

# Zwerfstenen in de kwartaire formaties van het Nederlands deel van de Noordzee

Cees Laban

*Dr. C. Laban, p/a Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen-TNO, Afdeling Geo-Mariën & Kust, Postbus 80015, 3508 TA Utrecht, e-mail C.Laban@nitg.tno.nl*

**In het Nederlands deel van de Noordzee komen verschillende kwartaire formaties voor die grind bevatten. Deze zijn onder uiteenlopende omstandigheden afgezet en hebben verschillende herkomstgebieden. Het landijs van tenminste drie ijstijden heeft voor het transport van grindhoudend zand gezorgd. Daarnaast hebben de rivieren zoals de Schelde, Rijn, Maas, Elbe en Wezer ook hun aandeel gehad in de aanvoer.**

## Inleiding

De eerste kaart met grindhoudende afzettingen aan het oppervlak van de Noordzeebodem werd in 1910 gepubliceerd door de Nederlandse geoloog J.J. Tesch (afb.1). De benodigde informatie haalde deze onderzoeker van visserijkaarten. In 1951 publiceerde de Duitse onderzoeker Pratie eveneens een kaart van de Noordzee waarop grindgebieden staan aangegeven. Ook hij haalde deze informatie van visserijkaarten. Hij gaf drie grindgebieden aan: 1) noordwest van Texel; 2) de Borkum Riffgrund ten noorden van het Duitse waddeneiland Borkum en 3) een groot gebied ten westen van de Deense kust. Van al deze gebieden nam hij aan, dat het grind daar tijdens het Saalien en het Weichselien als eindmorene was afgezet (afb. 2). Daarna verscheen er nog een aantal publicaties met kaarten van de bodemsamenstelling van de Noordzee, die echter niet veel nieuwe informatie hebben verschaft.

In 1969 en in 1971 publiceerde Oele in *Geologie en Mijnbouw* over de geologie van het Nederlands Continentaal Plat (hierna te noemen NCP) met hierin de eerste geologische kaartjes met de aan of nabij het oppervlak liggende holocene en pleistocene afzettingen (Oele, 1969, 1971). Het geologische onderzoek hiervoor was uitgevoerd door de Rijks Geologische Dienst (RGD) in samenwerking met Rijkswaterstaat directie Noordzee. Aan het eind van de jaren zeventig is een overzichtskartering van het NCP gestart die momenteel bijna is afgerond en die een beter inzicht heeft verschaft in de geologische opbouw van het NCP, waaronder het voorkomen van grindafzettingen in dit gebied.

Het geologisch onderzoek op het NCP wordt momenteel uitgevoerd door het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen-TNO (NITG-TNO) in Utrecht in samenwerking met Rijkswaterstaat directie Noordzee.

## Morfologie

De morfologie van de zeebodem zegt soms al veel over de wijze waarop een aantal formaties is gevormd. Het NCP is een van de ondiepste delen van de Noordzee. In het grootste deel worden diepten bereikt tot meer dan 40 m en in het noordelijk deel neemt de diepte zelfs toe tot meer dan 50 m (afb. 3). Een uitzondering vormen de banken waarvan de top soms op slechts enkele meters beneden de zeespiegel ligt en de Botney Cut, even ten zuidwesten van de Doggersbank, waar waterdiepten tot meer dan 60 m worden bereikt. Deze gedeeltelijk opgevulde, noordwest-zuidoost lopende geul is tijdens het Weichselien uitgeslepen door smeltwater dat onder het landijs weststroomde.

In het zuiden komen zandgolven voor, een soort onderzeese duinen, die zich van de zuidgrens van het Nederlands deel van de Noordzee tot aan ca. 53° NB uitstrekken en met als oostelijke begrenzing ongeveer de dieptelijne van 20 m. (Ook de andere getallen in dit artikel zijn bij benadering aangegeven, zonder dat dit steeds is vermeld.) Daarnaast bevinden zich kleine gebieden met zandgolven ten noorden van de Waddeneilanden. Hun hoogte varieert van 2 tot 12 m, maar is overwegend tussen 4 en 6 m en de afstand tussen de kammen, de golfhoogte, varieert van 190 tot 400 m.

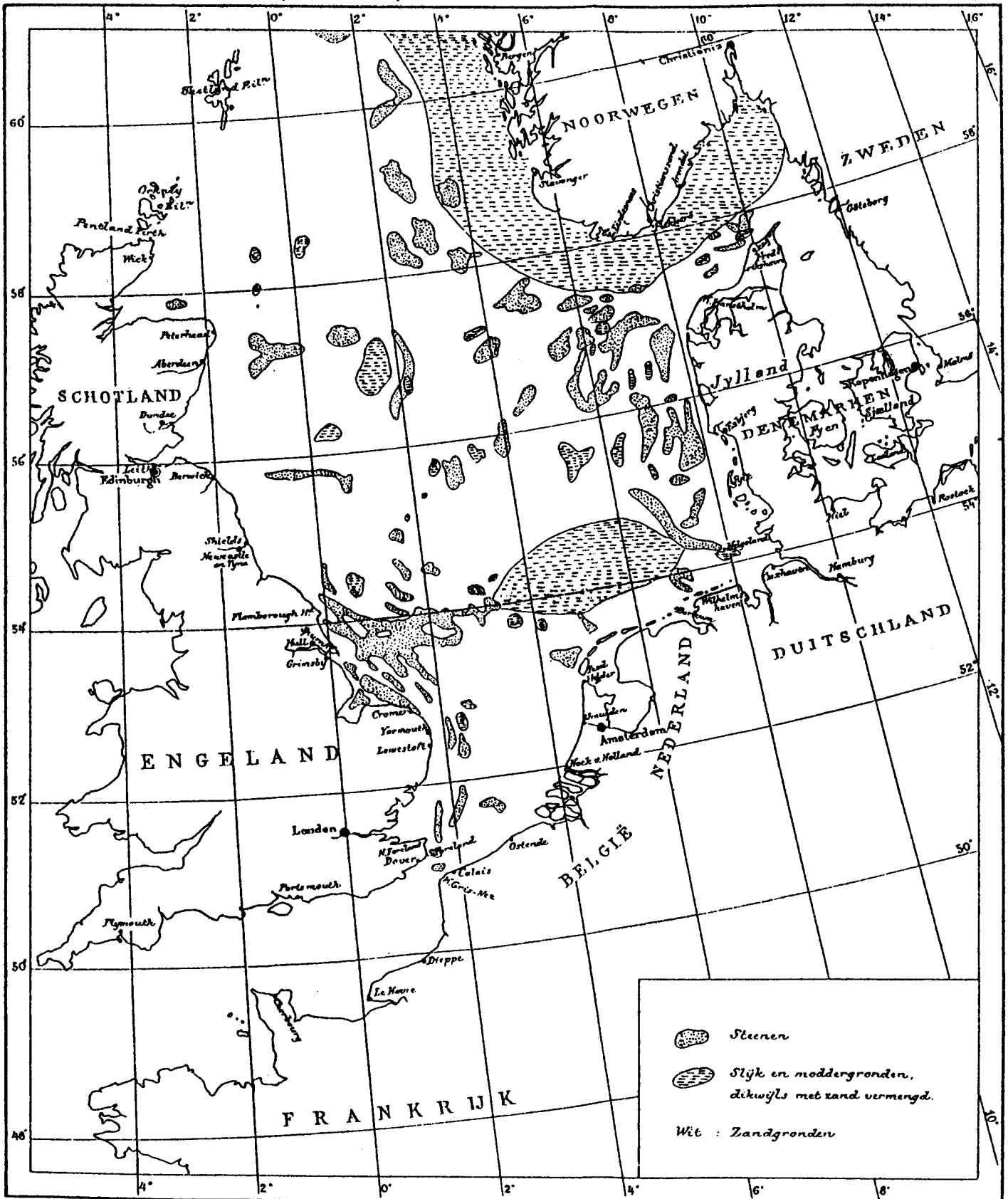
Min of meer parallel aan de kust van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden ligt een systeem van banken met hoogten van minder dan 10 tot meer dan 20 m boven de omringende zeebodem. In het kustgebied tussen Bloemendaal en Petten komen banken voor met een hoogte van minder dan 10 m, die schuin op de kust staan: zogenaemde 'shoreface-connected ridges' (Van de Meene, 1994). Westwaarts van deze banken ligt een systeem van banken met een hoogte van minder dan 10 m die een noord-zuid-richting

hebben. Een uitzondering hierop vormt de Bruine Bank met een hoogte van meer dan 20 m. De noordpunt van dit bankensysteem ligt op 53° 30' NB. Ten noorden van Texel, Vlieland en Terschelling liggen banken met een hoogte van minder dan 10 m die met de kustlijn meebuigen in noordoostelijke richting en boven Ameland en Schiermonnikoog ligt tenslotte een systeem van banken met een hoogte van minder dan 10 m en met een noordwest-zuidoost-richting. Het gebied tussen deze banken en de noordgrens van het NCP is nagenoeg vlak, behoudens de Doggersbank en de Klaverbank ten zuidoosten van de Doggersbank. Aan de zeezijde van de zeegaten van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden en de Waddeneilanden liggen eb-getijdedelta's (Van Alphen & Damoiseau, 1989) (afb. 4).

## 1000 meter sediment

Voor de verklaring van het voorkomen van grind in het NCP zijn de laatste 2,5 miljoen jaar van de geologische geschiedenis, het Kwartair, van belang. Deze periode is onderverdeeld in de tijdvakken Pleistoceen, ca. 2.5 miljoen jaar tot ca. 10.000 jaar geleden en Holocene dat erop volgde en nu nog voortduurt. Het Pleistoceen is onderverdeeld in een aantal etages, zoals aangegeven in afb. 5.

De geologische geschiedenis van het NCP hangt nauw samen met de overwegend dalende beweging van het Noordzeebekken waar het deel van uitmaakt en het verloop van het klimaat tijdens het Kwartair. De rand van het Noordzeebekken volgde aan het begin van het Kwartair nog min of meer het verloop van de huidige landsgrenzen, waar oude gesteentelagen aan of dicht onder het oppervlak liggen met slechts dunne kwartaire afzettingen (Zagwijn, 1975). De dikte van deze afzettingen in het Noordzeebekken weerspiegelt de



Boekhandel en Drukkerij voorheen E. J. BRILL, Londen.

DRUK v. W. J. N. N.

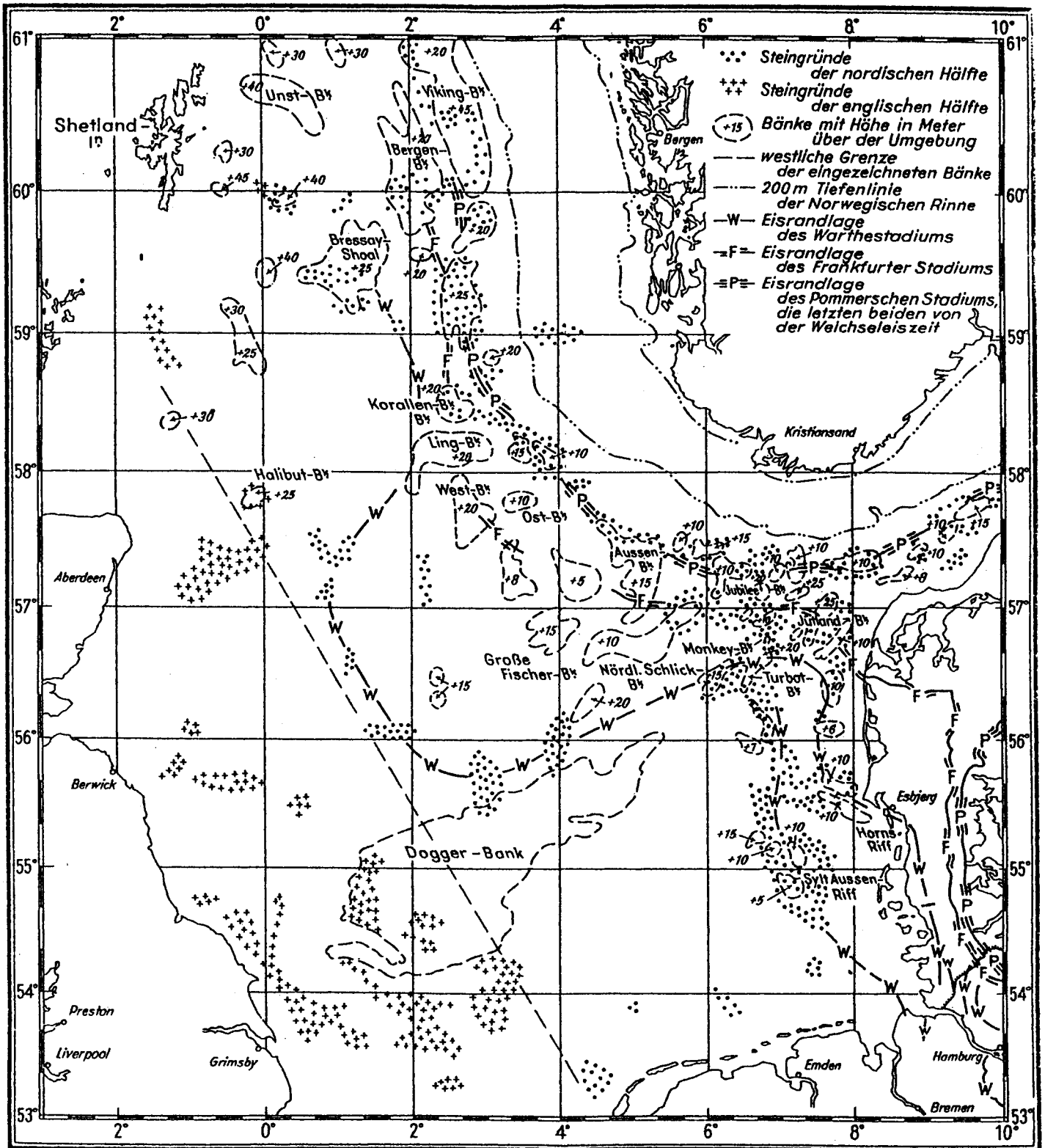
Afb. 1. De door J.J. Tesch in 1910 gepubliceerde kaart van de Noordzee met hierop de grindvoorkomens die hij van visserijkaarten heeft gehaald.

daling tijdens het Kwartair, doordat deze nagenoeg is bijgehouden door opvulling met sedimenten die voornamelijk zijn aangevoerd door rivieren, maar ook door de zee, de wind en het

landijs. Het klimaat liet tijdens het Kwartair een afwisseling zien van warmere en koudere tijden. Tijdens tenminste vier van deze koude tijden (ijstijden) breid-

den gletsjers zich, in de vorm van landijs, vanuit Scandinavië over grote delen van Noord-Europa en de Noordzee uit. Tijdens de laatste ijstijd kwamen er zelfs gletsjers vanuit Groot-

Die Deutung der Steingründe in der Nordsee als Endmoränen



Druck: Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg 11

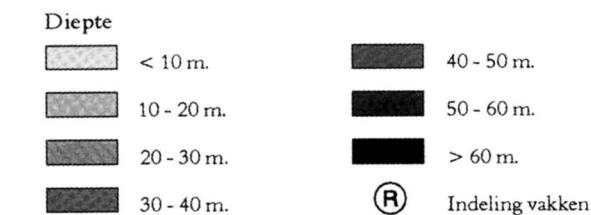
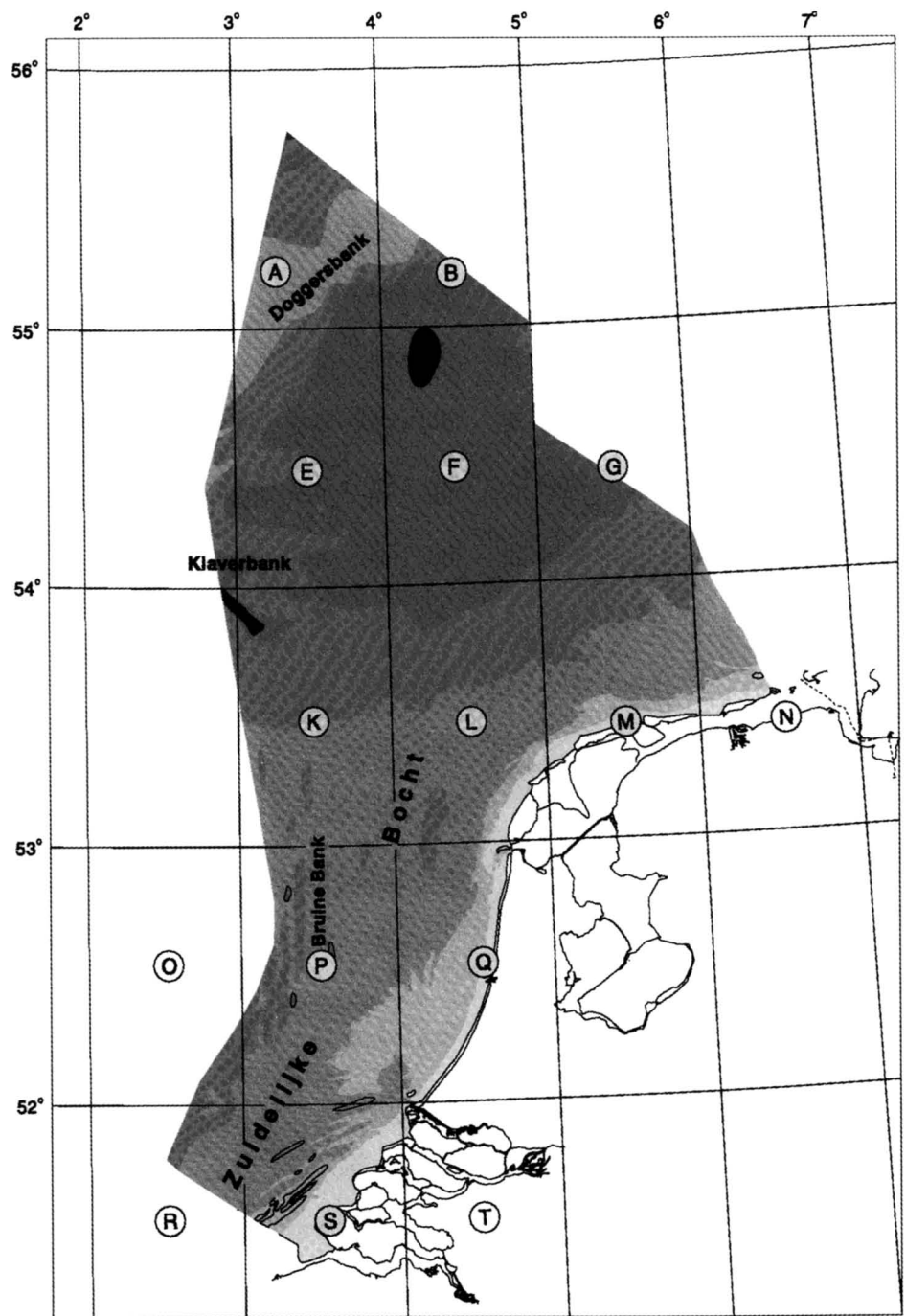
Afb. 2. De kaart van O. Pratje (1951) met hierop een van de stadia van de verbreiding van het landijs tijdens het Saalien (Warthestadiums) en twee stadia van het landijs tijdens het Weichselien.

Britannië tot op het noordelijk deel van het NCP. De aanwezigheid van landijs is van grote invloed geweest op de vorm van de zeebodem en de loop van de riviersystemen.

De dikte van de kwartaire afzettingen

varieert sterk op het NCP. In het uiterste zuiden liggen oudere formaties uit het Tertiair dicht aan het oppervlak en bereikt het kwartaire pakket een dikte van gemiddeld slechts enkele meters. Naar het noorden toe duikt de bovenkant van de tertiaire afzettingen de

diepte in en wordt bedekt door steeds dikkere kwartaire afzettingen. Ter hoogte van Hoek van Holland, bereikt het kwartaire pakket al een dikte van bijna 300 m (Laban et al., 1992). In het overige kustgebied bedraagt de dikte overwegend 400 m tot 500 m. In wes-



Afb. 3. Waterdiepte en indeling in concessievakken van het NCP (A, B, etc.). Elk vak is weer onderverdeeld in 18 blokken.

telijke richting neemt de dikte weer af. De grootste dikten wordt echter in het noordelijk deel van het NCP bereikt, waar in het gebied even ten oosten van de Doggersbank dikten tot 1000 m zijn gevonden (Laban *et al.*, 1995). In oostelijke richting wordt het kwartaire pakket weer dunner (afb. 6). Langs de grens met het Duitse deel van de Noordzee worden dikten van 200 m en

in verder in oostelijke richting liggen de tertiaire afzettingen nabij de zeebodem (Streif, 1996).

### Delta's

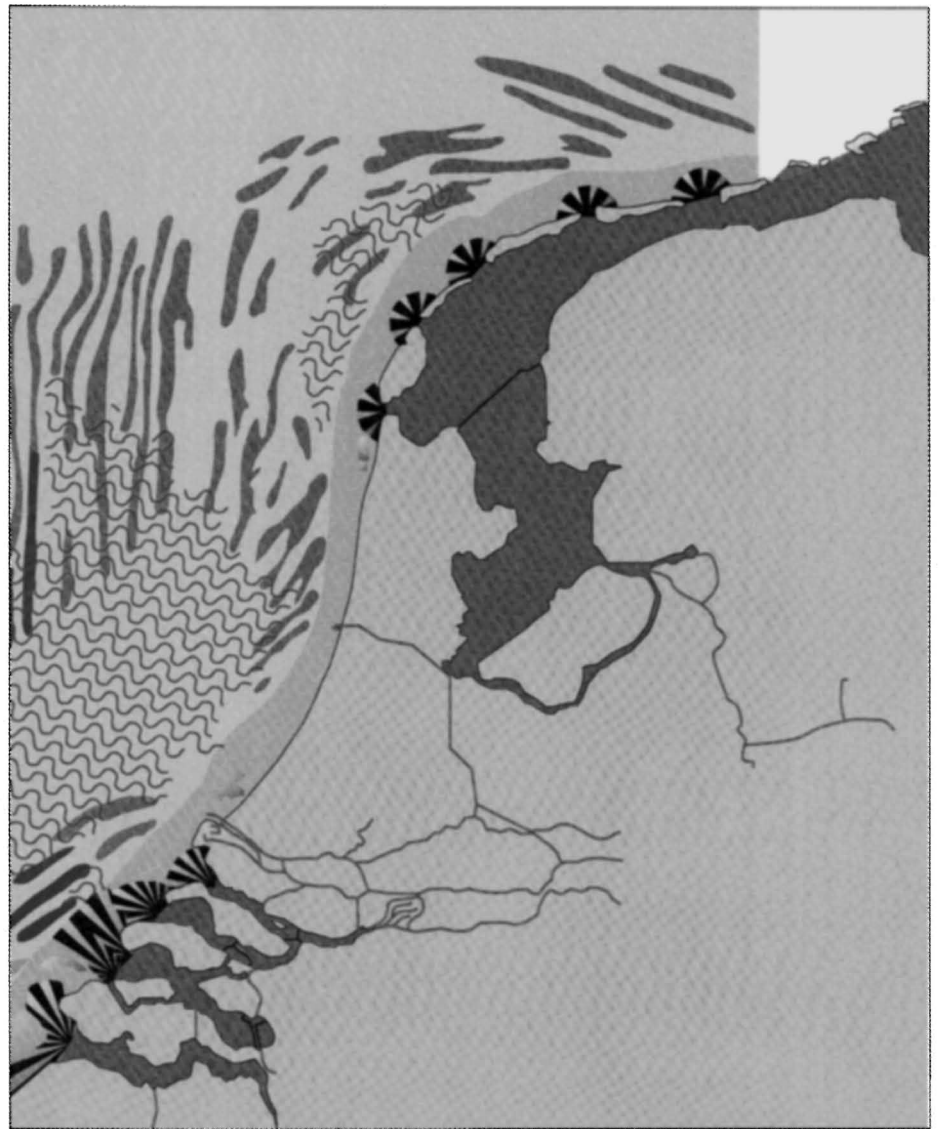
Aan het begin van het Kwartair lag de kustlijn nog ver ten oosten van de huidige en waren ons land en de Noordzee grotendeels door de zee

bedekt. Door de Rijn en Maas werd vanuit het zuiden en door de voorlopers van de Elbe, de Wezer en de Eems vanuit het oosten grote hoeveelheden sediment aangevoerd en afgezet in snel in noordwestelijke richting uitbouwende delta's. In boringen ten noorden van de Waddeneilanden is op 34 m onder de zeebodem kwartsrijk grind aangetroffen dat afkomstig is uit het noordoosten. Het bestaat o.a. uit gangkwarts, kwarts, veldspaat en kwarts met witte veldspaat (Zandstra, 1971). In de Duitse Bocht voerden rivieren vanuit Scandinavië ook sedimenten aan in delta's die zich eveneens snel in westelijke en noordwestelijke richtingen uitbreidden. Deze rivieren behoorden tot het zogenoemde Baltische systeem. Ongeveer 1,8 miljoen jaar geleden hadden de delta's zich al westelijk van de huidige kustlijn uitgebouwd en 800.000 jaar geleden, tijdens het Cromerien, lag de kustlijn vermoedelijk al iets ten zuidoosten van de huidige Doggersbank (Zagwijn & Doppert, 1978) (afb. 7). Aan afzetting van sedimenten door het Baltische riviersysteem en de Midden-Duitse rivieren kwam in die tijd een einde. Dit is veroorzaakt door de ijstijd die aan het Cromerien vooraf ging: het Menapien. Het landijs vanuit Scandinavië bedekte toen vermoedelijk de huidige Oostzee en mogelijk zelfs een deel van de oostelijke Noordzee. Tijdens het Elsterien, de ijstijd die 300.000 jaar geleden begon, werd het grootste deel van de Noordzee met ijs bedekt en werden de rivieren gedwongen zich naar het zuiden te verleggen (afb. 8). Aan de aanvoer van afzettingen door de Rijn in het gebied ten noorden van de Waddeneilanden kwam tijdens het Saalien (200.000 jaar geleden) definitief een einde, doordat het landijs de loop van de rivieren naar het zuiden dwong (afb. 9). Afzetting door deze rivieren vond daarna uitsluitend in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee plaats. De aanvoer van Rijn- en Maasafzettingen is hier doorgegaan tot in het Vroeg-Holoceen (7.000 jaar geleden).








De afzettingen uit het grootste deel van het Kwartair zijn hoofdzakelijk in de zee afgezet op het onder water gelegen deel van de uitbouwende delta's (prodelta-afzettingen) en bestaan overwegend uit klei en fijn- tot middenkorrelige, slibrijke zanden. De deltatop-afzettingen, het sediment dat op de delta's zelf is afgezet, bestaan over het algemeen uit fijn- tot middenkorrelige zanden, afgewisseld door kleilagen en mariene zandlagen. Grindhoudende afzettingen zijn slechts plaatselijk aangetroffen in diepere boringen ten westen van de kust van Noord-Holland. Het betreft vermoedelijk grind van oostelijke herkomst dat hier o.a. door de Elbe en Wezer is neergelegd.

## Landijsbedekkingen

Als gevolg van de hierboven genoemde grote landijsuitbreidingen daalde de zeespiegel sterk, doordat veel water als gletsjerijs werd vastgelegd. Een groot deel van de ondiepe zeeën, zoals de Noordzee viel daardoor grotendeels droog. Aanwijzingen voor de oudste ijsbedekkingen in het Nederlands deel van de Noordzee zijn moeilijk terug te vinden, doordat de laatste drie ijsbedekkingen de zeebodem hebben gevormd en de oudere afzettingen gedeeltelijk hebben opgeruimd of bedekt met afzettingen (Laban, 1995). Een ijstijd die van grote invloed is geweest op de morfologische ontwikkeling van de zeebodem van een groot deel van het NCP was het Elsterien (300.000 - 250.000 jaar geleden). Gedurende het Elsterien breidde het landijs zich ver naar het zuiden uit en bedekte tijdens het maximum een deel van Noord-Nederland en de bodem van de zuidelijke Noordzee tot ongeveer de lijn Den Helder en het Engelse Ipswich, even ten noorden van Londen (afb. 9). Door smeltwater van de honderden meters dikke ijskap, is een patroon van diepe dalen gevormd in de bovengenoemde delta's in het gebied tussen 53° NB (Den Helder) en ca. 55° NB (Doggersbankgebied). Deze dalen, ook wel tunneldalen genoemd, reiken gemiddeld tot een diepte tussen 100 en 500 m en variëren in breedte van minder dan 1 tot 6 km, terwijl er plaatselijk tot 23 km brede dalen zijn aangetroffen (Cameron *et al.*, 1986). Het kenmerkende van dergelijke dalen is, dat ze abrupt beginnen en even abrupt weer eindigen. De hellingen van de dalen hebben een hoek die varieert van 5° tot 40°. Over de vorming van deze dalen bestaan verschillende theorieën. Een ervan is als volgt: door smeltwater dat onder hoge druk onder het ijs wegstroomt, wordt aan het ijsfront met kracht sediment afgevoerd, waardoor er vóór het ijs geulen ontstaan. Dit proces wordt ook wel 'piping' genoemd. Het over de bodem schuivende ijs zakt in deze geul en doordat het proces doorgaat, ontstaat er een steeds dieper en breder dal. Het smeltwater pompt als het ware het sediment naar het ijsfront toe. Voor het ijs ontstaat een smeltwatermeer, waarin het afgevoerde sediment bezinkt (Boulton & Hindmarch, 1987). De opvulling van de dalen bestaat onderin vermoedelijk uit zand, dat naar boven overgaat in stugge klei met silthoudende lagen, de Swarte Bank Formatie genoemd. Ook tussen deze dalen zijn plaatselijk dergelijke door smeltwater aangevoerde kleilagen aangetroffen. Naast deze dalen en kleilagen zijn er tot nu toe nauwelijks andere afzettingen aangetroffen die in het Elsterien door landijs zijn afgezet. Grindhoudende afzettingen zijn slechts op één plaats aangetroffen. Even ten zuiden van de Bruine Bank is grofkor-



morfologische eenheden

	vlak		plateau/terras
	vooroever		eb-getijdedelta
	bank, hoogte < 10m		zandgolven
	bank, hoogte > 10m		

Afb. 4. De morfologische eenheden van het zuidelijk deel van het NCP (naar Van Alphen en Damoiseaux, 1989).

relij fluvioglaciaal zand aangeboord, waarin Scandinavische kristallijne zwerfstenen voorkomen, o.a. middelkorrelige rode graniet, donkergrijze graniet en muskovietrijke kwartsiet of schist. Daarnaast bevat het grind platronde rolstenen van vuursteen, verkieselde mergel en oölitische grijze kalksteen die mogelijk uit de onderliggende rivierafzettingen afkomstig zijn (Zandstra, 1971). Mogelijk ligt deze afzetting langs de zuidelijke grens van het landijs van het Elsterien.

### Grind vanuit Scandinavië

Na deze ijstijd volgde het warmere Holsteinien. Het landijs smolt af en de zeespiegel steeg weer, waardoor een

groot deel van de Noordzee en Noord-Nederland door de zee werden bedekt. De zuidelijkste kustlijn lag toen vermoedelijk ter hoogte van Hoek van Holland.

Op de Noordzeebodem werden in die tijd fijn- tot middenkorrelige mariene schelphoudende zanden met slib- en kleilaagjes afgezet. De dikte varieert van 3 tot 40 m. Deze afzettingen worden tot de Egmond Ground Formatie gerekend.

Aan het eind van het Holsteinien trad weer een klimaatverslechtering op en daalde de zeespiegel opnieuw. De koude tijd die daarop volgde wordt het Saalien genoemd. Ongeveer 150.000 jaar geleden vond tijdens deze ijstijd de maximale uitbreiding van het land-

Ouderdom in miljoenen jaren	Etage	Tijdvak	Periode
	0		Holoceen
	Weichselien	Laat-Pleistoceen	
	Famien		
	Saalien		
	Holsteinien		
	Elsterien		
0.5	"Cromerien"	Midden-Pleistoceen	
	Bavelien		
1.0	Menapien		
	Waalien		
1.0	Eburonien	Vroeg-Pleistoceen	
	Tiglien		
2.0	Praetiglien		
2.5	Reuverien	Laat Pliocene	Tertiair

Afb. 5. Stratigrafische indeling van de geologische geschiedenis van het Kwartair en het Laat-Pliocene in Noordwest-Europa.

ijs plaats. Het oostelijk deel van het NCP en een groot deel van Noord- en Midden-Nederland werd in die tijd door landijs bedekt. De maximale grens van het landijs verliep in de Noordzee van de kust bij Haarlem naar ca. 4° OL en langs deze lengtegraad naar het noorden, om ten noorden van

de Waddeneilanden nabij 54° NB naar het noordoosten af te buigen (afb. 10). Ook tijdens deze landijsbedekking zijn er door het smeltwater dalen onder het ijs gevormd. Deze zijn echter minder diep en breed dan die uit de vorige ijstijd. De maximale diepte varieert van 30 tot 80 m en de breedte varieert van

2 tot 6 km. Onder het ijs is in het gebied rond de Waddeneilanden en de breedtegraad van 54° NB keileem op de bodem afgezet met een dikte tussen minder dan 1 en 10 m, de Borkumriff Formatie genoemd.

Plaatselijk zijn door het landijs in eindmorenes grindafzettingen neergelegd. Deze gebieden liggen over het algemeen langs de rand van het gebied waar landijsbedekking heeft plaatsgevonden. Het belangrijkste gebied ligt ten noordwesten van Texel. In dit gebied, de Texelse Stenen genoemd, heeft de grindhoudende laag een dikte van 0,2 tot 1 m. De grindpercentages variëren van minder dan 2 tot meer dan 70 %. Monsters die van dit grind zijn genomen bevatten kristallijne zwerfstenen, ordovicische kalksteen en ondoorschijnende vuursteen (Burger, 1994). Het grind bevat helaas te weinig fijn kristallijn materiaal om een Hesemann-telling uit te voeren. Door Burger (1994) is het grind van vier monsters gedetermineerd. Op grond hiervan kon worden vastgesteld dat het grind van Scandinavische herkomst is en vermoedelijk tot de Heerenveen Groep behoort (Zandstra, 1983). De Heerenveen Groep is afkomstig uit het West-Baltisch gebied, Dalarna en Zuid-Zweden en is hier vermoedelijk afgezet door de Midden-Zweedse ijsstroom (Rappol *et al.*, 1989). In een boring ten westen van Texel, op ongeveer 40 km uit de kust, is grind aangetroffen dat door Zandstra (1969) is geanalyseerd. Hij vond hierin zwerfstenen die afwijkend zijn van de bekende Scandinavische typen. Mogelijk zijn deze stenen afkomstig van West-Noorwegen. Tenslotte hebben duikers van de Afdeling Archeologie Onderwater van het ROB (Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek) te Lelystad even ten westen van Texel, aan de noordzijde van het Molengat, gesteenteblokken op de bodem zien liggen met doorsneden van meer dan een meter. De grindhoudende afzettingen worden tot de Indefatigable Grounds Formatie gerekend.

Een tweede, minder omvangrijk, gebied waar grindhoudende afzettingen zijn aangetroffen, ligt ten noorden van Schiermonnikoog. Het pakket heeft een geringe grinddikte van slechts 0,2 meter. Dit grindgebied ligt even ten westen van de Borkum Riffgrund, een groot grindhoudend gebied in het Duitse deel van de Noordzee. Dit grind is nog niet gedetermineerd. Het zou volgens Bäsemann (1979) tijdens de oudste Saalien-ijsbedekking zijn afgezet. Ten westen en noorden van de keileemafzettingen is door smeltwater in een meer, dat zich voor het landijsfront uitstreckte, een kleilaag afgezet. Het voorkomen van deze kleilaag strekt zich uit van de noordwestelijke K-blokken langs 54° NB tot in het noordelijk

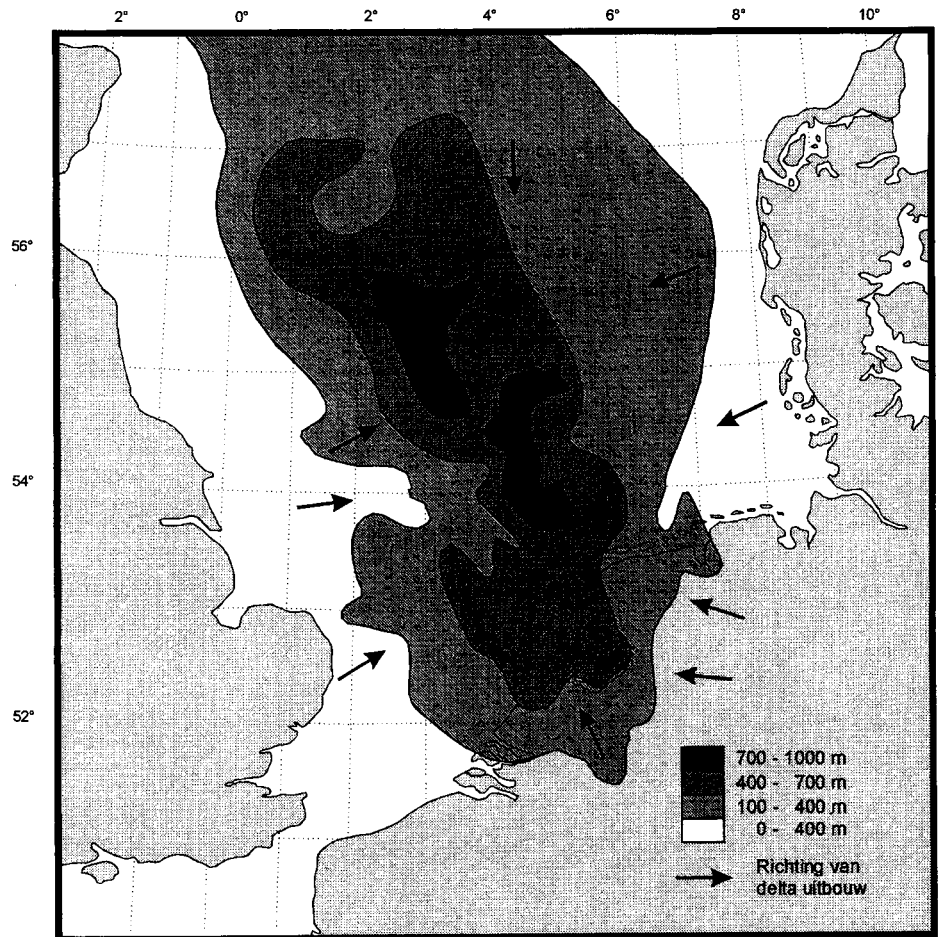
deel van het NCP. Het betreft een zeer stugge klei die de Cleaver Bank Formatie wordt genoemd (Cameron *et al.*, 1986). De dikte van deze kleilaag varieert van 3 tot 8 m.

Iets zuidelijker, ten westen van Petten, is eveneens grind aangetroffen aan het zeebodemoppervlak. Bij het maken van een sleuf voor een pijpleiding voor olietransport naar het land werd hier een grindrug doorgraven. Op de seismische opnamen die over de rug zijn gemaakt zijn structuren te zien die op het voorkomen van een esker kunnen wijzen. Mogelijk is hier onder het landijs een afvoergeul van smeltwater verstopt geraakt, waardoor het zand en grind zich hebben opgehoopt en er na het afsmelten van het landijs een rug is achtergebleven. Dergelijke ruggen worden eskers genoemd. Een deel van de stenen en blokken die hier aan de zeebodem liggen is tijdens het Weichselien, door de met zand beladen wind, afgeslepen tot fraaie windkeien met twee en soms drie afgeslepen vlakken.

Langs de rand van het landijs is door het smeltwater een laag fijn- tot middenkorrelig fluvioglaciaal zand afgezet, waarin plaatselijk grind is aangetroffen. Dit materiaal is tijdens de op het Saalien volgende warme periode, het Eemien, grotendeels door de zee omgewerkt.

Het Eemien begon ongeveer 110.000 jaar geleden. De zeespiegel steeg weer en er ontstond een verbinding tussen het Kanaal en de Noordzee. Het gehele NCP en delen van West- en Noord-Nederland werden door zee bedekt in die tijd. De tijdens het Saalien onder het landijs gevormde dalen werden opgevuld met mariene afzettingen en verder werden de door het landijs achtergelaten zand- en grindafzettingen door de zee omgewerkt en getransporteerd over een groot deel van het noordelijk NCP. De zandafzettingen zijn over het algemeen fijn- tot grofkorrelig en bevatten plaatselijk kleilaagjes, schelpen en vaak enig grind, dat van Scandinavische oorsprong is (Zandstra, 1974). De dikte van deze laag varieert van minder dan 3 tot 30 m.

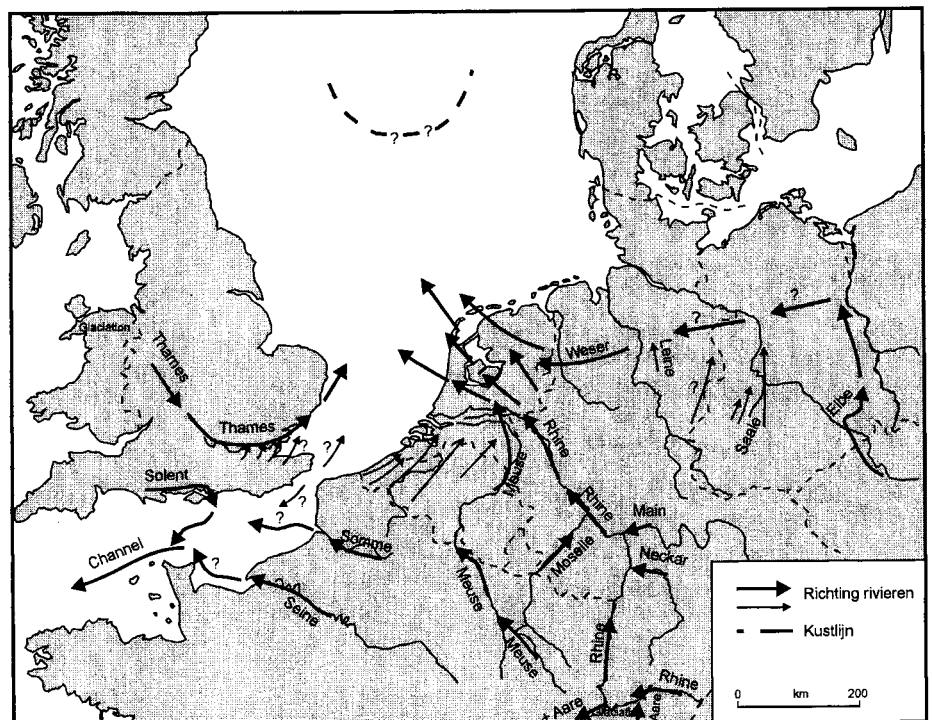
Ongeveer 100.000 jaar geleden begon de zeespiegel opnieuw te dalen door de komst van de laatste ijstijd, het Weichselien. In het centrale deel van de Zuidelijke Bocht van de Noordzee werd in die tijd in een brakwatermilieu een kleilaag afgezet (Zagwijn, 1963). De afzetting van deze klei ging door tot in het begin van het Weichselien. In die tijd ontstond, doordat de zeespiegel al flink was gedaald, een zoetwatermeer. De dikte van deze kleilaag varieert van 2 tot 5 m. Het NCP viel tijdens de koudste fasen volledig droog en vervolgens ontstond er door het



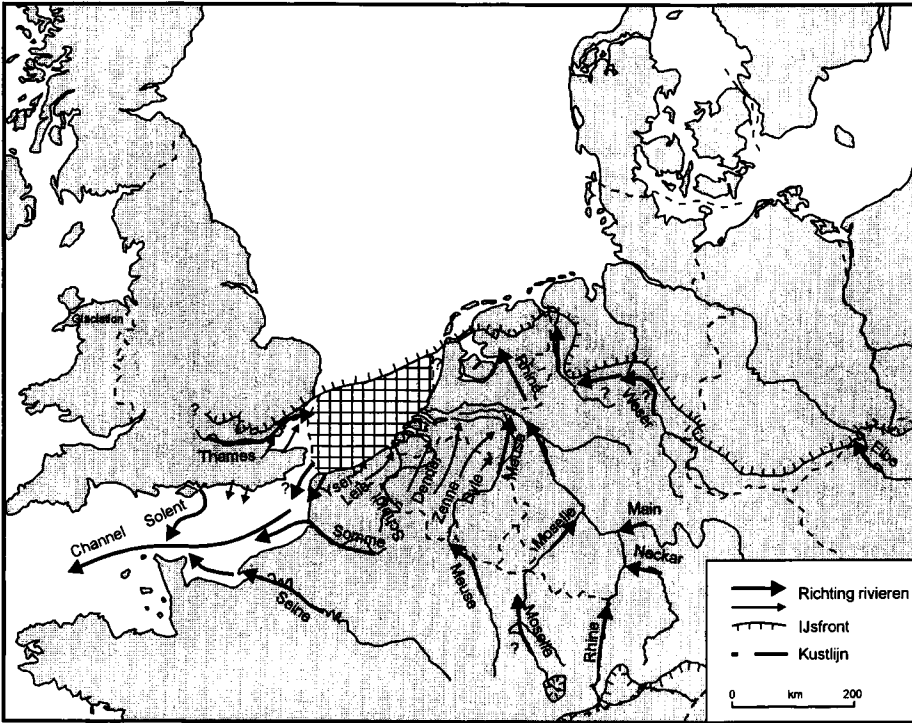
Afb. 6. De dikte van de kwartaire afzettingen in de Noordzee met de belangrijkste aanvoerrichtingen van de Rijn en de Maas, de Baltische, Midden-Duitse en Britse rivieren. In het noordelijk deel van het NCP, ter hoogte van de 55° breedtegraad, worden dikten van ca. 1000 m bereikt.

ontbreken van vegetatie een aantal malen een poolwoestijn, waarin de wind en rivieren het zand hebben ver-

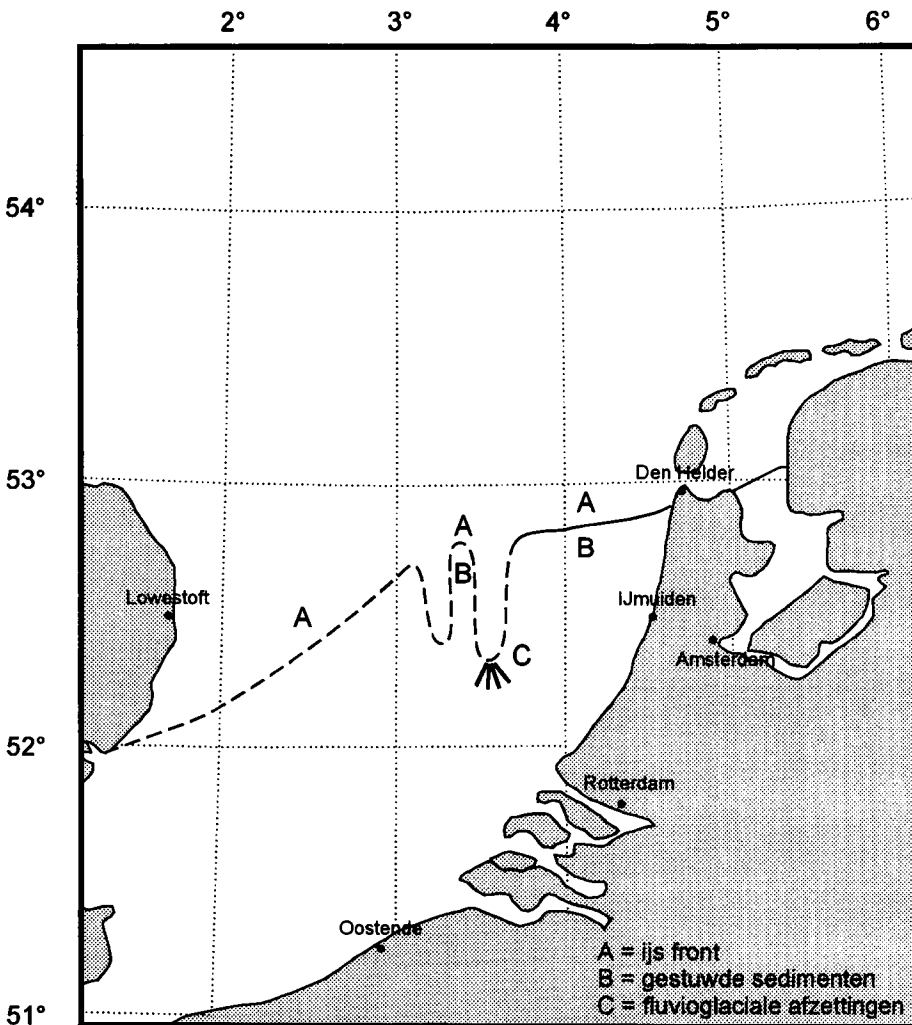
plaatst. Het landijs vanuit Scandinavië reikte tot aan Hamburg en liep door Jutland naar het noordwesten de



Afb. 7. Het verloop van de riviersystemen en de kustlijn tijdens het Cromerien. Hun delta's waren al ver naar het noorden uitgebouwd en lagen ter hoogte van de huidige Doggersbank (naar Zagwijn, 1975).



Afb. 8. Het verloop van de maximale grens van het landijs en de rivieren tijdens het Elsterien. De rivieren vonden hun weg naar het noorden geblokkeerd door het landijs en zochten hun weg naar het zuiden (naar Gibbard, 1988).



Afb. 9. De maximale uitbreiding van het landijs op het NCP tijdens het Elsterien. A geeft de maximale uitbreiding van het landijs weer, B de lokatie van gestuwde afzettingen in de ondergrond en C het voorkomen van smeltwaterafzettingen (fluvioglaciale afzettingen). Het Scandinavische landijs bedekte in die tijd zelfs een deel van East Anglia (Laban, 1995).

Noordzee in. Het Scandinavische landijs strekte zich niet tot op het NCP uit tijdens het Weichselien. Grote delen van het NCP ten oosten van 4° OL zijn vervolgens bedekt door periglaciale afzettingen: de Formatie van Twente. Het zand is overwegend zeer fijn tot fijn en bevat plaatselijk leemlaagjes. De dikte varieert van minder dan 1 tot 8 m. In het noordoostelijke deel van het NCP zijn dikten tot 16 m aangetroffen. Lokaal worden er dunne laagjes fijne grind in dit pakket gevonden.

### Grind uit Groot-Brittannië

Aan het eind van deze ijstijd vloeide landijs vanuit Groot-Brittannië uit tot op het noordwestelijk deel van het NCP (afb. 11). In dit gebied is een dik pakket keileem en smeltwaterklei afgezet, dat doorsneden is door dalen die onder het landijs zijn gevormd. Deze dalen zijn over het algemeen tussen 50 en 100 m diep en hebben een breedte die varieert tussen minder dan 1 tot 10 km. De dikte van het keileem/kleipakket bedraagt minder dan 5 m in het zuidwesten tot meer dan 20 m in het noordwestelijk deel van de verbreding, de Bolders Bank Formatie. In het gebied van de Klaverbank, ten zuidoosten van de Doggersbank, ligt op de keileem van de Bolders Bank Formatie een gebied waar door het Britse landijs een pakket zandhoudend grind is achtergelaten als eindmorene (Veenstra, 1965). Het grind is plaatselijk tijdens de holocene zeespiegelrijzing omgewerkt door de getijstroom. De dikte van deze grindhoudende laag varieert van 0,2 tot meer dan 2 m en het zand is middenkorrelig. Dit pakket wordt tot de Indefatigable Ground Formatie gerekend. Het percentage grind varieert van 30 tot 70 %. Plaatselijk zijn op de zeebodem blokken met een doorsnede van meer dan een meter aangetroffen. Grindanalyses en vergelijking met grindmonsters uit de keileem van de kust van Yorkshire in Engeland toonden aan dat het grind hier door Brits landijs is neergelegd (Dijkmans, 1981). Veenstra heeft in 1965 al een 40-tal grindmonsters uit dit gebied geanalyseerd en kwam aan de hand van het voorkomen van zandsteen, kwartsiet, vuursteen, kalksteen, kalk, porfier en andere kristallijne gesteenten tot de conclusie dat het zwerfstenen betrof die door landijs vanuit Groot-Brittannië zijn aangevoerd. Ook op de Oostbank, die gelegen is op het oostelijk deel van de Doggersbank, is in boringen grind aangetroffen dat tijdens het Weichselien door het landijs is aangevoerd vanuit Groot-Brittannië. Het grind bestaat hoofdzakelijk uit kwarts, niet gerolde vuursteen, porfier en andere kristallijne gesteenten en voorts uit zandsteen en kwartsiet. Volgens Zandstra (1972) wijst de afrondingsgraad van het grind op transport door water. Dit zou kunnen wijzen op transport door smeltwaterrijven.



## Rijn- en Maasgrind

Tijdens het Laat-Saalien, het Eemien en het Weichselien stroomden de Rijn en Maas in zuidwestelijke richting. In het zuidelijk deel van het Nederlands deel van de Noordzee ontstond een delta die zich tijdens het Weichselien tot in het Nauw van Calais heeft uitgestrekt. In deze delta-afzettingen komen plaatselijk grindlagen voor met Rijn- en Maasgrind, de Formatie van Kreftenheije (Zandstra, 1967). In de bovenste meters van dit pakket bevinden zich plaatselijk laagjes puimsteen dat afkomstig is van vulkanische uitbarstingen in de Eifel.

Ongeveer 10.000 jaar geleden kwam er een eind aan deze ijstijd en steeg de zeespiegel opnieuw. Dit was het begin van het Holoceen. Zo'n 5000 jaar geleden bedekte de zee al het gehele NCP en een deel van West- en Noord-Nederland. De stijgende zeespiegel zorgde eerst voor de vorming van moerassen waarin veenlagen zijn gevormd. Daarna zijn in een ondiepe zee klei- en slibhoudende zandlagen afgezet, de Elbow Formatie (Oele, 1969). Deze lagen komen in grote delen van het NCP voor en hebben over het algemeen een dikte van 1 tot 5 m, maar plaatselijk worden in depressies dikten tot meer dan 10 m bereikt. Nadat de zee min of meer de huidige kustlijn had bereikt, ongeveer 6.000 jaar geleden, zijn over de ondiepe zeeafzettingen zogenoemde 'open zee-zanden' neergelegd onder invloed van golf- en getijdestroming, de Blich Bank Formatie. In het zuiden van het NCP was dit zand afkomstig van omwerking van de delta's van de Rijn en Maas. De korrelgrootte varieert van fijn tot zeer grof en het bevat hier plaatselijk enig fijn grind, maar de korrelgrootte neemt naar het noorden toe af tot fijn- en middenkorrelig. In het gebied tussen de Zeeuwse Banken en de kust liggen eb-getijdedelta-afzettingen, afkomstig uit het kustgebied. Deze afzettingen bestaan uit zeer fijn- tot middenkorrelig slibhoudend zand met kleilagen. In het noordelijk deel bestaan deze zanden overwegend uit omgewerkte afzettingen van het landijs. Tenslotte bevindt zich in het uiterste zuiden van het NCP plaatselijk enig grind in de holocene afzettingen rond het mondingsgebied van de Westerschelde. Het is fijn, helder kwartsgrind dat hier mogelijk door de Schelde of een van de kleinere Belgische riviertjes in dit gebied afgezet.

## Dankzegging

Met dank aan Serge van Gessel van het NITG-TNO voor het bewerken van een aantal tekeningen.

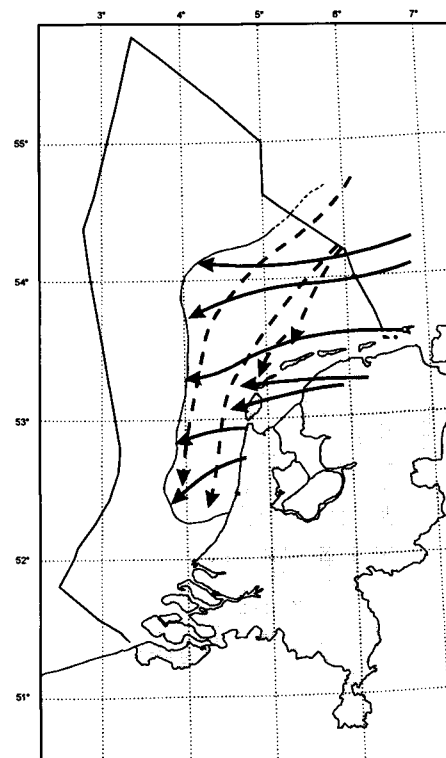
## Scandinavisch en Brits grind op het Hollandse strand

Het Scandinavisch landijs reikte tijdens het Elsterien (afb. 9) tot Ipswich aan de Britse oostkust ten noorden van Londen en bedekte zelfs een deel van Norfolk. Tijdens een geologisch onderzoek dat is uitgevoerd in een grindwin- gebied voor de kust van Norfolk is tussen de vuursteen die afkomstig is uit de London Clay (Eoceen) en gesteenten afkomstig uit Groot-Britannië, een aantal zwerfstenen van Scandinavische oorsprong aangetroffen. Het grind bevatte een rombenporfier uit het Oslogebied, twee donkerviolette, fluïdale porfieren (met vloeipatronen die veroorzaakt zijn door stroming van het magma tijdens de kristallisatie), mogelijk uit Dalarna (Midden-Zweden), en een aplietgraniet uit Noord-Zweden (Zandstra, 1972).

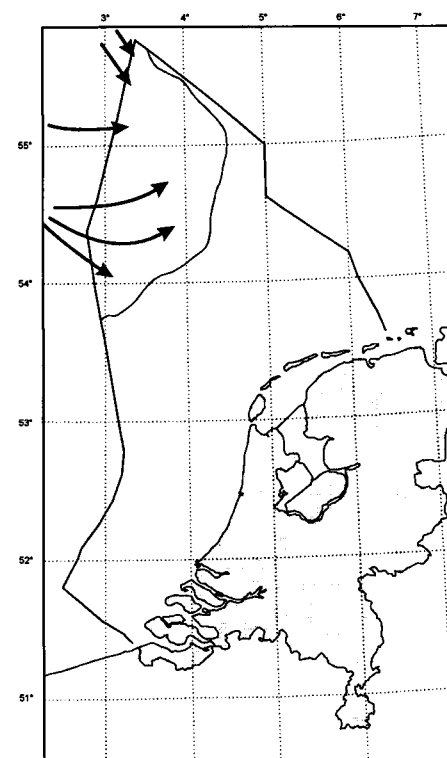
Het grindonderzoek is uitgevoerd omdat hier winning van grind plaatsvond voor de aanleg van de Maasvlakte. Tijdens de aanleg van havens is enige tijd geleden het zand en een deel van het onderliggende grind - via een pijpleiding onder de Nieuwe Waterweg door - naar het strand van Hoek van Holland gespoet. Hierdoor is hier een landuitbreiding van 175 ha ontstaan, de Van Dixhoorndriehoek genoemd.

Op het strand van deze driehoek, en ook ten noorden ervan, worden door verzamelaars onbekende zwerfstenen gevonden. Deze zijn hoogstwaarschijnlijk afkomstig uit het bovengenoemde wingebed onder de Britse kust. Voorts wordt er op het strand barnsteen aangetroffen. Ook dit kan met het materiaal vanuit Norfolk zijn meegebracht. Ten noorden van Londen wordt namelijk op het strand wel barnsteen gevonden afkomstig uit eocene klei. De stranden tussen Hoek van Holland en Scheveningen worden regelmatig van nieuw zand voorzien dat langs de dieptelijn van 20 m wordt weggezogen. Tijdens het geologisch onderzoek dat het NITG-TNO daar in samenwerking met RWS-directie Noordzee heeft uitgevoerd, is tot nu toe geen grind aangetroffen.

Tijdens het aanvullen van het strand van Texel is eveneens grind op het strand terechtgekomen. Dit zand wordt eveneens langs de dieptelijn van 20 m gewonnen. In het gebied ten westen van Texel ligt wel grind direct aan de zeebodem. Dit grind is hier tijdens het Saalien door het landijs achtergelaten. Toch worden er onbekende zwerfstenen tussen dit grind aangetroffen. Mogelijk is dit grind afkomstig van ballast die door schepen op de rede van Texel overboord is gegooid. Het kan dus overal vandaan zijn.



Afb. 10. Het verloop van de maximale uitbreiding van het landijs op het NCP tijdens het Saalien. De pijlen geven de vermoedelijke stromingsrichtingen van het landijs aan tijdens twee verschillende fasen. (Laban, 1995).



Afb. 11. De maximale uitbreiding van het landijs tijdens het Weichselien. De pijlen geven de vermoedelijke stromingsrichting van het landijs aan (Laban, 1995).

## Literatuur

- Alphen, J.S.L.J. van & Damoiseau, 1989. Geomorfologie van de Nederlandse kustwateren schaal 1:250.000. Rijswijk (RWS Directie Noordzee).
- Bäsemann, H., 1979. Feinkiesanalytische und morphometrische Untersuchungen an Oberflächensedimenten der Deutsche Bucht. Proefschrift Universiteit van Hamburg: 143 pp.
- Burger, A., 1994. Onderzoek aan grind van de 'Texelse Stenen', Noordzee. Intern rapport 958 NITG-TNO.
- Boulton, G.S. & R.C.A. Hindmarch, 1987. Sediment deformation beneath glaciers: rheology and geology consequences. Journ. Geophys. Res. 92: 9052-9082.
- Cameron, T.D.J., C. Laban & R.T.E. Schüttenhelm, 1986. Indefatigable: sheet 53°N/02°E. Quaternary Geology, 1:250.000 series BGS, NITG-TNO.
- Dijkmans, J., 1981. Grind- en zware mineralenanalyses aan grindvoorkomens uit het Botney Cutgebied. Afstudeerscriptie Universiteit van Amsterdam, Fysisch Geografisch en Bodemkundig Instituut.
- Laban, C. 1995. The Pleistocene glaciations in the Dutch sector of the North Sea. A synthesis of sedimentary and seismic data. Proefschrift Universiteit van Amsterdam, 194 pp.
- Laban, C., R.T.E. Schüttenhelm, P.S. Balson, C. Baeteman & R. Paepe, 1992. Ostend: sheet 52°N/02°E. Quaternary Geology, 1:250.000 series BGS, NITG-TNO & BGD.
- Laban, C., P.C.M. van der Klugt & P.J. Frantsen, 1995. Oyster Grounds: sheet 54°N/04°E. Quaternary Geology, 1:250.000 series BGS, NITG-TNO.
- Meene, J.W.H. van de, 1994. The shore-face-connected ridges along the central Dutch Coast. Proefschrift, NGS no. 174, Utrecht: 222 pp.
- Oele, E., 1969. The Quaternary geology of the Dutch part of the North Sea, north of the Frisian Isles. Geol. & Mijnb. 48 (5): 467-480.
- Oele, E., 1971. The Quaternary Geology of the Southern area of the Dutch part of the North Sea. Geol. & Mijnb. 50 (3): 461-474.
- Pratje, O., 1951. Die Deutung der Steingründe in der Nordsee als Endmoränen. Deutsch. Hydrogr. Zeitschr. 4: 106-114.
- Rappol, M., P. Halderson, P. Jorgensen, J.J.M. van der Meer & H.M.P. Stoltenberg, 1989. Composition and origin of petrographically-stratified thick till in the northern Netherlands and a Saalian glaciation model for the North Sea basin. Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 26: 31-64.
- Streif, Hansjörg, 1996. Deutsche Beiträge zum 'EG-Southern North Sea Project'. Geol. Jb. A 146: 21-32.
- Tesch, J.J., 1910. De Physische Gesteldheid der Noordzee. Tijdschrift van het Kon. Ned. Aardrijksk. Genootschap: 702-740.
- Veenstra, H.J., 1965. Geology of the Dogger Bank, in the North Sea. Marine Geology 3:245-262.
- Zagwijn, W.H., 1963. Pollenanalytisch onderzoek van een monster van de Noordzeebodem, opgehaald van de Bruine Bank. Intern rapport 376 NITG-TNO.
- Zagwijn, W.H., 1975. De paleogeografische ontwikkeling van Nederland in de laatste drie miljoen jaar. Geografisch Tijdschrift 9: 181-201.
- Zagwijn, W.H. & J.W.C. Doppert, 1978. Upper Cenozoic of the Southern North Sea Basin: Palaeoclimatic and palaeogeographic evolution. Geol. & Mijnb. 57: 577-588.
- Zandstra, J.G., 1967. Onderzoek van twee Noordzeeboringen ten Westen van Hoek van Holland. Intern rapport 139, NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1969. Onderzoek aan grindmonsters op het Noordelijk Plat (Noordzee). Intern rapport 176 NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1971. Sedimentpetrologisch onderzoek van boring G-18A (Noordzee). Intern rapport 255. NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1971. Grof grind uit spuitboringen in de vakken P7 en P11 (Noordzee). Intern rapport 281 NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1972. Grind en stenen uit het Noordzeegebied ter hoogte van Norfolk. Intern rapport 330 NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1972. Grind uit spuitboring 72GS32 op de Oostbank. Intern rapport 343 NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1974. Vervolg van het onderzoek van monsters uit spuitboringen in de Zuidelijke Noordzee. Intern rapport 432 NITG-TNO.
- Zandstra, J.G., 1983. A new subdivision of crystalline Fennoscandinavian erratic pebble assemblages (Saalian) in the central Netherlands. Geol. & Mijnb. 62: 455-469.

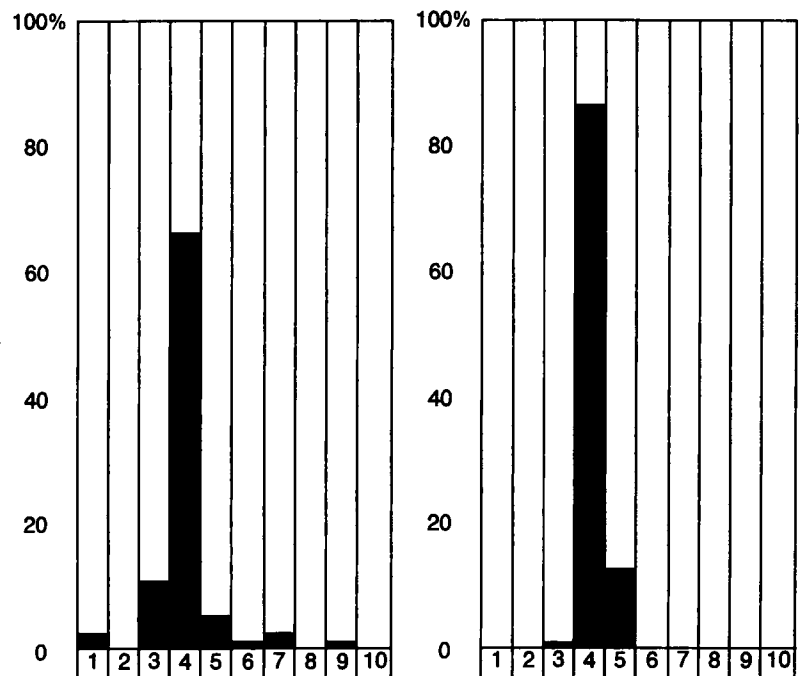
# Rectificatie

Tot onze grote spijt zijn er in het Maarn-nummer (nummer 5) enige fouten geslopen:

- p. 89 kolom 1 en pag. 92 kolom 3: Wiebe Bosga moet zijn Wietze Bosga.
- p. 94 onderschrift afb. 1: pagina 113 i.p.v. pagina ..
- p. 107: enkele malen staat hier een B in plaats van een streepje, bijvoorbeeld in de eerste kolom iets boven het midden staat 1992 B 1997 in plaats van 1992 - 1997.
- p. 108: in de rechter grafiek is de invulling van de kolommen 1 kolom naar rechts verschoven. De goede afbeelding treft u hierbij aan.
- p. 109 en 110: De afbeeldingen van de steen op p. 109 en de onderste steen op p. 110 zijn verwisseld.
- p. 111 kolom 3: pagina 94 i.p.v. XX.
- p. 115: de kleurenafbeeldingen vormen samen plaat 1.
- p. 115: onderschrift afb. 4: afb. 3 i.p.v. fig. 6.
- p. 116: de kleurenafbeeldingen vormen samen plaat 2.
- p. 116: onderschrift afb. 1: afb. 4 op blz. 114 i.p.v. afb. 10.
- p. 116: onderschrift afb. 3: afbeeldingen 1 en 2 i.p.v. 11 en 12.

Onze excuses voor deze storende fouten.

Redactie



Nr. 773 (ø 2.5-20 cm)  
HF 0900  
Gesteentecombinatieklasse 1

Nr. 825 (ø 0.4-2m)  
HF 01000  
Gesteentecombinatieklasse 1