efficiënter dan gasketels. Hij pleit ook voor de aanleg van stadsverwarming en warmtenetten. Deze netten worden ook steeds efficiënter: hij

beschrijft de evolutie van de eerste tot en met de vierde generatie van warmtenetten. Deze nieuwe netten kunnen overigens ook gebruikt worden om te koelen. Na een WWS-transitie zullen warmtenetten niet meer draaien op fossiele energie of restwarmte, maar op elektrische warmtepompen, zonnewarmte en geothermie. Aan de universiteit van Stanford werd een *district heating and cooling system* ontworpen dat enkel aangedreven wordt door PV. Naast de inzet van WWS-technologieën zal ook geïnvesteerd moeten worden in energie-efficiëntie en energiebesparing. Er is nood aan sterk beleid, bijvoorbeeld door gemeenten om mensen te helpen om hun woning te renoveren.

De toekomst is aan *all-electric homes*, waarbij alle stroom uiteraard groene stroom is.

### WWS en de industrie

Voor industriële processen zoals de productie van staal zijn hoge temperaturen nodig. Klassiek worden daar kolen voor gebruikt, maar ook deze processen kunnen vergroend worden door inzet van groene elektriciteit en waterstof. De overheid dient gepaste stimuli te voorzien voor de bedrijven. Klassieke kolengestookte hoogovens kunnen vervangen worden door een op waterstof werkende *Direct Reduced Iron*-installatie (DRI, directgereduceerd ijzer) en door elektrische vlamboogovens (*Electric Arc Furnace*). Als de elektrische oven ook nog op groene stroom werkt, kan staal koolstofvrij geproduceerd worden en verkrijg je 'groen' staal of staal dat bijna koolstofvrij geproduceerd is. Ook andere nieuwe hoogoventechnieken zijn voorhanden: inductie hoogovens, weerstandsovens, diëlektrische verwarmers, *e-beam heaters* (*electron beam heaters*) en stoom geproduceerd door industriële warmtepompen of CSP.

De uitstoot van CO<sub>2</sub> per ton staal via de juiste inzet van WWS-technologie kan volgens Jacobson dan gereduceerd worden van 1.870 kilogram per ton geproduceerd staal tot 53 kilogram: een vermindering met 97,2%.

Voor de productie van beton kunnen de proces- en energie-emissies op vier manieren teruggebracht worden. Door geopolymeerbeton te gebruiken in plaats van beton op basis van het traditionele

portlandcement wordt 80% minder CO<sub>2</sub> uitgestoten. Door het gebruik van het materiaal *ferrock* als cementmengsel, worden ook veel emissies vermeden, wordt CO<sub>2</sub> opgeslagen in het beton en wordt waterstof geproduceerd. Beton kan gerecycled worden en ten slotte zijn er verschillende methoden om CO<sub>2</sub> te sequestreren (op te slaan) in het geproduceerde beton.

### Wat niet werkt: gascentrales als overgangstechnologie

De VS hebben zich de voorbije jaren opgeworpen als belangrijke gasproducent, onder meer door op grote schaal te kiezen voor nieuwe gaswinning door *fracking*. Dikwijls wordt ook gepleit voor nieuwe gascentrales om piekverbruiken of tijdelijke tekorten op te vangen. Maar daarvoor zijn andere technieken beter geschikt dan gascentrales. Jacobson neemt een heel duidelijk standpunt in: voor hem is aardgas geen geschikte technologie, ook niet om de overbrugging te maken naar hernieuwbare energie. Voor aardgas is er geen plaats in zijn WWS-wereld.

Aardgas winnen zorgt voor methaanlekken. Dat probleem is nog veel groter bij het cracken om schaliegas te winnen. In Noord-Amerika worden elk jaar 50.000 nieuwe gasbronnen aangeboord om aan de gasbehoefte te voldoen. Wereldwijd zijn er zo een 29 miljoen verlaten gasbronnen en tweederde daarvan blijft methaan en andere koolwaterstoffen lekken. Methaan is een bijzonder agressief broeikasgas. De impact ervan op het klimaatprobleem wordt sterk onderschat. In het algemeen komt er bij het winnen, het transport en het verwerken van aardgas veel meer methaan vrij dan bijvoorbeeld bij steenkoolontginning. Als je kijkt naar de emissies over een hele levenscyclus van twintig jaar, zorgt de elektriciteitsproductie door een gasturbine met gecombineerde of met open cyclus, tot 2,8 keer meer klimaatopwarming dan een kolencentrale. Het is zelfs zo dat de uitstoot van stikstof- en zwaveldioxide door kolencentrales een verkoelend effect heeft, waardoor op korte termijn hun bijdrage aan de klimaatopwarming gecompenseerd wordt. Maar als we naar de gezondheidseffecten kijken, zorgt de uitstoot van kolencentrales in de VS elk jaar voor 20.000 tot 50.000 doden door luchtvervuiling. Bij

gascentrales wordt dit aantal geraamd op 5.000 tot 10.000 doden per jaar.

Kolencentrales zijn geen oplossing, maar ook gascentrales niet.

### Wat ook niet werkt: CCS

Om het probleem van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door kolen- of gascentrales aan te pakken, worden technieken voor de opvang en opslag van CO<sub>2</sub> (*carbon capture and storage* of CCS) dikwijls als wonderoplossing voorgesteld. Ook hier gelooft Jacobson niet in. Hij wijst erop dat in de praktijk CCS vooral gebruikt wordt voor een meer efficiënte winning van aardolie (*enhanced oil recovery*). Dan wordt afgevangen CO<sub>2</sub> geïnjecteerd in oliebronnen om extra olie te kunnen oppompen. Dat zou zorgen voor twee bijkomende vaten olie voor elke ton geïnjecteerde CO<sub>2</sub>.

Met CCS wordt ook enkel CO<sub>2</sub> opgevangen, andere pollutanten (zoals methaan of fijnstof) komen nog steeds in de lucht terecht. CCS verbruikt ook veel energie en die energie komt meestal van fossiele brandstoffen. CCS is ook duur. Net als CCU (*carbon capture and utilization*), het afvangen en hergebruiken van CO<sub>2</sub>. De laatste tijd wordt dikwijls groene energie ingezet voor CCS of CCU, maar die groene energie zou natuurlijk veel nuttiger ingezet kunnen worden voor andere toepassingen.

Als we de vergelijking maken van elektriciteitsproductie door centrales op fossiele brandstoffen met CCS en elektriciteitsproductie door bijvoorbeeld *onshore wind*, dan blijkt dat kolencentrales met CCS 33 tot 211 keer meer CO<sub>2</sub>-equivalenten uitstoten dan windturbines en gascentrales met CCS 27 tot 100 keer zoveel.

Logischerwijze loopt Jacobson dan ook niet warm voor de productie van blauwe waterstof (waterstof geproduceerd op basis van gas, met koolstofafvang).

Voor Jacobson is het besluit zonneklaar: de beste keuze is fossiele brandstoffen onmiddellijk te vervangen door energie op basis van wind, water en zon. Koolstofafvang is een zinloze omweg.

### Wat ook niet werkt: verbranden van biomassa

De verbranding van biomassa (vooral houtvuren voor het koken in ontwikkelingslanden) is verantwoordelijk voor 17% van de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen en voor veel schadelijk fijnstof. Jacobson doorpikt de mythe dat bijvoorbeeld bio-brandstoffen klimaatneutraal zijn. Ook al wordt door de heraan groei van planten CO<sub>2</sub> uit de lucht gehaald, door het verbranden van de biodiesel of bio-ethanol komt er altijd weer evenveel CO<sub>2</sub> in het milieu terecht. Zeker als *biofuels* geproduceerd worden met inzet van fossiele brandstoffen. En de tijdsintervallen zijn ook van belang. Het duurt tachtig jaar voor een afgebrand bos, teruggegroeid is. Het verbranden van biomassa zorgt dus altijd netto voor meer opwarming. En zelfs als je het opstoken van biomassa als 'hernieuwbare energie' benoemt, kan je zeker niet stellen dat het om 'schone energie' gaat. Het rijden op biobrandstoffen zorgt net als het rijden op fossiele brandstoffen voor luchtvervuiling en gezondheidsschade. En ook voor biomassacentrales is de vergelijking met kolen ontluisterend: verbranding van biomassa is dikwijls minder efficiënt en meer vervuilend dan het verbranden van kolen.

Grote oppervlakten van vruchtbaar land en kostbaar water reserveren voor het telen van energiegewassen is geen goed idee, zeker als het gaat om gronden en watervoorraden die nodig zijn voor voedselproductie in regio's met veel voedselonzekerheid. Jacobson maakt ook komaf met de mythe van BECCS/U, biomassacentrales met koolstofafvang die zogezegd zouden zorgen voor negatieve CO<sub>2</sub>-emissies. Ook hier ligt de kost veel te hoog.

### Waarom kernenergie geen oplossing is

Wat kernenergie betreft legt Jacobson sterk de nadruk op het gevaar van nucleaire proliferatie. Verrijkt uranium kan zowel ingezet worden voor kernenergie als voor de aanmaak van kernwapens. Kweekreactoren kunnen geoptimaliseerd worden om plutonium-239 te produceren voor gebruik in kernwapens. Ook bij thoriumreactoren bestaat het risico op proliferatie. Maar vooral bij SMR's (*small modular reactors*) die kleiner zijn en eventueel ook mobiel, bestaat het gevaar dat veel landen die nu nog niet over

kernenergiefaciliteiten beschikken, de mogelijkheid krijgen om kernwapens te gaan produceren.

Jacobson gelooft ook om andere reden niet in SMR's: ook bij deze kleinere centrales bestaat er een belangrijk risico op een meltdown. De SMR's zijn duur. Dat is overigens de reden waarom ontwikkelaars ooit kozen voor grotere centrales. SMR's zouden ook pas commercieel beschikbaar zijn vanaf 2030. Ze komen dus te laat. Kernfusie blijft al heel lang in de ontwikkelingsfase steken en zou in het allerbeste geval pas binnen dertig jaar beschikbaar zijn. Ook voor klassieke kerncentrales bedraagt de tijdspanne tussen planning en inwerkingtreding wereldwijd tussen de tien en negentien jaar. Gezien we voor de oplossing van het klimaatprobleem op korte termijn technologische oplossingen nodig hebben, komen nieuwe nucleaire projecten, laat staan nieuwe nucleaire technologieën in feite niet in aanmerking.

Ook voorstellen om de levensduur van bestaande kerncentrales te verlengen zullen in toenemende mate op veiligheidsbeperkingen stoten. De normale levensduur is veertig jaar.

Een groot probleem voor alle kerncentrales, ook voor de kleinere, zijn de uraniummijnen: ook deze voorraden zijn beperkt (toegankelijk): Kazachstan, Canada, Australië, Namibië, Oezbekistan, Niger en Rusland beschikken over de grootste uraniumvoorraden. Het ontginnen van uranium veroorzaakt ook veel milieuvervuiling. Bij open mijnen is er een groot probleem van landdegradatie. In ondergrondse mijnen zijn er grote gezondheidsrisico's (longziekten, kanker).

Ten slotte: kerncentrales worden ten onrechte gelijkgesteld met windturbines en zonnepanelen als koolstofneutrale technologie. Nucleaire elektriciteitsproductie gaat gepaard met een uitstoot van 78 tot 178 gram CO<sub>2</sub>-equivalent. Dat is 9 tot 37 keer meer dan de emissies van een windturbine op land.

Kernenergie wordt ook gewoon uit de markt geprijsd. Nieuwe kernenergie is per eenheid elektriciteit bijna vijf keer duurder dan wind- of zonne-energie.

Of samengevat: een nieuwe kerncentrale kost vijf keer zoveel als een nieuw windturbinepark op land, vraagt vijf tot zeventien jaar langer om gebouwd te worden en stoot 9 tot 37 keer meer CO<sub>2</sub> uit.

Als alle stroom wereldwijd geproduceerd moet worden door kernenergie, zouden 12.500 850-megawatt kernreactoren nodig zijn (31 keer het aantal actieve reactoren vandaag) of dan moet er de komende 34 jaar elke dag een reactor extra geïnstalleerd worden. Dit is compleet onrealistisch en geeft aan hoe groot het proliferatierisico zou oplopen.

### **Waarom ook geo-engineering geen oplossing is**

Ten slotte zet Jacobson ook nog een aantal klassieke argumenten op een rij tegen de inzet van *geo-engineering*-technologieën, zoals bijvoorbeeld het bemesten van zeeën met deeltjes ijzervijlsel, de injectie van aerosolen zoals zwavel in de stratosfeer of het weren van zonnestraling met ruimteschilden. Deze technologieën zijn nog niet rijp, kosten stukken van mensen en dreigen de problemen juist te verergeren, zeker als individuele bedrijven of landen soloslim met deze technologieën gaan experimenteren. Juist dit type van technologieën beschouwt Jacobson als mirakeltechnologieën. Juist op dit soort technologieën mogen we niet wachten of vertrouwen. Juist omdat er voldoende betrouwbare nu al werkende technologieën voorhanden zijn.

Ook CO<sub>2</sub> rechtstreeks uit de lucht halen (*synthetic direct air carbon capture and storage* of SDACCS) is geen oplossing. Tenzij in natuurlijke vorm: bomen die CO<sub>2</sub> uit de lucht halen (*natural direct air CCS*). En natuurlijk het tegengaan van ontbossing. Zelfs als SDACCU aangedreven wordt door hernieuwbare energie, zal het voor minder reductie van CO<sub>2</sub> zorgen dan als deze hernieuwbare energie rechtstreeks gebruikt zou worden om kolen- of gascentrales te vervangen.

Een extra probleem is dat de inzet van *geo-engineering*-technologieën in feite onomkeerbaar is: het stopzetten van kunstmatige ingrepen zou het klimaatprobleem plots op korte termijn totaal kunnen doen ontsporen.

Jacobson besluit dat geo-engineering-technologieën, met uitzondering van CO<sub>2</sub>-opvang door bomen, geen plaats hebben in zijn WWS-wereld.

### WW-roadmaps en campagnes

Alle technologieën om de transitie te maken, bestaan al. Het is dus zaak hiervoor te kiezen en ons niet te laten afleiden door technologieën die nog te weinig bewezen hebben. Bedrijven en overheden moeten aangezet worden om stappenplannen op te maken, waarin ze aangeven welke concrete stappen ze zetten en binnen welke tijdspanne om over te schakelen op 100% energie uit wind, water en zon.

Jacobson is naast wetenschapper ook activist. Hij startte de beweging voor 100% WWS<sup>4</sup> en *The Solutions Project*<sup>5</sup>. Samen met de milieuvereniging Sierra Club ijverde hij ervoor dat binnen de drie jaar 100 gemeenten zouden tekenen voor 100% WWS. Volgens de website van Sierra Club zouden 180 gemeenten in de VS dit al gedaan hebben en lopen er 60 actieve campagnes<sup>6</sup>. Met de campagne Re100<sup>7</sup> van The Climate Group en het *Carbon Disclosure Project* tracht hij bedrijven te overtuigen van een 100% hernieuwbare energiestrategie. Hij pakt ermee uit dat een bedrijf als Google besliste om over te schakelen op 100% hernieuwbare energie. En dat de gouverneur van de staat New York fracking bande omdat hij WWS als alternatief zag.

### Tot besluit

De WWS-strategie van Mark Jacobson is bijzonder overtuigend, juist omdat hij tot in de kleinste technische details beschrijft hoe 100% productie en opslag van hernieuwbare energie werkelijkheid kan worden. Hij durft daarvoor ook maatschappelijk het debat aan te gaan, van zich af te bijten en acties te ondernemen. Maar de focus op technologische oplossingen is tegelijk ook de zwakte van zijn verhaal. Hoewel hij op het eind van zijn boek ook aangeeft dat een sterk politiek beleid nodig is (bijvoorbeeld om ook een CO<sub>2</sub>-taks in te voeren), krijg je toch de indruk dat hij veel, zo niet alles verwacht van zijn WWS-technieken. De kritiek die hij krijgt dat zijn timing voor de uitrol van WWS wel heel erg optimistisch is, is begrijpelijk. Want in de loop van zijn relaas is hij zo eerlijk om nog bestaande knelpunten aan te geven, met dan wel

telkens mogelijke oplossingen. Maar daarbij blijkt in feite dat nog niet voor 95% van alle toepassingen kant-en-klare WWS-oplossingen klaar staan.

Een soortgelijke oefening van Britse wetenschappers<sup>8</sup> om te beschrijven hoe zonder zogenaamde 'doorbraaktechnologieën' — dus enkel met bestaande technologieën — een 'absoluut zero'-klimaatdoel bereikt kan worden in 2050 (dus een beleid zonder compensaties van CO<sub>2</sub>-uitstoot), is veel minder optimistisch. Hun aanbevelingen voor de komende dertig jaar zijn, naast het stopzetten van de ontginning van fossiele brandstoffen, de vermindering van de productie van staal en cement, 40% minder wagens, beperkingen van lucht- en scheepvaart, afbouw van de consumptie van runds- en lamsvlees,... Pas vanaf 2050 zouden nieuwe technologieën (zoals CCS) soelaas kunnen bieden en een versoepeling van deze rigoureuze maatregelen mogelijk maken. Daarmee kiezen ze niet voor *degrowth*, wel voor een radicaal realistisch programma om de zero-uitstoot klimaatdoelstelling echt te halen met reëel bestaande technologie.

Hopelijk heeft Mark Jacobson gelijk en kunnen we op basis van al mature technologieën toch snel de sprong naar klimaatneutraal en 100% hernieuwbaar maken. Maar de klok tikt...

### Noten

1. <https://www.scientificamerican.com/article/a-path-to-sustainable-energy-by-2030/>
2. <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/USStatesWWS.pdf>
3. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1610381114>
4. <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/WWSBook/WWSBook.html>
5. <https://thesolutionsproject.org/>
6. <https://www.sierraclub.org/ready-for-100>
7. <https://www.there100.org/>
8. UK FIRES, Absolute Zero. Delivering the UK's climate change commitment with incremental changes to today's technologies, University of Cambridge, 2019.