Een paar weken geleden nam ik deel aan een congres van geochronologen, dat zijn wetenschappers die de geschiedenis van de aarde bestuderen en dateren. De planeet aarde is 4.5 miljard jaar oud en de meeste geochronologen zijn gewend om op tijdschalen van miljoenen tot miljarden jaren te denken. Ik hoorde één van hen verwijzen naar een periode van tien miljoen jaar als *hoge frequentie*, niet meer dan een stipje, een bliepje in de tijd. Tien miljoen jaar, dat zijn honderdduizend eeuwen. Zo'n bliepje in de tijd omvat onze hele menselijke geschiedenis. Het oudste fossiel van een mensachtige, een stukje van een schedel gevonden in het hedendaagse Tsjaad in 2001 en bijgenaamd Toumaï, is zo'n 7 miljoen jaar oud.

Misschien was het dus niet verwonderlijk dat de gesprekken op dat congres minder zwaarmoedig waren dan tijdens de andere congressen waar ik af en toe aan deelneem, die onder klimaat- en ecosysteemwetenschappers. Wat betekenen de klimaatcrisis en biodiversiteitsverlies als je de geschiedenis van massa-uitstervingen bestudeert? Massa-uitstervingen zoals *The Great Dying* 250 miljoen jaar geleden, waarbij de temperatuur op aarde met zo'n 10 graden Celsius steeg, waarbij 90% van het leven op aarde verdween, en waarna de biodiversiteit op aarde zo'n tien miljoen jaar -een bliepje - nodig had om te bekomen. *This too shall pass*, denk je dan misschien. Voor het aardsysteem tenminste, dat heeft al wel voor grotere uitdagingen gestaan. *Just another Great Dying*, denk je dan misschien. Maar deze keer dan aan een razendsnel tempo en eentje met mensen, met jezelf en met je nageslacht.

Want laat ons een kat een kat noemen. In 2025 bedroeg de concentratie aan koolstofdioxide of CO_2 in onze atmosfeer vierhonderdvijfentwintig deeltjes per miljoen deeltjes lucht (meestal aangeduid als ppm, *parts per million*). Om zo'n hoge CO_2-concentratie terug te vinden, moeten we minstens drie miljoen jaar teruggaan in de tijd. Zeker over de voorbije tienduizend jaar, de periode waarin onze menselijke samenleving in een stroomversnelling is geraakt, hebben we nooit zo'n hoge CO_2-concentraties, noch de klimaatverstoringen die ermee gepaard gaan, gekend. In tegendeel, ons klimaat over de voorbije tienduizend jaar - de periode waarin we het gros van onze landbouw, onze technologie, onze infrastructuur, onze wetenschap, en onze kunst hebben ontwikkeld - was bijzonder stabiel. Nu hebben we beslist om een einde te maken aan die klimaatstabiliteit.

Daar stond ik dan, op dat geochronologencongres, met mijn jaarrringen. Met mijn aardse geschiedenis van niet meer dan twaalfduizend jaar, een bliepje binnen een bliepje. Met mijn bomen en mijn hout waarvan we het exacte jaartal waarin elke ring gevormd werd, kunnen dateren. Met mijn jaarringen, waarvan we de dikte kunnen vergelijken met échte klimaatgegevens, met temperaturen gemeten door thermometers en met

regenhoeveelheden gemeten door pluviometers, en zo het klimaat kunnen reconstrueren over de levensduur van de bomen, van het hout. En omdat we op elke jaarring, en dus ook op elke gereconstrueerde temperatuur of droogte, een exact jaartal kunnen kleven, kunnen we die klimaatreconstructies vergelijken met historische documenten en bestuderen hoe het klimaat onze menselijke geschiedenis beïnvloed heeft, onze oogsten en onze epidemieën, ons vallen en ons opstaan. Oh, wat wij allemaal kunnen met jaarringen, de dendrochronologie, ze staat voor niks. Voor niks, behalve de tijd zelf dan misschien.

Voorlopig gaat de langste continue jaarringreeks 'slechts' zo'n 12.500 jaar terug in de tijd, met voor elk jaar een exact gedateerde ring. Deze jaarringtijdreeks is samengesteld uit jaarringen gemeten op Duits eiken- en dennenhout afkomstig van levende bomen, dode bomen, historisch en archeologisch hout en subfossiel hout dat duizenden jaren lang bewaard is gebleven in moerassen en rivierbeddingen.

In vergelijking met de honderdduizenden jaren aan geschiedenis die we uit ijsboringen in Antarctica kunnen aflezen of de miljoenen jaren uit meer- en oceaan-sedimenten, is die 12.500 jaar natuurlijk een korte periode. Maar het is wel een belangrijke periode, want ze omspant het hele Holoceen, het meest recente geologische tijdperk dat zo'n 11.700 jaar geleden van start ging. Hoewel de menselijke evolutie al zeker zo'n zeven miljoen jaren aan de gang is, is ze pas echt in een stroomversnelling gekomen, met exponentieel stijgende bevolkingsaantallen en met zich alsmaar verder ontwikkelende beschavingen, tijdens het Holoceen. En dat is geen toeval.

Het Holoceen is het relatief warme tijdperk waarin we terecht zijn gekomen nadat we uit de laatste ijstijd zijn opgeklommen. Tijdens de piek van die laatste ijstijd, zo'n 21.000 jaar geleden, was de gemiddelde temperatuur op aarde meer dan vijf graden kouder dan vandaag en waren grote delen van Europa, Noord-Amerika en Azië bedekt door kilometer dikke ijskappen. In de eeuwen na die ijstijdpiek zijn de temperaturen op aarde beginnen stijgen en zijn de ijskappen zich beginnen terugtrekken. Sinds het begin van het Holoceen bevinden we ons in een aangenaam warm klimaat en vooral een opvallend stabiel klimaat.

Je zou het stabiele klimaat van het Holoceen ook een 'goudlokje' klimaat kunnen noemen, naar het gelijknamige sprookje: niet te warm en niet te koud, niet te nat en niet te droog, niet te veel ijs en niet te weinig. Een 'juist gepast' stabiel klimaat, waarin de gemiddelde temperatuur op aarde met niet meer dan 1 of 2 graden schommelt, waarin de seizoenen en de wereldwijde windpatronen betrouwbaar zijn en waarin de regenvalpatronen voorspelbaar zijn. Waarin de ligging en functie van ecosystemen, van regenwouden en woestijnen, van gematigde loofbossen en Arctische toendra, ongewijzigd is gebleven. Kortom, een klimaat en een omgeving waarin het goed vertoeven is.

Het is dus geen toeval dat het gros van de menselijke geschiedenis zoals wij die kennen, zich afspeelt in het unieke klimaat van het Holoceen. Dankzij de optimale en stabiele klimaat- en biotoop-omstandigheden waren we tienduizend jaar geleden in staat om langzaam maar zeker ons bestaan als jagers en verzamelaars op te geven om aan landbouw te doen en nederzettingen te bouwen.

Sommige van die eerste nederzettingen, met name de paalwoningen die de Neolithische mens bouwde in of aan de rand van meren, kunnen we nu precies dateren aan de hand van jaarringanalyse. Zo hebben een team van dendrochronologen van de Universiteit van Bern recent ontdekt dat een Neolithische nederzetting aan het Kastoria-meer in het noorden van Griekenland in fases gebouwd werd over een kleine 200 jaar tijd tussen 5328 BCE en 5140 BCE. Dat is meer dan 7000 jaar geleden, aan het begin van de periode waarin landbouw en het bouwen nederzettingen zich vanuit de Balkan heel Europa veroverde. De rest is geschiedenis. De houten palen van de nederzetting zijn al die tijd zo goed bewaard gebleven in de anaerobe omstandigheden van het Kastoria meer, dat we niet alleen het exacte jaartal kennen waarin de bomen destijds gekapt werden, maar zelfs dat dat in de wintermaanden gebeurde.

De bestaanszekerheid die landbouw ons bracht, liet ons wereldwijd toe om nederzettingen en later steden te bouwen, om technologie te ontwikkelen en infrastructuur en wetenschap en taal en kunst. Kortom, het stabiele, voorspelbare klimaat van het Holoceen maakte het mogelijk voor ons om beschavingen te ontwikkelen en te organiseren, om een wereldwijde Neolithische Revolutie in gang te zetten. Daardoor kon de wereldbevolking stijgen van vijf à tien miljoen miljoen aan het begin van het Holoceen tot de meer dan acht miljard mensen die we nu tellen.

Natuurlijk is de klimaatstabiliteit tijdens het Holoceen relatief. Natuurlijk betekent het niet dat het klimaat constant en overal een perfect goudlokje was. Zo was er nog niet zo lang geleden een ‘kleine ijstijd’, van ca. 1500 tot 1850. Door een samenloop van veel vulkaanuitbarstingen en een luwte in de hoeveelheid energie die de zon naar de aarde stuurde, daalde de temperatuur op aarde met zo’n halve graad Celsius. Dat was voldoende om gletsjers in de Alpen te doen oprukken, om de Vikingen uit Groenland te verdrijven, en om winterkermissen te houden op de bevroren Theems in Londen. Omgekeerd beïnvloedden ook warme en droge periodes onze beschavingen, zoals de decennia aan zwakke moessonregens in Zuidoost-Azië die in de vijftiende eeuw bijdroegen tot de desintegratie van het Khmer-Rijk en de val van zijn hoofdstad Angkor. Op gelijkaardige wijze droeg een vijfentwintig-jaar lange droogte in Midden-Amerika in de tiende eeuw bij aan de ontbinding van het Maya Keizerrijk, dat bijna duizend jaar lang één van de meest ontwikkelde samenlevingen ter wereld was geweest.

Maar zelfs al hadden deze klimaatschommelingen een verregaande invloed op onze beschavingen, toch waren ze minimaal in vergelijking de schommelingen van een verder verleden. In vergelijking met de ‘echte’ ijstijden van de voorbije miljoen jaar, in vergelijking met de Chicxulub meteoorinslag 66 miljoen jaar geleden die de dinosauriërs van de wereldkaart veegde, in vergelijking met *The Great Dying* 250 miljoen jaar geleden.

Meer nog, omdat de hele ontwikkeling van onze beschavingen gestoeld is op de klimaatstabiliteit tijdens het Holoceen, zijn we die als normaal, als vanzelfsprekend gaan beschouwen. Hebben we onze landbouw, ons landgebruik, onze infrastructuur, en onze technologie ingericht naar dat klimaatnormaal zoals we dat al tienduizend jaar kennen. In die mate ingericht dat zelfs kleine schommelingen in dat klimaatnormaal verregaande maatschappelijke gevolgen kunnen hebben, zoals bij de Khmer of de Maya keizerrijken.

Dat maakt natuurlijk dat we in de problemen komen eens we ons buiten dat klimaatnormaal begeven. En laat dat nu net de situatie zijn waarin we ons bevinden in 2025. Waar de geochronologen onder ons nog discussiëren over wanneer juist het antropoceen begonnen is en hoe we dat begin definiëren, is het voor de rest van ons al lang duidelijk dat we met een rotvaart uit het holoceen getuimeld zijn en in het antropoceen, het meest recente geologische tijdperk waarin de menselijke impact domineert. Klimaatgewijs betekent dit dat we tegen het einde van de eeuw aankijken tegen een globaal gemiddelde opwarming van zo’n 2.7 graden Celsius, en tegen de zeespiegelstijging en klimaatextremen, de droogtes en overstromingen, de orkanen en bosbranden, die die opwarming met zich meebrengt.

Over de meer dan tienduizend jaar van het Holoceen, hebben we niet alleen landbouw en nederzettingen en infrastructuur ontwikkeld, maar ook wetenschap en voortschrijdend wetenschappelijk inzicht. De eerste notie van ijstijden, bijvoorbeeld, kwam in het begin van de negentiende eeuw, toen wetenschappers in ingekerfde gesteentes en onregelmatige rotsblokken bewijs vonden dat grote delen van Europa in een ver verleden onder een ijskap bedekt hadden gelegen. Sindsdien hebben we geleerd dat ijstijden om de honderdduizend jaar voorkomen, dat ze gerelateerd zijn aan de baan en de positie van de aarde rond en tegenover de zon, en dat we binnen een tienduizendtal jaren weer een ijstijd zouden mogen verwachten, ware het niet voor onze antropogene opwarming.

Omdat we tegenwoordig kilometers diep in een miljoen-jaar oud Antarctisch ijs kunnen boren en omdat we de luchtbellen kunnen analyseren die al die tijd bewaard zijn gebleven in dat Antarctisch ijs, weten we ook dat over de voorbije miljoen jaar de hoeveelheid CO2 in de atmosfeer schommelde tussen de tweehonderd en de tweehonderdtachtig ppm. Waar staan we vandaag, na bijna twee eeuwen aan industriële vooruitgang en de CO2-uitstoot die daarmee gepaard ging? Aan vierhonderdvijfentwintig ppm. Vierhonderdvijfentwintig *going on* vijfhonderd. Als we blijven CO2 uitstoten aan het tempo waarmee we dat de voorbije

decennia hebben gedaan, dan zitten we binnen de dertig à vijftig jaar aan de vijfhonderd ppm. Dertig à vijftig jaar, dat is nog binnen de levensloop van de meesten onder ons. Vijfhonderd ppm, daarentegen, daarvoor moet je minstens vijftien miljoen jaar teruggaan in de tijd. Dat heeft de hele menselijke lijn, sinds haar prilste begin, nog niet meegemaakt, laat staan de menselijke beschavingen van de voorbije tienduizend jaar.

Dus hier staan we dan, met onze kennis, onze landbouw, onze technologie, onze infrastructuur, allemaal geschoeid op een leest die we al lang achter ons gelaten hebben, die aan een recordtempo aan het veranderen is. We ervaren nu al die veranderingen, die stress op onze stramme en ontoereikende systemen en we hebben geen andere keuze dan te reageren, dan de uitdaging aan te gaan, dan ons aan te passen. Dat gaat ons natuurlijk energie kosten, en geld, en tijd, maar we laten onszelf geen andere keuze. Die noodzakelijke aanpassing wordt verder bemoeilijkt door twee belangrijke factoren die in ons nadeel spelen.

De eerste factor is de snelheid waarmee de veranderingen in ons klimaat en onze leefomgeving zich voordoen en die het aartsmoeilijk maakt om tijdig te reageren. Het is waar dat noch de hoeveelheid CO2 in de atmosfeer, noch de temperatuur op aarde constant zijn gebleven over de geschiedenis van de aarde, denk maar aan de schommelingen tijdens de ijstijden. Maar in vergelijking met de tijdspannes waarover die vroegere schommelingen zich afspeelden, over tienduizenden tot miljoenen jaren, is onze huidige klimaatverandering quasi-ogenblikkelijk. Zoals de Amerikaanse paleoklimatoloog Richard Alley het zo goed uitdrukt: vroeger veranderde het klimaat zoals een draaiknop, een dimmer. Onze huidige klimaatverandering is als een lichtschakelaar. En die hebben we net aangeknipt.

Ten tweede pakt het hoge tempo van de veranderingen ons niet alleen op aanpassing, maar ook op wetenschap. Met voortschrijdend inzicht geraken we er niet, nu we ons op onontgonnen terrein begeven. Om te weten welke verschuivingen in neerslag- en windpatronen ons te wachten staan, welke kantelpunten op ons afkomen, of de golfstroom gaat stilvallen en zo ja, wanneer, of het Amazonewoud gaat standhouden en de ijskap op Groenland. Kortom, om te weten waaraan precies we ons zullen moeten aanpassen, daarvoor hebben we voortvliegend, geen voortschrijdend, inzicht nodig. Maar zo werkt het wetenschappelijk proces jammer genoeg niet, zelfs niet in tijden van AI.

Het ironische – of misschien beter gezegd het cynische – is dat we na millennia aan sleutelen aan onze beschaving en na eeuwen aan wetenschappelijke vooruitgang, op een punt gekomen zijn waarop we genoeg inzicht opgebouwd hebben om te verstaan wat er gaande is, om te verstaan wat de oorzaak ervan is, en om te weten wat we eraan kunnen en moeten doen. We weten dat ons klimaat wereldwijd aan het opwarmen is en we weten dat dit klimaatextremen met zich meebrengt waar onze maatschappij in mindere of meerder mate

niet op is voorbereid. We weten dat die opwarming veroorzaakt wordt door onze CO2 uitstoot als gevolg van onze verbranding van fossiele brandstoffen en onze ontbossing. We weten dat onze CO2 situatie nu al ongekend is over minstens de voorbije achthonderdduizend jaar en we weten dat zolang wij blijven CO2 uitstoten, de aarde verder zal blijven opwarmen.

We weten hoe we onze CO2 uitstoot kunnen terugdringen. In een notendop: 1. Ons energieverbruik verminderen; 2. Alles wat we kunnen elektrificeren, elektrificeren; en 3. Omschakelen naar een fossielvrije productie van onze elektriciteit. We hebben niet alleen de wetenschap, maar ook de technologie om op alle drie die fronten tegelijkertijd snel vooruitgang te boeken. Met de combinatie van die drie benaderingen, kunnen we al twee derde van onze CO2 uitstoot vermijden. Het laatste derde wordt moeilijker, daar gaat het over de luchtvaart, de scheepvaart, en de zware, energie-intensieve industrie. Om die takken koolstofarm te maken, zullen we meer vernieuwing, meer technologie, meer tijd nodig hebben. In tussentijd moeten we volop inzetten op het afvangen en opslaan van die CO2, op natuurlijke wijze met bossen en op technologische wijze. Hoewel alle klimaatmodellen die tonen hoe we onder de twee graden opwarming kunnen blijven, rekenen op CO2-afvang en -opslag-technologie en hoewel er al enorm veel geld geïnvesteerd is, onder andere in Biden's voormalige *Inflation Reduction Act*, staat die technologie nog in haar kinderschoenen.

Het cynische is dan dat we er millennia over hebben gedaan om op dit punt te komen. Om onze wetenschap en technologie zo te ontwikkelen dat we zelfs dit heel complexe probleem kunnen aanpakken. Om er dan heel bewust als wereldgemeenschap voor te kiezen om dat niet te doen. Dat doet pijn, als wetenschapper, in meer dan één zin. Enerzijds kan ik me geen betere tijd voorstellen dan nu om wetenschapper te zijn. We hebben zo'n sterke schouders om op te staan, zo veel kennis om op voort te bouwen, zo veel computerkracht om mee te analyseren, en zo'n vergevorderde apparatuur om mee te werken. Maar als anderzijds onze vergaarde kennis wordt ontkend, wordt opzijgeschoven, waartoe leidt al die vooruitgang dan? In 1859 al, aan de start van de Industriële Revolutie nota bene, legde Charles Dickens de vinger op de wond, wanneer hij zijn roman De Geschiedenis van Twee Steden opende met de woorden: "Het was de beste tijd, het was de slechtste tijd, het was het tijdperk van wijsheid, het was het tijdperk van dwaasheid." Misschien was Dickens zijn tijd ver vooruit, of misschien is die tweespalt, dat cynisme iets van alle menselijke tijden, onderdeel van onze *condition humaine*.

Als dendrochronoloog werk ik met tijdsreeksen. Tijdsreeksen uit het verleden, opgetekend door bomen die lang geleden gestorven of geveld zijn, veranker ik in het heden met levende bomen. Bomen die ik hier en nu bemonster, die hun leven optekenen tot op het laatste moment dat ik mijn boor in hun bast draai. Zo kan ik het hele Holoceen in het heden verankeren. Maar ons hier en nu is ook een anker voor de toekomst. De bomen die nu groeien

slaan in hun ringen gegevens op die toekomstige dendrochronologen binnen tweehonderd of driehonderd jaar zullen analyseren.

Wij zijn de generatie waartoe vierhonderd generaties aan Holoceen-beschavingen geleid heeft. Wij zijn ook de generatie die bepaalt hoe het klimaat er voor de komende vierhonderd generaties eruit zal zien. Van al de CO2 die we vandaag uitstoten, zal slechts de helft in de komende decennia uit de atmosfeer verwijderd worden door onze oceanen, planten, en bodems. Over de komende eeuwen zal nog een derde verwijderd worden door langzamere geologische en biologische processen. Maar het laatste vijfde van de CO2 die wij vandaag in onze atmosfeer uitstoten, zal daar nog minstens tienduizend jaar blijven. En zal daar nog minstens tienduizend jaar voor verdere opwarming zorgen. Zal nog minstens vierhonderd menselijke generaties zorgen baren.

De Deense filosoof Kierkegaard schreef het al zo mooi. Het leven kan alleen achterwaarts begrepen worden, maar het moet voorwaarts geleefd worden. We worden alsmaar beter in het achterwaarts begrijpen. Laat ons met evenveel bedachtzaamheid voorwaarts leven.