

# Holocene ontwikkeling van de Rijn-Maasmond

Sytze van Heteren, Ad J.F. van der Spek, en Thomas A.M. de Groot

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO – Rijks Geologische Dienst, Postbus 80015, 3508 TA Utrecht; s.vanheteren@nitg.tno.nl, a.vanderspek@nitg.tno.nl, t.degroot@nitg.tno.nl.

**Gedurende de laatste jaren is in de ondiepe Noordzee voor de Rijn-Maasmond een grote hoeveelheid hoge-resolutie seismiek verzameld in dichte netwerken. Door koppeling van deze gegevens aan boringen is de mogelijkheid ontstaan om een eenvoudige reconstructie te maken van de ontwikkeling van dit gebied.**

## Inleiding

De Nederlandse Noordzeekust heeft zich sinds jaar en dag mogen verheugen in een grote belangstelling van geologen. Het is dan ook niet verbaazingwekkend dat de ontwikkeling van het Hollandse strandwallengebied en van de Zeeuwse estuaria goed wordt begrepen (Vos en Van Heeringen, 1997; Beets en Van der Spek, 2000). Over de Rijn-Maasmond (Afb. 1), welke deze twee gebieden scheidt, is veel minder bekend. In dit gebied liggen met name de Vroeg- en Midden-Holocene afzettingen zo diep, dat ze niet met de hand kunnen worden aangeboord. Het aantal boringen in deze afzettingen is dan ook beperkt. Toch is kennis van de ontwikkeling van de Rijn-Maasmond belangrijk. Die kennis is nodig om inzicht te krijgen in de relatie tussen het gedrag van de riviermond en de achterliggende riviersystemen, en om de interactie tussen riviermond en kust te kunnen begrijpen. Recent onderzoek bij TNO-NITG suggereert dat het gedrag van de Rijn-Maasmond samenhangt met veranderingen in het bovenstroomse rivierpatroon. Daarnaast is het waar-

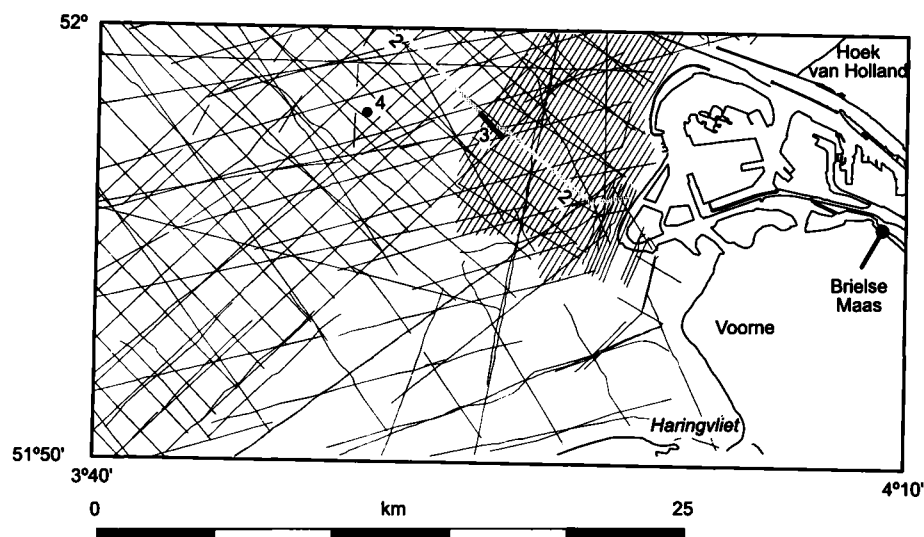
schijnlijk dat dit gedrag de ontwikkeling van de aangrenzende barrièrekust heeft beïnvloed.

## Bestaande kennis over de geologische ontwikkeling

Aan het einde van het Pleistoceen had het Rijn-Maassysteem een bijna 40 kilometer brede gordel gevormd van voornamelijk grof, grindhoudend zand (Formatie van Kreftenheye). Op veel plaatsen is dit zand bedekt door dunne, fijnkorrelige eenheden met kenmerken van bodemvorming (Laag van Wijchen; Törnqvist et al., 1994). Deze eenheden zijn geïnterpreteerd als komafzettingen van vroege meanderende rivieren die zich ontwikkelden in het Allerød interstadiaal en gedurende het Preboreaal. Ze markeren de overgang van een vlechtend naar een meanderend riviersysteem (Pons, 1957).

De stijgende Holocene zeespiegel zorgde voor afnemende riviergradiënten, hetgeen leidde tot toenemende overstromingsfrequenties in het rivierengebied. Bij elke overstroming werd zand afgezet direct langs de rivieren

en in crevasses, terwijl klei-afzetting en veenvorming in de kommen domineerde. Het oudste gedateerde veen in het gebied dateert uit het Vroeg-Boreaal (De Groot en De Gans, 1996). Aan het einde van het Boreaal, toen de zeespiegel ongeveer 25 meter lager stond dan tegenwoordig, werden de meest benedenstroomse delen van de fluviatiele stroomgeulen óf opgevuld met sediment, óf veranderd in getijgeulen. Nabij de riviermond was mariene erosie beperkt (De Gans en Van Gijssel, 1996). Buiten dat gebied drongen getijgeulen echter ver door in de rivierlakte (Beets en Van der Spek, 2000). Ongeveer 7700 jaar BP was de Rijn-Maasvlakte volledig overstroomd (De Gans en Van Gijssel, 1996). Buiten de riviermond verplaatste de kust zich landwaarts met enkele kilometers per eeuw. Hageman (1960) veronderstelde dat de riviermond ook naar het oosten opschoof. Langs de kust werden zandige delta-topafzettingen omgewerkt tot lage barrières (Van der Valk, 1993). Het buitenste deel van de Rijn-Maasmond raakte gedomineerd door wadplaten en -geulen (Oele, 1968; Laban, 1974).



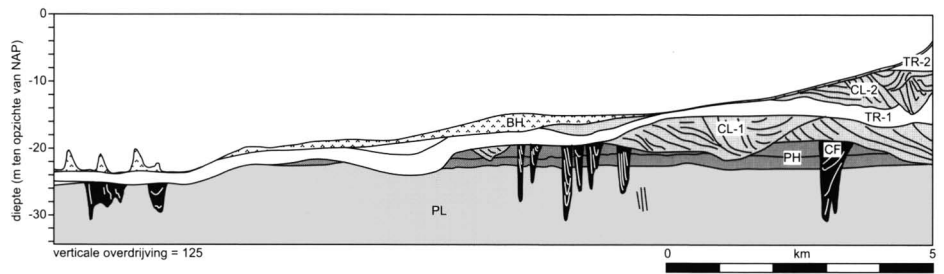
Afb. 1. Dichte netwerken van hoge-resolutie seismiek voor de Rijn-Maasmond. De lokaties behorende bij de overige afbeeldingen zijn aangegeven met 2, 3, en 4

Buiten het mariene invloedsgebied hadden de riviersystemen tot ongeveer 7000 jaar BP een meanderend karakter. Tussen 7000 en 6000 jaar BP werd de afvoer van de rivieren echter steeds meer gehinderd door kustontwikkeling langs de snel stijgende Noordzee. Het rivierpatroon veranderde hierdoor drastisch. De ingesneden rivieren vulden hun dalen op. Relatief kleine rivieren, ontwikkeld in een wijdvertakt (anastomoserend) patroon, mondden uit in een lagune (Hageman, 1969; Louwe Kooijmans, 1974). Door de Rijn aangevoerd zand werd voornamelijk opgeslagen in verlaten geulen, hetgeen resulteerde in een labrynt van kleine zandlinten ingebed in veen en komklei (Van der Woude, 1984). Naar het westen toe zijn deze fluviatiele afzettingen in toenemende mate onderhevig geweest aan erosie door getijsyste-

men. Slechts enkele grotere afvoergeulen hadden een open verbinding met de Noordzee (Van de Meene, 1984).

Rond 5000 jaar BP werd de kust niet verder door de zee teruggedrongen en ontwikkelde zich een uitbouwende kust met strandwallen, doorsneden door steeds minder zeegaten. Deze omslag hing samen met een veranderende balans tussen sedimentaanvoer en de vertragende zeespiegelstijging. De Groot en de Gans (1996) nemen aan dat de Rijn-Maasmond in deze fase gevormd werd door een spitse, met strandwallen omzoomde delta. Na 5500 jaar BP werd het nabij de huidige Rijn-Maasmond afwaterende, anastomoserende (Benschop)riviersysteem verlaten en ontwikkelde zich een meanderend riviersysteem verder naar het noorden (Berendsen en Stouthamer, 2001). Dit laatste (Utrecht)riviersysteem werd steeds belangrijker, en bouwde een kleine delta bij Katwijk. Het studiegebied, nu gedomineerd door de veel kleinere Maas, vormde zich om tot een door getijprocessen gedomineerd estuarium (Törnqvist, 1993) met beperkte fluviaïele invloed. Moerassige houtlanden domineerden de rivieroeveren in het achterland; elders accumuleerde rietklei in een brak, nog indirect door de zee beïnvloed milieu. Tijdens verschillende fasen van toegenomen mariene invloed ondergingen grote veengebieden sterke erosie (Van Staalduinen, 1979).

Na een periode van verminderde fluviaïele activiteit in het studiegebied ontwikkelde zich vanaf 2200 jaar BP een nieuw meanderend riviersysteem (het Krimpen-riviersysteem). De rivieren van dit systeem bereikten de



Afb. 2. Opbouw van de ondergrond in de Rijn-Maasmond.

Noordzee ter hoogte van de huidige Rijn-Maasmond (De Groot en De Gans, 1996; Berendsen en Stouthamer, 2001). Tijdens het laatste millennium is het brede estuarium van de Rijn-Maasmond steeds verder dichtgeslibd met getijsedimenten. Zandbanken ontwikkelden zich tot schoorwallen, welke het estuarium grotendeels afsloten en de afvoer naar de verder zuidelijk gelegen Brielse Maas dwongen (Van Staalduinen, 1979).

**Resultaten en analyses**  
**Seismisch en lithologisch gedefinieerde eenheden in de ondergrond van de Rijn-Maasmond**

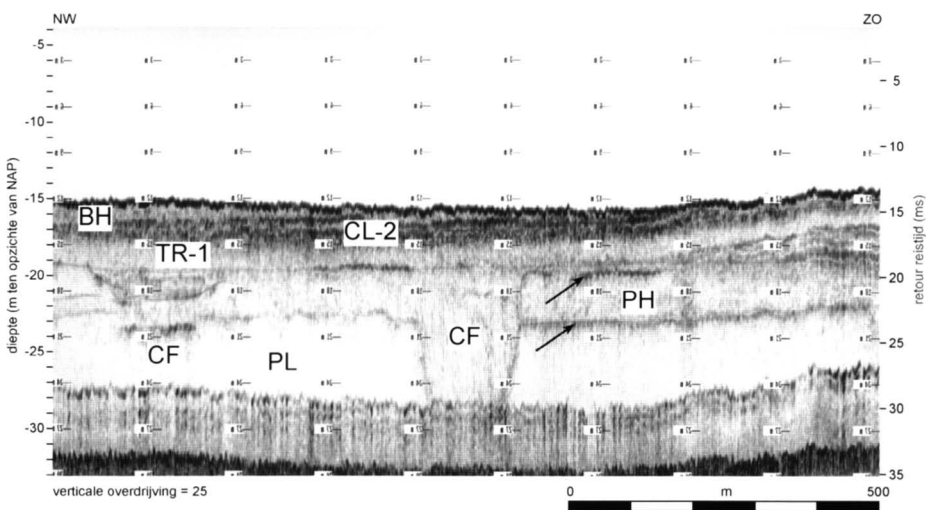
Op grond van de seismiek en de boorgegevens hebben we acht eenheden onderscheiden (PL, PH, CF, CL-1, TR-1, CL-2, TR-2, en BH). Een dwarsdoorsnede vrijwel loodrecht op de kust (Afb. 2) toont de ruimtelijke relaties tussen deze eenheden.

De onderste eenheid (PL) is geïnterpreteerd als Pleistoceen sediment, voornamelijk zand en grind, afgezet in een vlechtend riviersysteem. Op deze eenheid ligt een tot 5 meter dikke laag fijnkorrelig sediment (PH), welke op de seismiek kan worden herkend als een serie sterke sub-horizontale

reflecties (Afb. 3). Eenheid PH vertegenwoordigt Laat-Weichselien, Preboreale en Boreale komafzettingen van meanderende rivieren, afgedekt door een laag basisveen, die onder invloed van een stijgende grondwaterpiegel werd gevormd. De stijgende zeespiegel lag op zijn beurt hier weer aan ten grondslag. In het oosten van het studiegebied ligt op dit veen een dik pakket fluviaïele klei met veel houtresten (Zonneveld, 1996). Deze houtkleien, gevormd in de komgebieden van anastomoserende rivieren, vertonen naar boven toe in toenemende mate brakwaterkenmerken, wijzend op een groter wordende mariene invloed.

Bovenstaande eenheden worden doorsneden door estuariene opvullingen van getij- of (door het getij gemodificeerde) fluviaïele geulen (CF) die een maximale diepte bereiken van 35 meter beneden zeeniveau. Deze opvullingen hebben waarschijnlijk een Boreale ouderdom (De Jong, 1966). Het diepteprofiel langs de lengteas van sommige geulopvullingen wijst op plaatselijke erosie in zeegaten. De opvullingen bestaan uit uiterst tot matig fijn, siltig zand met veel kleilaagjes.

Het oppervlak gevormd door de top van eenheden PH en CF is bedekt en lokaal ingesneden door eenheid CL-1. Deze eenheid vertegenwoordigt een complex estuarien systeem, samengesteld uit zeer mobiele getijgeulen en wadplaten. Waarschijnlijk gaat het om resten van geul-plaatssystemen in een brede monding van een estuarium, onderdeel van buiten- of binnendelta's. Zand-klei afwisselingen komen algemeen voor, evenals silthoudend zand met veendetritus en klei- en veenbrokken. Naar het land toe gaan ook deze sedimenten over in bovengenoemde houtkleien. Diatomeeën-onderzoek (De Wolf, 1986a, b) wijst uit dat alleen sediment afgezet in de diepe subgetijzone bewaard is gebleven. Pollengegevens (De Jong, 1966) en 14C-analyses wijzen op een Atlantische ouderdom.



Afb. 3. Seismisch profiel van het Rijn-Maasmondgebied. Pijlen geven sterke sub-horizontale reflecties van eenheid PH aan.

Eenheid TR-1 scheidt eenheid CL-1 van een jongere eenheid met dezelfde kenmerken (CL-2). De bijbehorende afzettingen bestaan voornamelijk uit homogeen, zeer fijn tot matig grof zand, veelal met hele schelpen of schelpfragmenten. Waarschijnlijk is dit zand afgezet op de onderwateroever aan de zeezijde van een estuarium. Eenheid TR-1 is lateraal gekoppeld aan een erosievlak dat zich ver zeewaarts uitstrekt. Dit vlak is deels in sedimenten met een sterke samenhang (cohesie) gevormd, welke een zeer geschikt substraat vormen voor boommoossen die op de zeebodem leven (Afb. 4). <sup>14</sup>C-analyses van dergelijke boommoossen tonen aan dat het erosievlak aanwezig was tussen het Laat-Atlanticum en het Vroeg-Subborea.

Zoals gezegd, lijkt eenheid CL-2 sterk op eenheid CL-1, hoewel erosie na afzetting in het studiegebied geresulteerd heeft in een fragmentarisch bevaard gebleven sedimentlichaam. Verder naar het zuiden, voor de huidige Zeeuwse estuaria, is de eenheid completer. Zeer fijn zand wordt afgewisseld met laagjes siltige klei en veendetritus. De aanwezigheid van moossen in het sediment wijst op een estuarien milieu, en pollengegevens suggereren een Subatlantische ouderdom (De Jong, 1986). Aangenomen wordt dat de meerderheid van het sediment accumuleerde tijdens de Middeleeuwen (De Jong, 1966; Laban, 1974).

Een tweede homogene eenheid (TR-2), welke alleen dichtbij de kust voorkomt, heeft zich net als eenheid TR-1 op de onderwateroever gevormd. Het zeer fijn tot matig grove zand is na 700 na Chr. afgezet (De Jong, 1986). Hoewel schelpresten niet zeldzaam zijn, is het gehalte beduidend lager dan dat van eenheid BH. Deze jongste eenheid lijkt verder erg op eenheid TR-2, en vormt de top van de sedimentaire opeenvolging (sequentie). Het hogere schelpgehalte is het gevolg van aanrijking op een langzaam eroderende onderwateroever en aangrenzend plat.

### **Grootschalige ontwikkeling van de Rijn-Maasmond**

#### *Omvorming van fluviatiele geulen naar getijgeulen*

Aan het einde van het Boreaal begon de zee het studiegebied te overstroom. Daarbij werden eerst de laaggelegen fluviatiele geulen van het Boreale anastomoserende systeem bezet. Het nieuwgevormde systeem

van getijgeulen erfde dit anastomoserende patroon. Sommige geulen werden snel opgevuld, onder invloed van lokale reductie in sedimenttransportcapaciteit op de overgang van fluviatiele en getijstromen. Andere geulen bleven tot de volgende kustontwikkelingsfase actief. De exacte setting van het geulsysteem is onbekend. Mogelijk waren barrières aanwezig, maar bewijs hiervoor is tot op heden niet gevonden.

#### *Vorming van een estuarium zeewaarts van de huidige kustlijn*

Bij een verdere stijging van de zeespiegel liepen komgebieden langzaam onder. Er ontwikkelde zich een breed estuarium, gekenmerkt door een groot aantal brede, veelal ondiepe subgetijgeulen. De verbreiding van eenheid CL-1 geeft aan dat het estuarium zich tijdens het midden van het Atlanticum tot minimaal 15 kilometer buiten de huidige kustlijn uitstrekte. Landwaarts ging het estuarium over in een door fluviatiele processen gedomineerd deltaïsch moerasgebied, waarin grote hoeveelheden houtklei werden afgezet.

In tegenstelling tot de oudere geulen, welke waren ingebed in cohesieve sedimenten, waren de brede geulen uit het Atlanticum erg mobiel. Ze migreerden over aanzienlijke afstanden en erodeerden voortdurend afzettingen gevormd in eerder actieve of aangrenzende geul-plaatsystemen.

#### *Landwaartse migratie van het estuarium en toename van mariene processen en erosie*

De door het getij beïnvloede riviermond ontstond in een tijd dat de kustlijn snel landwaarts opschoof. Hoewel het waarschijnlijk is dat het estuarium een soort kaap vormde langs de kust, migreerde het geheel net als de aangrenzende barrièrekust naar het oosten. Eerder afgezette estuariene sedimenten werden op de onderwateroever geërodeerd. Met de tijd nam bijna overal in het studiegebied de waterdiepte toe, zodanig dat de zeebodem dieper lag dan tegenwoordig. Een tijdlang lag de kustlijn landwaarts van de huidige positie.

Erosie op de onderwateroever leidde tot blootlegging van oudere, Boreale lagen. In en op deze veelal cohesieve eenheden bevindt zich een Laat-Atlantisch tot Vroeg-Subboreale schelpenfauna die typisch is voor een onderwateroever. Het hiaat beslaat lokaal meer dan 3000 jaar.

#### *Progradatie van het estuarium en hernieuwde accumulatie van estuarien sediment offshore*

Na deze fase van landwaartse migratie en mariene erosie begon het estuarium opnieuw zeewaarts uit te bouwen. De laterale verbreiding van eenheid CL-2 suggereert de aanwezigheid van een ondiep subgetijmilieu met mobiele geulen tot ten minste enkele kilometers offshore, vergelijkbaar met de situatie buitengaats van de Zeeuwse estuaria voor hun afsluiting. Sedimentatie vond vrijwel uitsluitend in het Subatlanticum plaats, met een waarschijnlijke piek tijdens de Middeleeuwen.

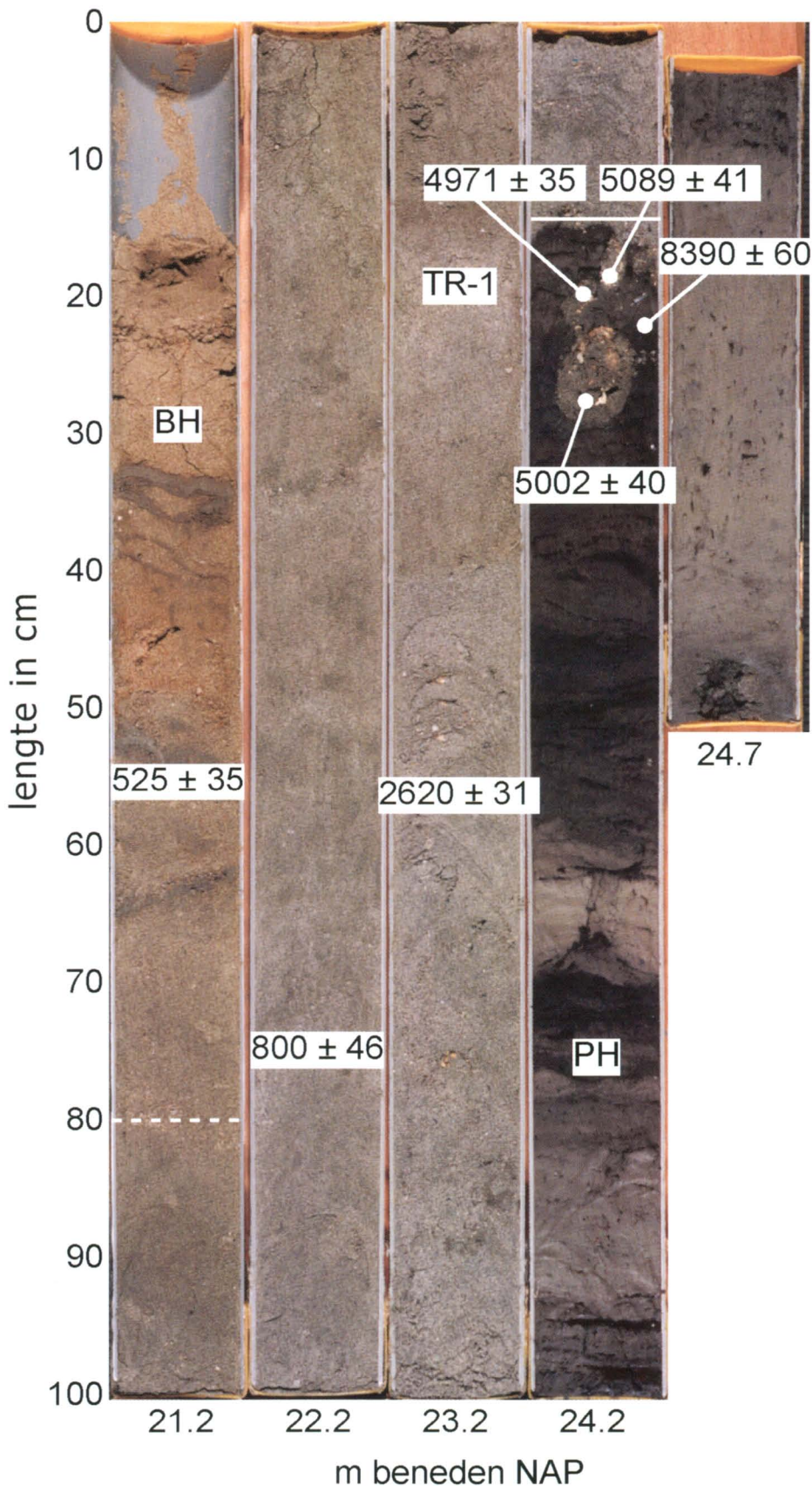
#### *Sub-recente and recente onderwateroevererosie*

Tijdens het afgelopen millennium heeft hernieuwde erosie op de onderwateroever een groot deel van de in de voorafgaande fase afgezette sedimenten weer opgeruimd. Net als elders langs de Hollandse kust is de laag modern sediment vrijwel overal erg dun, veelal minder dan 1 meter.

### **Discussie**

#### **Sturing vanuit het achterland**

Uit <sup>14</sup>C-dateringen blijkt dat zich omstreeks 6200 jaar BP nog een groot estuarium bevond voor de huidige Maasvlakte, terwijl rond 5100 jaar BP verregaande onderwateroevererosie de meeste Atlantische afzettingen had verwijderd, waarbij Boreale klei- en veenlagen bloot kwamen te liggen. In de tussenliggende periode is de Rijn-Maasmond duidelijk snel landwaarts opgeschoven. Ongetwijfeld speelt de zeespiegelstijging daarbij een rol, hoewel die voor de hele periode maar 3,5 meter bedroeg (Jelgersma, 1961; Van de Plassche, 1982). Daarnaast lijkt er een verband te bestaan met veranderingen van riviersystemen in het achterland. Zoals hiervoor is beschreven kwam aan het einde van het Atlanticum, omstreeks 5500 jaar BP, door een belangrijke avulsie (rivierverlegging) een eind aan het nabij de huidige Rijn-Maasmond afwaterende (Benschop)riviersysteem en begon een meer noordelijk riviersysteem zich te ontwikkelen (Berendsen en Stouthamer, 2001). Aangezien dit nieuwe (Utrecht)riviersysteem verder naar het noorden afwaterde, bij Katwijk, werd vanaf die tijd de Rijn-Maasmond nog slechts gevoed door de Maas en enkele kleine Rijnlopen. Deze verandering had ongetwijfeld invloed op de sediment- en waterhuishouding van de Rijn-Maasmond. Versnelde erosie op de onderwateroever was het resultaat.



Afb. 4. Laat-Atlantische boormosselen in Boreale humeuze klei.

Pas na 2600 jaar BP trad opnieuw een aanzienlijke accumulatie van sediment over de volle breedte van het gebied op. Hierbij is een relatie te leggen met de prograderende strandwallenkust, waarvan de uitbouw tijdens het Laat-Atlanticum was begonnen.

Deze uitbouw bevond zich echter al in de laatste fase. Opnieuw is een verband met veranderingen van riviersystemen in het achterland waarschijnlijk. In het Vroeg-Subatlanticum, rond 2500 jaar BP, werd namelijk een deel van de afvoer van het Utrecht-ri-

viersysteem afgevangen door rivieren die via het Maas-estuarium in de Noordzee stroomden (Berendsen en Stouthamer, 2001). Vanaf 2200 jaar BP werd de Rijn-Maasmond weer belangrijker dan de Rijnmond bij Katwijk. De ontwikkeling van dit nog altijd actieve (Krimpen)riviersysteem stimuleerde de uitbouw van het Rijn-Maas-estuarium.

#### Interactie tussen riviermond en kust

De versnelde erosie van estuariene sedimenten voor de grotendeels verlaten Rijn-Maasmond vanaf het Laat-Atlanticum was waarschijnlijk van directe invloed op de ontwikkeling van de aangrenzende barrièrekust. Het geërodeerde sediment werd geleidelijk naar het noorden getransporteerd. Aangezien vorming van strandwallen en progradatie van de barrièrekust omstreeks 5300 jaar BP begon (Cleveringa, 2000), en mogelijk zelfs 500 jaar eerder (Van der Valk, 1996), ligt het voor de hand dat een deel van het aangevoerde sediment van het steeds meer door erosie aangetaste estuarium afkomstig was. De opvallend brede strandvlakte tussen de twee oudste strandwallen, wijzend op snelle oorspronkelijke uitbouw, is hiermee te verklaren.

Diverse onderzoekers achten een dergelijk aanvoermechanisme waarschijnlijk. Van Straaten (1965) nam aan dat tijdens het Subboreaal grote hoeveelheden zand ten zuidwesten en westen van Hoek van Holland langs de kust lagen opgeslagen. Hij redeneerde dat dit zand voornamelijk afkomstig was van de omgewerkte Rijn-Maasmond. Beets et al. (1995) suggereerden dat de kustlijn van de Rijn-Maasmond tot op de dag van vandaag landwaarts is teruggedrongen. Volgens deze auteurs veranderde een oorspronkelijk onregelmatige kustlijn met diverse kapen door herverdeling van sediment geleidelijk in de min of meer rechte kust van nu.

Mogelijk is een deel van het voor de Rijn-Maasmond geërodeerde sediment, met name de fijne fractie, terechtgekomen in de, tijdens het Atlanticum nog grote, getijbekkens in de Hollandse kustvlakte. Nadat deze getijbekkens grotendeels waren opgevuld, kon een toenemend sedimentoverschot bij een vertragende zeespiegelstijging worden gebruikt voor uitbouw van de strandwallenkust. Het is waarschijnlijk dat omwerking van de Atlantische riviermond de omslag van een landwaarts opschuivende naar een uitbouwende kust heeft be-

spoedig. Een dergelijk scenario is in overeenstemming met het feit dat deze omslag verder naar het noorden pas vele eeuwen later heeft plaatsgevonden.

Het voorgaande betekent overigens niet dat er gedurende het Holoceen een belangrijke fluviatiele zandbron was. Tijdens het grootste deel ervan bereikte maar weinig door Rijn en Maas aangevoerd zand de Noordzee (Beets en Van der Spek, 2000). Het meeste zand in het estuarium was oorspronkelijk Pleistoceen rivierzand dat tijdens het Eemien en Holoceen was omgewerkt.

### Dankwoord

Piet Kok, Chris Mesdag, en Peter Frantsen hebben veel van de recente seismiek verzameld. De bijdrage van Rijkswaterstaat Directie Noordzee was hierbij onmisbaar. Discussies met Henk Weerts over het gedrag van de Rijn in het achterland, en met Kenneth Rijdsdijk en Peter Frantsen over de Holocene stratigrafie rondom de Maasvlakte waren erg nuttig. Cees Laban was een constante bron van interessante oude rapporten.

### Literatuur

- Beets, D.J., Cleveringa, P., Laban, C., en Battezzare, P., 1995. Evolution of the lower shoreface of the coast of Holland between Monster and Noordwijk, Mededelingen Rijks Geologische Dienst 52, p. 235-247.
- Beets, D.J., en Van der Spek, A.J.F., 2000. The Holocene evolution of the barrier and the back-barrier basins of Belgium and The Netherlands as a function of late Weichselian morphology, relative sea-level rise and sediment supply, Netherlands Journal of Geosciences 79, p. 3-16.
- Berendsen, H.J.A., en Stouthamer, E., 2001. Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands, Assen, Van Gorcum, 268 p.
- Cleveringa, J., 2000. Reconstruction and modelling of Holocene coastal evolution of the western Netherlands, Proefschrift Utrecht, Geologica Ultraeclina, 200, 198 p.
- De Gans, W., en Van Gijssel, K., 1996. The Late Weichselian morphology of the Netherlands and its influence on the Holocene coastal development, in Coastal studies on the Holocene of the Netherlands (Beets, D.J., Fischer, M.M., en De Gans, W., red.), Mededelingen Rijks Geologische Dienst 57, p. 11-25.
- De Groot, Th.A.M., en De Gans, W., 1996. Facies variations and sea-level-rise response in the lowermost Rhine/Meuse area during the last 15000 years (the Netherlands), in Coastal studies on the Holocene of the Netherlands (Beets, D.J., Fischer, M.M., en De Gans, W., red.), Mededelingen Rijks Geologische Dienst 57, p. 229-250.
- De Jong, J., 1966. Pollenanalytisch onderzoek van twee boringen afkomstig van de Maasvlakte (Noordzee-Maasmond), Geologische Stichting Rapport 452, Afdeling Geologische Dienst, 3 p.
- De Jong, J., 1986. Pollenanalytisch onderzoek van een tweetal boringen verricht in het gebied ten ZW van de Maasvlakte, Rijks Geologische Dienst Rapport 986, Afdeling Paleobotanie Kenozoïcum, 3 p.
- De Wolf, H., 1986a. Diatomeeënonderzoek van de boring Maasvlakte 6119, Rijks Geologische Dienst Rapport 478, Afdeling Diatomeeën, 2 p.
- De Wolf, H., 1986b. Diatomeeënonderzoek van de boring Maasvlakte 6104, Rijks Geologische Dienst Rapport 479, Afdeling Diatomeeën, 2 p.
- Hageman, B.P., 1960. De Holocene ontwikkeling van de Rijn-Maas-mond, Geologie en Mijnbouw 39, 661-670.
- Hageman, B.P., 1969. Development of the western part of The Netherlands during the Holocene, Geologie en Mijnbouw 48, 373-388.
- Jelgersma, S., 1961. Holocene sealevel changes in The Netherlands, Proefschrift Leiden, Mededelingen Geologische Stichting, Serie C-VI, 7, 50 p.
- Laban, C., 1974. Geologische opbouw van het kustgebied tussen Hoek van Holland en Walcheren, Rijks Geologische Dienst Rapport 1141, 5 p.
- Louwe Kooijmans, L.P., 1974. The Rhine/Meuse Delta. Four studies on its prehistoric occupation and Holocene geology, Proefschrift Leiden, Analecta Praehistorica Leidensia 7, 421 p.
- Oele, E., 1968. Geologisch onderzoek ten behoeve van de vaargeul ten westen van Hoek van Holland, Rijks Geologische Dienst Rapport 636, 5 p.
- Pons, L.J., 1957. De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen, 's Gravenhage, Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 63.11, Proefschrift Wageningen, 156 p.
- Törnqvist, T.E., 1993. Fluvial sedimentary geology and chronology of the Holocene Rhine-Meuse delta, The Netherlands, Proefschrift Utrecht, Nederlandse Geografische Studies 166, 169 p.
- Törnqvist, T.E., Weerts, H.J.T., en Berendsen, H.J.A., 1994. Definition of two new members in the upper Kreftenheye and Twente Formations (Quaternary, The Netherlands): a final solution to persistent confusion? Geologie en Mijnbouw 72, 251-264.
- Van de Meene, E.A., 1984. Beschrijving van kaarten en profielen, benevens enige opmerkingen over de genese, Rijks Geologische Dienst Rapport OP 6006, 7 p.
- Van de Plassche, O., 1982. Sea-level change and water-level movements in the Netherlands during the Holocene, Proefschrift Vrije Universiteit, Mededelingen Rijks Geologische Dienst 36, 93 p.
- Van der Valk, L., 1993. Vervaardiging paleogeografische constructies 7000 BP en 5500 – project Kustgenese, Rijks Geologische Dienst Rapport BP 40.016-3, 7 p (concept).
- Van der Valk, L., 1996. Geology and sedimentology of Late Atlantic sandy, wave-dominated deposits near The Hague (South-Holland, the Netherlands): a reconstruction of an early prograding coastal sequence, in Coastal studies on the Holocene of the Netherlands (Beets, D.J., Fischer, M.M., en De Gans, W., red.), Mededelingen Rijks Geologische Dienst 57, p. 201-228.
- Van der Woude, J.D., 1984. The fluviolagoonal palaeoenvironment in the Rhine/Meuse deltaic plain, Sedimentology 31, 395-400.
- Van Staalduinen, C.J., 1979. Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Rotterdam West (37 W), Rijks Geologische Dienst, 140 p.
- Van Straaten, L.M.J.U., 1965. Coastal barrier deposits in South- and North-Holland – in particular in the areas around Scheveningen and IJmuiden, Mededelingen van de Geologische Stichting, Nieuwe Serie 19, 41-75.
- Vos, P.C., and van Heeringen, R.M., 1997. Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland (SW Netherlands), in Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands) (Fischer, M.M., red.), Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO 59, 5-109.
- Zonneveld, P.C., 1996. Geologisch en geotechnisch onderzoek t.b.v. fundatie meetpaal Maasmond, Rijks Geologische Dienst Rapport BP 3110000, 5 p.