

De menselijke maat

... me dijo: el mundo avanza. Sí, le dije, avanza, pero dando vueltas alrededor del sol.

... hij zei me: de wereld gaat vooruit. Ja, zei ik, hij gaat vooruit, maar draaiend rond de zon.

Gabriel García Márquez,
Memoria de mis putas tristes, 2004

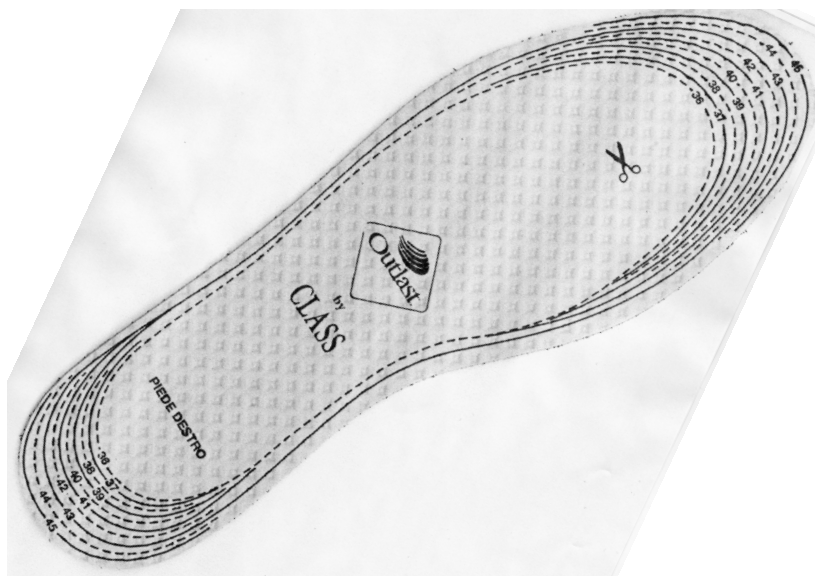
Tienduizend jaar geleden begint de lente. De glinsterende ijskap die Scandinavië bedekt, smelt weg als sneeuw voor de zon, en de Oostzee haast zich om de opengevallen plaats weer in te nemen. De zeespiegel stijgt snel, en steeds meer land dat in de ijstijd had droog gelegen komt onder water te staan. De zeehonden die honderdduizend jaar voor de kust van Portugal hadden overwinterd zolang de Noordzee droog lag, zwemmen eindelijk terug naar de Waddenzee. De poolwoestijn van Noordwest-Europa kleurt plotseling groen. Insecten brengen plantenzaden naar het noorden, en een voor een komen de bomen vanuit hun warme schuilplaats achter de Alpen terug: eerst de berk, dan de den, nog later de eik, en ten slotte de beuk. Het is een wedloop wie het snelste gaat; hoe lichter hun zaden, hoe sneller.

Onze voorouders trekken hun pelsmantels uit, eten de laatste mammoeten op, en in het steeds maar groener wordende Midden-Oosten bedenken ze manieren om niet steeds maar naar nieuwe jachtgebieden en visgronden te hoeven zoeken. Ze zetten de lekkerste graszaden bij elkaar op vierkante lapjes grond, en ontdekken al gauw dat ze zo veel beter voedsel kunnen produceren dan vroeger. Hun uitvinding verovert Europa in hoog tempo. Planten, dieren,

mensen, allemaal zijn ze in de ban van het snel warmer wordende klimaat.

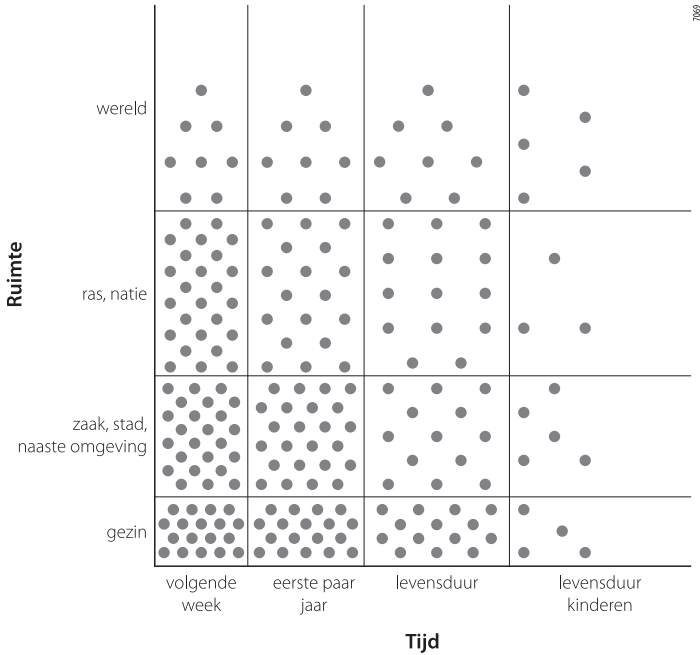
Nu is het hoogzomer. Wij mensen hebben ons ontwikkeld tot een succesvol maar zorgelijk type. Het klimaat is vrijwel constant, maar toch zijn we bang dat het over een eeuw een graadje warmer is. De zeespiegel stijgt nauwelijks meer, maar wij doen of het een levensbedreiging is. Door de uitvinding van de landbouw tienduizend jaar geleden kunnen we ons ongebreideld vermeerderen, maar we slikken pillen om dat weer te voorkomen. We maken ons zorgen over de verscheidenheid aan planten en dieren in onze omgeving, maar nog nooit hebben we zoveel verschillende soorten om ons heen gehad als nu. Op onze velden staan Irakees graan, Mexicaanse maïs en aardappels uit de Andes, onze tuintjes staan vol met tulpen uit Turkije en rododendrons uit Madagaskar, we hebben aquaria met tropische visjes, en de exotische huisdieren zijn niet aan te slepen. We maken ons zorgen over de rampen die ons treffen, maar veel van die rampen zijn alleen maar zo catastrofaal omdat we zelf op de vulkanen zijn gaan wonen, op de actieve breuken, aan de inzakkende kusten, aan de overstromende rivieren. We hebben zelf het bos weggehaald zodat de rivieren meer water moeten meevoeren, we hebben zelf het veen afgegraven zodat het land onder de zeespiegel kwam te liggen en de zee het land kon binnendringen. Tobbers zijn we geworden, vol schuldgevoel.

Maar dat schuldgevoel is luxe, een luxe die alleen maar voortkomt uit het feit dat we zonder het te beseffen in de zomer leven. De natuur is ons genadig in de hoogzomer, zodat we ons bezig kunnen houden met kleine klimaatpiekjies en vage rimpeltjes in de zeespiegelcurve. Want wij meten de natuur alleen met de menselijke maat. Maar over tienduizend jaar is het herfst. Dan is het afgelopen met de euforie. Dan komen de ijskappen terug, en gaat de zeespiegel weer dalen. Dan moeten de zeehonden terug naar Portugal. Dan bevriezen de rododendrons in de tuinen, en vluchten de anti-bontactivisten tot achter de Alpen. Vulkanen barsten uit met een kracht die in de korte tijd van de menselijke beschaving nog niet is voorgekomen. Dan pas zien we dat de maten van de natuur veel groter zijn dan de menselijke maat.



De menselijke maat.

Hoe komt het toch dat niemand daarbij stilstaat? Hoe komt het dat wij alle problemen van de toekomst blind naar volgende generaties schuiven? Nu hoor ik protest: maar dat is helemaal niet waar! Wij zijn juist heel erg met de toekomst bezig. Wij denken voortdurend aan de volgende generaties. Wij vechten voor een duurzame wereld. Duurzaamheid is volgens het Brundtland Rapport 'Meeting the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their needs'. O ja, vraag ik dan, over hoeveel generaties gaat dat dan? Hoelang duurt duurzaamheid? Onze kleinkinderen moeten ook nog van de welvaart kunnen genieten, is het antwoord. Is er nog een betere illustratie mogelijk van de kleinheid van de menselijke maat? Kleinkinderen! Iedereen die zich ons nog in levenden lijve zal kunnen herinneren moet het goed hebben, anders krijgen wij de schuld dat wij alles op hebben gemaakt. Twee generaties, vijftig jaar. Wat daarna gebeurt moeten ze zelf maar oplossen. Heb ik het mis? Laten we maar eens kijken naar het rapport van de Club van Rome uit 1971. Daar staat een aardig grafiekje in: de ruimte- en tijdschalen van de menselijke blik. Wat staat eronder?



Gezichtsveld van de mens. Hoewel het gezichtsveld van vele mensen in ruimte en tijd verschilt, kan de betrokkenheid van ieder mens ergens in de ruimte-tijdgrafiek aangegeven worden. De meeste mensen hebben alleen belangstelling voor zaken die familie of vrienden raken en dan slechts over een kort tijdsverloop. Anderen kijken verder in de tijd vooruit of over een groter gebied, een stad of volk. Maar heel weinig mensen hebben een wereldwijd gezichtsveld dat zich tot ver in de toekomst uitstrekt.

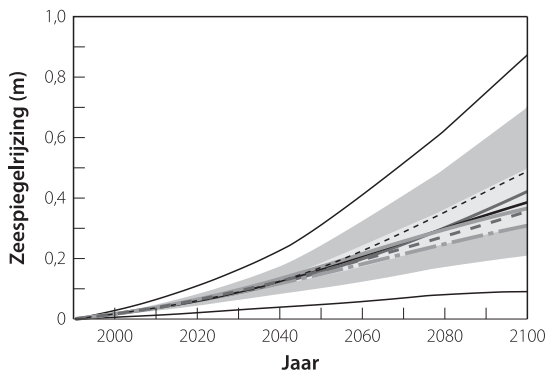
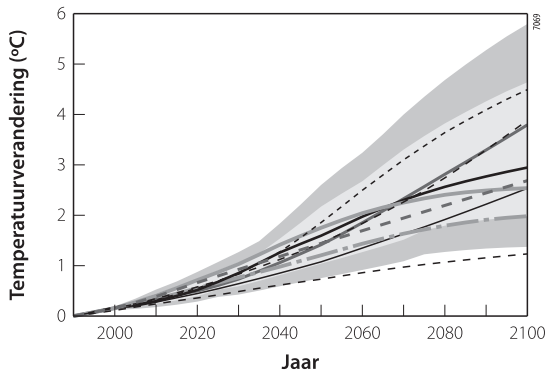
En 'ver in de toekomst' betekent: levensduur van de kinderen, staat op de horizontale as. Het jaar 2100 is hun horizon, blijkt uit het verloop van het rapport. Zelfs de Irokezen dachten verder vooruit: hun opperhoofden moesten de effecten van hun daden altijd doordenken tot in de zevende generatie in de toekomst. Als een generatie vijftieng jaar duurt komen ze misschien net aan het jaar 2200. Maar een van onze grootste fabrieken van toekomstvoorspellingen, het Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC durft dat nog niet.

Kijk maar naar hun grafieken. De onderstaande plaatjes zijn ongeveer de meest gekopieerde figuren in de klimaatdiscussie. Ze geven de prognoses aan van temperatuurveranderingen en zeespiegelveranderingen in de toekomst. Prachtige verfijnde modellen. Maar nog steeds tot het jaar 2100. Sinds de Club van Rome hebben ze nog geen stap verder de toekomst in durven kijken. Het is zelfs een stap achteruit want we zijn sindsdien dertig jaar dichterbij die datum gekomen: kennelijk de uiterste datum van de houdbaarheid van hun voorspellingen.

Ik begrijp wel waarom ze niet verder zijn gegaan. Hun curven zwermen uiteen als een losgelaten bijenvolk. Ze lopen zozeer uiteen dat de voorspellingen naar de verdere toekomst veel te onzeker worden. Het weer kunnen we ook niet verder dan tien dagen vooruit voorspellen. Daarna wordt de onzekerheid te groot. Klopt.

Maar zelfs al kunnen we het weer over een maand niet voorspellen, we kunnen wel voorspellen dat na de zomer de herfst komt. Daarvoor hoeven we het weer over twee weken of een maand helemaal niet te weten. We hebben voldoende aan de kennis van een groot-schaliger cycliciteit: de baan van de aarde om de zon. Dat is een astronomische cyclus die al meer dan vier en een half miljard jaar zo werkt. Dus of het over veertien dagen nu slecht of goed weer wordt, en of de aarde nu opwarmt door menselijk toedoen of niet, herfst en winter wordt het toch. Alleen weten we niet of het een strenge of een milde winter wordt.

Net zo goed komt na de klimatologische hoogzomer waarin we nu leven, de geleidelijke afkoeling naar de volgende ijstijd. Daarvoor hoeven we helemaal niet te weten of het in het jaar 2100 of 2200 nu warmer is of kouder dan nu. Want de afwisseling van ijstijden en warme perioden wordt door net zo'n astronomische cycliciteit gestuurd als die van zomer en winter: de Milanković-cycliciteit. Alleen op een grotere tijdschaal. Het klimaat doorloopt een volledige cyclus in honderdduizend jaar. En ook die cycliciteit is al ruim vier en een half miljard jaar aan de gang. En net zomin als de opwarming van de laatste jaren de seizoenen kan tegenhouden, kan zij de komst van de volgende ijstijd tegenhouden. Misschien wordt de volgende ijstijd door menselijk toedoen minder koud dan hij anders geweest zou zijn: een kwakkelijstijd. Maar hij komt wel. En net zoals je weet wanneer de



IPCC-prognoses volgens verschillende scenario's van temperatuurveranderingen en zeespiegelveranderingen tot het jaar 2100.

winter invalt, kun je precies uitrekenen wanneer de volgende ijstijd is: over 23 000 jaar zitten we er middenin. Duizend generaties.

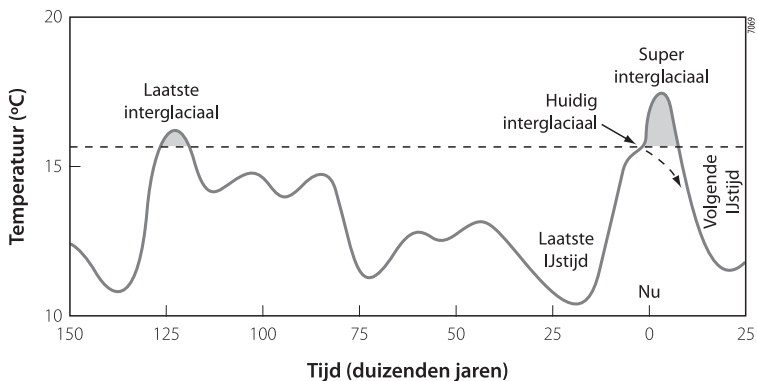
Een politicus denkt aan de volgende verkiezingen, een staatsman aan de volgende generatie. Maar wie denkt er aan de volgende duizend generaties? Niemand. Dit boek is een pleidooi om nu eens wat verder vooruit te denken. We zijn zo knap als het gaat om terugkijken, terug in de geschiedenis van het mensdom, in de geschiedenis van de planeet. Waarom dan ook niet eens een stukje verder vooruit? Want gisteren was vandaag morgen. En dan hoeven wij niet eens door te gaan tot het sterven van de zon en de afkoeling van de aarde over miljarden jaren. Zelfs het jaar 802 701 van H.G. Wells' *The time*

machine kunnen we nog even laten liggen. Nee, laten we gewoon proberen tienduizend jaar vooruit te kijken, met de kennis van de aardse processen die we nu hebben.

En waarom zouden we dat willen doen? In de eerste plaats omdat sommige trends die we nu maar één kant op zien gaan, zoals de opwarming van het klimaat, dan van richting veranderd kunnen zijn: op weg naar de volgende ijstijd. We zien een groter stuk van een langjarige cyclus, die nu de menselijke maat te boven gaat. En met die kennis van de lange termijn in het hoofd nemen we misschien ook andere beslissingen voor de korte termijn. Misschien zijn de mensen over vierhonderd generaties wel blij met al het koolzuurgas dat wij nu in de atmosfeer brengen: dan is de herfst niet zo koud.

In de tweede plaats willen we lang vooruitkijken om meer vat te krijgen op catastrofale natuurverschijnselen. Want hoe heftiger een gebeurtenis, des te zeldzamer zij is. Hoe groter de aardbeving, de eruptie, de overstroming, de meteorietinslag, des te langer het duurt voor de volgende van dezelfde omvang komt. Een aardbeving van magnitude 8 op de schaal van Richter is tien keer zo heftig, maar ook tien keer zo zeldzaam als een aardbeving van magnitude 7: een logaritmische relatie. Van de grootst mogelijke van die rampen, zoals we die kennen uit de geologische geschiedenis, hebben wij er in de korte tijd dat de mensheid haar geschiedenis bijhoudt nog geen enkele meegemaakt. Ook die gaan de menselijke maat te boven. Maar de komende generaties krijgen er wel mee te maken.

En waarom tienduizend? De vorige psychologische mijlpalen in het denken over de toekomst, die van 1984 van George Orwell en die van het jaar 2000, zijn we inmiddels gepasseerd. De periode waarin we nu leven, het Holoceen, begon tienduizend jaar geleden. Dat was de 'lente' waar we dit hoofdstuk mee begonnen zijn, en uit de geologische geschiedenis weten we dat warme perioden als de onze meestal niet veel langer dan tienduizend jaar duren. Het wordt tijd aan de herfst te gaan denken. Bovendien beschermen zeedijken Nederland tegen stormvloed en die eens in de tienduizend jaar optreden. Stuwdammen in rivieren moeten het tienduizend jaar uithouden. Vulkanen die minder dan tienduizend jaar geleden zijn uitgebarsten, worden als actief beschouwd. Radioactief afval in de Verenigde Staten moet tienduizend jaar ongestoord in de ondergrond opgeslagen blij-



Klimaatcurve van de laatste honderdvijftigduizend jaar, de tijd dat Homo sapiens bestaat, doorgetrokken naar de toekomstige vijftienduizend jaar.

ven. Onze naaste verwant, de kleine man van Flores, is niet veel meer dan tienduizend jaar geleden uitgestorven.

Denken in generaties is denken met de menselijke maat. Maar we moeten leren denken in de logaritmische maat van de natuur: geen honderd jaar vooruit, maar tienduizend jaar. En niet één schaalstap vooruit, niet duizend jaar, maar twee stappen, tienduizend jaar. Want in die tienduizend jaar heb je tenminste enige kans dat gebeurtenissen met een interval van duizend jaar, zich ook daadwerkelijk zullen voordoen.

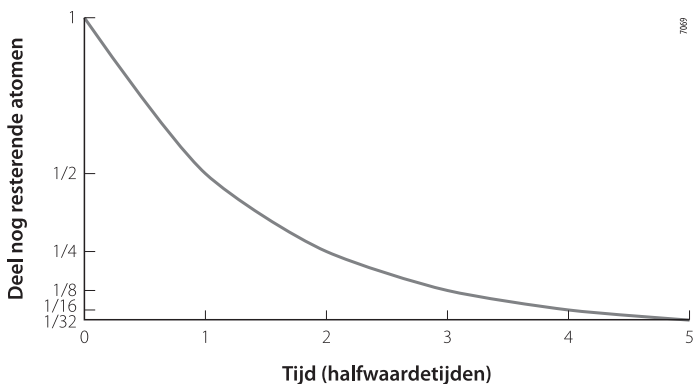
Voor de meeste mensen is tienduizend een abstract getal. ‘Tien-duizend jaar! Dat is typisch voor jullie geologen. Jullie hebben het altijd over miljoenen jaren!’ verwijten ze ons. Maar diezelfde mensen hebben er geen bezwaar tegen om een miljoen te winnen bij de loterij. Dan weten ze ineens wél het verschil tussen tienduizend euro en een miljoen euro. Al moet ik toegeven dat er speciale hulpverleners zijn die de mensen moeten leren met een prijs van een miljoen euro om te gaan. Ik voel mij eigenlijk net zo’n hulpverlener, maar dan om de mensen de omvang te leren van de grootste gift van de geologie aan de mensheid: de diepe tijd.

Het is 1968. Buiten woedt de studentenrevolte. Ik zit binnen in de practicumzaal door de microscoop te kijken naar dunne plakjes zandsteen. Allemaal hoekige zandkorrels, sediment van een grote woestijnrivier die eens stroomde op de plaats waar nu de Pyreneeën liggen. Dan trekt een detail mijn aandacht. Ik draai een sterkere lens voor, stel scherp op een heldere ronde kwartskorrel. Daar binnen in die korrel beweegt iets. 'Dat kan niet' is mijn eerste gedachte. Dit gesteente is 250 miljoen jaar oud, en zo dood als een pier. Maar nee, het is geen mier, geen bladluis op mijn slijpplaatje, het zit in het plakje zandsteen, in die kwartskorrel. Nog een sterkere lens. Er zit een piepkleine holte in de kwarts, gevuld met vloeistof. En in die vloeistof zit een onmogelijk klein rood balletje. Het danst op en neer, zonder doel of richting, gestuwd door onzichtbare strominkjes, al 250 miljoen jaar lang. Ik vergeet het practicum, mijn opdracht, de andere studenten om mij heen, en zink voor het eerst weg in de peilloze diepte van de tijd.

Het is niet alleen de lange tijdsduur die het voor mensen moeilijk maakt vooruit te kijken. Het zijn ook de verschillende manieren waarop de aardse processen werken in de tijd. Drie verschijningsvormen van de tijd vormen de basis voor dit boek: de tijd als stroom, de tijd als golf, en de tijd als puls.

De eerste gedaante, de tijd als stroom, lijkt de simpelste: de aardse historie is voortschrijdende geschiedenis, een onomkeerbare opeenvolging van gebeurtenissen, die elk voor zich weer voortkomen uit vorige gebeurtenissen, zoals het radioactief verval, het uitdijend heelal sinds de Big Bang, steeds in één richting, want uit het een volgt het ander. Zo dacht men vroeger dat de evolutie van het leven naar steeds complexere levensvormen wel onafwendbaar leiden moest tot de parel der schepping: de mens. Stephen Jay Gould noemt dat *Time's arrow*, de pijl van de tijd in zijn boek *Time's arrow, time's cycle* (1987). Het lijkt ook het meest op de manier waarop de mens de tijd beleeft. Alweer jarig, je wordt een dagje ouder. *Life is hard and then you die*. De tijd schrijdt voort, de tijd stroomt, je kunt nooit tweemaal in dezelfde rivier stappen, *hora ruit, tempus fluit*.

Er zijn ook fysici, onder wie de Belgische Nobelprijswinnaar Ilja Prigogine, die beweren dat de tijd als pijl niet bestaat, en dat verle-



De tijd als stroom: radioactieve stoffen vervallen met constante snelheid; na één halveringstijd is nog maar de helft van het oorspronkelijke aantal atomen over, na twee halveringstijden een kwart, et cetera. De halveringstijd van uranium-238, het belangrijkste radioactieve element in de aardkorst, is vier en een half miljard jaar, even lang als de ouderdom van de aarde. Van al het uranium dat bij het ontstaan van de aarde aanwezig was, is nu dus nog de helft over.

den en toekomst alleen door een beschouwer van elkaar te onderscheiden zijn. Misschien had ik dit boek wel helemaal niet hoeven te schrijven.

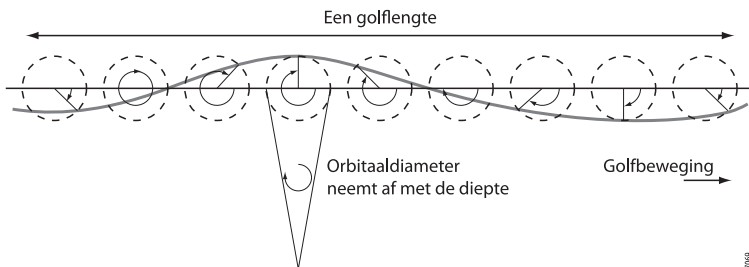
De tweede gedaante, de tijd als golf, slaat op kringlopen: de bloedsomloop, inademen en uitademen, dag en nacht, zomer en winter, ijs-tijd en warme tijd, ze hebben allemaal te maken met een cyclus. De aarde draait om zijn as, de aarde draait om de zon. Water verdampt uit de oceanen, vormt wolken, er valt regen uit, het stroomt terug naar de oceaan, en de hydrologische cyclus is rond. De platen waaruit de aardkorst bestaat bewegen naar elkaar toe, botsen, en gaan weer uit elkaar: de tektonische cyclus. Lava stroomt uit bij een vulkaanuitbarsting, regen en wind verwerken het gesteente totdat het in zand en klei uiteenvalt, rivieren transporteren het naar zee, daar wordt het steeds verder onder jongere lagen begraven, het wordt steeds warmer, het komt tussen twee botsende platen terecht, smelt, wordt magma, stijgt op door de aardkorst en stroomt weer als lava herboren

naar buiten bij een vulkanische eruptie: de gesteentecyclus. En zo heb je de koolstofcyclus, de stikstofcyclus, en ga zo maar door. *Time's cycle*, noemt Gould het. De aarde komt steeds weer op hetzelfde uitgangspunt uit, er is geen begin en geen eind. Het Griekse woord *ku-klos* betekent cirkel, maar in de tijd is er natuurlijk geen sprake van terugkomen op het uitgangspunt, want de tijd als stroom gaat ondertussen gewoon door. Zo wordt het een golfbeweging, in twee dimensies, of een spiraal in drie. Een golf aan het wateroppervlak illustreert mooi hoe een cirkelbeweging vertaald kan worden in een golf.

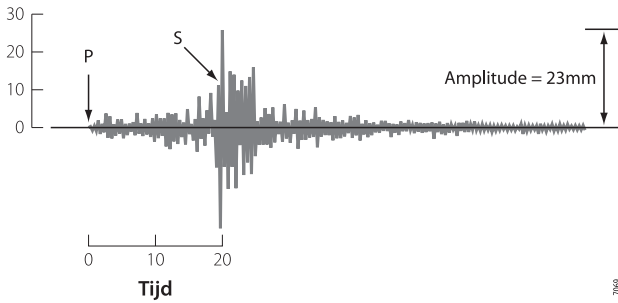
De derde gedaante is de tijd als puls: de aardgeschiedenis is een orde-loze opeenvolging van plotselinge pulsen energie: aardbevingen, meteorietinslagen, erupties, overstromingen, uitstervingen en andere catastrofes zonder richting, doel of regelmaat. Wie in het toeval gelooft, wie een ramp overkomt en wie zich vertwijfeld afvraagt: waarom ik? waarom mijn dierbaren? waarom juist die kwetsbaren? waarom nu? is niet geneigd te denken in een noodzakelijke ontwikkeling of in een steeds terugkerende kringloop van voorspelbare gebeurtenissen. Die ziet slechts willekeur en chaos, de aardse tijd als ramptoneel.

Ik laat in dit boek zien hoe stromen, golven en pulsen van minime tot immense tijdschalen samen een magistraal muziekstuk spelen. De mens speelt daarvan slechts een enkele driekwartsmaat. De menselijke maat.

In het volgende hoofdstuk zien we, bij wijze van voorbeeld, hoe de mensen in de twintigste eeuw zich tot drie keer toe hebben laten ver-



De tijd als golf: de wind brengt de waterdeeltjes in een cirkelbeweging zodat een golf ontstaat aan het wateroppervlak.



De tijd als puls: seismogram van een aardbeving.

rassen doordat trends in de natuur onverwacht in hun tegendeel veranderden, in dit geval door de zeespiegelveranderingen in de Kaspische Zee. In het daaropvolgende hoofdstuk zien we dat we ook al in vroeger eeuwen, vanaf de bijbel tot de negentiende-eeuwse aartsvaders van de geologie, grote moeite hadden met de diepte van de geologische tijd en de aard en tijdsduur van de geologische processen. In elk van de daaropvolgende hoofdstukken volgen we natuurlijke processen – stromen, golven en pulsen – als aardbevingen, vulkanisme,



Misschien ziet de Noordzee er over tienduizend jaar net zo uit als Death Valley (vs) nu.

klimaatveranderingen, zeespiegel, rivieren, evolutie en meteorietinslagen: steeds van klein en frequent naar groot en zeldzaam, van onbetekenend tot zó bedreigend en catastrofaal, dat ze ons begrip te boven lijken te gaan.

Dat doe ik niet om te waarschuwen voor de apocalyps en het einde van de mensheid. Er zijn er al genoeg die dat doen, en naar de geschiedenis leert, gewoonlijk ten onrechte. Integendeel, ik wil juist betogen dat de mens zich heel goed kan aanpassen aan warmere of koudere klimaten, of hogere of lagere zeespiegels. Als de steentijdmens met berenvellen en stenen bijlen een hele ijstijd heeft weten te overleven, zouden wij met al onze hoogontwikkelde technologie dan niet een metertje zeespiegelstijging aankunnen? En dat terwijl de zeespiegel in de Westerschelde tweemaal dáágs vier meter stijgt? Misschien moeten we juist nadenken over wat we gaan doen als de zeespiegel straks weer daalt. Het duurt geen tienduizend jaar voor het weer zover is.

De Kaspische tijdmachine

Nascuntur et alio modo terrae ac repente in aliquo mari emergunt, velut paria secum faciente natura quaeque hauserit hiatus alio loco reddente.

Land ontstaat en duikt plotseling op uit zee, net alsof de natuur op de ene plaats wil compenseren wat ze op de andere plaats heeft verzwolgen.

Plinius, *Naturalis Historiae*, 2, 202

‘Jullie zijn toch Hollanders? Jullie weten toch alles van de zeespiegel? Help ons dan!’ zegt Maria Nikolajevna Mirojedova. Ze is directeur van Astrachangiprovodchoz, de Provinciale Waterstaat van het district Astrachan in Rusland, daar waar de Wolga uitmondt in de Kaspische Zee. En ze heeft een probleem.

De Kaspische Zee stijgt. Niet zomaar een beetje, maar heel snel. Als wij haar bezoeken in 1993 is de zeespiegel in zestien jaar bijna twee en een halve meter gestegen. Dat is vijftien centimeter per jaar. Vergelijk dat eens met de stijging van de zeespiegel in de oceanen: die is in de hele twintigste eeuw maar vijftien centimeter gestegen. Honderdmaal zo snel als de oceanen stijgt de Kaspische Zee. Maar die heeft dan ook geen verbinding met de wereldzeeën. Herodotus schreef al: de Kaspische Zee is een zee op zichzelf. Het is de grootste binnenzee op aarde. En het is de Wolga zelf die elk jaar grotere hoeveelheden water de Kaspische Zee in voert.

De Wolgadelta is een soort Biesbosch, zo groot als half Nederland met tientallen rivierarmen die zich steeds verder opsplitsen in kleine kreekjes naarmate je de kust nadert. De Wolga heeft wel achthon-

derd monden. De delta is een van de grootste *wetlands* ter wereld, vol met riet, wilgen en waterplanten. Voor de steur is het de belangrijkste doorgang naar de paaiplaatsen verder stroomopwaarts. Er zijn meer dan tweehonderdvijftig vogelsoorten, en er woont een half miljoen zwanen. De zeearend, een soort waar Nederlandse vogelliefhebbers alleen maar van dromen, heeft er meer dan tweeëndertig nesten. Ze worden beschermd in het Astrachan Natuurreservaat, dat in 1919 werd opgericht, en nu onder de hoede van UNESCO staat.

En er zijn geen dijken. Als de zeespiegel stijgt, loopt het land onder. En omdat de delta zo vlak is en de zeespiegel zo snel stijgt, loopt ook de delta heel snel onder. De zee stuwt het rivierwater op, de grondwaterspiegel stijgt, en veel droge stukken worden nat. Watervogels zien hun nesten verdrinken. 'Polders,' zegt Maria Nikolajevna, 'we willen polders, net als in Nederland' en ze houdt haar hand bij haar lippen om te laten zien hoe hoog het water is gestegen. De bodemkundige van ons team, Herman Winkels van Rijkswaterstaat, kijkt bedenkelijk. In Nederland wil men juist af van het inpolderen van land, men wil de natuur de ruimte geven. Hij zit meer op de lijn van de mensen van het natuurreservaat. Die willen geen ingrepen.

Directeur Gennadij Andrejevitsj Krivonosov van het natuurreservaat komt op onze uitnodiging naar Nederland. Wandelend door Amsterdam wijst hij ineens naar de woonboten langs de Prinsengracht en zegt: 'Dát is wat we nodig hebben: drijvende woningen, geen polders!'

Twee jaar later. De zeespiegelstijging gaat onverbiddelijk door. Er zijn nog steeds geen polders in de Wolgadelta. De mensen van het Astrachan Natuurreservaat hebben in Nederland de gevolgen van de snelle zeespiegelstijging voor planten en dieren in kaart gebracht, en scenario's voor de toekomst gemaakt. Een zware zuidoosterstorm legt op 13 maart 1995 grote stukken van de kuststrook van Kalmykië in het noordwesten van de Kaspische Zee blank. Het aangespoelde riet ligt overal in de straten van de stad Laganj. De vuilnisbelt van de stad staat blank, en het vuil drijft rond. Hier zijn wel provisorische dijken gemaakt, maar ze zakken elk jaar weer in.

In de havenstad Kaspiisk aan de westkust van de Kaspische Zee bouwen de ingenieurs van Dagestanberegozasjtsjita, de instantie die

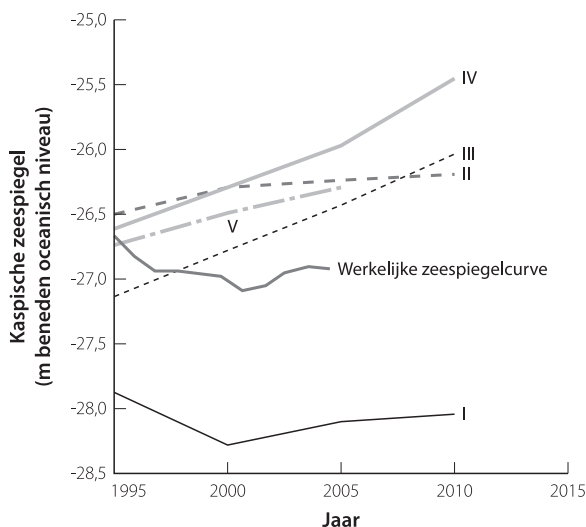
de kust van Dagestan moet beschermen, onder leiding van Vagab Omarovitsj Moesajev betonnen zandvangers op het strand, die zichzelf met zand moeten vullen als de stormen het zand landinwaarts jagen. Zo hopen ze de stad te kunnen beschermen. Het is mooi bedacht. Maar het lijkt niet erg op een Nederlandse dijk, en of het werkt?

Wij vliegen met de helikopter langs de kust. Overal zijn stukken van de oever weggeslagen en staan kades, havens, spoorlijnen, hoogspanningsleidingen, ja hele dorpen en eilanden onder water. Grote olieplassen afkomstig van verdronken boorplatforms drijven op het water. De schade is enorm. Er vinden evacuatieplaatsen. De zeespiegelstijging is het belangrijkste milieuprobleem van de Russische federatie. Er is een dik rapport gemaakt van zestien delen, waar zesentwintig instituten vijf jaar aan gewerkt hebben. Daarin staat wat er aan de kusten zal gebeuren als de zeespiegel nog verder zal stijgen. De ramp is dan niet te overzien.

Maar zal de zee nog verder stijgen? De geleerden zijn het er niet over eens. Want niemand heeft tot nu toe goed begrepen waaróm de zeespiegel stijgt. In 2004 lag de zeespiegel op ongeveer 27 meter beneden het niveau van de oceanen. Niet zo laag als de Dode Zee (-400 meter), maar wel een stuk lager dan het laagste punt van Nederland in de Alexanderpolder (-7 meter). De Kaspische Zee ontvangt 80 procent van zijn water van de Wolga, de grootste rivier van Europa. Andere rivieren zoals de Oeral, de Emba, Terek, Sulak, Kura, de instroom van grondwater en de neerslag boven zee geven de overige 20 procent. Er stroomt geen water uit de Kaspische Zee. Het klimaat erboven en eromheen is dat van een halfwoestijn. Wat de Kaspische Zee kwijtraakt komt vooral door de verdamping boven zee. Als er meer water in stroomt dan er verdampt stijgt de zee, en als de verdamping het wint van de instroom daalt hij weer. Dat is de waterbalans. Het principe is al bekend sinds de tijd van Peter de Grote.

Sceptici berekenen dat de zee niet meer dan een meter zal stijgen, onheilspromet zeggen dat het wel vijf meter kan worden. Ook de vijfhonderd jaar oude stad Astrachan met zijn mooie witte Kremlin zal dan gevaar lopen. Het geldt voor meer onderzoek, voor urgente kustbescherming stroomt binnen. De wetenschappers zijn gelukkig, de ingenieurs ook. Werk genoeg.

Maar in 1996 gebeurt er iets dat niemand had voorspeld. De zee

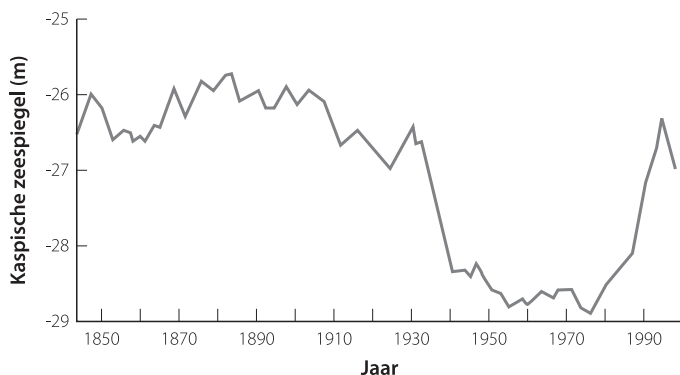


Wat men vóór de plotselinge zeespiegeldaling van 1995 dacht dat de zeespiegel zou gaan doen. Gestippelde lijnen: voorspellingen van vóór 1995 voor de zeespiegelcurve na 1995 door verschillende auteurs. Getrokken lijn: wat de zeespiegel werkelijk deed.

begint te dalen. In 1997 nog verder, wel met veertig centimeter. In 1998 stijgt hij nog een beetje, maar daarna zet de daling door, totdat hij stabiliseert op ongeveer een meter onder het niveau van 1995. Het jaar 1995 was het hoogtepunt, de *highstand* van de Kaspische Zee. De alarmfase is voorbij, Gennadij Andrejevitsj Krivonosov hoeft geen woonboten te bestellen, Maria Nikolajevna Mirojedova kan rustig met pensioen, Dagestanberegozasjtsjita wordt opgeheven, de zandvangers liggen doelloos op het strand, en Vagab Omarovitsj Moesajev zit zonder werk. Het probleem lijkt uit de wereld. Ook de geldstromen voor de wetenschappers drogen op, en het lijkt of niemand zich meer interesseert voor de vraag waaróm de stijging is opgehouden. Maar de geschiedenis leert dat zorgeloosheid gevaarlijk is. Want het is niet voor het eerst dat de Kaspische Zee de kustbewoners heeft verrast.

Vanaf het begin van de negentiende eeuw wordt het niveau van de Kaspische Zee gemeten bij de peilschalen van Bakoe in Azerbeidzjan en van Machatsjkalá in Dagestan. Er is een goede registratie beschikbaar sinds 1834. De nauwkeurigheid van die meetstations is wel beperkt, want niet alleen de zeespiegel beweegt, maar ook het land gaat op en neer. Bakoe ligt op een van de uitlopers van de Kaukasus, en dat is een van de snelst stijgende gebergten ter wereld: het wordt elk jaar twee centimeter hoger. Daarom spreekt men liever van ‘relatieve’ zeespiegelbewegingen. Tegenwoordig kan het zeeniveau ook absoluut worden gemeten vanuit de Topex-Poseidon-satelliet. Die bepaalt het zeeniveau met een nauwkeurigheid van vier centimeter, en onafhankelijk van de bewegingen van het land.

De zeespiegelcurve vanaf 1834 laat zien dat er gedurende een groot deel van de negentiende eeuw een heel langzame daling van de zeespiegel is opgetreden, met kleine schommelingen. In het begin van de twintigste eeuw lijkt de daling wat sneller te gaan, en er is enige ongerustheid. De gerenommeerde Petersburgse geograaf en zoöloog Lev Semjonovitsj Berg (1876-1950), een encyclopedist van het zuiverste water, maakt rond 1925 een kritische analyse van alles wat er tot nu toe uit historische bronnen bekend is over de Kaspische Zee: Herodotus, Strabo, de kaart van Ptolemaeus, reisbeschrijvingen van Arabische rei-



Zeespiegelveranderingen in de Kaspische Zee sinds de instelling van peilschalen.

zigers in de tiende eeuw, oude Russische kaarten en verslagen van ontdekkingsreizigers, waaronder ook die van de Nederlanders Witsen, Otens en Struys. De conclusie van Berg: het is niet waarschijnlijk dat het water meer dan ruim een meter onder het niveau van 1925 zal zakken.

Hij baseert dat met name op de geschiedenis van twee monumenten, de eerste in de Azerbeidzjaanse hoofdstad Bakoe. De oude stad Bakoe heeft een bewogen geschiedenis van minstens 2500 jaar, die op en neer beweegt als de Kaspische Zeespiegel. Perzen, Arabieren, Mongolen, Turken en Russen streden om de heerschappij, en in het begin van de twintigste eeuw was het de oliehoofdstad van de wereld. Alfred Nobel, de gebroeders Siemens, de Rothschilds hebben er allemaal hun fortuin aan te danken. In de baai van Bakoe ligt een verdronken fort, dat in de wandeling de *karavansaray* wordt genoemd. Als Berg de stad bezoekt in 1925, ligt het fort 1,4 meter onder de waterspiegel. Het fort is gebouwd in de twaalfde of dertiende eeuw, de zeespiegel lag toen dus minstens 1,4 meter lager, concludeert Berg.

Een tweede aanwijzing voor een lagere zeespiegel in het verleden komt uit de stad Derbent in Dagestan, verder noordwaarts langs de westelijke Kaspische kust. Die heeft een nog langere geschiedenis, die wel vijfduizend jaar teruggaat. In de zesde eeuw van onze jaartelling is Derbent de noordelijkste voorpost van de Sassanidische dynastie in het Perzische rijk. Het is een strategische plaats, want daar is de kustvlakte die de Kaukasus van de zee scheidt op zijn nauwst. Om het rijk tegen invallen van nomaden uit het noorden te beschermen, bouwde vorst Chorsan I Anushirvan aan weerszijden van de stad twee muren die vanaf het hoge fort Narinkala aan de westzijde van de stad tot aan zee liepen. Ook nu nog zijn er stukken van die muren in de stad te zien. Maar er is iets merkwaardigs met die muren. Ze lopen door tot ónder de zeespiegel.

Waren de Perzen bang dat de nomaden zelfs onder water nog zouden proberen langs die muur te komen? Dat is niet waarschijnlijk. Het is waarschijnlijker dat ze zijn aangelegd toen de zeespiegel lager was, zegt Berg. Daarna is de zeespiegel natuurlijk weer gestegen. Tot driemaal toe hebben reizigers geschreven dat ze de zee over de muur heen zagen spoelen, in 915, 1638 en 1847. Ook Jan Struys zegt in zijn boek 'La mer bat contre ses murailles et par un temps de mer passe même souvent par-dessus,' (al heeft hij dat volgens Berg uit het boek



De muur van de stad Derbent in Dagestan aan de Kaspische Zee loopt nog acht meter onder water door.

van Olearius uit 1638 overgeschreven). Op grond van die gegevens meent Berg dat de zeespiegel hoogstens nog een meter zou kunnen zakken onder het niveau van 1925.

Maar Berg krijgt ongelijk. De natuur laat zich niet zo makkelijk voorspellen. Al rond 1930 begon de zee wel degelijk heel sterk te dalen, wel bijna twee meter in tien jaar. Het verdronken fort bij Bakoe, de karavansaray, komt rond 1938 boven water. Bij archeologische opgravingen door de Azerbeidzjaanse Academie van Wetenschappen komen honderden munten en meer dan tweehonderd stenen platen met door het zeewater uitgebeten Perzische inscripties tevoorschijn, die aangeven dat het fort rond 1234-1235 werd gebouwd. De basis ervan ligt zelfs op -32 meter diepte, zes meter onder de huidige waterpiegel. Dus de zeespiegel lag in het begin van de dertiende eeuw vijf meter onder die van 1925!

Berg komt er in 1946 op terug in zijn boek *Essays over de geschiedenis van Russische geografische ontdekkingen*. Hij erkent niet met zo-