
Boeken

Modeling orbital induced variations in circum-Mediterranean climate

door Erik Tuenter

Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht, 2004, pbk, 148 pag, ISBN 90-6464-855-7.

Sapropelen («Faulschlamm», in het Duits) zijn modders met veel organisch materiaal, die we op de bodem van meren, zeeën en oceanen kunnen vinden. Ze ontstaan onder anaërobe omstandigheden, dus meestal in de diepzee, en komen zoals gemeld meestal onder water voor, doch door tektoniek zijn ze ook boven de zeespiegel te bewonderen, bijvoorbeeld in de heuvels van Zuid-Italië of in Griekenland.

De modderafzettingen komen tot stand door veranderingen in het Mediterrane klimaat. De laatste sapropeel ontstond circa achtduizend jaar geleden. De sapropelen konden worden gevormd omdat er onder invloed van veranderingen 'in de stand van de zon' (lees: *de aarde*) met tussenpozen van 20.000 jaar sprake is geweest van een zeer nat klimaat in het Middellandse Zeegebied. Gevolg daarvan was dat er relatief veel zoet water en voedingsstoffen in zee terecht kwamen, wat de algengroei stimuleerde. De toename van de zoetwaterinflux veroorzaakte daarnaast veranderingen in de circulatie van de Middellandse Zee, waardoor anaërobe omstandigheden werden gesti-

muleerd. Het afsterven van de algenmassa zorgde vervolgens voor de vorming van de sapropelen, zo luidt de theorie. De grote hoeveelheden pyriet en sporenmatalen van onder meer cadmium, nikkel en molybdeen laten soms zien dat bijna al het water met zwavelwaterstof was vergiftigd. Deze stoffen slaan namelijk neer door een chemische reactie met H_2S . Vijf jaar geleden stond er een artikel in *Nature* dat meldde dat de Middellandse Zee tussen twee en drie miljoen jaar gelden zelfs regelmatig vergiftigd is geweest.

Sapropelen vinden we veelal in een opeenvolging met mergels, waarbij de afwisseling een afspiegeling is van omstandigheden die wel of niet gunstig waren voor het ontstaan van de sapropelen. Stilstaand water is gunstig. Er wordt hierbij veelal een verband met het klimaat verondersteld, want een verandering in klimaat geeft een verandering in de hoeveelheden afstromend water, zoals we inmiddels weten. Meer zoet water leidt tot een grotere influx van organisch materiaal, maar ook tot relatief lichter zeewater, waardoor er minder zuurstofrijk water naar grotere diepten gaat. Beide zijn gunstig voor de vorming van sapropelen.

Koude klimaatsomstandigheden zorgen voor een neerwaartse waterstroming, hetgeen ongunstig is voor de vorming van sapropelen. Verder wordt ervan uitgegaan dat er een astronomische oorzaak is voor de veranderingen in het Afrikaanse klimaat, die op hun beurt weer zorgen voor veranderingen in de afvoer van de Nijl, hetwelk weer leidt tot een veranderde aanvoer van zoet water in de Middellandse Zee, als gevolg waarvan er wel of geen sapropelen worden gevormd. In het kort luidt de vraag: hangt de stand van de aardas samen met de opeenvolging van donkere en lichte lagen in de pliocene en pleistocene afzettingen zoals we deze in Zuid-Italië kunnen aantreffen, en, zo ja, hoe?

Het aardige is dat voor de beantwoording

van deze vraag diverse vakgebieden door elkaar lopen: geologie, paleoklimatologie, oceanografie en hydrologie.

Erik Tuenter heeft dit onderzocht, maar begint zijn proefschrift ongeveer aan de andere kant, namelijk bij de bewegingen die binnen de Wetten van Kepler en Newton zorgen voor het heen- en weerflieberen van de Kreefts- en de Steenbokkeerkring. Met een klimaatmodel is het effect van precessie en obliquiteit op de moesson in Afrika onderzocht. Even ter herinnering: precessie is de draaiing van de aardas en obliquiteit is de hoek van de aardas. We spreken van een precessieminimum als de aarde het dichtst bij de zon is. Denkt u aan een tol en het draait u voor de ogen. Welnu, uit het model komt dat tijdens een precessieminimum én tijdens een obliquiteitsmaximum de moesson sterker en noordelijker is dan tijdens de respectievelijke maxima en minima. Tuenter verklaart dit uitgebreid aan de hand van instraling, luchtstromen en vochttransporten vanaf de Atlantische Oceaan en uit Europa.

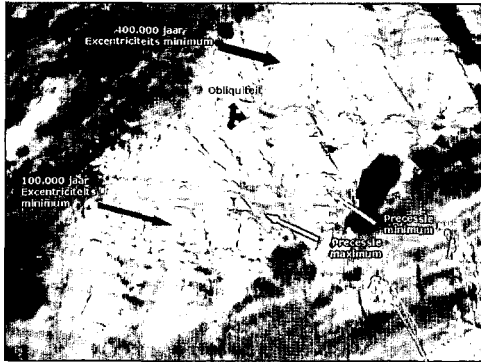
Nu wil het geval dat de laatste bestudeerde sapropeel vrij nauwkeurig op een ouderdom van 7.000–10.000 jaar kon worden geschat. (Het meest recente deel van de sapropeel is 7.000 jaar oud.) Dit is gemiddeld zo'n 3000 jaar na het precessieminimum. Ergo, het systeem lijkt achter te lopen. De vraag is of dit in het algemeen zo is, of dat dit alleen voor de laatste sapropeel geldt. De oplossing wordt wederom gezocht in een klimaatmodel, waaruit volgt dat er geen faseverschillen in de afvoer (neerslag) worden gevonden, noch door precessie, noch door verandering in obliquiteit. Wel wordt er een faseverschil van 1000–5000 jaar gevonden voor de wintertemperatuur boven Amerika: deze loopt achter, wat van invloed zou kunnen zijn op de circulatie van het Atlantische oceaanoewater. Kouder water is namelijk meestal zwaarder en zinkt. Tuenter oppert dat een zelfde mechanisme voor

de Middellandse Zee actief zou kunnen zijn geweest.

Vervolgens zijn de astronomisch gestuurde klimaatveranderingen in Europa bestudeerd. De verandering van de neerslag is in het najaar het sterkst, met een sterke neerslag tijdens een precessieminimum en een obliquiteitsmaximum.

Pollen in meerafzettingen in Griekenland vormen het volgende onderwerp van studie. Aan de hand van aantallen en soorten pollen kan iets worden gezegd over de hoeveelheid neerslag. Ook hier zien we een sterkere neerslag in het najaar en de winter tijdens een precessieminimum. De pollengegevens zijn helaas van een te korte periode om iets zinnigs te kunnen zeggen over een effect van obliquiteit.

De laatste vraag die nu beantwoord wil worden, is het effect van astronomisch gestuurde signalen op de circulatie van de Middellandse Zee. Zowel de Golf van Lyon als de Adriatische Zee zijn hierbij van belang, omdat daar diep water wordt gevormd, wat wil zeggen dat er daar een neerwaartse stroming is. Voor de vorming van sapropelen is van belang dat er geen verversing van water is, dus geen diepwatervorming. Twee situaties kunnen hiervoor zorgen: toename van Nijlafvoer (uit het zuiden) en toename van de najaarsneerslag boven de Middellandse Zee ('het noorden'). In beide gevallen wordt meer zoet water aangevoerd. Zoet water is lichter, en dus is er minder neerwaartse stroming, neemt de circulatie af en rot de zeebodem weg. Tuenters onderzoek levert op dat de Nijl slechts het oosten van de Middellandse Zee verzoet; maar dat is niet interessant, want daar is geen neerwaartse stroming. Blijft over het water uit het noorden, dat alleen voor verzoeting bij de mondingen zorgt. Dit is evenwel dicht in de buurt van de locaties waar het water neerwaarts stroomt, en kan wellicht zorgen voor het stoppen van de neerwaartse stroming.



Ruim 9 miljoen jaar oude sapropelen op Sicilië.
(Foto uit het proefschrift.)

Samenvattend is er volgens Tuenter geen afdoende verklaring voor het faseverschil tussen het laatste precessieminimum en de meest recente sapropeel. Het is niet duidelijk of de andere sapropelen ook uit fasen lopen. Simulaties van riverafvoeren laten zien dat niet de Nijl maar het water uit het noorden van invloed is op de vorming van sapropelen. Dit is in tegenstelling tot de meest geaccepteerde hypothese, zo sluit het proefschrift af.

Michael van der Valk

Propagation of Droughts Through Groundwater Systems, illustrated in the Pang (UK) and Upper-Gudiana (ES) catchments

door Elisabeth Peters, 2002, proefschrift Wageningen Universiteit, Wageningen.

Je staat er niet vaak bij stil, maar in economische zin is droogte één van de kostbaarste catastrofes ter wereld. Aan de VS, bijvoorbeeld, brengt droogte meer schade toe dan overstromingen of hurricanes. Het zou me niet verbazen als ook bij ons droogteschade – over een wat langere termijn beschouwd – de kosten van overstromingen overtreft. Maar droogte is niet mediageniek. Het komt sluipend. Het is een fenomeen dat ook niet zo gemakkelijk te definiëren is.

Voor een wandelaar die zich afvraagt of hij zijn paraplu thuis kan laten is droogte heel iets anders dan, zeg, voor een tuinder. Iemand die voor zijn drinkwater van een gegraven put afhankelijk is ervaart droogte als de grondwaterspiegel beneden de putbodem zakt. Voor aquatisch leven is droogte een ramp als een rivier opdroogt. Een beheerder van een waterreservoir maakt zich pas zorgen als zijn reservoir dreigt leeg te raken. Maar ook al komt droogte in soorten en maten, hij is altijd terug te voeren op de statistiek van de meteorologische tijdreeksen. Net zoals regenbuien te volgen zijn op hun weg door het hydrologische systeem, zo is ook een droogte te volgen.

Het is alweer een poosje geleden, maar op 2 december 2003 promoveerde Elisabeth Peters in Wageningen bij professor Reinder Feddes op het proefschrift 'Propagation of Drought Through Groundwater Systems'. Dr. Henny van Lanen was haar copromotor. Zoals de titel van haar proefschrift aangeeft heeft Lies Peters vooral gekeken naar de voortplanting van droogten in grondwatersystemen; een aspect dat in het wetenschappelijke droogteonderzoek tot nu toe onderbelicht is gebleven. Tijdens de reis van het maaiveld naar het uitstroompunt van een afwateringsgebied veranderen de statische kenmerken van een droogte. Die veranderingen worden bepaald door de hydrologische eigenschappen van het systeem, en ze kunnen dus vanuit die optiek bestudeerd worden. Zo'n studie begint met een criterium voor droogte. Het moet een criterium zijn dat op zowel neerslag (m/d) als grondwater (m) als beekafvoer (m³/d) van toepassing is, want dat is de transformatie die een droogte ondergaat als hij zich door een grondwatersysteem voortplant. Het criterium dat Peters introduceert is niet moeilijk, maar het is haast ondoenlijk om het uit te leggen zonder een plaatje, dus tegen het gebruik in neem ik in deze boekbespreking een grafiek op (figuur 1).