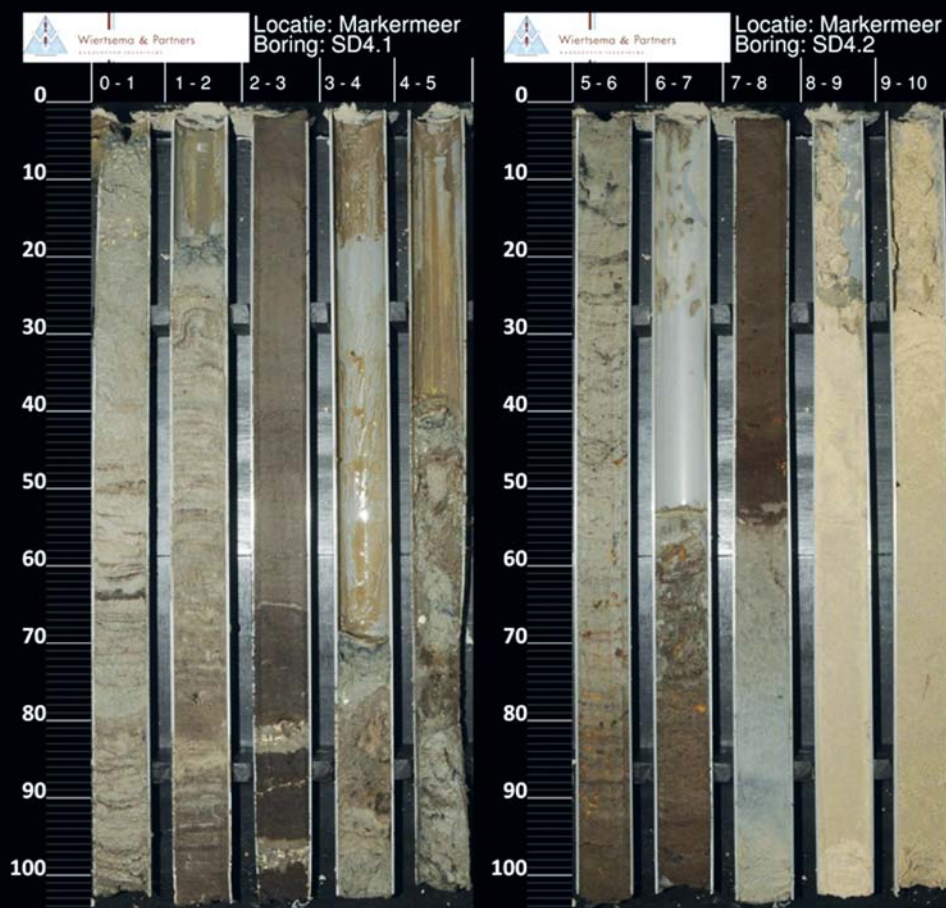


AFBEELDING 1. | Kern SD4.
De kern is opgedeeld in secties van 1 meter. Het diepste gedeelte ligt rechts onderaan (sectie 9-10), de top links bovenaan (sectie 0-1). De verschillende lithologische eenheden, zanden (geel) en organisch rijke delen (donker) zijn goed te onderscheiden. Een onderverdeling in eenheden wordt gegeven in Afbeelding 5. Let op de gedeeltes waarin geen sediment werd bovengedaald.



Sedimentologische en micropaleontologische analyse van Marker Wadden kern SD-4

SIMON TROELSTRA, SILVAIN RUMPING,
SJOERD BOHNCKE †, MAARTEN PRINS
EN KAY BEETS
FACULTEIT AARD- EN LEVENSWETEN-
SCHAPPEN, VRIJE UNIVERSITEIT
AMSTERDAM
S.R.TROELSTRA@VU.NL

De Holocene geschiedenis van het huidige Markermeer ligt keurig opgeslagen in sedimenten. Jaar in jaar uit stapelen zandkorrels, kleideeltjes, plantenresten en skeletjes van organismen zich op en vormen zo een archief van de ontwikkeling van het gebied. Zo kunnen we zien hoe de zeespiegel veranderde, wanneer de zee het gebied binnendrong en of er in het verleden stormen zijn geweest. In dit artikel worden een aantal methoden beschreven waarmee dit archief kan worden ontsloten.

Als voorbeeld is kern SD4 (Afb. 1) genomen, een ongeveer 10 meter lange kern, die in stukken van een meter lengte is opgedeeld. De kern laat een mooie opeenvolging zien van zanden, organisch rijke sedimenten en schelphoudende kleien, ieder representatief voor een stukje geschiedenis. Voor dit onderzoek zijn de meeste eenheden bemonsterd voor analyses van korrelgrootte, kalk- en organisch koolstofgehalte en microflora en -fauna.

De kernen van het Marker Wadden project zijn in eerste instantie genomen om de ondergrond van het Markermeer goed in kaart te brengen, met name de aanwezigheid van zand om de eilanden op te spuiten. Daarna zijn de kernen op hun archeologische waarde onderzocht. Daarmee waren de vooraf gemaakte doelstellingen bereikt. Voor aardwetenschappers zijn deze kernen echter een buitenkansje om meer te weten te komen over de meest recente geschiedenis van de Nederlandse ondergrond. Met dank aan de opdrachtgever Boskalis konden drie kernen worden gebruikt voor geologisch onderzoek.

De langste kernen eindigen in Pleistocene zanden toen de zeespiegel laag stond. Met het verbeteren van het klimaat steeg de zeespiegel en kwam het huidige gebied van het IJsselmeer onder water te staan. Zoutgehaltes fluctueerden met een afwisselend open en gesloten kust. Met de aanleg van de Afsluitdijk werd de brakke Zuiderzee het zoete IJsselmeer. De Houtribdijk, die Lelystad met Enkhuizen verbindt, sloot het Markermeer af van de rest van het IJsselmeer. Dit had grote consequenties voor het

ecosysteem, uiteindelijk resulterend in het Marker Wadden project. Dit project is weer onderdeel van een veel groter plan dat tot doel heeft in het IJsselmeer weer een zoutgradiënt aan te brengen om zo het leefgebied weer gezond te maken. De kernen kunnen helpen de natuurlijke ontwikkeling van ecosystemen gedurende het Holoceen te reconstrueren.

Holocene sedimenten uit de Nederlandse ondergrond bevatten namelijk potentieel een schat aan informatie. Naast de abiotische componenten zoals korrelgrootte en -vorm van de zandfractie en het voorkomen van zware mineralen, bevatten de sedimenten vaak een aantal microfossielgroepen die een gedetailleerde milieu interpretatie mogelijk maken. Plantenresten, zaden en stuifmeelkorrels (pollen) vertellen over de vegetatiegeschiedenis; micro-organismen als foraminiferen (mariene eencelligen die een schaalje van kalk of zand bouwen), ostracoden (microscopisch kleine kreeftjes met kalkschaaltes), diatomeeën (kiezelalgen), micromollusken en stekels van *Echinocardium cordatum*, de zeeklit (zee-egels) vertellen het verhaal van zoet/zout, zuurgraad en transport.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de microfauna en de mollusken wordt verwezen naar het artikel van Troelstra in dit nummer (pagina 135).

Analytische methoden

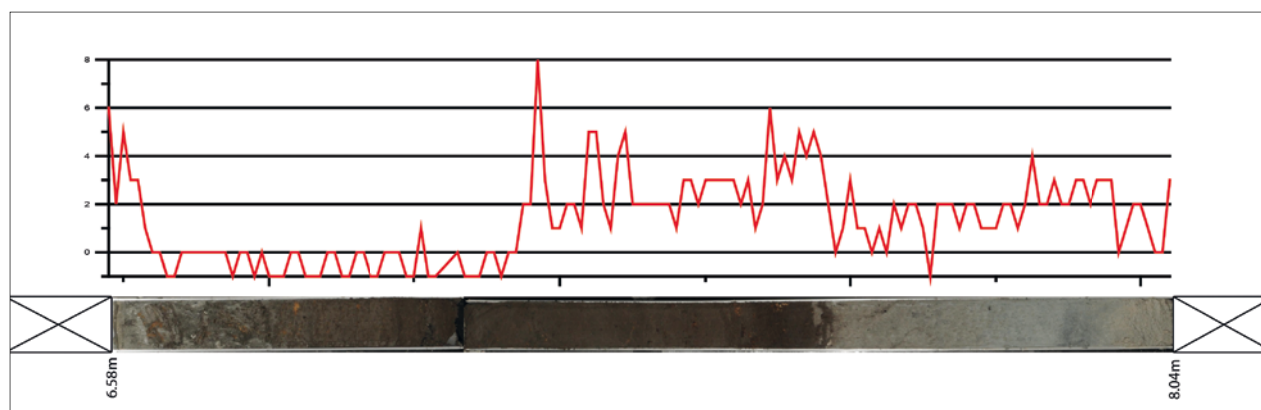
Magnetische susceptibiliteit (Troelstra)

Voorafgaand aan het bemonsteren wordt de kern door een GEOTEK Multi Sensor Core Logger (MSCL) gevoerd. Dit is een apparaat dat de kern op een aantal eigenschappen, in ons geval dichtheid en magnetisch karakter (magnetische susceptibiliteit) onderzoekt, zonder de kern te beschadigen. Zo krijgen we al een eerste beeld van de sedimentaire eenheden; een kleiig sediment heeft bijvoorbeeld een heel andere dichtheid en magnetische eigenschappen dan een zand. Met behulp van het profiel kunnen we lithologische grenzen nauwkeurig bepalen en zo een efficiënt monsterschema opstellen.

Laser Diffractie Analyse (Rumping en Prins)

Om de korrelgrootteverdeling van sedimentmonsters te meten, wordt gebruik gemaakt van laser diffractie analyse. Hierbij wordt de breking van licht gemeten om de korrelgrootte te achterhalen. Om een korrelgroottemeting echter uit te kunnen voeren, moet het sedimentmonster eerst ontdaan zijn van organisch materiaal en carbonaat.

De fijnste organische fractie wordt verwijderd door deze versneld te laten oxideren. Hiervoor wordt zo'n 5 ml 30% H_2O_2 (waterstofperoxide) toegevoegd aan het monster, waarna dit wordt gekookt tot alle overtollige waterstofperoxide eruit is verdamppt. Om te voorkomen dat het monster droog kookt, kan in kleine scheutjes gedemineraliseerd water toegevoegd worden. Na deze behandeling bevat het monstermateriaal mogelijk nog enkele grotere organische fragmenten, denk hierbij aan bijvoorbeeld plantenwortels. Door hun lage soortelijke dichtheid komen deze fragmenten bovendrijven wanneer het monster in water is gedompeld en kunnen ze er voorzichtig uit worden gezeefd.



AFBEELDING 2. | De magnetische susceptibiliteit van het gedeelte 658-804 cm. Het verschil in magnetische eigenschappen bij de lithologische overgangen is goed te zien.



Het overgebleven monstermateriaal wordt hierna nog een keer gekookt met waterstofperoxide.

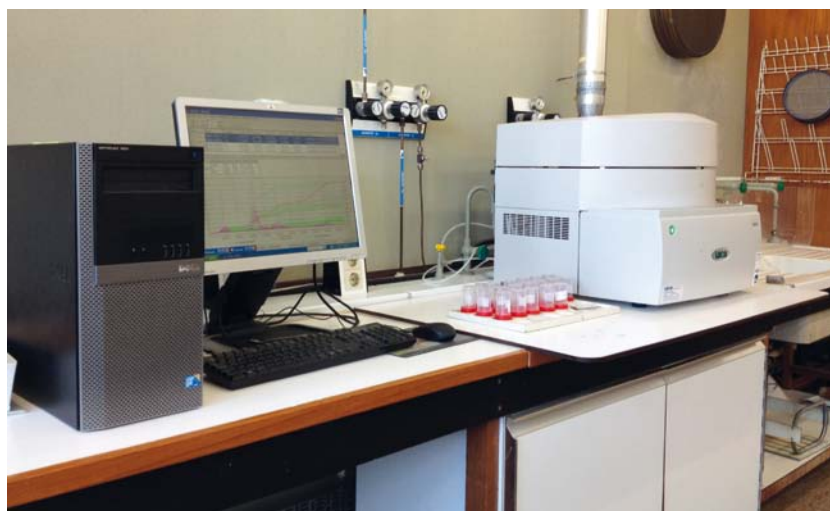
Calciumcarbonaat, meestal in de vorm van schelpfragmenten, wordt vervolgens verwijderd uit het monster door toevoeging van wat zoutzuur en het monster opnieuw te verwarmen tot het kookpunt. De bekerglazen worden hierna aangevuld met demiwater (zo'n 800 ml). Het monstermateriaal kan nu een nacht bezinken, waarna het gros van het water weer voorzichtig kan worden weggepompt. Het monster bevat nu alleen nog klei, silt en zand en is klaar om gemeten te worden. Om te voorkomen dat de kleideeltjes gaan samenklonteren, wordt nog 2 gram natriumpyrofosfaat toegevoegd en het monster een laatste keer verhit.

De korrelgrootteverdeling van het monster wordt gemeten door middel van laser diffractie analyse, waarbij het monster in suspensie wordt gebracht voor een (laser-)lichtbron (Afb. 3). De mate waarin de korrels dit licht verstrooien, staat in directe verhouding tot de korrelgrootte. Een optische sensor meet de verschillende gradaties van lichtbreking, corresponderend met bepaalde korrelgrootten. Zo kan de korrelgrootteverdeling van het gehele monster worden achterhaald.

Thermo-gravimetrische analyse -TGA; gloeiverlies- (Rumping en Beets)
Door een sedimentmonster geleidelijk te verhitten en regelmatig het gloeiverlies (gewichtsverlies door ontwijking van materiaal) te meten, kan worden achter-



AFBEELDING 3. | De Helos Laser, die gebruikt wordt voor de korrelgrootte analyse (zie tekst).



AFBEELDING 4. | Het apparaat dat voor de thermo-gravimetrische analyse (TGA) wordt gebruikt (zie tekst).

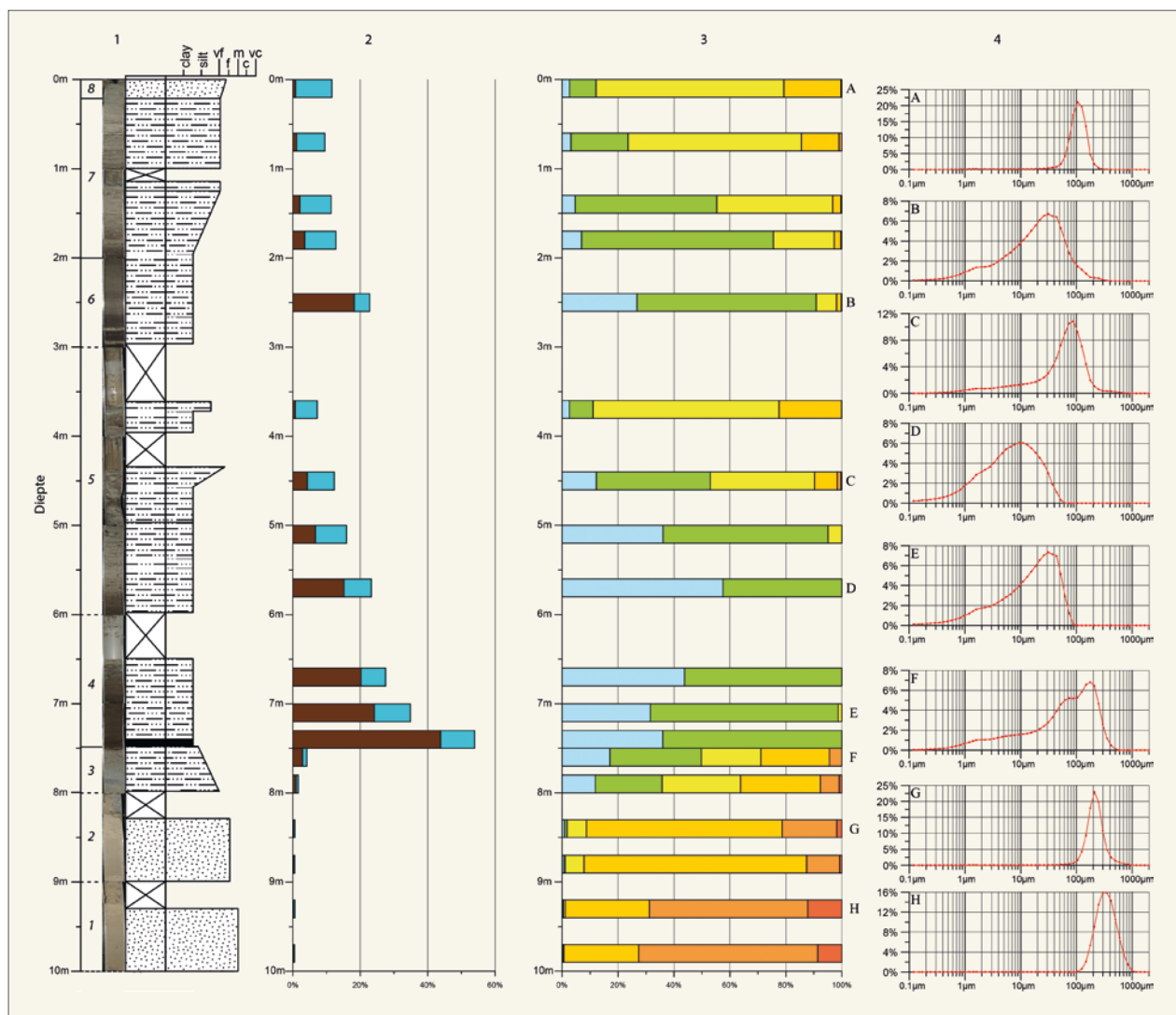
haald wat de samenstelling is van het monster. Het apparaat waarin dit gebeurt, is te zien in Afbeelding 4. Gloeiverlies tussen 100 °C en 330 °C wordt toegeschreven aan vers organisch materiaal. Door vertering van het organische sediment verdwijnt dit verse materiaal en blijven slechts de taaiste delen over. Dit materiaal verbrandt pas bij hogere temperaturen, tussen de 330 °C en 550 °C. Het monster wordt dan nog verder verhit, tot 1000 °C, over welk bereik ook eventueel aanwezig calciumcarbonaat kan ontwijken.

Om te voorkomen dat de monsters onnodig veel vocht bevatten, worden ze van tevoren gedroogd door ze met open deksel in een warme, geventileerde kast te zetten. Met een mortier en stamper wordt het monster vervolgens verpulverd tot een homogeen mengsel van zeer fijnkorrelig poeder. Dit levert bij analyse een nauwkeurigere temperatuursinterval op waarover gloeiverlies optreedt. Een groot stuk schelp heeft immers een langere tijd nodig om in zijn geheel te desintegreren en zou bovendien minder gelijkmatig verhitten dan een poeder.

Interpretatie korrelgrootte en gloeiverlies (Rumping, Prins en Beets)

Van kern SD4 is een eenvoudige stratigrafische kolom gemaakt, gebaseerd op korrelgrootte, en zijn een achttien-tal monsters gemeten op gloeiverlies en korrelgrootteverdeling. Deze kolom en meetresultaten staan weergegeven in Afbeelding 5. Kolom 3 van Afbeelding 4 laat een vereenvoudigde weergave zien van de korrelgrootteverdeling. Om een beeld te geven van typerende korrelgrootteverdelingen, is in kolom 4 van een aantal monsters de gehele verdeling weergegeven.

Aan de diepste twee meter van de boorkern valt direct op dat deze bestaat uit schoon, goed gesorteerd zand (zie ook afb. 8E). Het zand bevat geen organisch materiaal of kalk en de korrels zijn in vergelijking met de rest van de kern vrij grofkorrelig. Het grofste materiaal bevindt zich in de diepste meter, op 9-10 m. De korrelgrootte beslaat een bereik van ongeveer 100 tot 1000 µm (0,1 tot 1 mm), met een mediane korrelgrootte op 300 µm, ('medium sand', grafiek H). De daaropvolgende meter sediment bestaat uit fijner, goed gesorteerd zand,



AFBEELDING 5. | Kern SD-4 met v.l.n.r. in kolom 1 een meterschaal, de geïnterpreteerde stratigrafische eenheden (1 t/m 8), foto's van kern SD4 en een indicatie van de korrelgrootte. De van onder naar boven genummerde stratigrafische eenheden zijn als volgt: (1) Formatie van Kreftenheye, (2) Laagpakket van Wierden, (3) Laagpakket van Singraven, (4) Basisveen, (5) Laagpakket van Wormer, (6) Flevomeer Laag, (7) Almere Laag en (8) Zuiderzee Laag. Verder staan met een kruis de intervallen aangegeven waarover kernmateriaal ontbreekt. Kolom 2: opmaak van het sediment in massaprocenten organisch materiaal (in bruin) en carbonaat (in blauw), gebaseerd op gloeiverlies (TGA, 'loss-on-ignition'). Kolom 3 laat de korrelgrootteverdeling zien in termen van klei ($< 8 \mu\text{m}$, in lichtblauw), silt ($8-63 \mu\text{m}$, in groen), zeer fijn zand ($63-125 \mu\text{m}$, in geel), fijn zand ($125-250 \mu\text{m}$, in donkergeel), middel zand ($250-500 \mu\text{m}$, in oranje) en grof zand ($500-1000 \mu\text{m}$, in oranje-rood). In kolom 4 is een aantal van deze verdelingen (corresponderende letters) in meer detail weergegeven in een grafiek.

met een mediaan van ongeveer $200 \mu\text{m}$ ('fine sand', grafiek G). Deze twee lagen worden geïnterpreteerd als Pleistocene fluviatiel zand (grafiek H, Formatie van Kreftenheye), met daarbovenop windgedragen dekzand (grafiek G, Laagpakket van Wierden). Ter vergelijking: hedendaags zand aan de Hollandse kust heeft korrelgrootte-waarden van grofweg $300-450 \mu\text{m}$, terwijl de korrelgrootte in het achterliggende duingebied typisch waarden kent van zo'n $150-250 \mu\text{m}$.

Bovenop het dekzand, van 80 tot 750 cm, kenmerkt het sediment zich door

een vrij breed korrelgroottebereik. Het bevat alles van klei tot middelgroot zand ($< 500 \mu\text{m}$, grafiek F) en kent een *fining upward trend*, d.w.z. dat de korrels fijner worden hoger in de afzetting. Op basis van deze sedimentologische kenmerken en de stratigrafische positie (bovenop dekzand en onder Basisveen) wordt dit materiaal geïnterpreteerd als het Laagpakket van Singraven. Dit bestaat uit beekleem, afgezet in beekdalen die zich op het dekzand hebben gevormd. Wanneer je naar de bijbehorende korrelgrootteverdeling in grafiek F kijkt, lijkt deze samengesteld te zijn uit twee verdelingen. De eerste bestaat hoofdzakelijk uit klei en silt, en piekt op ongeveer $70 \mu\text{m}$. De grove helft van de verdeling vertoont echter sterke gelijkenis met de korrelgrootteverdeling van dekzand, met een piek op ongeveer $180 \mu\text{m}$. Blijkbaar is hier niet slechts klei en silt afgezet, maar ook een deel van het onderliggende dekzand omgewerkt.

Toen na het laatste glaciaal het klimaat milder werd en met de stijgende zeespiegel ook de grondwaterspiegel steeg, heeft zich bovenop dit beekleem of dekzand veen kunnen vormen: het Basisveen. Deze omslag naar organisch rijk sediment





AFBEELDING 6A EN 6B. |
Stuifmeelkorrels van de Hazelaar
(6A) en de Els (6B).

1/6 - 2016

Pollenanalyse (Bohncke)

Ter voorbereiding worden de monsters zachtjes gekookt in kaliumhydroxide. Dit zorgt ervoor dat het materiaal uit elkaar valt. Vervolgens wordt het monster gezeefd over 200 µm. Het residu wordt met zurige oplossing behandeld zodat in principe al het organisch materiaal er uit is. Na deze stap wordt het residu gescheiden door middel van een zware vloeistof met een dichtheid van 2,0. Alles wat lichter is dan 2,0 drijft op de vloeistof en dat zijn de pollen. Deze worden overgebracht in een buisje met deksel, een zogenaamde Eppendorf cup, samen met een beetje glycerine. Nu kunnen er preparaten worden gemaakt voor de pollen telling. De associatie van stuifmeelkorrels (pollen) in een monster geeft een goed beeld van de vegetatie in een specifiek gebied. In de archeologie wordt dan ook veel gebruik gemaakt van pollenanalyse. Pollen kunnen door rivieren worden meegevoerd zodat ze iets over de herkomst kunnen vertellen. Ook de aanwezigheid van cultuurgebonden pollen, bijvoorbeeld van granen of cultuurvolgers, is een goede indicatie voor menselijke bewoning in de omgeving van het onderzoeksgebied. Voor dit artikel zijn zes pollenmonsters genomen waarvan preparaten zijn gemaakt. Het resultaat wordt in het pollendiagram van Afbeelding 6C gegeven.

De onderste twee monsters komen uit de Basisveen Laag. Zoals blijkt uit het diagram domineren pollen van de Els (Afb. 6B) en de Zegge, het elzenzeggeweve, gevormd bij hoge grondwaterstand vanwege de zeespiegelstijging. Het aantal moerassoorten zoals Watermunt, Grote en Kleine Lisdodde en Egelskop is aanzienlijk. Ook sporen van varens zijn aanwezig. Het bovenste diagram beschrijft vier monsters uit de Flevomeer Laag. Van de bomen domineren Els, Hazelaar (Afb. 6A) en Eik. Speciaal is de aanwezigheid van Zilverspar en Fijnspar, twee soorten die in het Zwarte Woud thuishoren. Hun aanwezigheid in kern DS4 duidt op verbinding van de Rijn via de IJssel met het Flevomeer. De zoetwateralg *Pediastrum* is dominant aanwezig. Interessant zijn de pollen van granen en Smalbladige Weegbree die duiden op de aanwezigheid van menselijke activiteit in de directe omgeving van het Flevomeer.

Mollusken, foraminiferen en ostracoden (Troelstra)

In totaal zijn 20 monsters uit kern DS4 geanalyseerd op hun (micro)paleontologische inhoud (Afb. 7). Hiertoe is ca. 20 cc sediment is over een zeef van > 63 µm gewassen, gedroogd op een hotplate en bestudeerd onder een binoculaire microscoop. De zeeffractie > 63 µm is gebruikt om de klei/silt fractie te verwijderen. Afb. 7 laat de kern met bijbehorende lithologische eenheden en monsterposities zien. Voor de legenda zie Afbeelding 5. De formatie namen zijn vet gedrukt en worden in de meeste gevallen gevolgd door een onderverdeling in laagpakketten en lagen (cursief).

De Formatie van Kreftenheye

Deze formatie bestaat uit fluviatiele zanden. Onder de microscoop bestaat het monster uit schone kwartskorrels zonder fauna.

De Formatie van Bostel; Laagpakket van Wierden

Deze eenheid bestaat uit eolische zanden zonder fauna (Afb. 7, fig. E).

De Formatie van Bostel; Laagpakket van Singraven

De beekafzettingen van dit laagpakket bestaan uit zanden met een kleine hoeveelheid plantaardig organisch materiaal, een aanwijzing dat na een lange koude periode het ecosysteem langzaam begon te veranderen.

De Formatie van Nieuwkoop - De Basisveen Laag

Deze venige afzettingen hebben een lage pH en de zure omgeving maakt het niet mogelijk een kalkschaal te vormen en/of te conserveren. Het residu bestaat voornamelijk uit plantenresten waarin zaden voorkomen. Wel aanwezig zijn de schaaltes van grote ronde, driehoekige en gebogen algen, de diatomeeën. Deze schaaltes bestaan uit kiezel en lossen dus niet op in een zuur milieu.

De Formatie van Naaldwijk; Laagpakket van Wormer (Afb. 7, fig. D)

De onderste drie monsters bevatten nog wat plantenmateriaal, met daarbij kleine hoeveelheden zeer fijn hoekig zand en enkele gipskristallen. De eerste foraminiferen maken hun opwachting; het is duidelijk dat de mariene invloed heeft ingezet. De foraminiferen associatie bestaat uit de vormen *Jadammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Ammonia* sp. en *Elphidium craticulatum*. Een wat ongewone mix; de eerste twee soorten zijn zandschalig, karakteristiek voor een kwelder milieu met lage pH. De aanwezigheid van het plantenmateriaal wijst daar ook op. De twee andere soorten zijn kalkschalig en komen normaal gesproken niet in een kweldermilieu voor. Het lijkt er op dat de sedimenten op de rand van een kwelder zijn afgezet. Ook ostracoden (*Cyprideis torosa*) zijn goed vertegenwoordigd, zowel met losse kleppen als met doubletten (beide kleppen nog aan elkaar). De doubletten wijzen er op, dat ze ter plaatse zijn gefossiliseerd, bij transport zouden de kleppen uiteen gevallen zijn.

Boven deze drie monsters verschijnt een hele serie mollusken: de kokkel (*Cerastoderma edule*), de strandgaper (*Mya arenaria*), de mossel (*Mytilus edulis*) en de oester (*Ostrea edulis*) en exemplaren van de zeepok (*Balanus* sp.). Het wadslakje (*Peringia ulvae*) is ook in het Wormerpakket aanwezig.

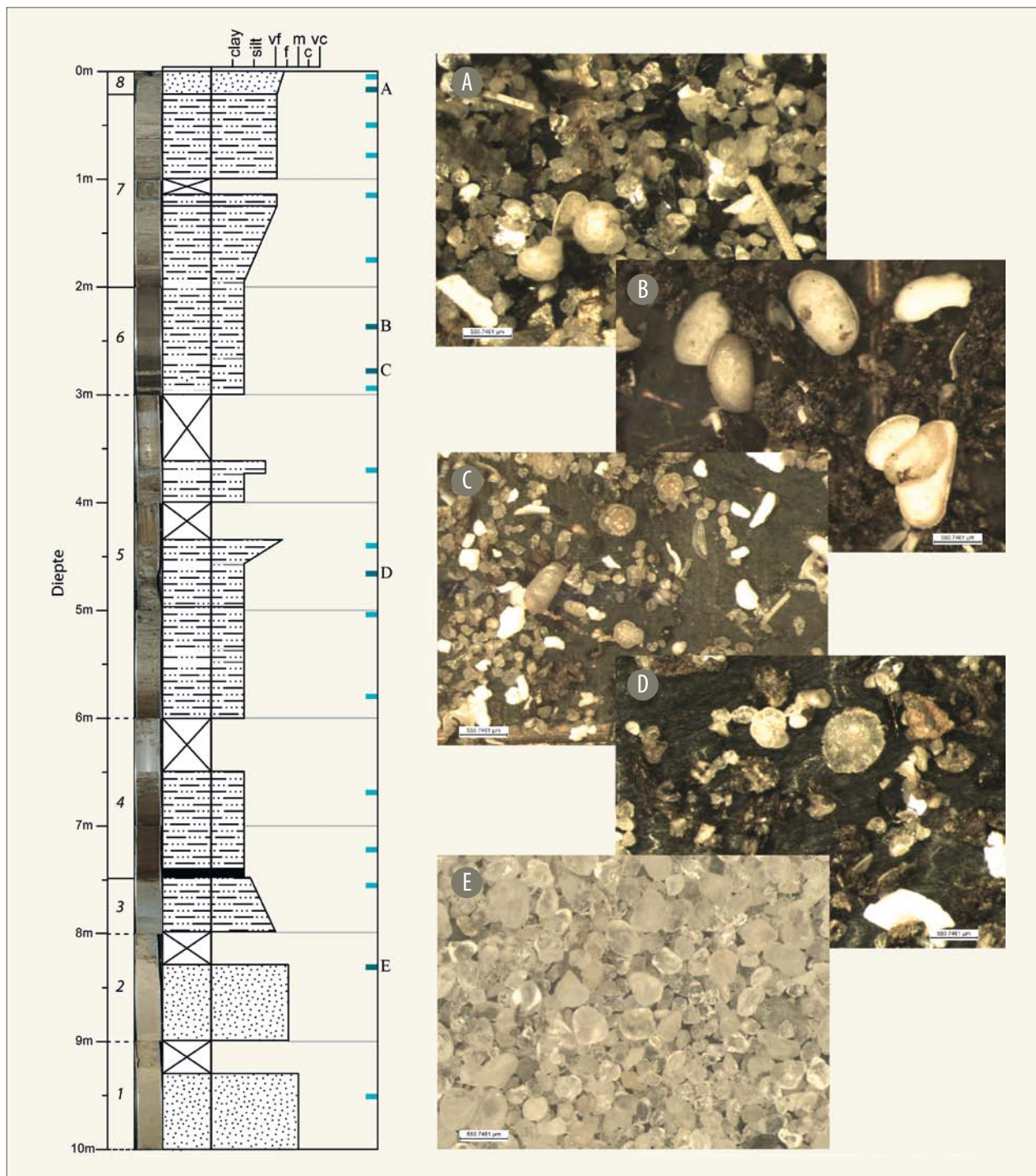
De Wormerafzettingen in de kern zijn afgezet in een waddenmilieu met wisselende saliniteit.

De Formatie van Nieuwkoop; Flevomeer Laag

Het monster uit de Flevomeer Laag bevat een kleine hoeveelheid zand, plantenmateriaal en zaden. Opvallend in de aanwezigheid in het residu van de

Het leuke aan de ostracodenschaaltjes in de monsters is dat er twee typen aanwezig zijn: gladde schaaltes en schaaltes met knobbels. Aanvankelijk werden deze aan twee aparte soorten toegeschreven, namelijk aan *Cyprideis littoralis* en *C. torosa*. Experimenteel onderzoek (van Harten, 1975) heeft echter uitgewezen dat het al dan niet voorkomen van knobbels te maken heeft met het zoutgehalte (saliniteit) van het water. Hoe minder zout, hoe meer exemplaren met knobbels. Het is dus een enkele soort, *C. torosa*. Ook de concentratie van het element Ca lijkt een rol in het knobbelvorming proces te spelen (Frenzel *et al.*, 2012)





AFBEELDING 7. | De blauwe streepjes geven de monsterposities aan. Monster E is afkomstig uit het Laagpakket van Wierden (eolische zanden); D uit het Laagpakket van Wormer (mariene invloed, foraminiferen); C uit een stormlaag in de Flevomeer Laag met schelpfragmenten, foraminiferen en ostracoden; B uit een rustig gedeelte van de Flevomeer Laag met doubletten van ostracoden en tenslotte A uit de Zuiderzee Laag met foraminiferen en stekels van de zeeklit. (Voor legenda van de lithologische eenheden 1 t/m 8 zie Afb. 5).

foraminiferensoorten *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica* en *Elphidium craticulatum*. Ook bevat het residu grote hoeveelheden van de ostracode *Cyprideis torosa*, voornamelijk gladde kleppen (Afb. 7, fig. B). Dit zou wijzen op een duidelijk mariene invloed (zie ook de box). Lake Flevo wordt echter algemeen als een groot zoetwatermeer beschouwd, dus de aanwezigheid van mariene elementen is daarmee in tegenspraak. Dit moet nader bekeken worden; een andere mogelijkheid is, dat de mariene fauna geresedimenteerd is. Op de foto van de kern is vervolgens duidelijk te zien hoe een donker gedeelte van de eenheid door twee schelprijke laagjes wordt onderbroken. De monsters uit deze laagjes zitten vol fragmenten van mollusken (*Cerastoderma*, *Mytilus* en

Peringia) en zeer veel exemplaren van de kalkschalige foraminifeer *Ammonia beccarii*. We interpreteren deze intervallen als stormlaagjes (Afb. 7, fig. C).

De Formatie van Naaldwijk; Laagpakket van Walcheren; Almere Laag
De overgang van de Flevo afzettingen (plantenresten, veel ostracoden) naar

de Almere afzettingen is in de monster residuen goed te zien aan de sterkte toename van het zandgehalte en de aanwezigheid van een duidelijk mariene microfauna met foraminiferensoorten als *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Bolivina* sp. en *Neonorbina* sp. Ook stekels van de zee-klit *Echinocardium cordatum* komen regelmatig voor. De ostracoden doublotten zijn veelal prachtig gepreserveerd.

De mollusken zijn vertegenwoordigd door de genera *Cerastoderma edule*, *Mya arenaria* en *Peringia ulvae*, terwijl ook de zeepok *Balanus* sp. regelmatig voorkomt (Afb. 8).

De Formatie van Naaldwijk;

Laagpakket van Walcheren; Zuiderzee Laag (Afb. 7, fig. A).

Het bovenste gedeelte van de kern bevat de Zuiderzee Laag, waarin de mariene invloed sterk toeneemt getuige de grote aantallen foraminiferen van de genera *Ammonia*, *Elphidium* en *Haynesina*. Ostracoden en stekels van de zee-klit zijn steeds aanwezig, evenals de mollusken *Cerastoderma* en *Peringia*.

De jongste afzettingen, die de afsluiting van het IJsselmeer door de Afsluitdijk vertegenwoordigen, zijn in deze kern afwezig.

Samenvatting

Uit het bovenstaande blijkt dat iedere analyse afzonderlijk tot duidelijke conclusies leidt. De beide sedimentologische technieken richten zich op de distributie van de abiotische componenten, zand, silt en klei. Iedere eenheid heeft een eigen verhouding tussen de verschillende grootteklassen. Ook de percentages organisch materiaal en kalk kunnen worden verklaard in termen van 'venig' of 'marien'. Hier doet in principe het apparaat de analyses.

De pollenanalyse zoekt verder op de organisch rijke sedimenten in en opent geheel nieuwe perspectieven. We zien de vegetatie groeien op de Pleistocene dekzanden, een proces direct gekoppeld aan klimaatsverbetering, stijgende zeespiegel en daarmee samenhangende grondwaterspiegel. De condities zijn rijp voor veenvorming, met Els en Zegge als karakteristieke elementen met daarnaast een scala aan moerasplanten.



AFBEELDING 8. | Schelpen monster uit de Almere Laag (diepte 115 cm).

Tijdens de Almere periode zien we een grotendeels zoetwater milieu zoals blijkt uit de aanwezigheid van de zoetwateralg *Pediastrum*. Van belang is de directe connectie met het Rijn systeem via de IJssel; de pollen van Fijnspar en Zilver spar afkomstig uit het Zwarte Woud zijn de getuigen. Rondom het Almere was cultuurgrond in bewerking, hier wijzen de pollen van granen en smalle Weegbree op.

Met de schelpen en microfauna analyse komt de ontwikkeling van de connectie met de zee binnen bereik. Typische brakwater elementen als *Mya*, *Mytilus* en *Ostrea* vaak tezamen met exclusief mariene eencelligen, de foraminiferen, laten dit zien. Ook een gefragmenteerde associatie als resultaat van stormen geeft extra informatie over de condities tijdens deze periode.

Tezamen vormen deze verschillende analyses een ijzersterk geheel om de ontwikkeling van het Marker Wadden gebied, vanaf de start in de zanden van het Pleistoceen, te volgen.

Dank

We danken Boskalis voor het ter beschikking stellen van de kernen. Veel dank aan Jeroen van der Lubbe, Martine Hagen en Unze van Buuren voor hun hulp in het Laboratorium voor Sedimentanalyse van de Faculteit Aard- en Levenswetenschappen, Vrije Universiteit.

Opdracht

Dit artikel is opgedragen aan onze collega Sjoerd Bohncke, die nog voor de finale versie gereed was onverwachts is overleden.

LITERATUUR

- Frenzel, P., I. Schultze & A. Pint, 2012. *Noding of Cyprideis torosa valves (Ostracoda) - a proxy for salinity? New data from field observations and a longterm microcosm experiment. Internat. Rev. Hydrobiol.* 97-4: 214-239.
- Van Harten, D., 2000. *Variable noding in Cyprideis torosa (Ostracoda, Crustacea): an overview, experimental results and a model from Catastrophe Theory. Hydrobiologia* 419: 131-139.

