

## SEDIMENTAIRE STRUKTUREN EN HUN ONTSTAANSWIJZE

een beknopte handleiding voor de excursie van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie naar ontsluitingen in de streek van Leuven en Tienen (België)  
13 en 14 oktober 1973

door

P. A. M. Gaemers, Leiden

Gaemers, P. A. M. Sedimentaire structuren en hun ontstaanswijze. Een beknopte handleiding voor de excursie van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie naar ontsluitingen in de streek van Leuven en Tienen (België), 13 en 14 oktober 1973. (Sedimentary structures and their origin. A concise guide for the excursion of the W.T.K.G. to exposures in the Leuven-Tienen region, Belgium). - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 10 (3):87 - 108, 3 plates, 1 map. Leiden, September 1973.

The most important sedimentary structures and their origin are shortly described. Some characteristics of important sedimentary environments are mentioned. A list of structures that can be observed during the excursion is added, as well as a list of the exposures that will probably be visited.

Drs. P. A. M. Gaemers, Geologisch-Mineralogisch Instituut van de Rijksuniversiteit, Garenmarkt 1b, Leiden, The Netherlands.

Inhoud - Inleiding, p. 88

Enige theorie over de opbouw en vorming van sedimentaire structuren, p. 89

Verschillende milieu's en hun kenmerken, p. 102

Sedimentaire structuren, welke in ontsluitingen in de streek van Leuven-Tienen te zien zijn, p. 104

Excursiepunten met voorkomende formaties en enige milieu-interpretaties, p. 105

Literatuur, p. 108

## INLEIDING

De sedimentologie is de wetenschap, welke zich bezighoudt met de bestudering van de processen, die afzettingsgesteenten doen ontstaan, en met de beschrijving en interpretatie van de structuren, welke door deze processen gevormd worden.

Het uiteindelijke doel van het onderzoek is het bepalen van het totaal van omstandigheden, waaronder de sedimenten met hun eventuele fossielinhoud zijn gevormd. Samen met paleontologische, stratigrafische en sediment-petrologische gegevens is het mogelijk om de paleoecologie en paleogeografie te rekonstrueren.

Fossielen zijn dikwijls uitermate geschikt voor de bepaling van het vroegere milieu. Helaas zijn er vele afzettingen, waarin fossielen zeer zeldzaam zijn of zelfs geheel ontbreken. Dan is de enige weg die overblijft het milieu te bepalen met de sedimentologische gegevens. Een formatie die arm is aan fossielen is gelukkig meestal rijk aan sedimentaire structuren. Het omgekeerde geldt ook: een afzetting, die zeer rijk is aan fossielen bevat normaliter maar weinig sedimentaire structuren. Deze negatieve correlatie lijkt op het eerste gezicht wat merkwaardig. Maar als we bedenken, dat de meeste sedimentaire structuren ontstaan, doordat stromingen materiaal verplaatsen en structuren sedimenteren, dan is het niet zo vreemd, dat fossielen dan veel zeldzamer aangetroffen worden. Dieren en planten leven het liefste daar, waar zowel geen sterke sedimentatie plaatsvindt, alsook waar geen sterke erosie plaats vindt. Grote sedimentatie vertroebelt het water en maakt de bodem tot een steeds veranderend oppervlak, dat vooral aan sessiele dieren weinig mogelijkheden tot bewoning biedt. Gravende en kruipende dieren hebben in zo'n milieu nog de meeste kansen. Het aantal soorten van een fauna uit een milieu met grote sedimentatie, erosie en veel sterke stromingen is daarom meestal gering. Het aantal individuen kan dan nog wel erg groot zijn. Als voorbeeld kan onze huidige waddenzee genoemd worden.

Een gebied waar sterke erosie optreedt, is ook zeer ongunstig voor organismen. Ook hier verandert het oppervlak te snel voor een goede bewoning van sessiele organismen. Een groot nadeel is bovendien, dat een dergelijk gebied nooit een tastbare nalatenschap achterlaat voor de geoloog, om de simpele reden dat er geen lagen worden afgezet, maar juist worden opgeruimd. In het gunstigste geval blijft er een laagje over, waarin het grofste materiaal geconcentreerd is. Een dergelijke laag of complex van lagen noemen we dan een "condensed sequence".

Wanneer we een gebied hebben, waarin veel dieren en/of planten leven, dan worden sedimentaire structuren dikwijls uitgewist. Gravende dieren verstoren de structuur en het gesteente met hun gangen, kruipende dieren kunnen de oppervlaktestructuren veranderen en ook planten kunnen door middel van hun wortels de primair aanwezige structuren vervormen of doen verdwijnen. Grote aantallen gravende dieren kunnen er zelfs voor zorgen, dat een geheel gesteente gehomogeniseerd wordt. Zelfs de graafgangen zijn dan nauwelijks terug te vinden.

Een belangrijke hoofdregel in de geologie is ook van groot belang voor de sedimentologie. Deze regel luidt, dat alle processen, die wij in het heden kunnen waarnemen, in het verleden op dezelfde wijze hebben plaatsgevonden. Met andere woorden: "The present is the key of the past".

Sedimentologie is een nog zeer jonge wetenschap, die eigenlijk pas na

de tweede wereldoorlog is opgekomen en die nu een stormachtige ontwikkeling door-  
maakt. Deze tak van de geologie is een logisch vervolg op de klassieke stratigra-  
fie, welke zich bezighoudt met de beschrijving van de aardlagen (zoals ook de  
letterlijke vertaling ons zegt). De sedimentologie gaat een grote stap verder.  
Zij bestudeert de structuren in de sedimenten om te achterhalen *hoe* de afzet-  
tingsgesteenten gevormd zijn. Zij interpreteert dus de gegevens, die stratigra-  
fisch verzameld zijn.

#### ENIGE THEORIE OVER DE OPBOUW EN VORMING VAN SEDIMENTAIRE STRUKTUREN

Daar het onmogelijk is om over dit onderwerp in dit bestek zeer gede-  
tailleerde informatie te verstrekken, blijft het bij een kleine inleiding, waar-  
in in het kort enige belangrijke processen van sedimentvorming aan de orde zullen  
komen. Voor degenen, die hierover meer willen weten, zijn in de literatuurlijst  
enkele studieboeken vermeld.

De sedimentaire structuren welke behandeld zullen worden, vallen uit-  
een in twee grote groepen. De eerste en grootste groep beslaat alle anorganische  
structuren. Hierin is natuurlijk verdere onderverdeling mogelijk. Het belang-  
rijkst zijn de structuren, welke door water- en/of luchtstromingen ontstaan zijn,  
zoals b.v. scheve gelaagdheden en parallelle laminatie. Vervolgens kennen we al-  
lerlei verstoringstructuren, waarvan convolute laminatie en "load cast" voor-  
beelden zijn. Een andere categorie vormen de oppervlakte-structuren, waarin ver-  
steende afdrucken van regendruppels en krimpscheuren thuishoren.

De tweede groep structuren is van organische aard. De graafgangen  
(eng.: burrows) zijn ongetwijfeld de meest voorkomende in deze groep. Er zijn  
zeer vele mariene dieren, die zich in de zeebodem ingraven. Daardoor is er ook  
een grote variatie aan graafgangen te vinden. Een veel gemaakt onderscheid ge-  
schiedt op grond van de oriëntatie. We kunnen horizontale, verticale en scheef-  
verlopende gangen vinden. Hierbij moeten we wel bedenken, dat eenzelfde organis-  
me alle drie genoemde typen kan vormen. Een dier, dat gewoonlijk b.v. horizontale  
gangen graaft, zal, wanneer er plotseling een laag van één of meer decimeters  
zand wordt afgezet, zich snel naar hoger gelegen oorden verplaatsen, omdat het  
voor voedsel en zuurstofvoorziening toch meestal op de zeebodem en het omringen-  
de water is aangewezen. Graafgangen zijn ook op grond van hun diameter te klas-  
sificeren. Alweer komt er een moeilijkheid in het spel, want juveniele exemplen  
van een soort hebben uiteraard smallere graafgangen dan volwassen exemplen  
van dezelfde soort. Meestal zijn er aan gangen geen erg specifieke structuren  
terug te vinden en dan is het ook vrijwel onmogelijk om te achterhalen welk dier  
deze gangen gemaakt heeft. Gelukkig zijn er ook graafgangen met een zeer eigen  
vorm, met structuren op de wand van de gang of met sedimentaire opvullings- en  
verplaatsingsstructuren. Van deze laatste groep graafgangen kan men met behulp  
van recente voorbeelden meestal wel achterhalen tot welk phylum of kleinere ta-  
xononische eenheid het dier behoort, dat de gang heeft bewoond. Het gebeurt ech-  
ter maar uiterst zelden, dat de exacte soort hierbij achterhaald kan worden. Het  
aantal determinatiekenmerken en het aantal variatiemogelijkheden welke een graaf-  
gang heeft is in de meeste gevallen veel te klein.

Minder vaak worden kruipsporen gefossiliseerd. De kans, dat ze uitge-  
wist worden, voordat ze begraven zijn onder een laagje sediment, is natuurlijk  
groot. Graafgangen hebben een grotere kans op fossilisatie, daar ze reeds *in* het

sediment zitten. Alleen erosie kan ze doen verdwijnen. Onder de kruipsporen zijn er vele die erg specifieke patronen vertonen. Meestal zijn het dan sporen die te maken hebben met speciale eetgewoonten. Slakken, die bijvoorbeeld algen van de zeebodem grazen, kruipen dikwijls in een zig-zag- of spiraalpatroon over de oppervlakte. Zulke sporen verdienen dan de naam eetsporen. Andere kruipsporen hebben voornamelijk te maken met verplaatsing zonder meer. Dat kan natuurlijk indirect betekenen, dat een nieuw voedselgebiedje gezocht wordt.

Wanneer we nu terugkeren naar de structuren die door waterstromingen gevormd zijn (de windafzettingen blijven hier buiten beschouwing), moeten we eerst enige essentiële achtergronden behandelen om hun ontstaan te begrijpen.

Er zijn verschillende typen stromingen. Al naar gelang de stromingssterkte toeneemt, verandert ook het gedrag van de waterdeeltjes. We onderscheiden laminaire stroming en turbulente stroming. De laminaire stroming komt in de natuur slechts zelden voor, meestal stroomt water aanzienlijk sneller. De stromingssnelheid varieert bij laminaire stroming van nul tot + één mm per sec. De waterdeeltjes verplaatsen zich in keurige rechte banen. De turbulente stroming, die bestaat uit een kolkende beweging van de waterdeeltjes, kan onderverdeeld worden in twee groepen. We spreken van stromen, wanneer de snelheid ( $v$ ) kleiner is dan de wortel uit de versnelling van de zwaartekracht ( $g$ ), vermenigvuldigd met de diepte ( $D$ ), dus wanneer  $v < \sqrt{gD}$ . We spreken van schietend water, wanneer  $v > \sqrt{gD}$ . De waterdiepte speelt dus een uitermate belangrijke rol bij de vorming van sedimentaire structuren. Wordt de waterdiepte geringer, dan wordt  $\sqrt{gD}$  kleiner, met als gevolg dat de snelheid waarbij stromend water in schietend water veranderd ook minder groot is. Met andere woorden: bij ondiep water is de overgang tussen stromen en schieten veel eerder gerealiseerd dan bij dieper water. In dit verband wordt meestal gesproken over het lage stroomregime (i.p.v. stromend water) en het hoge stroomregime (i.p.v. schietend water). Binnen deze stroomregimes vinden we nog weer verschillende stadia.

Het lage stroomregime. (De nummers corresponderen met die in fig. 1)

1. Bij geringe stromingssnelheden blijft de bodem vlak. Er treedt weinig of geen transport op van zandkorrels.
2. Wordt de snelheid iets groter, dan ontstaan er kleine stroomribbels met een flauwhellende loefzijde en een steile lijzijde. Bij groter wordende snelheid worden de ribbels ook groter.
3. Bij toenemende snelheid ontstaan er op een gegeven ogenblik megaribbels (mega = groot), ook wel "dunes" (eng.) genaamd. Wanneer de stromingssterkte vervolgens vrij plotseling zou afnemen, ontstaan er kleine ribbels op de megaribbels. De zwakkere stroming is dan niet in staat om de megaribbels op te ruimen.

De overgang van laag naar hoog stroomregime vindt plaats bij Froude-getal (=  $F$ , zie hieronder) = 0,6 - 1.

Het hoge stroomregime.

4. Het volgende stadium is een vlakke bodem en een vlak wateroppervlak, maar in tegenstelling met 1. is nu het bovenste deel van de bodem in beweging. Het sediment verplaatst zich in parallelle laagjes (eng.: sheet flow), waarbij de hoogstgelegen zandlaagjes de grootste snelheid bereiken. De structuur die hieruit ontstaat, noemen we parallelle (= horizontale) laminatie.  $F = 1,1$ .
5. Vervolgens treedt een staande golf op in het sediment. Ook de wateroppervlakte

bevindt zich in een staande golf (eng.: standing wave),  $1,2 < F < 1,5$ .

6. Het volgende en laatste stadium, waarbij nog bodemstructuren gevormd kunnen worden, is dat der "antidunes" (eng.). De ribbels bewegen zich *tegen* de stroom in en staan met hun kammen ook tegen de stroom in. Het sediment beweegt zich uiteraard met de stroom mee.  $F > 1,5$ .

De overgangen tussen al deze stadia verlopen geleidelijk. De stadia 5 en 6 zullen we moeilijk fossiel kunnen aantonen, omdat wanneer de stroomsterkte geringer wordt, de andere structuren zich beginnen te vormen, zoals parallelle laminatie of megaribbels. Antidunes (er bestaat geen Nederlandse term voor) zijn natuurlijk te instabiel om te kunnen fossiliseren. Ook al zou de stroming plotsklaps wegvallen, dan zou de structuur toch verloren gaan, want de kammen van de ribbels zijn overhangend.

Het Froude-getal speelt bij al deze structuren een grote rol. Het is een maat, die de verhouding aangeeft tussen snelheid en diepte:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}}$$

Hierbij is  $v$  = snelheid in cm/sec;  $g$  = zwaartekracht in  $\text{cm/sec}^2$  en  $D$  = diepte van het water in cm. Als  $F < 1$ , dus  $v < \sqrt{gD}$ , dan hebben we te maken met het lage stroomregime. Omgekeerd, als  $F > 1$ , dan is  $v > \sqrt{gD}$  en hebben we het hoge stroomregime. De kritieke snelheid ligt bij  $F = 1$  (dus bij de "sheet flow"). Bij geringe waterdiepte is de snelheid die nodig is om het hoge stroomregime te bereiken veel geringer dan bij grotere waterdieptes. Dit kunt U zelf heel gemakkelijk waarnemen op het strand. Wanneer een zwin bij terugtrekkend tij leegloopt, kunt U alle stadia van kleine ribbels tot antidunes bestuderen. Op het zeer ondiepe en vrij smalle gedeelte, dat het zwin met de zee verbindt, treden staande golven en antidunes op. In het zwin zelf, dat dieper is, kunt U kleine ribbels en megaribbels waarnemen. De kleine stroomribbels (ook wel kleinribbels genaamd) kunt U nog verwarren met golfribbels. Beide zullen hieronder behandeld worden.

Een diagram, dat van veel betekenis is voor het begrijpen van sedimentologische processen is het Hjulström-diagram (fig. 2). Hieruit is af te leiden, dat deeltjes, die een grootte hebben van 100 - 600  $\mu$  het gemakkelijkst te eroderen zijn. Dus niet, zoals we zouden verwachten, dat de sedimentpartikeltjes sneller geërodeerd zouden worden, naarmate ze kleiner zijn. Dit komt doordat bij kleinere deeltjes de cohesie toeneemt. Klei bijvoorbeeld, waar het water groten-deels is uitgeperst, is zeer moeilijk te eroderen. Hierbij speelt ook de vorm van de kristallen van de kleimineralen een grote rol.

De sedimentatie gedraagt zich, zoals we konden vermoeden: hoe kleiner de partikeltjes zijn, hoe geringer de stroomsnelheden moeten zijn om deze te laten bezinken.

Het transport van sedimentdeeltjes geschiedt op twee verschillende manieren. Zijn de korrels kleiner dan 200  $\mu$ , dan bevinden ze zich voornamelijk in suspensie (zwevend in het water). Bodemtransport (rollen en schuiven) treedt voornamelijk op bij materiaal dat grover is dan 200  $\mu$ . Er bestaat nog een tussenvorm, salteren genaamd. Hierbij is de korrel nu eens in suspensie, dan weer rolt hij

VERKLARING PLAAT 1

Fig. 1 De opeenvolgende stadia van het lage (1 t/m 3) en hoge (4 t/m 6) stroomregime.

De lengte van de pijl geeft ongeveer de sterkte van de stroomsnelheid aan. Voor verdere verklaring zie tekst.

Fig. 2 Hjulström-diagram met dubbellogaritmische schaal.

Afhankelijk van het materiaal en de pakking ervan kan de scheidingslijn tussen transport en erosie variëren binnen het gestipelde gebied. Op de horizontale lijn is de korrelgrootte van het sediment aangegeven met  $\phi$ .

Fig. 3 Kleinribbels

a Het mechanisme van het transport van de zandkorrels

1 tegen de loefzijde rollen de korrels omhoog

2 langs de lijzijde rollen de korrels omlaag, of

3 vallen in een "regen" naar beneden in de luwte achter de ribbel

b kleinribbel met gradering

c kleinribbel met scheve gelaagdheid

Fig. 4 Megaribbel met kleine terugstroomribbels

Fig. 5 Het migreren van de ribbels

Fig. 6 Volledig ontwikkelde scheve gelaagdheid met bottomset, foreset en topset.

Fig. 7 Angulair kontakt van scheve gelaagdheid in goed gesorteerd zand.

plaat 1

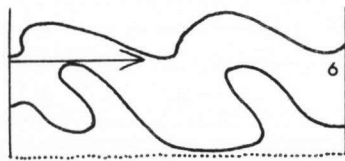
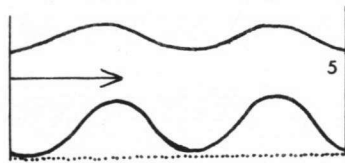
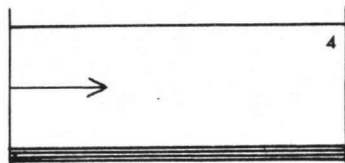
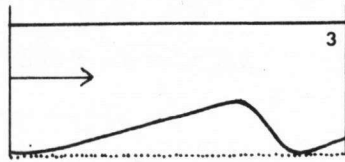
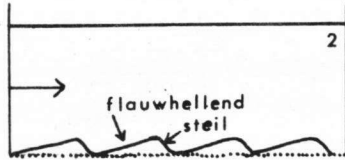


Fig. 1

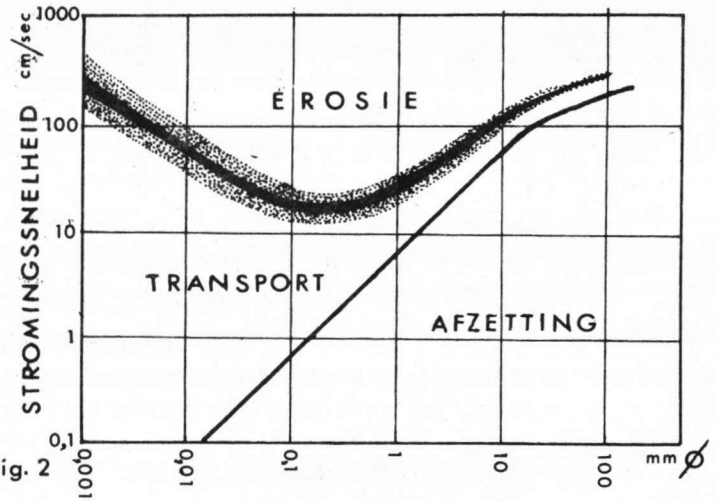


Fig. 2



Fig. 4



Fig. 5

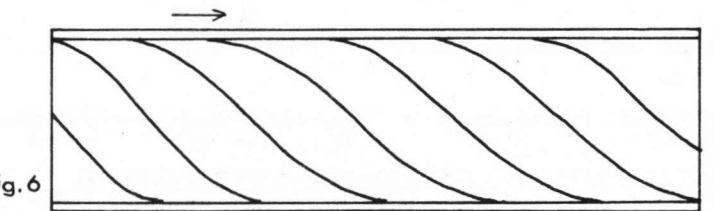


Fig. 6

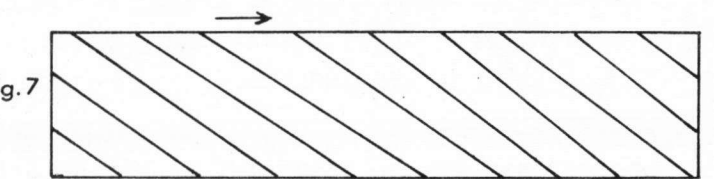


Fig. 7

Fig. 3

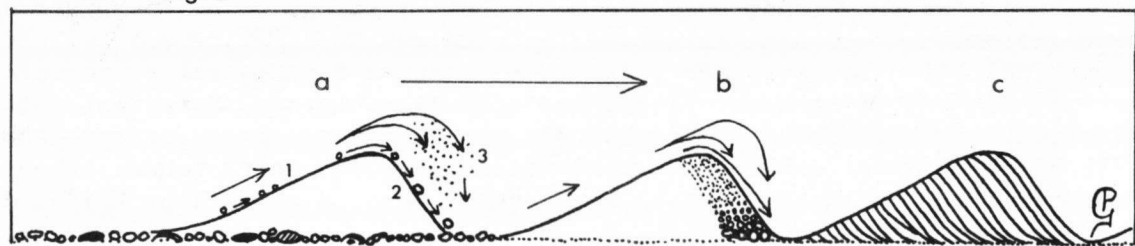


Fig. 3

over de bodem. Door een flinke en goedgerichte botsing met andere korrels kan hij gedurende korte tijd weer in suspensie geraken. De korrelgrootte van salterende zandkorrels ligt rond 200  $\mu$ .

Het transport van sedimentpartikeltjes bij stroomribbels kan op verschillende manieren plaats vinden (fig. 3). Door de stroming worden zandkorrels omhooggerold tegen de loefzijde van de ribbel (1). Hierbij maken de korrels vaak kleine sprongetjes, door de botsing tegen andere korrels. Zijn de korrels de kam gepasseerd, dan zijn er twee mogelijkheden: de grote korrels rollen langs de steile lijzijde naar beneden (2) en de kleinere komen in een "regen" naar beneden (3). Doordat er een stille zone direct achter de kam bestaat, kunnen fijne sedimentpartikeltjes daar terecht komen. Vervolgens is er nog een mogelijkheid van transport terug door werveling (zie fig. 4). Dit treedt vooral op bij megaribbels. Er ontstaan dan kleine ribbeltjes in de dalen, die precies tegengestelde scheve gelaagdheid vertonen. De tegenstroom (eng.: back flow) kan dan een steilere hellingshoek dan de maximale bewerkstelligen in de megaribbel. De hoeken bedragen in zulke gevallen  $30^{\circ}$  tot  $35^{\circ}$ .

De scheve gelaagdheid ontstaat uit de zich verplaatsende lijlaag (zie fig. 3 en 5). Wanneer de aanvoer van zand even groot is als het transport van zand naar omliggende gebieden, m.a.w. als de aanvoer en de erosie elkaar in evenwicht houden, kan er een duidelijk basislaagje ontstaan, bestaande uit grof materiaal (b.v. schelpfragmenten, veenkluitjes, kleiballen, grind). De grootste en zwaarste fragmenten en korrels rollen namelijk het verst naar beneden en het langst door wanneer ze langs de lijzijde naar beneden rollen. Hierdoor ontstaat een gradering in de scheve lijlaagjes, waarbij de grootste korrels onderaan liggen en naar boven steeds fijner worden (eng.: fining upwards). Een eerste vereiste voor deze gradering en het basislaagje is natuurlijk het voorhanden zijn van niet al te goed gesorteerd materiaal.

De hoek waaronder het zand zich bevindt in de lijlagen is de maximale hellingshoek, die het materiaal kan bereiken bij afstorting. Kleinere ribbels kunnen grotere hoeken hebben dan megaribbels. Wanneer het zand grofkorrelig is, bereiken kleine ribbels een hellingshoek van  $43^{\circ}$  aan de lijzijde. Fijnkorrelige sedimenten vertonen ribbels met een hellingshoek tot  $33^{\circ}$ .

Een volledig ontwikkelde scheve gelaagdheid ziet er als volgt uit (fig. 6). We hebben een dun basislaagje (eng.: bottom set) bestaande uit grof materiaal. Vervolgens de echte scheve gelaagdheid (eng.: foreset), waarbovenop een dunne toplaag ligt (eng.: top set). We moeten ons realiseren, dat dit geheel alleen kan ontstaan in een situatie, waarin de aanvoer van sediment groter is dan de erosie. De foreset vertoont dan zowel naar de basis- als naar de toplaag een tangentiële ombuiging van de scheve gelaagdheid. Alleen op het middelste gedeelte van de foreset vinden we de maximale hellingshoek. Op het onderste deel zullen de grotere korrels niet meteen aan de voet van de lijzijde tot stilstand komen, maar ze rollen nog iets door. Aan de top van de foreset zal er nog erosie merkbaar zijn in het fijnere materiaal, dat zich daar bevindt. Materiaal dat zeer goed gesorteerd is, zal een angulair contact aan de basis van de foreset hebben (fig. 7). Een bottom set ontbreekt dan uiteraard. Van de meeste scheve gelaagdheden ontbreekt het bovenste gedeelte door erosie (fig. 8). Hierdoor krijgt de bovenzijde een angulair, erosief contact. Dit geeft een mooi criterium om te bepalen wat de bovenzijde en de onderzijde van de laag is. In tektonisch sterk gestoorde gebieden is dit een zeer bruikbaar hulpmiddel om te bepalen of de la-



gen zich op hun kop bevinden of niet.

Wanneer de sedimentaanvoer aanzienlijk groter is dan de erosie en het transport, kunnen er klimmende ribbels ontstaan (fig. 9). Als er een grote variatie in korrelgrootte bestaat, kan het gaan lijken alsof er een andere gelaagdheid aanwezig is, die parallel aan de kammen verloopt. Dit is schijngelaagdheid (eng.: false bedding).

Visgraatstructuur (eng.: herringbones) ontstaat, wanneer we afwisselend stromingen hebben, die diametraal staan tegenover elkaar (d.w.z. onder een hoek van  $180^{\circ}$ ). Deze structuur komt voor in getijdenafzettingen, waar de ebstroom zorgt voor de ene richting en de vloedstroom voor de andere (fig. 10).

Een andere structuur die veel voorkomt in getijdenafzettingen, zowel in wadden als in estuariën, zijn flaser en linsen (fig. 11). Deze duitse termen zijn volledig ingeburgerd in de vaktaal van de sedimentologie, zoals ook de mees- te engelse termen, die hier tussen haakjes worden vermeld. Linsen zijn zandlenzen in klei, flaser zijn kleilensen in zand. Ze komen heel vaak samen voor met visgraatstructuur. Ze ontstaan door snelle wisselingen in de stromingssterkte, die varieert tussen geen stroming en sterke stroming. De klei bezinkt bij dood tij, het zand wordt in ribbels gelegd wanneer de stroming maximaal is.

Een merkwaardig en zeldzaam fenomeen is tenslotte de overkiepte scheve gelaagdheid (fig. 12). In zeer ondiep water, waarin de relatieve waterdrukverschillen zeer groot kunnen zijn, kunnen megaribbels op deze wijze vervormd worden. Op de toppen van de megaribbels, waar de waterdiepte gering is, heerst derhalve een geringe waterdruk. De korrels worden op die plaatsen als het ware opgeheven, vergeleken met de dalen tussen de ribbels, waar het water dieper is en er daardoor een grotere waterdruk heerst. Op deze plaatsen worden de korrels als het ware neergedrukt. Komt nu een sedimentmassa, bestaande uit (drijf)zand in beweging aan de top van een megaribbel, dan zullen de bovenste korrellagen het snelst bewegen omdat hier een direkt contact met de waterstromingen bestaat. Naar onderen toe wordt de snelheid van de korrels steeds geringer door de botsing van de korrels tegen elkaar en door de grotere waterdruk. Door deze differentiële beweging komen de bovenste korrels het verste. De scheve gelaagdheid wordt aldus overkiept. De vervorming leidt in dit geval nog niet tot vernietiging van de structuur. Deze structuur is eigenlijk een tussenvorm tussen de stromingsstructuren en de vervormingsstructuren. Aangenomen kan worden, dat de snelheid van de stroming, die deze overkiepte scheve gelaagdheid doet ontstaan, groter is dan de snelheid die nodig is voor het ontstaan van megaribbels. Het stadium van de parallelle laminatie is hierbij bijna bereikt.

De parallelle laminatie (= horizontale laminatie) werd reeds hiervoor beschreven en afgebeeld (fig. 1).

Golfribbels ontstaan op een geheel andere manier dan stroomribbels, en hebben dientengevolge ook een heel andere opbouw. Zij ontstaan door golfwerking, die weer door de wind wordt opgewekt. De waterdeeltjes ondergaan een cirkel- of ellipsvormige beweging (fig. 13), waardoor de sedimentpartikeltjes aan een heen- en weergaande beweging onderhevig zijn. In ondiep water maken de waterdeeltjes een ellipsvormige beweging, waarbij de langste richting zich in het horizontale vlak bevindt, in de golfrichting. In dieper water maken de waterdeeltjes een

VERKLARING PLAAT 2

- Fig. 8 Geërodeerde scheve gelaagdheid met tangentieel contact aan de basis en angulair contact aan de top.
- Fig. 9 Klimmende ribbels met false bedding.
- Fig. 10 Visgraatstructuur
- Fig. 11 Flaser (zwart, in bovenste helft van figuur) en linsen (scheefgelaagde lensjes in onderste helft van figuur). Ook visgraatstructuur.
- Fig. 12 Overkiepte scheve gelaagdheid.
- Fig. 13 Beweging van de waterdeeltjes door golfwerking. Boven ondiepten ellipsvormig, boven dieper water cirkelvormig.
- Fig. 14 Opbouw van golfribbels
- a. ideale golfribbel
  - b. golfribbel met twee kammen en kleine ril ertussen
  - c. afgeronde golfribbel
- Fig. 15 Convolute laminatie tussen een laag met parallelle laminatie (onder) en een laag met scheve gelaagdheid (boven).
- Fig. 16 Load cast
- Fig. 17 a. geul zonder load cast  
b. geul met load cast.

plaat 2



Fig. 8

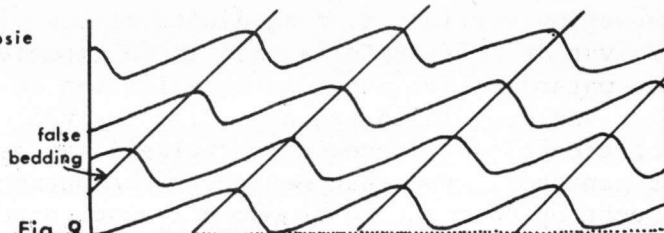


Fig. 9

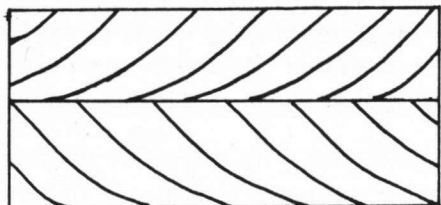


Fig. 10



Fig. 11

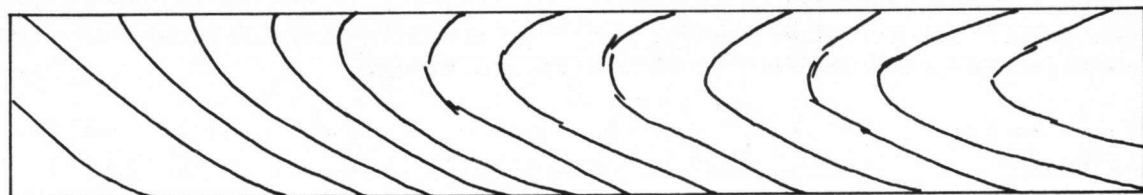


Fig. 12

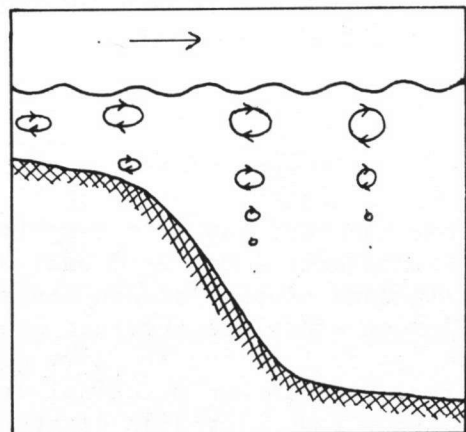


Fig. 13

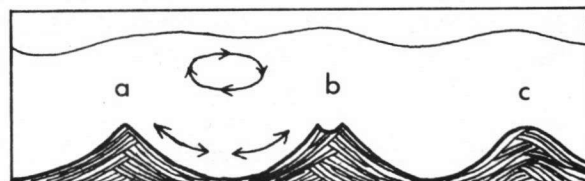


Fig. 14

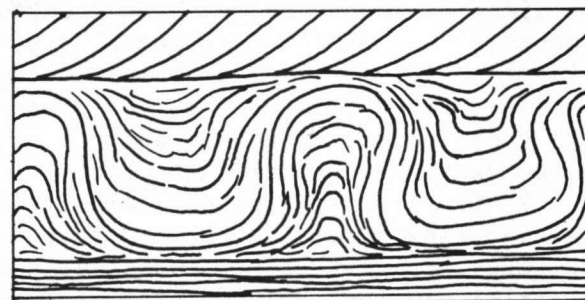


Fig. 15

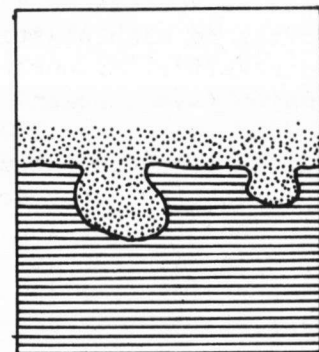


Fig. 16

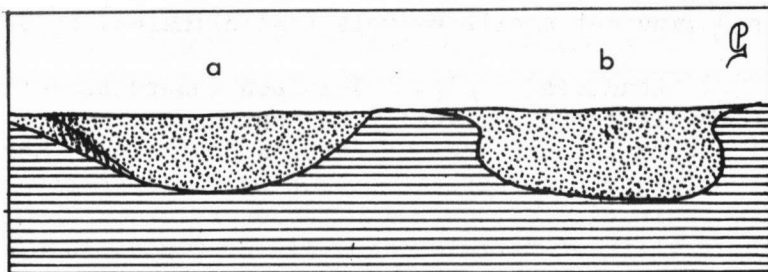


Fig. 17

cirkelvormige beweging (die dan namelijk niet gestoord wordt door de bodem). De golfbeweging verliest naar de diepte zeer snel aan kracht: wanneer de waterdiepte  $1/9$  van de golflengte is, dan is de diameter van de cirkel van de beweging van de waterdeeltjes nog maar de helft van de oorspronkelijke en op een diepte van  $2/9$  van de golflengte is de diameter van de cirkel nog maar een kwart van de oorspronkelijke. Wanneer de snelheid van de golfbeweging op de bodem nog groot genoeg is, ontstaat het golfribbelpatroon. De kammen van de ribbels staan loodrecht op de richting van de golven en ongeveer loodrecht op de richting van de wind. Dat golf- en windrichting niet hoeven samen te vallen, is een bekend verschijnsel aan de kust. De kammen van de golven zullen steeds meer parallel aan de kustlijn gaan verlopen, hoe dichter ze deze naderen (Wet van Snellius). Door de heen en weer gaande beweging is een ideale golfribbel symmetrisch opgebouwd en heeft een spitse top en een ronde trog (fig. 14). Er kunnen ook twee kammetjes ontstaan met een kleine ril ertussen, en ook kan de scherpe kam enigszins afgerond zijn. De interne structuur van een golfribbel is totaal anders dan die van een stroomribbel. De laagjes liggen ongeveer dakpansgewijs over elkaar heen aan weerskanten van de ribbel. Dit laatste is het beste bewijs dat we met een golfribbel te maken hebben, want de uitwendige vorm kan ook wel asymmetrisch zijn. Een stroomribbel is altijd asymmetrisch.

Golfribbels blijven alleen bewaard als er direct sediment uit suspensie op bezinkt. Een vermindering van de golfwerking vernietigt de ribbels gelukkig niet. Treden er stromingen op, dan worden ze getransformeerd tot stroomribbels. Heel dikwijls kunnen we daarom tussenvormen vinden van golf- en stroomribbels, bijvoorbeeld op het strand. De vorm van deze ribbels is zwak asymmetrisch.

#### Anorganische verstoringsstructuren.

Convolute laminatie (fig. 15) is een duidelijk voorbeeld van deze soort structuren. We vinden een sterk verstoorde laag, ingeklemd tussen twee sedimentaire lagen die geen spoor vertonen van structuurverandering. Hoe kan iets dergelijks nu ontstaan? Boven een laag met b.v. parallelle laminatie wordt vrij snel een zandlaag afgezet. Bij voorkeur is dit fijnkorrelig zand of silt of een mengsel van beide. Uit experimenten is gebleken, dat bij deze korrelgroottes het gemakkelijkst convolute laminaties ontstaan. De dikte van de laag kan in ieder geval variëren van enkele centimeters tot ruim een meter. Doordat het materiaal vrij snel tot afzetting is gekomen, zal de gehele laag nog lang niet zijn dichtste korrelstapeling bereikt hebben. Met andere woorden: het is drijfzand. Door een schok (eng.: trigger effect) wordt de normale structuur verstoord en ontstaan er allerlei plooiën. Door de grote hoeveelheid water tussen de korrels én doordat de korrels nog weinig contact onderling hebben, zal het zand zich plastisch kunnen gedragen. De structuur die gevormd wordt is altijd dezelfde. Er ontstaat een plooiing met smalle heuvels (anticlinalen) en brede dalen (synclinalen).

"Load cast" (fig. 16) is een andere structuur die in deze groep thuis hoort en die zelfs nog veel vaker optreedt dan convolute laminaties. Voor deze engelse term bestaat geen nederlands equivalent, zozeer is deze term al ingeburgerd. De wijze van ontstaan is wat eenvoudiger te begrijpen dan die van de convolute laminatie. Wat we nodig hebben is een zeer waterrijk sediment, bij voorkeur een klei- of mergelmodder, die zeer plastisch en relatief licht is door het hoge watergehalte. Erbovenop komt dan snel een relatief zware belasting, die bovendien niet overal even zwaar is. Op de plaatsen, waar het bovenliggende

sediment, dat relatief zwaarder is, het sterkst op de klei drukt (dus op de plaatsen waar de bedekking op zijn dikst is), zal een indeuking ontstaan in de klei. De klei wordt hier dus weggedrukt. Op een plaats waar de bedekkende laag het dunst is, kan de kleilaag iets omhooggeperst worden. De ingedrukte klei moet immers ergens blijven. Hierdoor ontstaat een bobbelig grensvlak tussen de klei en het bedekkende zand. Heel veel gebeurt het, dat een geul, die dus al dieper in de kleilaag ligt door de gedeeltelijke erosie van de klei aldaar, nog verder in de klei wegzakt. In de opgevulde geul ligt immers veel meer zand dan in de directe omgeving en de belasting is daar dus verreweg het grootst. De load cast is in dat geval te bewijzen doordat de randen van de geul veel steiler zijn dan de maximale hellingshoek en soms zelfs overhangend kunnen worden (fig. 17).

Diapyre structuren vallen eveneens onder de verstoringsstructuren. Terwijl load cast primair een inzakkingsverschijnsel is, is een diapyre structuur juist het omgekeerde, namelijk ontstaan door oppersing. Ook in sediment-petrologisch opzicht hebben we het omgekeerde, want nu vinden we een zandlaag, die verzadigd is aan water en daardoor plastische eigenschappen bezit. Wordt hierop een dunne kleilaag gesedimenteerd, die er voor zorgt, dat de zandlaag helemaal afgesloten wordt, dan kan het overtollige water tussen de korrels niet weg. Wordt vervolgens boven deze kleilaag snel een zandpakket afgezet, dan wordt de druk op de sterk watervoerende zandlaag bijzonder groot. Op de plaatsen waar de druk het kleinst is, wordt het waterrijke sediment door de kleilaag heen geperst, die op die plaats in brokjes wordt gescheurd (fig. 18). Het sediment komt deels terecht tussen jongere afzettingen. Het belangrijkste is, dat het water nu een uitweg naar boven kan vinden via dit "ventiel", bestaande uit goed waterdoorlatend zand. De structuur boven zo'n "ventiel" heeft meestal een typisch dome-vorm, zoals de zoutdome die door de plastische eigenschappen van het zout een dergelijke tektoniek teweeg brengen. De zanddiapyren zijn meestal van geringe omvang, terwijl de ondergrondse zouthuvels vele kilometers kunnen beslaan.

Ook kleine zandvulkaantjes (fig. 19) kunnen ontstaan doordat een sterk waterhoudende laag zijn water kwijt moet, wanneer er enige druk op staat door de belasting van bedekkende laagjes. Er is één groot verschil met de domes. Bij een zandvulkaantje bereikt het "ventiel" de oppervlakte; de domes blijven geheel ondergronds.

#### Bioturbate structuren

Dit zijn structuren, die hun ontstaan danken aan verstoringen van de gelaagdheid door organismen. Zeer in het oog vallend zijn de graafgangen met een diameter van ongeveer één á twee cm, die in grote getale in de Zanden van Berg voorkomen, alsook in de Zanden van Kerkom. Zij hebben alle mogelijke orientaties: horizontaal, verticaal en scheef. De randen van de graafgangen zijn sterk ijzerhoudend en bovendien erg kleiig. Het ijzer is door oxidatie en hydratatie omgezet in limoniet. Deze randen zijn kennelijk preferente plaatsen geweest om het ijzer te doen neerslaan. De gangen worden toegeschreven aan de graafactiviteiten van het kleine kreeftje *Callianassa*, dat in de getijdemilieu's geregeld te vinden is.

Andere graafgangen, die een diameter van ongeveer een halve cm hebben, zijn niet in het bezit van een kleihuidje en zijn voornamelijk verticaal. Het is goed mogelijk, dat deze gangen door wormen gemaakt zijn, maar zeker is het niet. Zij komen o.a. in de Zanden van Neerrepen voor.

Wanneer graafgangen in grote hoeveelheden optreden, krijgt het sediment

VERKLARING PLAAT 3

- Fig. 18 Dome-structuur, ontstaan door diapyre werking. De dikste lijn stelt een dun kleilaagje voor, dat op diverse punten doorbroken is. Eronder bevinden zich allerlei convoluut-achtige structuren, erboven bevindt zich de dome. Zanden van Neerrepen, groeve bij Academisch Ziekenhuis van Leuven, getekend naar een dia (oktober 1971).
- Fig. 19a Ideale dwarsdoorsnede door een zandvulkaantje.  
b dwarsdoorsnede door een zandvulkaantje, dat door erosie is onthoofd. Zanden van Neerrepen, groeve bij Academisch Ziekenhuis van Leuven. Getekend naar een lakprofiel, oktober 1971 Ware grootte.
- Fig. 20 Kuiltjes van krabben. Zanden van Neerrepen, groeve bij Academisch Ziekenhuis van Leuven. Getekend naar een lakprofiel, oktober 1971. Ware grootte.
- Fig. 21 Regelmatig kuiltje van een ? krab. Zanden van Neerrepen, groeve bij Academisch Ziekenhuis van Leuven. Getekend naar een lakprofiel, oktober 1971. Ware grootte.

plaat 3

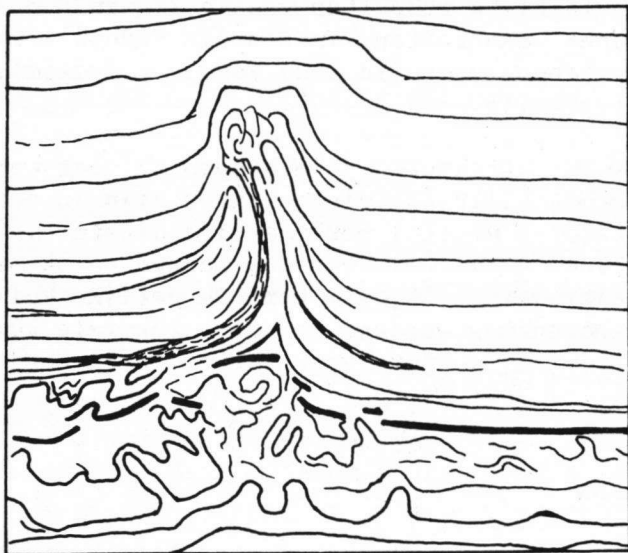


Fig. 18

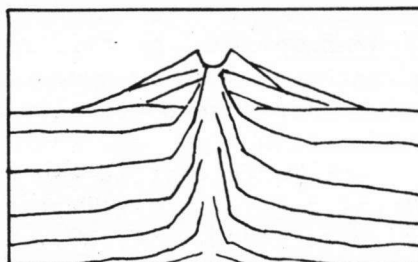


Fig. 19a

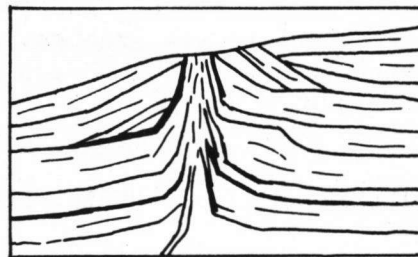


Fig. 19b

Fig. 20

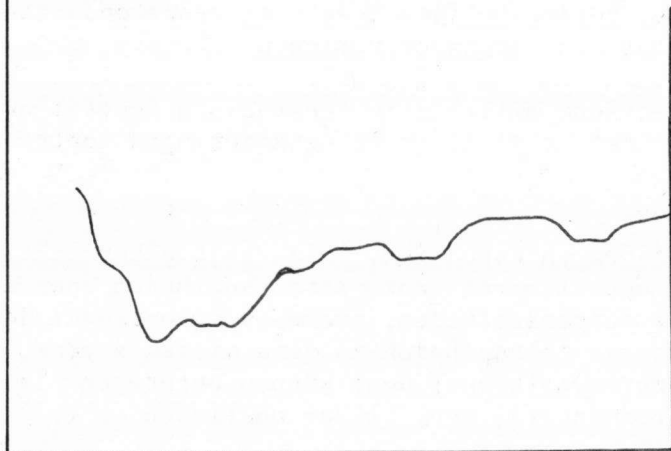
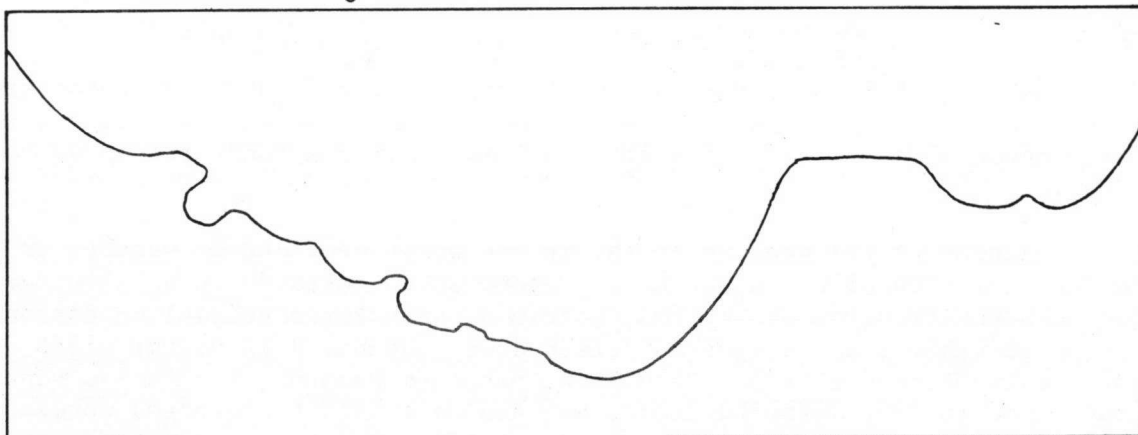
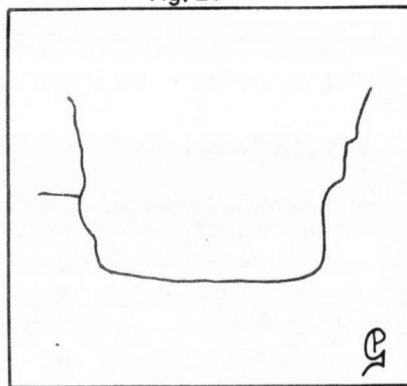


Fig. 21



er

een gevlekt (eng.: mottled) uiterlijk. Eerder gevormde sedimentaire structuren worden gedeeltelijk aangetast. Dit proces kan zover gaan dat er niets meer over is van de primaire structuren. In de kleirijke gedeelten van de Zanden van Neerrepn kunnen we deze "mottled structures" aantreffen. In sommige niveau's van de Zanden van Berg komen eveneens zoveel gangen voor (in casu van *Callianassa*), dat de primaire structuren geheel vernietigd zijn.

De laatste groep van bioturbate structuren, die besproken moet worden, bestaat uit meestal onregelmatig gevormde kuiltjes, die gegraven zijn in een voormalige zeebodem (fig. 20). Zij vertonen meestal merkwaardige uitstulpingen. Soms ook zijn ze zeer regelmatig van vorm (fig. 21), wat zou kunnen betekenen, dat er meerdere soorten organismen zijn, die kuiltjes maken. Dergelijke kuiltjes zijn recent bekend van krabben. Aangenomen mag worden, dat deze fossiele kuiltjes eveneens door krabben zijn gevormd. Zij worden aangetroffen in de Zanden van Neerrepn.

## VERSCHILLENDE MILIEU'S EN HUN KENMERKEN

In het kort, en dus uiterst globaal, zullen de voornaamste kenmerken behandeld worden van de milieu's die voor de excursie van belang zijn. Binnen deze milieu's zijn weer vele micromilieu's te onderscheiden, met vaak zeer afwijkende eigenschappen. We bepalen ons tot de algemene trekken.

### 1. Het open mariene milieu op de shelf (= het continentale plateau)

Dit milieu kenmerkt zich meestal door veel graafactiviteiten en dus homogenisatie van de sedimenten. De sedimentatiesnelheid is meestal niet zeer groot. We vinden meestal fijnkorrelige sedimenten (silt en klei), maar ook zand treffen we regelmatig aan.

Wanneer er erg veel materiaal in zee wordt gebracht én wanneer er sterke zeestromingen zijn, kunnen er ook grote scheefgelaagde en parallel gelaagde zandpakketten worden gevormd, waarin de structuren vrijwel ongeschonden zijn terug te vinden, nauwelijks aangetast door gravende dieren. Dit wijst dan op grote sedimentatiesnelheden. Dergelijke pakketten kunnen ook ontstaan wanneer het zand in de zee geredistribueerd wordt. Als voorbeeld kan genoemd worden de huidige Noordzee, waar vooral in het zuidwestelijke deel veel grote onderzeese banken bestaan, die ongeveer parallel aan de kusten verlopen.

Afzettingen in het open mariene milieu zijn geografisch meestal over grote afstanden te vervolgen zonder dat er al te grote veranderingen optreden.

### 2. Het getijdenmilieu

Dit milieu kunnen we verdelen in wadden en estuariën. Beide zijn gekenmerkt door veel erosie en hersedimentatie, in het algemeen grote stroomsnelheden door de getijden en grote schommelingen in de stroomsnelheden, eveneens veroorzaakt door de getijden. Daardoor komen er vele scheve gelaagdheden in deze milieu's voor, meestal met grote hoeken, visgraatstructuren (althoewel deze kunnen ontbreken bij een sterke dominantie van de eb- of vloedstroom), veel flaser en linsen en veel geulen.

Met de volgende kenmerken kunnen we de wadden en estuariën enigszins



scheiden. Mariene schelpen kunnen aangetroffen worden in het waddenmilieu. Het zijn steeds slechts enkele soorten. Soms komen ze in leefpositie voor. In het estuariene milieu zijn mariene schelpen steeds ingespoeld. Golfribbels zijn zeldzaam in waddenafzettingen en komen niet voor in estuariën. Graafgangen zijn voornamelijk op het hogere wad te vinden, in estuariën ontbreken ze. Wadden zijn omzoomd door kwelders, die een typische gelaagdheid vertonen, de zogenaamde kweldergelaagdheid. Deze bestaat uit fijne laminaties van dunne laagjes, die afwisselend iets kleiiger en zandiger zijn. Door plantenwortels zijn deze laminaties zeer karakteristiek gevormd. Estuariën hebben geen kwelders. Planteresten, zoals takjes en blaadjes zijn meestal zeldzaam in wadden en talrijk in estuariën. Grind komt normaliter in waddenafzettingen niet of weinig voor, terwijl het in estuariën meestal wel gevonden wordt. Het ontbreekt uiteraard, wanneer de rivier die uitmondt in het estuarium, niet krachtig genoeg stroomt om grind te kunnen vervoeren of wanneer er geen grind in het achterland van de rivier aanwezig is. Rolsteentjes van klei (eng.: clay pebbles) komen in estuariën veel voor, in wadden weinig.

Wadden betrekken hun zand (en klei) meestal van zeestromingen, die parallel aan de kust verlopen (eng.: longshore currents). Dit zand is dus slechts langs indirecte weg afkomstig van rivieren. Het sediment in een estuarium is in de eerste plaats afkomstig van de rivier die erin uitmondt.

Vanzelfsprekend bestaan er overgangsvormen tussen estuaria en wadden en het is daarom niet altijd gemakkelijk om een keuze te maken, wanneer we een fossiele getijdenafzetting willen benoemen. Het doorslaggevende bewijs kan geleverd worden door de paleogeografie, wanneer we de vorm van het getijdengebied kennen en zijn positie ten opzichte van de toenmalige strandlijn.

### 3. Het strand

Dit milieu kenmerkt zich door zeer goed gesorteerde zanden met een flauwhellende mega-scheve-gelaagdheid. Ook parallelle laminatie komt vaak voor. Schelpgruis is dikwijls een belangrijk bestanddeel van strandzanden. De schelpen zijn altijd getransporteerd. De scheve gelaagdheid staat loodrecht op de lengterichting van het strand. We onderscheiden drie gedeelten in het strand:

- a. de "lower foreshore", die zich onder de laagwaterlijn bevindt.
- b. de "upper foreshore", tussen de hoog- en laagwaterlijn.
- c. de "back shore", die zich boven de hoogwaterlijn bevindt.

In de lower foreshore vinden we de meeste scheve gelaagdheden, het materiaal is minder goed gesorteerd dan in de upper foreshore en er treden veel schelpfragmenten op. Golf- en stroomribbels zijn naast elkaar te vinden, kleinribbels naast megaribbels. Dit is het gebied van de zwinnen en muien. Meer dan de helft van de scheve gelaagdheden heeft hellingen die steiler zijn dan  $16^{\circ}$ .

In de upper foreshore vinden we voornamelijk zeer flauwhellende scheve gelaagdheden. De helft van de hellingen heeft hoeken beneden de  $4^{\circ}$ . De upper foreshore bestaat uit uitermate goed gesorteerd zand. De scheve gelaagdheden van de gehele foreshore hellen naar zee toe.

In de backshore hellen de scheve gelaagdheden van zee af. Aangezien de wind op deze afzettingen al vat kan krijgen kunnen we door eolisch transport en sedimentatie andere richtingen vinden. Deze geven ons inlichtingen over de wind-

richtingen, die tijdens de afzetting aanwezig waren. De backshore is het overgangsg gebied tussen water- en luchttransport.

#### 4. Het fluviatiele milieu

Hier kunnen we onderscheid maken in meanderende en vlechtende (= verwilderde) rivieren. De verwilderde rivier (eng.: braided river) wordt gekenmerkt door afzettingen die meestal uit grof zand en grind bestaan met veel geulen en scheve gelaagdheden. De lagen zijn onregelmatig van dikte en wiggen snel uit. Zij zijn in het algemeen dikker dan lagen van een meanderende rivier. De hellingen van de scheve gelaagdheden hebben richtingen die in de regel niet meer dan 60° van elkaar verschillen. De gemiddelde stroomrichting en dus ook de dalrichting kunnen bepaald worden uit de gemiddelde hellingsrichting van de scheve gelaagdheden. In de geulen van de verschillende armen van de rivier komt geen klei voor. Er is weinig differentiatie in micromilieu's.

De meanderende rivier vormt afzettingen met veel scheve gelaagdheden en geulen. De lagen zijn meestal regelmatig en lopen ver door. Ze bestaan voornamelijk uit zand en silt. In de geulen treffen we geen of bijna geen klei aan. Door de grote meanders kunnen we stroomrichtingen vinden die bijna 180° verschil maken. Maar binnen één geulpakket kunnen er geen tegengestelde scheve gelaagdheden voorkomen. Visgraatstructuur blijft beperkt tot getijdenmilieu's. De meanderende rivier kenmerkt zich door een scala van micromilieu's. Buiten de hoofdgeul vinden we oeverwallen, kronkelwaard (eng.: point bar) afzettingen, komkleien en crevasse-afzettingen (sedimenten gevormd na een ceverwaldoorbraak, op de komkleien).

### SEDIMENTAIRE STRUKTUREN, WELKE IN ONTSLUITINGEN IN DE STREEK VAN LEUVEN - TIENEN TE ZIEN ZIJN

1. Scheve gelaagdheid (kleinribbels)
2. Scheve gelaagdheid (megaribbels) a. met kleine hoeken (= low angle)  
b met grote hoeken (= high angle)
3. Klimmende ribbels
4. Terugstroomribbels
5. Overkiepte scheve gelaagdheid
6. Visgraatstructuur
7. Flaser en linsen
8. Planaire sets van scheve gelaagdheden (weinig erosie)
9. Trogvormige sets van scheve gelaagdheden (veel erosie)
10. Parallele laminatie (= horizontale laminatie)
11. Golfribbels
12. Graafgangen van *Callianassa* (horizontaal, verticaal en scheef)
13. Graafgangen van ? wormen (verticaal)
14. "Mottled" structuur
15. Onregelmatige kuiltjes van krabben
16. Convolute laminatie
17. Load cast
18. Diapyre structuren a. domes  
b. zandvulkaantjes

## EXCURSIEPUNTEN MET VOORKOMENDE FORMATIES EN ENIGE MILIEU-INTERPRETATIES

Alleen de punten 9, 13, 17 en 19 werden door mij reeds eerder bezocht. De beschrijvingen van de overige punten zijn voornamelijk naar Glibert & De Heinzelin (1954). De nummers van de punten tussen haakjes corresponderen met die van de laatstgenoemde publicatie.

### 1. Hoeleden (punt 96)

Zandgroeve op de zuidelijke helling. Zanden van Kerkom. Grofkorrelige en scheefgelaagde zanden met kleipebbles.

### 2. Hoeleden (punt 95)

Zanden van Kerkom, scheefgelaagd. Niveau van Hoogbutsel met vertebratenresten en brak- en zoetwaterschelpen. Zanden van Neerrepen, glauconiethoudend, met scheve gelaagdheden; ondiep marien, getijdenafzettingen.

### 3. Heinskensberg (punt 71)

Zandgroeve op de westelijke helling. Basaal gedeelte van de Boomse klei. Zand, grindhoudend aan de basis, fossielhoudend: schelpen en vertebratenresten. Zanden van Kerkom, scheefgelaagd. Groene en zwarte klei, wit zand en paleosolen. Zanden van Neerrepen.

### 4a-b. Vissenaken (punt 65 en 66)

Zuidwestelijk van het dorp. Twee zandgroeven, Zanden van Kerkom, scheefgelaagd. Op punt 4a ook groene kleilagen (Henisklei?). Zanden van Neerrepen.

### 5. Galgenberg (punt 59)

Verlaten zandgroeve. Zanden van Kerkom. Zanden van Boutersem met *Cyrena*. Niveau van Hoogbutsel, met bruine klei en ijzerhoudende, schelprijke concreties. Zanden van Neerrepen.

### 6. Kerkom (punt 19)

Zandgroeve. Zanden van Berg, scheefgelaagd, marien, aan de basis een niveau met gerolde platen, zwarte vuurstenen. Zanden van Kerkom, scheefgelaagd.

### 7. Kerkom (punt 16)

Zandgroeve. Zanden van Kerkom, scheefgelaagd.

### 8. Kerkom (punt 15)

Zandgroeve. Zanden van Berg, scheefgelaagd, met veel rolsteenniveau's. Zanden van Kerkom, veel scheve gelaagdheid, kleipebbles en ontkalkte schelpen van *Cyrena* en *Potamides*. Zanden van Neerrepen, glimmerhoudend.

### 9. Hoogbutsel (punt 1)

Vertebratenhorizon van Hoogbutsel. Veel zoetwatergastropoden, ook resten van schildpadden, krokodillen en muizen. Otolieten van o.a. een forel (in bewerking bij de auteur).

### 10. Lubbeek (punt 22)

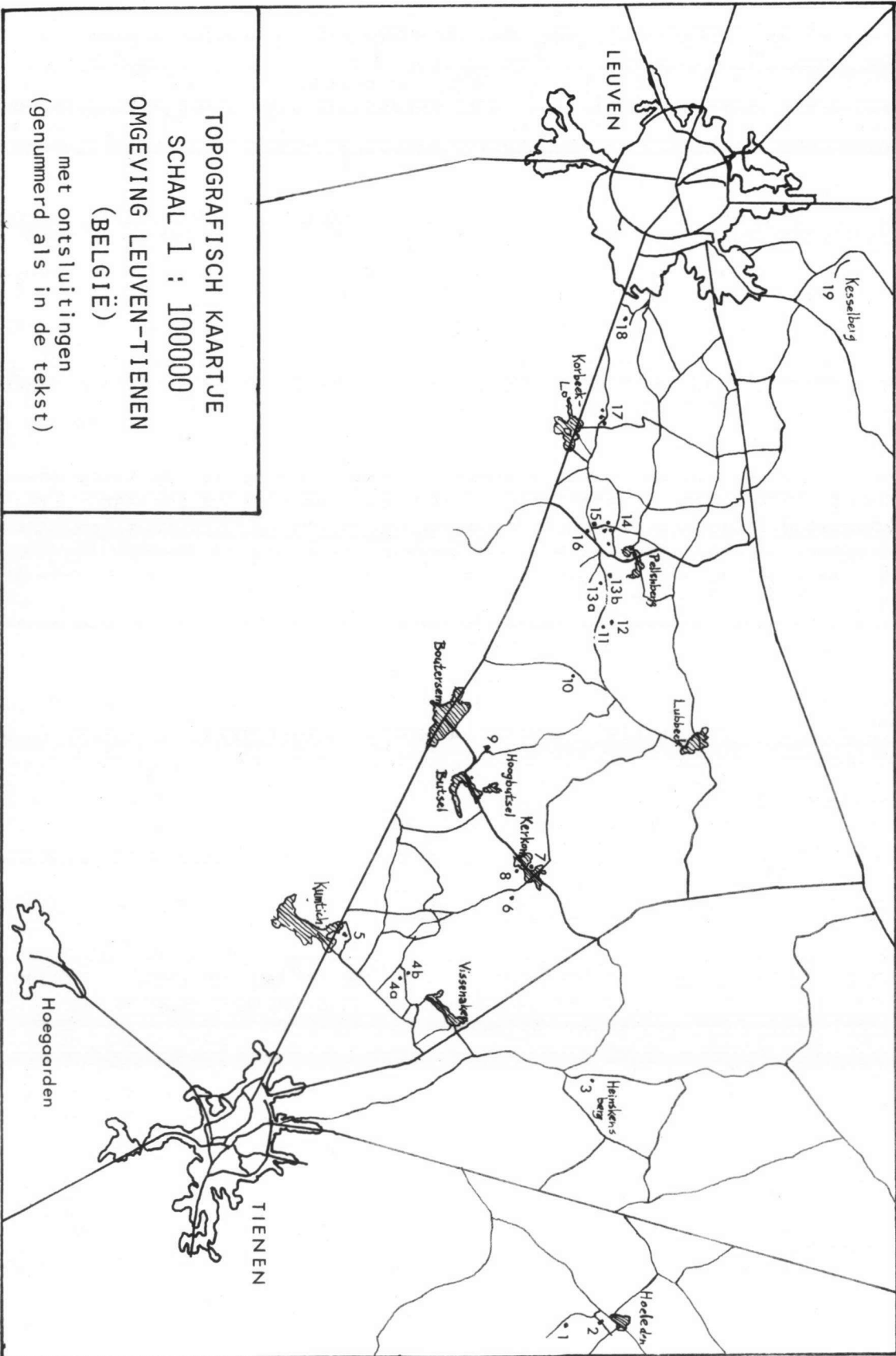
Drogenhof. Zandgroeve. Zanden van Berg, fossielhoudend. ? Zanden van Kerkom.

### 11. Pellenberg, Aardebrugshoef (punt 28)

Zandgroeve. Zanden van Berg. Groene klei op paleosolen (Niveau van Hoogbutsel/Henisklei). Zanden van Kerkom, scheefgelaagd.

### 12. Pellenberg, Aardebrugshoef (punt 29)

Zandgroeve. Boomse klei, zandig. Zanden van Berg, met afdrukken van *Glycymeris*



en *Cyprina*, grindhoudend, scheefgelaagd.

13a-b. Pellenberg, bij Academisch Ziekenhuis.

Zandgroeven. Zanden van Berg, met afdrukken van *Cyprina* en *Glycymeris*. Zanden van Heide, met parallelle laminaties, mega-scheve-gelaagdheden en verticale graafgangen; het contact met de Zanden van Kerkom is enigszins erosief; graafgangen vanaf het contact in de Zanden van Kerkom. Ondiep marien, grens hoge en lage stroomregime en hoogstenergetisch niveau van lage stroomregime.

Zanden van Kerkom. In één groeve met parallelle laminaties en flauwhellende mega-scheve-gelaagdheden. Strandafzettingen.

In de andere groeve voornamelijk steilhellende mega-scheve-gelaagdheden met visgraatstructuur, kleinschalige ribbels, ondiepe geulen, kleibandjes, flaser, verdoorlopende scheefgelaagde sets, enkele niveau's met graafgangen van *Callianassa*, andere met afdrukken van schelpen (waarbij de bolle zijde van de kleppen vrijwel altijd boven ligt); getijdenafzettingen. Aan de basis is hier bovendien een zandbank te zien (eng.: barrier), bestaande uit zanden met een zeer gelijkmatige korrelgrootte met flauwhellende megaribbels en parallelle laminaties. De dikte van de sets bedraagt maximaal ongeveer één meter.

Zanden van Neerrepen. Glauconiethoudende zanden met vooral kleinribbels, die vaak klimmend zijn. Ook visgraatstructuur, megaribbels, flaser en linsen, golfribbels, diapyre structuren (domes en zandvulkaantjes), erosievlakken, verticale graafgangen van ? wormen, kuiltjes van krabben. De megaribbels hebben kleine tegengestelde ribbeltjes in de dalen (terugstroomribbels); getijdenafzettingen. In vergelijking met de Zanden van Kerkom is het milieu laag energetisch, aangezien er voornamelijk kleinribbels zijn gevormd, terwijl in de Zanden van Kerkom voornamelijk megaribbels aangetroffen worden. Aan de top van de Zanden van Neerrepen treedt bovendien veel vlekking op door grote graafactiviteiten. Dit wijst op geringe stroomsnelheden.

14a-d. Pellenberg (punt 32-35)

Zandgroeven. Zanden van Kerkom, met een erosieve basis op groene klei (Henisklei).

Zanden van Neerrepen.

15. Pellenberg (punt 38)

Zandgroeven. Zanden van Berg. Zanden van Kerkom met erosieve basis. Zanden van Neerrepen met graafgangen.

16. Pellenberg (punt 36)

Zandgroeve. Zanden van Berg. Zanden van Kerkom met erosieve basis. Zanden van Neerrepen met graafgangen.

17. Korbeek-Lo.

Komplex van zandgroeven. Boomse klei. Zanden van Berg, met mega-scheve-gelaagdheden. weinig kleinribbels, flaser, laagjes met zwarte gerolde vuurstenen, niveau's met grote graafactiviteit van *Callianassa*; getijdenafzettingen (dieper dan de afzettingen van de Zanden van Neerrepen en de Zanden van Kerkom), gedeeltelijk misschien zelfs afzettingen buiten het bereik van de getijdenwerking.

Zanden van Kerkom, met zeer veel mega-scheve-gelaagdheden, veel visgraatstructuur, overkiepte megaribbels en zeer veel verspreide *Callianassa*-graafgangen. Weinig klei, voornamelijk geconcentreerd rondom de graafgangen van *Callianassa* (het lijkt er sterk op, dat de klei door de kreeftjes is aangebracht, waarschijnlijk was versteviging nodig van het losse zand. Een anorganische oorsprong is weinig voor de hand liggend, want zowel inspoeling van klei als secundaire aanrijking van klei is onmogelijk). Ondiepe getijdenafzettingen.

18. Predikherenberg, ongeveer 1 km oostelijk van Leuven (punt 44)

Zandgroeve. Zanden van Diest, met grote mega-scheve-gelaagdheden. Boomse klei.

Zanden van Berg. Zanden van Kerkom. Zanden van Neerrepen, marien.

19. Kesselberg.

Zanden van Diest, met veel grote mega-scheve-gelaagdheden, veel graafgangen en aan de basis een conglomeraatlaagje van 1 à 2 dm dikte, bestaande uit zwarte, gerolde vuurstenen. Dit zijn de erosieresten van de Zanden van Berg. Het grofste materiaal hieruit is bewaard gebleven, de rest met zeestromingen weggevoerd. Open marien, onderzeese zandruggen (ongeveer identiek met de huidige zandruggen in de Noordzee).

Zanden van Neerrepen, met zeer veel niveau's met parallelle laminaties, andere met zeer veel homogenisatie door organismen, weinig kleinribbels en megaribbels. Vermoedelijk open marien, buiten de getijdenwerking.

Dit verhaal en deze excursie zouden niet mogelijk zijn geweest zonder de colleges sedimentologie van Prof. Dr. J. D. de Jong en de excursie van de Sedimentologische Kring van het Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap van 1 en 2 oktober 1971, waarbij verschillende van de bovengenoemde punten werden bezocht.

LITERATUUR

- Crosby, E. J. Classification of sedimentary environments. - Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 53, 1969.
- Glibert, M. & J. de Heinzelin de Braucourt. L'Oligocène belge. - Mém. Inst. r. Sc. natur. Belgique, Vol. Jub. Victor van Straelen, 1, 1954.
- Hedgpeth, J. W. Classification of marine environments. - Mem. Geol. Soc. Am. 67: 93-100, 1957.
- Krumbein, W.C. & L. L. Sloss. Stratigraphy and sedimentation. San Francisco, 409 pp., 1951.
- Kuenen, Ph.H. Marine Geology. New York, 568 pp., 1950
- Kukal, Z. Geology of recent sediments. Praag, 490 pp., 1971.
- Laporte, L.F. Ancient environments. New Jersey, 162 pp., 1969
- Pettijohn, F. J. Sedimentary rocks (2nd edition). New York, 718 pp., 1957.
- Potter, P.E. & F. J. Pettijohn. Paleocurrents and basin analysis. Berlin etc., 296 pp., 1963.
- Selley, R.C. Ancient sedimentary environments. London, 237 pp., 1970.
- Strachov, N. M. (editor). Origin of sediments in recent basins. Symposium, 1954. (Russisch, sinds kort echter ook engelse uitgave).
- Strachov, N. M. (editor). Recent sediments of seas and oceans. Symposium, 1954. (Russisch, sinds kort echter ook engelse uitgave).
- Trask, P. D. (editor). Recent marine sediments. Symposium, 1939. Tulsa.