

Grondboor en Hamer	2	1983	pag. 71 - 76	6 fig.	Oldenzaal, april 1983
-----------------------	---	------	-----------------	--------	--------------------------

Sedimentologie II

G. Postma*

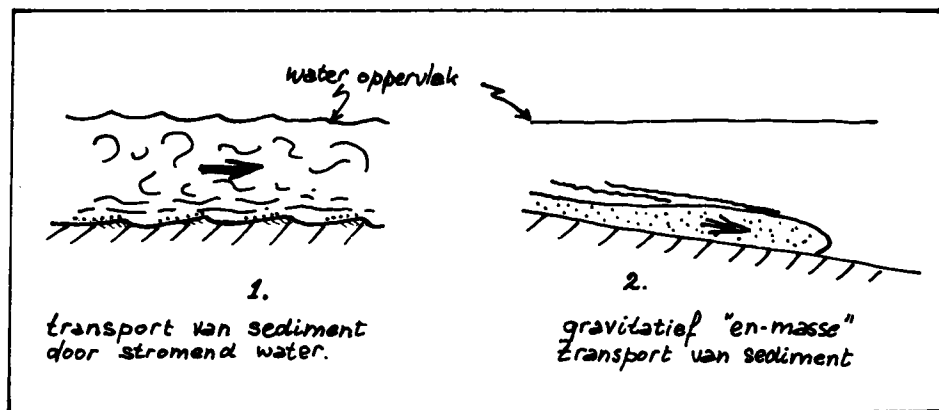
SEDIMENTTRANSPORT

Voor de interpretatie van fossiele afzettingen is het van essentieel belang dat we begrip hebben omtrent het sedimenttransport en de sedimentdepositie. In deze aflevering zal een overzicht worden gegeven waardoor sediment zich verplaatst, wanneer het zal sedimenteren en in welke vorm het in stromend water wordt afgezet; met andere woorden, wat voor structuren er onder bepaalde omstandigheden gevormd zullen worden.

In de regel zal sediment zich verplaatsen 1) als er een bewegend medium (bijv. water, wind) met voldoende energie op het materiaal inwerkt om het te eroderen en te verplaatsen; 2) als de helling van het sediment zodanig is, dat het onder invloed van de zwaartekracht 'en-masse' naar beneden glijdt, waarbij het medium zelf dus niet actief is, wat bijvoorbeeld het geval is bij aardverschuivingen, lawines en onderzeese troebelingsstromen (turbidieten) (fig. 1).

In het eerste geval is sedimenttransport een min of meer regelmatig en dagelijks verlopend proces, zoals dat bijvoorbeeld in rivieren plaats vindt. In het tweede geval van sedimenttransport hebben we, als het om grote hoeveelheden sediment gaat, te maken met catastrofale gebeurtenissen. Deze catastrofale sedimentafglijdingen kunnen enorme hoeveelheden sediment over grote afstanden verplaatsen. Er zijn kleirijke

Fig. 1: Transport van sediment d.m.v. een bewegend medium (1), of door de zwaartekracht (2). In het laatste geval is het medium inactief.



* Geologisch Instituut, Nieuwe Prinsengracht 130, 1018 VZ Amsterdam

puinstromen op de bodem van de Atlantische Oceaan ter hoogte van de Canarische eilanden bekend, die afkomstig zijn van de continentale helling van Marokko (EMBLEY, 1976). Sedimentafglijdingen worden vooral veroorzaakt door aardbevingen, extreme waterbewegingen, zoals getijde-, storm- of vloedgolven en tornado's. Maar hierover later meer.

De twee juist genoemde transportmogelijkheden voor sediment hebben een eigen sedimentatie-patroon, met karakteristieke structuren. Bestudering van deze structuren maakt het ons niet alleen mogelijk om de wijze van het sedimenttransport te bepalen, het geeft ons ook aanwijzingen omtrent de palaeostroomrichting en -snelheid en het milieu waarin het sediment is afgezet.

Achtereenvolgens zullen de volgende transportmedia worden behandeld: 1) stromend water; 2) wind; 3) golven; 4) zwaartekracht.

SEDIMENTTRANSPORT EN SEDIMENTATIE IN STROMEND WATER.

Algemeen

Wat beïnvloed nu de erosie van de korrel en de sedimentatie ervan? Hanteren we het begrip energie dan kunnen we eenvoudig stellen dat erosie plaats zal vinden als het stromende water genoeg energie levert om het gewicht en de erosieweerstand van de korrel te overwinnen. Omgekeerd vindt sedimentatie plaats als de energie te gering is om de korrel verder te bewegen. De erosieweerstand hangt niet alleen af van de korrelgrootte, maar van tal van andere factoren. Een goed voorbeeld hiervan is klei. Door de grote cohesie laat deze zich moeilijk eroderen. Echter eenmaal in suspensie zijnde, kan het zeer lang duren voordat de kleideeltjes weer sedimenteren. Algen groei over het sedimentoppervlak kan de weerstand tegen erosie eveneens verhogen.

Sedimenttransport wordt onder andere beïnvloed door de erosiegevoeligheid van het sedimentoppervlak, de korrelgrootte en de dichtheid van de suspensie ten opzichte van de dichtheid van het sediment, de diepte van de stroom, de helling van het sedimentoppervlak (de bodem) en de stroomsnelheid. Sedimentatie hangt onder andere af van de concentratie van de suspensie, de korrelgrootte, de saliniteit (zoutgehalte) bijvoorbeeld in verband met de uitvlokking van de klei, de druk van het poriënwater tussen de juist gesedimenteerde korrels en de rest-energie van de stroom, die nog fijnere korrels in suspensie kan houden.

Stroomribbels

Bovengenoemde variabelen, die vaak proefondervindelijk zijn vastgesteld, zijn terug te vinden in enkele fysische modellen, die een verband leggen tussen energie (Eng.: stream power), korrelgrootte en ribbelvorm (fig. 2). Alhoewel GILBERT reeds in 1914 het verband legde tussen ribbelvormen en stroomsnelheid, zijn deze modellen pas in het begin van de zestiger jaren door SIMONS en RICHARDSON en hun medewerkers tot verdere ontwikkeling gekomen. Zonder in te gaan op de bewijzen voor deze modellen, som ik hier de resultaten op die goed gebruikt kunnen worden om fossiele stroomafzettingen in detail te interpreteren naar hun palaeostroomrichting en -snelheid, die gemeten kunnen worden aan de stroomribbels en aan de dakpansgewijze ligging (imbricatie) van grinden (zie onder).

Er wordt onderscheid gemaakt tussen het zogenaamde gebied met lage stroomsnelheid en het gebied met hoge stroomsnelheid (Eng.: lower and upper flow regime). In het lower flow regime worden met een toenemende stroomenergie eerst parallelle laminae en vervolgens kleinschalige en grootschalige ribbels gevormd. In het upper flow regime worden weer parallelle laminaties en met een toenemende stroomsnelheid antiribbels (antidunes) gevormd (fig. 2). De overgang tussen deze twee belangrijke

stroomgebieden wordt benaderd door het zogenaamde Froude-nummer, dit dimensioneloze getal wordt weergegeven door de gelijkheid:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}, \text{ waarbij}$$

V = stroomsnelheid
 g = zwaartekracht
 h = diepte van de stroom

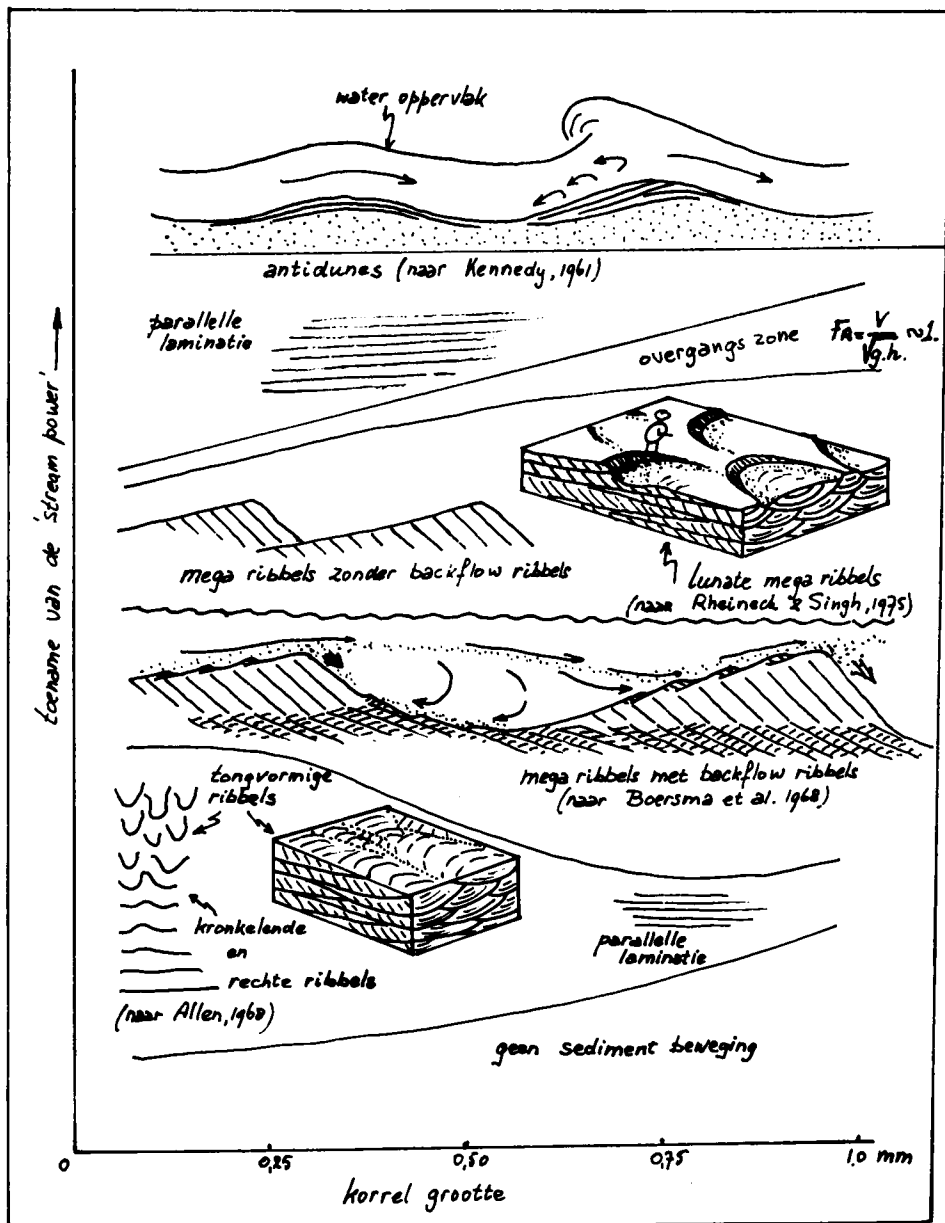


Fig. 2: Overzicht van verschillende ribbelformen (bedvormen) in relatie tot de stroomkracht en de korrelgrootte. Naar: Simons et al., 1965. Inzet figuren zijn naar: Boersma et al. 1968, Reineck en Singh, 1975 en Kennedy, 1961.

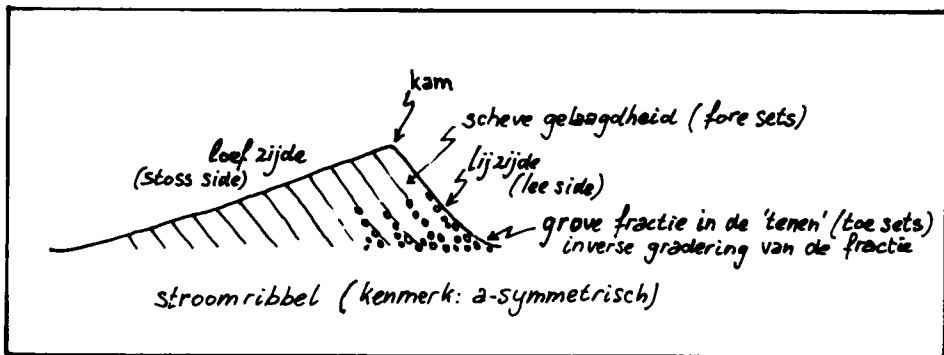


Fig. 3: Stroomribbel. Nomenclatuur en korrelverdeling.

Indien het Froude-nummer kleiner is dan 1, dan zullen de golven aan het wateroppervlak niet in fase zijn met de stroomribbels, die op de bodem migreren. De korrels zullen over de loefzijde van kleinschalige, zowel als van grootschalige (mega) ribbels omhoog bewegen totdat ze, aangekomen bij de kam van de ribbel met kleine hoeveelheden naar beneden vallen. Het zijn dus eigenlijk steeds kleinschalige gravitatieve sedimentafglijdingen (fig. 3).

Is het Froude-nummer groter dan 1, dan zullen de golven aan het wateroppervlak wel in fase zijn met die van het sedimentoppervlak. Dit noemen we schietend water. De korrels bewegen zich in een laag van meerdere korrels dikte over het sedimentoppervlak met de stroom mee, als het ware één grote bewegende sedimentdeken vormend.

Fig. 4: Overgangen van kleinschalige ribbels met kronkelende ribbelkam (Eng: undulatory small ripples) naar tongvormige ribbels met een discontinue ribbelkam (lingoid ripples) in een priel. De stroom is van boven naar beneden. Locatie: wad ten oosten van Texel, op de Vlakte van Kerken. Foto: Th. B. Roep.





Fig. 5: Rhomboëdrische ribbels in de binnenbocht van een priel bij eb. (tussen de pijlen). De stroomrichting is van boven naar beneden. Let ook weer op de overgangen van de verschillende ribbelkammen en ga na wat dit betekent met betrekking tot de stroomkracht. Locatie als figuur 4. Foto: Th. B. Roep.

Niet alleen de grootte van de ribbels is bepalend voor de stroomkracht, maar ook het verloop van de ribbelkam als we er bovenop kijken. In het algemeen hebben de kammen van de ribbels de neiging met een toenemende stroomkracht meer te gaan kronkelen, hetgeen dus neerkomt op een toenemende stroomsnelheid bij gelijkblijvende diepte, of afnemende diepte met een gelijkblijvende stroomsnelheid (ALLEN, 1968). Figuur 4 laat de overgang zien tussen kleinschalige ribbels met kronkelende kammen en tongvormige ribbels (Eng.: lingoid small ripples). Dit gaat ook op voor de grootschalige ribbelvormen. Megaribbels met rechtverlopende kammen gaan met een toenemende stroomsnelheid kronkelen om tenslotte 'tongen' te gaan vormen (lunare megaribbels, zie blokdiagram fig. 2). In plaats van stroomsnelheid denken we meer in termen van stroomkracht. In enkele gevallen is de vorming van ribbels aan een bepaalde diepte gebonden. Dit is het geval bij megaribbels, waar de hoogte van de ribbel gebonden is aan een minimum diepte en bij rhomboëdrische (ruitvormige) ribbelvormen met een lage kam. Deze laatste worden alleen gevormd op zeer geringe dieptes bij relatief hoge stroomsnelheden (Fig. 5). Deze situatie wordt bijvoorbeeld bereikt in de golfploopzone aan de kust (swach zone).

Zoals figuur 2 laat zien worden de megaribbels na de kleinschalige ribbels in het lower flow regime gevormd. Eerst zullen zich megaribbels vormen met kleinschalige ribbels op de loefzijde van de megaribbel en tegengesteld gerichte kleinschalige stroomribbels aan de lijzijde van de megaribbel. Deze laatste ribbels ontstaan door een compensatiestroom (een 'neer') aan de lijzijde van de megaribbel (fig. 2) Dit wordt in het Engels 'backflow' en 'backflow ripples' genoemd (BOERSMA et al. 1968). Bij toenemende stroomsnelheid zullen de kleinschalige ribbels verdwijnen en ontwikkelt zich alleen nog de grote scheve gelaagdheid.

ENKELE WENKEN VOOR IN HET VELD

Voor een nauwkeurige bepaling van de stroomrichting is het nodig om een driedimensionaal beeld te krijgen van de ribbels. In zachte sedimenten kan dit gemakkelijk, door met een schep of een troffeltje een horizontale en twee loodrecht op elkaar staande verticale sneden te maken. Zo krijgt men een beeld van de ribbelkammen en de lengte- en dwarsdoorsnede van de ribbel. In de doorsnede parallel aan de stroomrichting ziet men voornamelijk iets oplopende parallele lagen, met een interne scheve gelaagdheid.

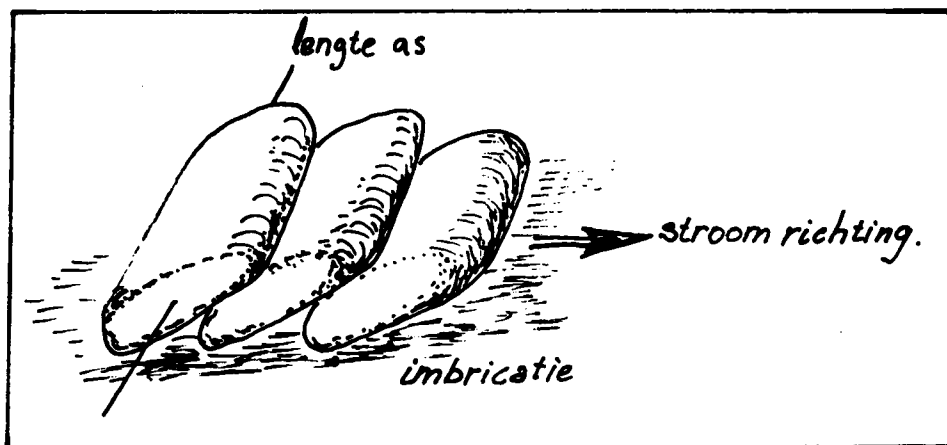


Fig. 6: Imbricatie van platte rolstenen door stromend water.

De richting van de helling van deze laagjes geeft tevens de richting van de stroom aan. In de snede loodrecht op de stroom ziet men voornamelijk trogies of troggen (zie blokdiagrammen van fig. 2).

Antidunes zijn lastige ribbelvormen om stroomrichtingen aan te meten. Vaak is dit type ribbel ook erg moeilijk als zodanig te herkennen. Dit geldt ook voor rhomboëdri-sche ribbels.

Zoals een spreekwoord zegt: 'Eén zwaluw geeft nog geen zomer', zou men ook kunnen zeggen: 'Eén meting geeft nog geen stroomrichting'.

Om een beeld van de palaeostroomrichtingen te krijgen maakt men gebruik van een serie metingen, die men thuis uitzet in een stroomroos (met intervallen van 5° of 10°).

Imbricatie

Als veel platte steentjes een opvallende voorkeursorientatie hebben, die iets scheefge-steld is, dan zijn deze steentjes geimbriceerd. Imbricatie is de stroomopwaartse scheefstelling van grinden, waardoor ze, vaak met de lengte-as loodrecht op de stroomrichting, in hun meest stabiele ligging op de bodem rusten.

Imbricatie is een belangrijk hulpmiddel bij de bepaling van palaeostroomrichtingen, maar geeft geen indicatie over de stroomsnelheid.

Volgende keer iets meer over windribbels en golfwerking.

LITERATUUR

- ALLEN, J.R.L., 1968: Current ripples. Their relation to patterns of water and sediment motion, 433 p.: North Holland Publ. Comp. Amsterdam.
- BOERSMA, J.R., MEENE, E.A. VAN DE, and TJALSMA, R.C., 1968: Intricated cross stratification due to interaction of a mega ripple with its lee-side system of backflow ripple (upper point bar deposits, lower Rhine). *Sedimentology* II, 147-162.
- EMBLEY, R.W., 1976: New evidence for occurrence of debris flow deposits in the deep sea. *Geol. Vol. 4* p. 371-374.
- GILBERT, G.K., 1914: The transportation of debris by running water. *U.S. Geol. Survey Prof. Papers* 86, 263 p.
- KENNEDY, J.F., 1961: Stationary waves and antidunes in alluvial channels. *W.M. Keck Lab. Hydr. Water Resc. Rep. KH-R-2* Cal. Inst. Techn. Pasadena, 146 p.
- REINECK, H.E. and SINGH, I.B., 1975: *Depositional Sedimentary Environments*, with reference to Terrigenous Clastics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 439 p.
- SIMONS, D.B., RICHARDSON, E.V., and NORDIN, C.F., 1965: Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. In: Middleton, G.V., ed., *Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Spec. Publ., 12, 34-52.