Verdronken steden in een oude Nijldelta:

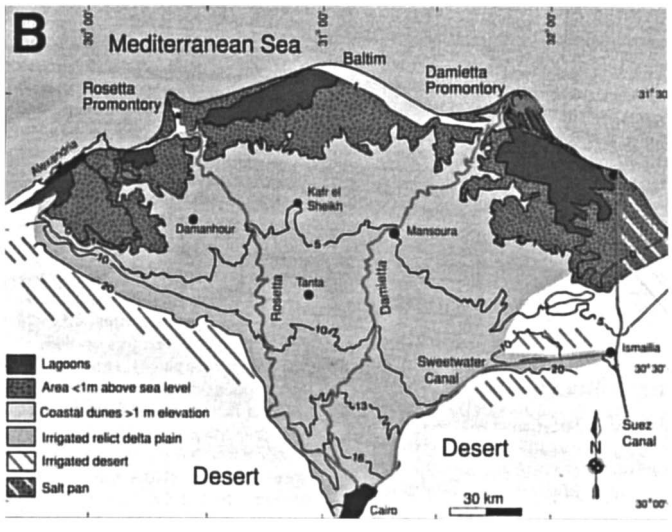
Resten van oude beschaving weer boven water

door Lydia Marschall-Wesselingh

Er bestond al lang het vermoeden dat er iets begraven moest liggen in de Baai van Abu Qir, in de monding van de Nijl – in 1899 werd al melding gemaakt van opgedoken goudstukken. Maar pas in de jaren '90 van de vorige eeuw werd een serieus begin gemaakt met het bestuderen van de ondergrond van de baai. Een team van duikers en archeologen onder leiding van Franck Goddio van het Institut Européen d'archéologie sous-marine, is daar in 1996 gaan werken. In 1990 en 2000 werd er uitgebreid geofysisch onderzoek gedaan. Hierbij kwamen zeer duidelijke anomalieën te voorschijn. Dit artikel gaat over de vorming van de Nijldelta en het drama van deze steden, ooit gebouwd in die delta en nu erin begraven, soms zelfs onder de sedimenten waarop ze ooit stonden.

Inleiding

De moderne Nijldelta is van Holocene ouderdom en ontstond ongeveer 8000 jaar geleden. De deltavlakte is 22.000 km² groot en wordt in het noorden begrensd door een door golfslag uitgesleten kust van ongeveer 225 km lang. De delta is van zijn apex bij Cairo tot aan de kust 160 km lang. De hoogte is 18 meter bij Cairo tot 1 meter of minder langs de kust. De Nijl is 6690 km lang en draineert een bekken van 2.880.000 km². De delta wordt



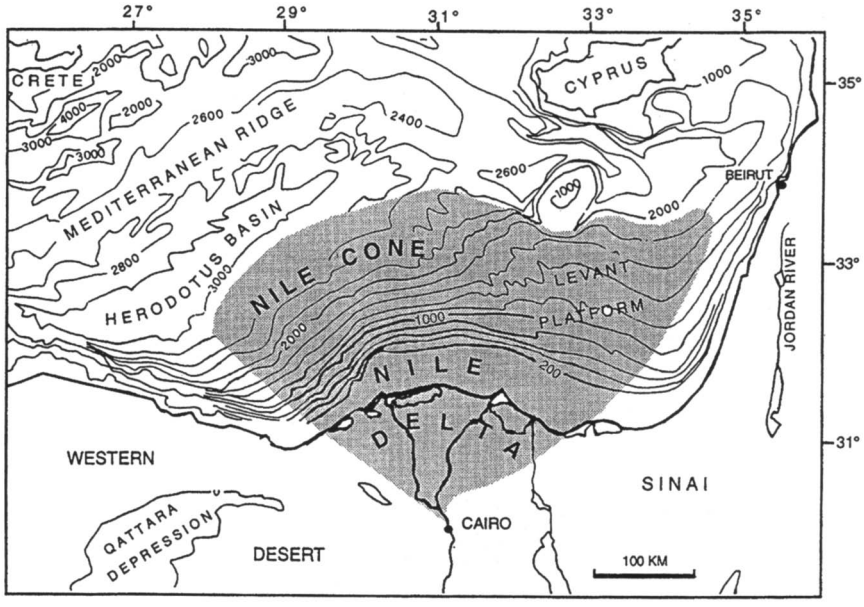
Afb. 1. De geografie van de Nijldelta met hoogtecontouren in meters (naar Stanley en Warne, 1998).

in het westen en oosten omgeven door woestijnen (afb. 1).
De delta was tot een 150 jaar geleden een actieve prograderende delta – de delta bouwde zich in de Middellandse Zee uit. Door de populatiedruk is hij nu in een destructieve fase geraakt. De Egyptische bevolking is in de laatste 100 jaar gegroeid van 10 miljoen tot bijna 65 miljoen, en zal naar verwacht in 2010 de 85 miljoen bereiken. Meer dan 90% van deze bevolking woont bij, of is afhankelijk van, de Nijl en haar delta. Deze delta omvat minder dan 5% van het totale landoppervlak van Egypte. Ongeveer 40 miljoen mensen wonen er. De bouw van de Aswandam (in 1968 in gebruik gesteld) heeft geleid tot een duidelijke vermindering van de hoeveelheid door de Nijl vervoerd water en sediment. Veel van het Nijlwater stroomt nu over de Zuid-Sudanese vlaktes, waar vruchtbare moerassen ontstaan. Dit is een van de oorzaken van de conflicten daar.

De geschiedenis van de Nijl

De geschiedenis van de Nijl gaat zo'n 6 miljoen jaar terug. Hij begint in het Messinien (eind Mioceen) toen de Middellandse Zee door de afsluiting van de verbinding met de Atlantische Oceaan een uitdrogend bekken werd, waarin zich omvangrijke zoutlagen vormden. De diepte van het bekken was maximaal 3000 meter onder zeeniveau. Voor het oostelijk deel wordt gerekend met een maximale diepte van 1500 meter.
De Eonijl, die ontsprong in het Afrikaanse merendistrict, sleet in die periode een diepe N-Z-lopende canyon in de onderliggende lagen uit. De verbinding tussen de Middellandse Zee en de Atlantische Oceaan herstelde zich 5,4 miljoen jaar geleden en het water bleef rijzen gedurende de volgende 2,1 miljoen jaar. De Nijl vormde een groot estuarium. In de daarop volgende 1,5 miljoen jaar (het Plioceen) stroomden rivieren door dit esturarium en vulden het met sediment. In de miljoen jaar daarna (1,8 miljoen tot 800.000 jaar geleden) veranderde Egypte in een woestijn: de rivier droogde op. Pas 800.000 jaar geleden ontstond er weer een rivierverbinding tussen het centrale Afrikaanse continent en de Middellandse Zee. Deze Paleonijl vervoerde immense hoeveelheden sediment naar de zee, die in een grote waaiervorm werden afgezet. De hoeveelheid sediment die door deze rivier werd meegevoerd is veel meer dan wat de huidige Nijl ooit meegenomen heeft. Toch werd ook in het Pleistoceen nog een pakket van 700 meter aan deltaïsche sedimenten in de Nijlwaaier afgezet. Deze Nijlwaaier was toen een 500 km breed en 800 km lang en was daarmee vele malen groter dan wat we nu als Nijldelta kennen (afb. 2). De totale dikte van de onder de Holocene Nijldelta liggende sedimenten, afgezet door deze verschillende pre-Nijlstadia, beloopt een 3000 meter.

Van ongeveer 35.000 tot 18.000 jaar geleden was het gebied van de huidige delta een alluviale vlakte waarin het water seizoensgebonden via een vlechtend riviersysteem naar zee stroomde. Gedurende perioden van lage zeestanden schoof de kust wel tot 50 km noordwaarts. In het westen van de delta werden in een over het algemeen droog klimaat kalkrijke woestijnzanden en sabkha-modders afgezet. Tijdens de afwisselende mariene periodes vond afzetting plaats van schelprijke strandzanden. Gedurende de laatste ijstijd stond een deel van deze sedimenten weer aan erosie en omwerking bloot.
Aan het eind van deze laatste ijstijd, zo'n 18.000 jaar geleden, begon het zeeniveau wereldwijd zeer snel te stijgen. Dit duurde tot een 10.000 jaar geleden. Daarna steeg het water nog wel, maar minder snel. Omstreeks 7500 jaar geleden werd het huidige zeeniveau bereikt. Het moment waarop dit regionaal precies plaatsvond, hield verband met isostatische veranderingen (dat wil zeggen het omhoog komen van de aardkorst als het landijs zich teruggetrokken heeft en er geen ijs meer op de bodem drukt). Globaal gezien begon in de periode van 10.000 tot 5000 jaar geleden de vorming van delta's wereldwijd (afb.3). Voor de Rijndelta bijvoorbeeld lopen de getallen uiteen van 7000 tot 8000 jaar geleden, voor de Mississippi is dat rond de 8000 jaar geleden, voor de Yangtze liggen de cijfers op 8320 ± 170 en 7370 ± 140 jaar geleden. De huidige Nijldelta begon zich volgens koolstof-14-dateringen ruim 8000 jaar geleden te vormen (8140 ± 130 jaar volgens Stanley en Warne).

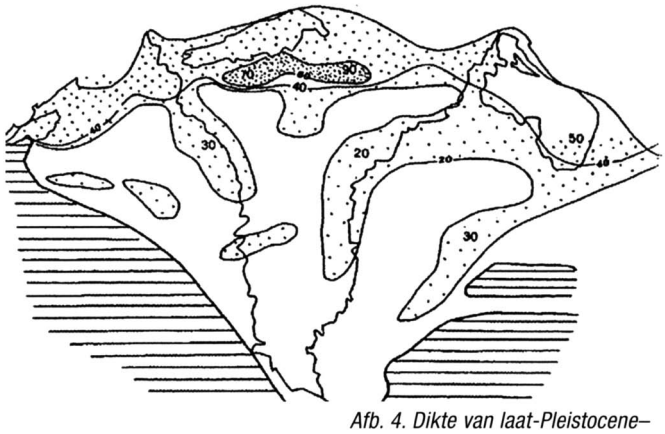


Afb. 2. Het zuidoostelijk deel van de Middellandse Zee (contouren in meters). De grijze zone toont de Nijldelta en haar onderwatervoortzetting, het continentale Nijlplat en de Nijl afzettingskegel (naar Stanley en Warne, 1998).

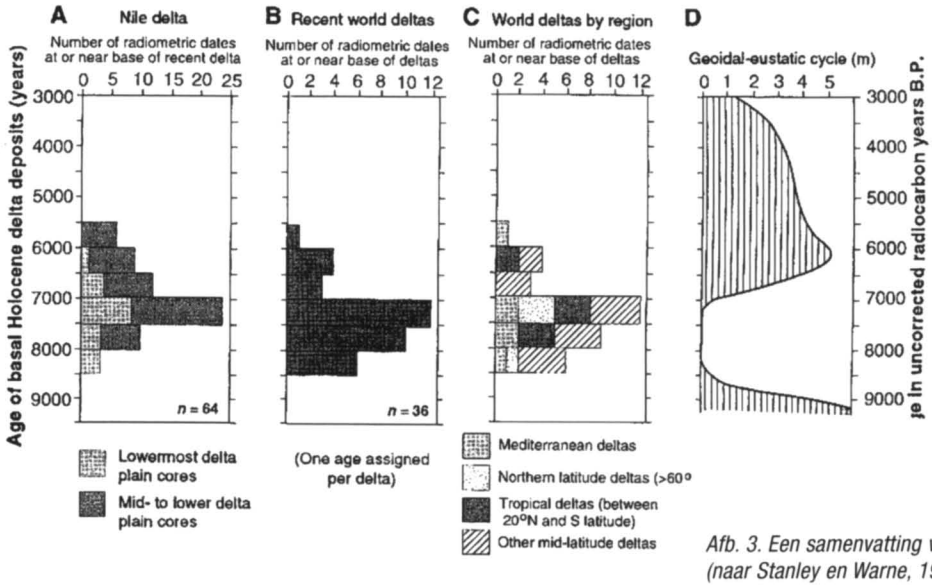
Het Holoceen

In het Holoceen begint dus de huidige Nijldelta-fase. De dikte van het Holocene pakket aan deltaïsche sedimenten is 10 tot 50 meter. Deze zijn afgezet bovenop de Pleistocene kalken, waarvan het oppervlak gedurende de ijstijden aan erosie heeft blootgestaan. Deze kalksteenformatie, die op de seismische secties een zeer duidelijke reflector is, is doortrokken van een breukpatroon. De dikte van het Holocene pakket neemt toe in noordelijke richting naar de kust en wordt bepaald door de bodemdaling in het deltagebied (afb. 4).
De Nijl kende meerdere takken die door de tijd in belangrijkheid gewisseld hebben. Vijfentwintighonderd jaar gelden stroomde het meeste water door de Canopische tak in het westen en door de centrale Sebennytische tak. De Rosetta- en Damiëtta-takken, die nu belangrijk zijn, waren toen nog slechts onbelangrijke kanalen.
De Canopische tak stroomde uit in wat nu de Baai van Abu Qir is (net ten oosten van Alexandrië). In deze historische baai waar Nelson in 1798 de Franse vloot versloeg (nadat Napoleon overigens zijn troepen al aan land had) en waar in 1799 de Fransen op hun beurt de Ottomanen versloegen, zijn ruïnes gevonden van oude Grieks-Egyptische steden. In 1934 werd daar al melding van gemaakt door Omar Toussoun in het Bulletin de la Societé Royale d'archéologie, Alexandrië.

Deze steden, Herakleion (Thonis bij de Egyptenaren) en Canopus (afb. 5), werden gesticht omstreeks zes eeuwen voor onze jaartelling als navigatiecentra langs de mondingen van de belangrijke Canopische Nijl. Herodotus beschreef Herakleion ook al een 2450 jaar geleden als een stad gebouwd op laagliggende eilandjes. Het waren belangrijke doorvoerhavens voor de handel van de Grieken met de Egyptenaren. De goederen werden vandaar verder vervoerd naar de belangrijke Griekse handelspost Naukratis, die ten opzichte van de huidige kustlijn ongeveer 55 km naar het binnenland lag. De recente kustlijn ligt weer 5 km zuidelijker dan 2000 jaar geleden. De steden lagen toen tot 2 meter boven het zeeniveau. Nu liggen ze in waterdieptes van 5 tot 7 meter. Een totale daling dus van gemiddeld 8 meter. Hiervan kan 4 tot 5 meter worden toegeschreven aan geleidelijke bodemdaling in het gebied; de overige 3 tot 4 meter worden toegeschreven aan het bezwijken van de ongeconsolideerde sedimenten waarop alles gebouwd was. Geschiedkundige documentatie tezamen met archeologische informatie geeft aan dat Herakleion een belangrijke stad geweest is van omstreeks de zesde eeuw voor onze jaartelling tot

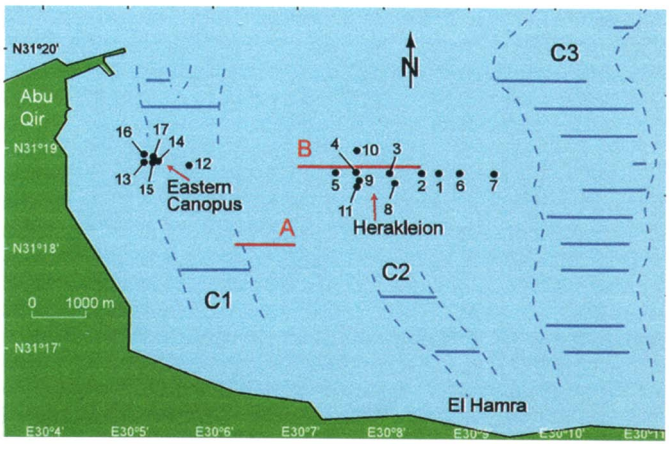


Afb. 4. Dikte van laat-Pleistocene–Holocene afzettingen (na 8000 BP) als graadmeter van geologische bodemdaling (diktes in meters) (naar Sestini, 1989).



Afb. 3. Een samenvatting van ouderdomsgegevens van 36 Holocene delta's (naar Stanley en Warne, 1994).

Afb. 5. De Baai van Abu Qir met Herakleion en Canopus met de huidige kustlijn (naar Herold, 2001).



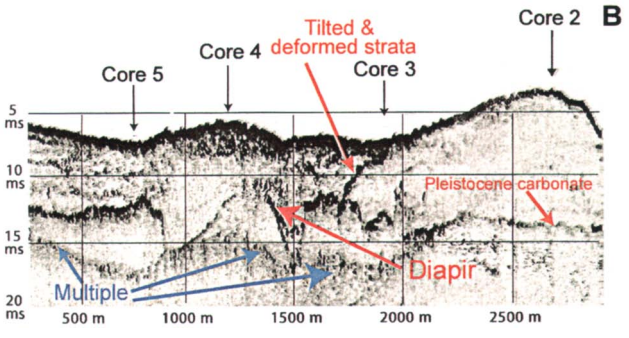
Afb. 6. Overzicht van het geofysische onderzoek dat uitgevoerd is in de Baai van Abu Qir (naar Stanley et al., 2004).

de eerste eeuw erna. Oost-Canopus, die jonger was dan Herakleion, verdween kort na de Arabische verovering van dit gebied (in de 7e eeuw na Christus). Beide steden verdwenen geheel in de 8e eeuw, maar al eerder, aan het eind van de 2e eeuw, begon de Canopische Nijl zich te verplaatsen. Seismisch onderzoek heeft twee oudere takken aangetoond die respectievelijk naar Herakleion en Canopus stroomden, en een jongere tak meer naar het oosten. De Rosetta- en Damiëtta-takken werden de belangrijkste en zijn dat nog steeds. In Canopus stond volgens Sophronius van Jeruzalem aan het begin van de 7e eeuw nog een tempel gewijd aan Christelijke Evangelisten; deze tempel stond op het strand met de funderingen in zee. In Arabische annalen wordt ook nog in 731 en 724-743 melding van de tempel gemaakt. Gedateerde goudstukken op die plaats gevonden, geven aan dat de uiteindelijke vernietiging en overstroming van de tempels in het midden van de 8e eeuw na Christus heeft plaatsgevonden.
In dit gebied is in 1999 en 2000 veel geofysisch onderzoek gedaan door het team van Franck Goddio en Jean Daniel Stanley (afb. 6). De gebruikte methodes zijn sidescan sonar, nucleaire resonantie magnetometrie en hoge resolutie seismiek. Ook zijn er kernen geboord. Op basis van al die gegevens kon daarna door duikers gericht worden gezocht.

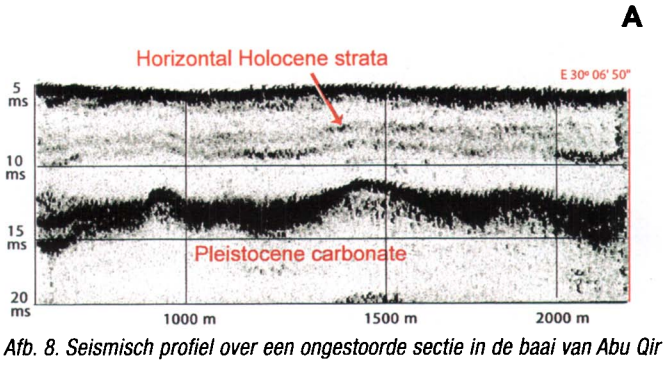
Het einde van deze steden

Zoals hiervoor gemeld, is uit gegevens van bodemdaling en zeespiegelstijging berekend dat de ruïnes onder water een paar meter dieper liggen dan ze zouden moeten liggen indien het een kwestie van langzaam wegzakken was geweest. Ook is gevonden dat alle gebouwen omgevallen zijn.

Uit dit seismische onderzoek (de zogenaamde hoge-resonantie seismiek) blijkt dat de Holocene sedimenten onder Herakleion en Oost-Canopus zeer verstoord zijn (afb. 7): ze zijn gekanteld, en omhoog en/of omlaag gekomen. Er worden groeibreuken gezien, een soort kleine scherpe depressies en er is duidelijk sprake van diapirisme (vloei in het sediment, zoals ook in zoutlagen voorkomt). Hierdoor komen een soort moddervulkaantjes op de zeebodem voor, een fenomeen dat ook waargenomen wordt in de delta van de Missippi heden ten dage. Seismische profielen in de buurt van de steden die er nu zijn, tonen een heel normaal verloop van de sedimentlagen (afb. 8). Ook het onderzoek met een nucleaire resonantie magnetometer (die verschillen in dichtheid in de ondiepe ondergrond meet) toont duidelijke anomalieën over een gebied van ongeveer 1 km² waar de gezonken steden liggen. Deze anomalieën zijn niet zichtbaar op de zeebedding, daar is slechts een vlakke zandbodem te zien. Ook elders in het gebied zijn dergelijke anomalieën niet waargenomen.
Duikers vonden in het verstoorde gebied een V-vormige geul, ongeveer 100 meter lang, ongeveer 5 meter breed aan de bovenkant en 2 meter diep. Nadat zij het zand uit deze geul gehaald hadden, vonden ze een goed gedefinieerde rechte breuk van ongeveer 50 cm diep en breed in de modder op de bodem van de geul. Onderzoek geeft aan dat deze diepe geul (die mogelijk een breukvlak is) kunstmatig was opgevuld met zand. De wanden waren bedekt met matten van zoet- en brakwaterplanten voordat er zand in de geul was gestort. Op de bodem van deze geul werden ook afdrukken van runderhoeven gevonden en beenderen van antilopen.



Afb. 7. Seismisch profiel over Herakleion waar duidelijk te zien is dat de lagen sterk verstoord zijn (Stanley et al., 2004).



Afb. 8. Seismisch profiel over een ongestoorde sectie in de baai van Abu Qir (Stanley et al, 2004).

In het gebied werden 17 sedimentkernen geboord met lengtes van 1.5 tot 5.5 meter. Deze werden bij Herakleion en Oost-Canopus gezet en in niet-verstoorde gebieden. De toplaag van de boorkernen bestaat overal uit een dunne (< 1.0 m) laag van marien zand. Hieronder verschilt het sediment echter sterk tussen de ongestoorde gebieden en de gebieden waar de verzonken steden liggen. Bij de verzonken steden zijn de sedimenten zwaar gestoord met vaak duidelijke verschijnselen van liquefactie (vloeibaar worden van het sediment). De bovenste sedimenten hier hebben ouderdommen van 5000 – 6880

Tentoonstelling: Ägyptens versunkene Schätze

Foto A. Een duiker met het kolossale beeld van de god Hapi (god van de overstroming van de Nijl en de vruchtbaarheid). Het beeld is gevonden in de buurt van de tempel van de verdronken stad Heraklion. Het stamt uit de 4e tot 3e eeuw voor Christus, is 5,40 m hoog (met sokkel) (foto: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn).

De tentoonstelling *'Ägyptens versunkene Schätze'* is na Parijs en Berlijn nu te bewonderen in Bonn. De expositie laat rond de 500 schatten zien uit de verzonken steden Herakleion en Canopus. Voorwerpen die afkomstig zijn uit verschillende musea in Alexandria, maar vooral beelden opgedoken uit de Baai van Abu Qir in de Nijldelta. Er zijn onder andere drie enorme kolossen van roze graniet die de Nijlgod Hapi voorstellen; er is een beeld van een Ptolemeïsche koning en een onbekende Egyptische koningin gekleed als Isis, en er is een zwarte granieten sphinx die Ptolemeus XII voorstelt, de vader van Cleopatra. Voorts zijn er vele andere kleinere objecten uit die tijd tentoongesteld alsmede ook bijvoorbeeld navigatie-instrumenten van de indertijd hier gezonken Napoleontische vloot.
Op een stele (een tablet of pilaar gehouwen uit één stuk steen) uit 380 voor Christus staan in hiëroglyfen zowel als in het Grieks de volgende woorden (foto's A, B, C)

"10% tol wordt door de schatkistambtenaren van Pharao Nektanebos I geheven op goud, zilver, hout en alle andere waren die uit de zee van de Grieken komen en evenzo ook op goederen uit Naukratis".

De tentoonstelling: Ägyptens versunkene Schätze, tot 27 januari 2008 in de Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Informatie: http://www.kah-bonn.de/

Foto B. De stele van Herakleion, met inscripties, wordt van de zeebodem getakeld. De stele is gemaakt in opdracht van farao Nektanebos I (378-362 voor Christus) en is vrijwel identiek aan de stele van Naukratis in het museum van Caïro (foto: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn).

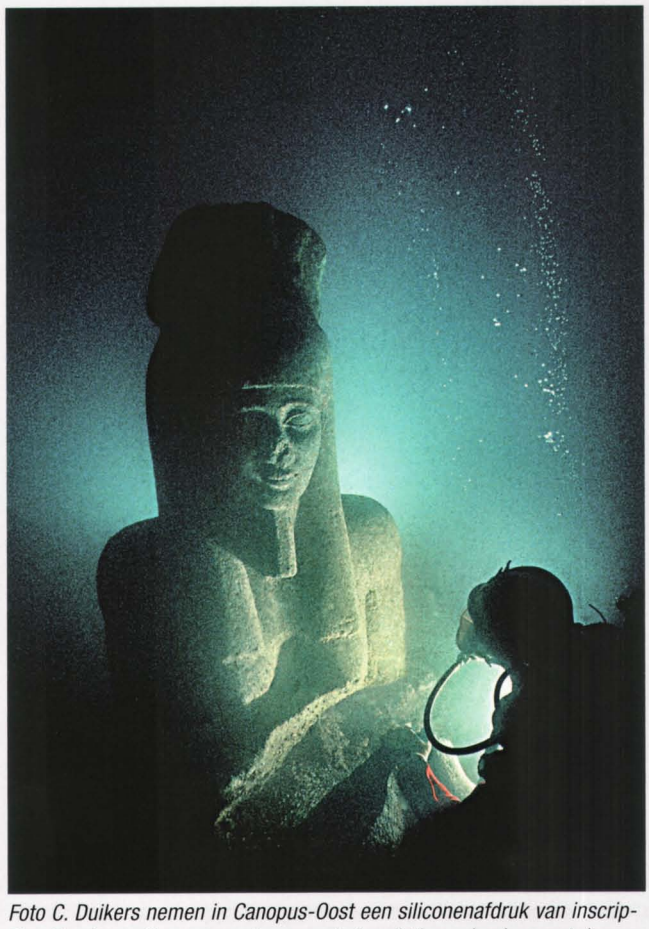


Foto C. Duikers nemen in Canopus-Oost een siliconenafdruk van inscripties. Een laag siliconen worden over de inscripties gelegd en met daarop een plaat lood. Dat wordt aangeklopt met een hamer en vastgemaakt met banden. Na 18 uur is de afdruk klaar (foto: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn).

jaar BP (= before present), terwijl de sedimenten in de niet gestoorde delen op 1980 ± 40 jaar BP komen. Duikers hebben monsters genomen onder en boven de verdronken gebouwen. De monsters onder de gebouwen bestaan uit veen en ander sediment rijk aan organisch materiaal met ouderdommen van ongeveer 2000 en 2250–2360 jaar BP, wat overeenkomt met de ouderdom van deze Griekse nederzettingen. Echter ook in dit geval bleken de ouderdommen van de monsters die boven de structuren genomen zijn veel ouder te zijn (3130–6750 jaar BP). Alles lijkt erop te wijzen, dat de steden niet langzaam, maar vrij plotseling in de diepte zijn verdwenen. Onder de muren van de gebouwen van de verzonken steden zijn niet alleen menselijke skeletten gevonden, maar ook goud, juwelen en andere kostbaarheden, wat erop duidt dat de aardverschuivingen plotseling en onverwacht zijn gekomen. Het is mogelijk dat de vernietiging niet door één grote catastrofe gebeurd is, maar meer geleidelijk door een aantal kleinere. Seismo-archeologische onderzoeken tonen aan dat in de periode van de 4e tot de 6e eeuw na Christus in bepaalde delen van de oostelijke Middellandse Zee een ongebruikelijk aantal destructieve aardbevingen optraden. Deze kunnen ook gevoeld zijn in de baai van Abu Qir en tot sedimentinstorting hebben geleid. Zelfs in Roermond was een aardbeving van kracht 4 voldoende om liquefactie (als een waterverzadigd sediment vloeibaar wordt) in minder geconsolideerde sedimenten te veroorzaken, waardoor sommige huizen braken.

Bekend is, dat in 741-742 na Christus de Nijl extreem hoog heeft gestaan. Mogelijk heeft het water zich een weg naar zee gebaand via oude rivierbeddingen, waarbij de sedimenten onder wat restte van Canopus en Herakleion zo met water verzadigd geraakt zijn, dat de ondergrond het volledig begeven heeft en beide steden in zee zijn verdwenen. Daarbij is nu bekend dat er op 18 januari 746 een zware aardbeving met tsunami in het gebied heeft plaatsgevonden; een ramp die waarschijnlijk de genadeslag was voor wat restte van Herakleion en Canopis.

Ook vandaag de dag bestaan er nog zeer grote steden in kwetsbare deltagebieden, zoals Shanghai , New Orleans en Bangkok. Zal de ondergrond daar bestand zijn tegen de immense structuren die men (vooral in Shanghai) bouwt? In Venetië worden sluizen gebruikt om de waterhuishouding te regelen en de daling tegen te gaan. Hoe lang zal dat helpen?

Literatuur

Said, Rushdi 2002. On the sinking of the ancient cities of Herakleion and East Canopus. ARCE Bulletin 182, spring-summer.
Sestini, G. 1992. Implications of climatic changes for the Nile delta. In: Climatic change and the Mediterranean, edited by L. Jeftic, J.D. Milliman.
Sestini, G. 1989. Nile delta, a review of depostional environments and geological history. Geological Society of London, Special Publications 1989, vol. 41, pp. 99-127.
Stanley D.J. en Warne, A.G. 1994. Worldwide initiation of Holocene marine deltas by deceleration of sea-level rise. Science 265, 8 july.
Stanley, D.J. en Warne, A.G. 1998. Nile Delta in its Destruction Phase. Journal of Coastal Research, Summer 1998, pp. 94-825.
Stanley, J.D., Goddio, F., Jorstad, T.F., Schnepp, G. 2004. Submergence of Ancient Greek Cities Off Egypt's Nile Delta.. GSA Today. 14(1), pp. 4-10 (ook op internet in zijn geheel te lezen).
Stanley, J.D., Goddio, F., Schnepp, G. 2001. Nile flooding sank two ancient cities. Nature, 412, 19 July.
Herold, A. 2001. GEO Magazinnr 01/02 Herakleion: Die Auferstehung der Götter.
Van Loon, A.J. 2002. Hoge waterstand Nijl veroorzaakte ondergang van Herakleion en Canopus. NGV-Geonieuws 15, art. 181.

Websites

http://www.geosociety.org/gsatoday
In archief jaargang 14, no. 1, januari 2004, met volledige tekst met afbeeldingen van artikelen van Stanley, Goddio etc.
http://geo.de/GEO/kultur/geschichte (Herakleion: Die Auferstehung der Gotter)
http://www.diplomatie.gouv.fr/label_france:FRANCE/ART/bref07/ar....
www.franckgoddio.org.
http://weekly.ahram.org.eg
www.underwaterdiscovery.org
Maar ook zoeken Herakleion of Canopus via Google levert veel op.