

Mayasteden in Yucatan, Groene Sahara, Mesopotamië

Oude beschavingen reageerden uiteenlopend op klimaatverandering

Henry Hooghiemstra

In de loop van het Holoceen werd het klimaat in de subtropen van het noordelijk halfrond droger. Dat werd veroorzaakt doordat de meteorologische evenaar zuidwaards migreerde, een fenomeen dat elke twintigduizend jaar plaatsvindt. Oude beschavingen, zoals die van de Maya's in Yucatan, de nomadische volkeren in de Sahara en de volkeren in Mesopotamië, kregen te maken met toenemende droogte. Afhankelijk van de mogelijkheden die hun leefomgeving bood, heeft elk van deze beschavingen haar eigen lot bepaald. Het instandhouden van de voedselvoorziening lijkt een centrale rol te hebben gespeeld.

Een welkom onderzoekskader

Verandering van milieu en klimaat is van alle tijden. De zeer uiteenlopende verschijningsvormen waarin deze zich manifesteert, zijn het onderzoeksveld van de paleo-ecologie en de paleoklimatologie. Onderzoeksresultaten laten nauwelijks



Het plafond van deze onderaards stromende rivier bij de ruïnes van Cobá is voor een klein deel ingestort, waardoor de bevolking toegang had tot stromend water. De vele stalactieten in de onderaardse holte ('cenote') laten zien dat kalksteen makkelijk oplost in regenwater.

perioden zien waarin milieu en klimaat niet veranderden. De meeste mensen hebben hun eigen generatie, of hoogstens die van hun ouders en grootouders erbij, als kader om de huidige veranderingen aan af te meten. Zelfs instrumentele meetreeksen die twee eeuwen teruggaan in de tijd, geven maar een heel beperkte visie op de natuurlijke variatie van het klimaat. Vooral droogtes en overstromingen kunnen veel schade toebrengen en diep ingrijpen op het voortbestaan van een samenleving.

Als zulke veranderingen plotseling plaatsvinden, en zich na korte tijd ook nog herhalen, wordt de veerkracht van een samenleving zwaar op de proef gesteld. Meestal hebben zulke extremen grote invloed op de voedselvoorziening, maar soms wordt ook de mogelijkheid aangetast om in een bepaald gebied te blijven wonen. De archeologie laat voorbeelden zien van havensteden die niet meer aan de kust liggen, of niet meer aan de rand van een groot meer. Paleo-ecologisch onderzoek reikt vaak tot ver voor het begin van het Holoceen, de huidige warme periode die tienduizend jaar geleden begon. Van veel ecosystemen is goed bekend welke veranderingen opgetreden zijn sinds de koudste fase van de laatste ijstijd, zo'n twintigduizend jaar geleden.

Paleo-ecologisch onderzoek vormt een welkom kader om veranderingen in ons huidige klimaat van een duiding te voorzien. In dit artikel bekijken we hoe drie verschillende beschavingen in de subtropen van het noordelijk halfrond op toenemende droogte hebben gereageerd. Het lot van een beschaving wordt voor een belangrijk deel bepaald door de mate waarin aanpassing aan de fysische omgeving succesvol is. Continuïteit in de voedselvoorziening is een belangrijke factor om te overleven. Natuurlijk hebben milieuproblemen die het voortbestaan raken, hun invloed op maatschappelijke structuren, en kunnen ze aanleiding zijn tot ziektes en oorlogen die het effect van milieu- en klimaatverandering versterken. Gebieden waar een hoge voedselproductie kan worden behaald, zijn niet altijd de beste plaatsen voor permanente bewoning. Zo ontstaat een behoefte om elders geproduceerd voedsel naar bewoningscentra te brengen of om nutriënten naar woongebieden te brengen om dicht bij huis voedsel te kunnen verbouwen.

Maya's in Yucatan

De cultuur van de Maya's ontwikkelde zich in het Mexicaanse Yucatan en aangrenzend Belize en Guatemala. Verande-

ringen in het klimaat en effecten van bewoning hebben hun invloed op de samenstelling van de vegetatie. Het sediment dat zich op de bodem van een meer verzamelt, vormt een archief voor zulke veranderingen. Het sediment bevat onder andere fossiel stuifmeel dat bestudeerd kan worden in een sedimentkern die vanaf de bodem van het meer kan worden opgeboord. Organisch materiaal uit zo'n boorkern kan met koolstof-14 worden gedateerd, zodat de ouderdom van elk laagje sediment bekend is, alsmede de snelheid waarmee veranderingen hebben plaatsgevonden.

Veranderingen in de samenstelling van de vegetatie worden in de vorm van een pollendiagram weergegeven: horizontaal staan alle gevonden plantensoorten en verticaal geeft een curve voor elke plantensoort aan hoe de bijdrage van die soort gevarieerd heeft door de tijd. Een ervaren paleo-ecoloog kan daaruit de veranderingen in milieu en klimaat aflezen die in het verleden hebben plaatsgevonden. Zo weten we dat omstreeks 5200 jaar geleden de natte bossen in Midden-Amerika meer open werden. Dit zou al het eerste teken kunnen zijn van de aanwezigheid van de Maya's, maar ook kunnen duiden op het droger worden van het klimaat in die regio.

Tijdens het laat Holoceen, vooral na 4000 jaar geleden, werd in de subtropen van het noordelijk halfrond het klimaat overal droger, terwijl het op dezelfde breedtegraden van het zuidelijk halfrond natter werd. Deze verschuiving van de regenzone werd veroorzaakt door de naar het zuiden migrerende meteorologische evenaar. Dit verschijnsel komt elke twintigduizend jaar voor en wordt veroorzaakt door een cyclische afwijking van de baan van de Aarde om de Zon, precessie genaamd. Pollendiagrammen laten zien dat het bos rond 2000 jaar geleden in snel tempo werd gekapt om plaats te maken voor akkers waarop vooral mais en cassave werden geteeld, het voornaamste voedsel van de Maya's.

Tijdens de eerste acht eeuwen van onze jaartelling werd het klimaat op Yucatan steeds droger. Informatie uit sedimentkernen, afkomstig uit meren, maar ook sedimentkernen die op de bodem van de Caribische Zee zijn verzameld, laten zien dat vooral tussen 500 en 900 van onze jaartelling extreme droogtes optraden die elkaar met tussenpozen van ongeveer veertig jaar opvolgden. De Maya's leefden op een groot kalksteenplateau, waarin regenwater snel wegzakt en via onderaardse rivieren wegstroomt. Het water loste de kalksteen op en zo onstonden grote onderaardse gewelven (*cenotes* genoemd) die een belangrijke rol hadden in de watervoorziening van de grote Mayasteden. De terugkerende extreme droogtes zijn nauwkeurig gedocumenteerd en hebben zeer waarschijnlijk de voedselvoorziening van de grote Mayasteden lamgelegd. Uiteindelijk, omstreeks het jaar 950, stortte het Rijk van de Maya's ineen.

Een vergelijking van drie beschavingen

Een vergelijking met andere culturen in de subtropen van het noordelijk halfrond die een zelfde verdroging van het klimaat hebben meegemaakt, levert interessante aspecten op. De Maya's in Yucatan woonden op een kalksteenplateau, en dus in een gebied met voortdurende droogtestress voor plant, dier en mens. Mensen hadden weinig mogelijkheden om met toenemende droogte om te gaan. De aanwezigheid van astronomische observatoria in de Mayasteden en de vele afbeeldingen van de regengod suggereren dat tijdens het hoogtepunt van de Mayabeschaving, de klassieke periode, de



Chichen-Itza: de aanwezigheid van een astronomisch observatorium doet vermoeden dat de Maya's veel kennis hadden van de sterrenhemel, wellicht in verband met het stimuleren van de regenval.

oplossing voor het droogteprobleem vooral in het geestelijke domein werd gezocht.

Een deel van de bevolking kwam bij de Maya collapse om, een ander deel migreerde naar elders, en een deel overleefde en ontwikkelde in hetzelfde gebied een nieuwe cultuurvorm. In de periode na de Maya collapse, de post-klassieke tijd genoemd, werden nog nauwelijks gebouwen opgericht. Vele verlaten Mayasteden werden door vegetatie overgroeid en aan het oog onttrokken.

In de Sahara leefde een nomadische bevolking. Tussen 8500 en 6000 jaar geleden was het gebied dat jaarlijks enkele maanden moessonregens ontving, veel groter dan nu. Het regengebied strekte zich zo ver naar het noorden uit dat een groot deel van de huidige droge Sahara met vegetatie was bedekt. Tijdens deze periode van de *Green Sahara* kon de bevolking permanent met grote kuddes in de Centrale Sahara leven. In verschillende berggebieden midden in de Sahara zijn uit die tijd vele rotsschilderingen gevonden. Afgebeelde mensen en vee getuigen van een florierende bewoning. In de periode na 5000 jaar geleden kwam hieraan langzaam een einde doordat de Sahara sterk verdroogde. De gordel met savannes schoof ruim vijfhonderd kilometer zuidwaarts en het vee volgde deze beweging. Als gevolg hiervan migreerden de nomaden mee en de Centrale Sahara werd onbewoonbaar. De huidige Sahel is het meest noordelijke gebied dat met een nomadisch bestaan bewoond kan worden. Zonder haar levensstijl te hoeven aanpassen had de nomadische bevolking van de Sahara een gemakkelijk antwoord op het steeds droger wordende klimaat.

In Mesopotamië was de situatie weer heel anders. De smeltende ijskappen aan het eind van de laatste ijstijd deden de zeespiegel wereldwijd 120 meter stijgen. De bodem van de huidige Perzische Golf, die maximaal slechts 80 meter diep is, was gedurende de laatste ijstijd droog en ongetwijfeld bewoond. De snel stijgende zeespiegel tussen 12.000 en 7000 jaar geleden deed de bevolking gedurende enkele duizenden jaren voortdurend vluchten voor het rijzende water. Het huidige Mesopotamië ontwikkelde zich tot een uitgestrekt gebied van moerassen en overstromingsvlakten. De jaarlijkse overstromingen vormden een bron van nutriënten en de landbouw kon zich enorm uitbreiden. Zo ontstond er in het begin van het Holoceen een stabiel agrarisch draagvlak dat de ontwikkeling van grote bewoningscentra toeliet.



Calakmul: panorama vanaf de piramide over het regenwoud. Het mozaïek van altijd groene en loof verliezende bomen laat zien dat het klimaat hier sterke droge seizoenen kent.

Maar zo'n 5000 jaar geleden begon ook in Mesopotamië het klimaat steeds droger te worden; de voedselproductie nam af. De El Ashad is de belangrijkste rivier die het water uit Mesopotamië afvoert. Deze rivier had gedurende de voorgaande millennia veel sediment in zijn rivierdal afgezet, en klom zelfs iets boven het oppervlak van het volgesedimenteerde dal uit. De El Ashad zal van tijd tot tijd van nature ver buiten zijn rivierbedding zijn getreden en zulke voorvallen zullen de mensen aan het denken hebben gezet. Door technieken te ontwikkelen waarmee overstromingen gereguleerd konden worden, werd feitelijk de irrigatie ontwikkeld. De hoog liggende rivieren bleken een oplossing te bieden om de verdroging het hoofd te bieden en de agrarische productie in stand te houden.

Samenvattend zien we dus drie verschillende reacties op klimatologische verdroging. In Mesopotamië werd de heersende landbouwpraktijk op een innovatieve wijze aangepast en daardoor kon de bevolking in hetzelfde gebied blijven leven. De landbouw was in staat een groot aantal mensen te voeden, inclusief het volk dat door het onder water lopen van de Perzische Golf zijn leefgebied moest verlaten. Er ontstond weinig culturele schade in het huidige Mesopotamië; het heeft dus een aaneengesloten ontwikkeling doorgemaakt. Dit in tegenstelling tot het gebied dan nu de bodem van de Perzische Golf is: daar moeten nog vele verdrinken steden op de bodem van de zee liggen.

In het gebied van de Sahara migreerde de nomadisch levende bevolking naar nieuwe, zuidelijker gelegen gebieden waar hun vee kon overleven. Bij klimaatverandering heeft een nomadisch levende gemeenschap een eenvoudig antwoord. Een vaste woonplaats heeft voordelen voor de voedselproductie, de vorming van steden en de culturele ontwikkeling in het algemeen, maar grote nadelen bij aanzienlijke klimaatverandering. De Europese volkeren hebben laten zien dat kleinere klimaatveranderingen, zoals die tijdens de warme Middeleeuwen en de koude Kleine IJstijd, geen probleem hoeven te vormen om zich te handhaven in een gebied.

De Mayabescheving in Yucatan zag de voedselproblemen al maar toenemen en had geen afdoende antwoord op de steeds terugkerende droogtes. Verder valt in het Caraïbisch Gebied op dat periodes van grote droogte enkele jaren aanhielden en zich tussen 700 en 950 van onze jaartelling om de veertig tot vijftig jaar herhaalden. Of dit een uniek kenmerk is

van het lot van de Maya's, is nog onduidelijk. Voor de Sahara en Mesopotamië zijn nog niet zulke gedetailleerde klimaatreconstructies beschikbaar als voor het Caraïbisch Gebied.

Conclusies

Paleo-ecologisch en paleoklimatologisch onderzoek vormt een referentiekader dat ons helpt om de huidige veranderingen in milieu en klimaat van een duiding te voorzien. Afgezien van de effecten van de hoge CO₂-emissies en de uitgestrekte cultuurlandschappen die vrijwel alle ecosystemen van de wereld hebben vernnipperd, is *global change* van alle tijden. Onze moderne cultuur moet leren om te gaan met verandering van milieu en klimaat. In dit kader is het zogenaamde *climate proof* maken van Nederland dus een heel zinnige opdracht. De IPCC-rapporten proberen vooral te laten zien welke effecten door toedoen van de mens optreden. Deze anthropogene effecten staan boven op de natuurlijke veranderingen.

Merkwaardig genoeg is er in de afgelopen decennia weinig aandacht besteed aan onderzoek naar de natuurlijke klimaatvariabiliteit van de afgelopen millennia. Onderzoek naar klimaatveranderingen tijdens de ijstijden werd veel interessanter gevonden, zowel door onderzoekers als hun financiers. Er moet een grote inhaalslag worden gemaakt om de natuurlijke variabiliteit van milieu en klimaat beter te leren kennen.

De dwaling van de zogenaamde hockeystick-curve die de klimaatverandering tijdens de laatste duizend jaar zou weergeven, illustreert heel mooi het onbegrip van ons klimaatverleden. Alleen met voldoende kennis van natuurlijke klimaatvariabiliteit kunnen we een schatting maken van de relevantie van door de mens veroorzaakte verstoringen, en de beste manier vinden om een maatschappij *climate proof* te maken.

Literatuur

- Brenner, M., Hodell, D.A., Curtis, J.H., Rosenmeier, M.F., Binford, M.W., Abbott, M.B. (2001). Abrupt climate change and Pre-Columbian cultural collapse. In: Markgraf, V. (ed.). Interhemispheric climate linkages. Academic Press, San Diego, pp. 87-103.
- Brenner, M., Rosenmeier, M.F., Hodell, D.A., Curtis, J.H. (2002). Paleolimnology of the Maya Lowlands. *Ancient Mesoamerica* 13, 141-157.
- DeMenocal, P.B. (2001). Cultural responses to climate change during the late Holocene. *Science* 292, 667-673.
- Hodell, D.A., Brenner, M., Curtis, J.H. (2005). Terminal Classic drought in the northern Maya lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichincanab (Mexico). *Quaternary Science Reviews* 24, 1413-1427.
- Kennett, D.J. & Kennett, J.P. (2006). Early state formation in southern Mesopotamia: sea levels, shorelines, and climate change. *Journal of Island & Coastal Archaeology* 1, 67-99.
- Leyden, B.W. (2002). Pollen evidence for climatic variability and cultural disturbance in the Maya Lowlands. *Ancient Mesoamerica* 13, 85-101.
- Peterson, L.C., Haug, G.H. (2005). Climate and the collapse of the Maya civilization. *American Scientist* 93, 322-329.
- Ruddiman, W.F. (2005). *Plows, plagues and petroleum*. Princeton University Press, USA.

Dr. H. Hooghiemstra is als hoogleraar paleo-ecologie, paleoklimatologie en Global Change studies verbonden aan het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED) van de Universiteit van Amsterdam.