

Onderzoek Congo-monding en Angola Bekken

door

D. Eisma, A.J. van Bennekom, J.T.F. Zimmerman en W. Helder

Intern verslag

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

VERSLAGEN

nummer 1976 - 15

13163

Journal of the American Medical Association

Published Weekly, except on Sundays, and during the Months of December and January, Bi-Weekly

Chicago, Ill., U.S.A.

Subscription price, \$5.00 per Annum in Advance

Single Copies, 15 Cents

Entered as Second-Class Matter, October 3, 1917

Onderzoek Congo-monding en Angola Bekken

door

D. Eisma, A.J. van Bennekom, J.T.F. Zimmerman en W. Helder

Intern verslag

Inhoud:

Inleiding	1
Het Congo estuarium	2
Sedimentatie in de kop van de canyon	3
Onderzoek in de Congo-pluim	5
Onderzoek menging van rivierwater en oceaانwater in het zeegebied Golf van Guinee - Congo-monding	5
Oceaanwaartse voortzetting van de Congo canyon	6
Antarktisch bodemwater in het Angola-bekken	8
Onderzoeksprogramma	9
Literatuur	10

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

VERSLAGEN

nummer 1976 - 15

Rechten voorbehouden

Van interne verslagen zijn nadruk of aanhalingen slechts toegestaan met uitdrukkelijke toestemming van het NIOZ.

Onderzoek Congo-monding en Angola Bekken

N.I.O.Z.

Inleiding

De Congo of Zaire rivier heeft een waterafvoer van 24.000 tot 80.000 m³/sec. en is daarmee de op één na grootste rivier in de wereld (de Amazone, met een afvoer van ca. 200.000 m³/sec. is de grootste). De Congo met zijn zijrivieren watert het Congo-bekken af, een vlakke kom in centraal Afrika die zich uitstrekt van het westelijk kustgebergte tot aan de rand van het oostafrikaanse bekkensysteem. Waar de Congo rivier door het kustgebergte heenbreekt heeft zich een ronde kom gevormd, Stanley Pool. Vandaar bereikt de rivier via een aantal watervallen en stroomversnellingen een 300 m lager gelegen vlakke bedding die bij Matadi begint. Wat verder stroomafwaarts, bij Boma, begint de kustvlakte die uit een aantal vlakke terrassen bestaat waarin het estuarium van de Congo rivier is ingesneden.

Het Congo bekken is gevormd na het Mioceen door opheffing van centraal Afrika en verbuiging van het vlakke Miocene landoppervlak (Veatch and Smith, 1939). Dit bekken is sindsdien relatief onveranderd gebleven terwijl in het verder oostelijk gelegen bekkengebied sterke breukwerking optrad aan het eind van het Tertiair en in het Pleistoceen. Het Congo bekken waterde eerst af via een rivier (nu niet meer aanwezig) die enkele honderden kilometers noordelijk van de huidige Congo-monding in zee kwam. Als gevolg van breukwerking in het kustgebergte werd deze afvoer afgesloten en ontstond in het binnenland een groot meer met een doorsnee van 600 à 700 km. Dit meer stroomde tenslotte over in een waarschijnlijk reeds bestaand dal dat naar zee leidde. Zo ontstond de huidige benedenloop van de Congo. Nadat het meer was leeggelopen, paste de afwatering zich hierbij aan. Bij dat proces werd ook Stanley Pool uitgeslepen in zachte zandsteen. Onder de oude meerafzettingen zijn soms zeer fraai bewerkte paleolithische werktuigen gevonden, waardoor het meer gedateerd is als laat Weichselien of begin Holoceen. De chronologie is echter vaag en ook de opbouw van de kustvlakte is onduidelijk. Zo is er sprake van een oudere delta, afgezet bij een zeespiegelstand

die ongeveer met de huidige overeenkomt (Veatch and Smith, 1939) en het Congo estuarium is hierin ingesneden. Is dit een ouder Holocene stadium van de rivier of is het een Eemien-delta van de rivier die hier liep voordat de beneden-Congo ontstond?

Het Congo estuarium

Het huidige estuarium begint bij Boma, waar de rivier zich vertakt in een drietal hoofdgeulen en een aantal kleinere beddingen. Bij Kissanga verenigen de drie hoofdgeulen zich weer tot één brede bedding waarin de Congo canyon is ingesneden, die zich tot op de oceaانبodem voortzet. Aan weerszijden van de hoofdbedding bevindt zich, tussen de 100 à 120 m hoge terrasoevers, een 20 km breed mangrove moeras met talloze kleine geulen en krekken.

De canyon bereikt aan het zeewaartse uiteinde van het estuarium al een diepte van 500 m, terwijl de omringende shelf daar een diepte heeft van 18 tot 25 m. De canyon is aan het begin gevuld met zout water waar het zoetere rivierwater overheen zeewaarts afstroomt; het eerste contact tussen zoet en zout water heeft plaats aan het begin van de canyon. Bovenstrooms hiervan ligt een drempel waar de rivier ca. 17 m diep is. Verder stroomopwaarts dringt geen zout water meer door. Volgens metingen van Meulenbergh (1968) is de rivier op de drempel bij Maleia al tot op de bodem zoet.

Zeewaarts neemt de zoetere oppervlaktelaag snel in dikte af: aan de zeezijde ligt de 15% isosaline op 0-3 m diepte en de 30% isosaline op 5-12 m diepte. Uit het werk van Meulenbergh (1968) is duidelijk dat de isosalinen en isothermen zowel met het getij als met het seizoen verschuiven. Enkele stroommetingen gedaan door Shepard et al. (1973) gaven aan dat in de canyon de stroom onder invloed van het getij afwisselend landwaarts en zeewaarts is gericht. Gedurende de 90-urige meting was de resulterende verplaatsing landwaarts, dit in tegenstelling tot andere canyons waar vnl. een zeewaartse verplaatsing is geconstateerd. Dit zal ongetwijfeld mede het gevolg zijn van het feit dat het water in de canyon is opgenomen in de estuariene circulatie van de Congo monding.

T.a.v. de menging van Congo-water met zeewater en de chemische processen die zich daarbij afspelen is, voor zover bekend geen onderzoek gedaan, hoewel de Congo de op één na grootste rivier ter wereld is. In SCOR werkgroep 46 (River Inputs to Ocean Systems) is, wellicht nog eens ten overvloede, de nadruk gelegd op het belang van onderzoek in de estuaria van de grote rivieren (Amazone, Congo, de grote Chinese rivieren, Ganges), aangezien het optreden van mobilisatie of fixatie van materiaal dat door de rivier is aangevoerd, veel kan uitmaken t.a.v. de bijdrage die de rivier levert aan de samenstelling van de oceaan. In feite zijn budgetberekeningen van de meeste elementen vanwege de onbekendheid met de chemische processen in estuaria, nauwelijks of alleen zeer globaal mogelijk. Rivierwater heeft een hogere concentratie aan gesuspendeerd materiaal, opgeloste organische stof, voedingsstoffen (PO_4 , NO_3 , NH_4 , H_4SiO_4) en sporenmatalen (Al, Fe, enz.) dan het oppervlaktewater van de oceaan. Meestal treedt bij menging van zoet en zout water o.i.v. adsorptie, coagulatie van kleine deeltjes, sedimentatie van aggregaten en planktongroei (gestimuleerd door de toenemende helderheid) een extra verwijdering op, leidend tot niet-conservatief gedrag. Een deel van het door rivieren aangevoerde materiaal bereikt de oceaan niet. Het is daarom de opzet om in samenwerking met Dr. J. Edmond (M.I.T., Cambridge Mass.) en Dr. J.-M. Martin en Dr. H. Meybeck (Ecole Normale Supérieure Paris) een aantal malen het Congo estuarium in de lengterichting door te varen en watermonsters te nemen ter bepaling van zoutgehalte, temperatuur, gehalte aan voedingsstoffen, gesuspendeerd materiaal, deeltjes grootte, gehalte aan sporenelementen, en een indruk te krijgen van adsorptie en desorptie processen in het estuarium en van de primaire productie.

Sedimentatie in de kop van de canyon

De rivierbodem wordt beschreven als bestaande uit zand of soms harde klei (Veatch and Smith, 1939; Heezen et al., 1964). Ook de banken, ondiepten en oevers zouden uit zand of harde klei bestaan. Slib wordt afgezet in de kreek, tussen de mangrove en in de kop van de canyon. In de

canyon kop is de modder erg zacht en bevat deze veel plantenresten. De rivier zelf echter transporteert (volgens Veatch and Smith, 1939) grote hoeveelheden zand: de stroomsnelheid is in de orde van 1 à 1,5 m/sec. De sedimentaanvoer van de rivier is echter relatief laag, nl. ca. 70 miljoen ton/jaar; de Amazone en de Yang tse Kiang transporteren ieder ca. 900 miljoen ton/jaar. Het relatief lage sedimentgehalte is waarschijnlijk het gevolg van de aanwezigheid van Stanley Pool, waar veel en vooral ook fijn sediment wordt afgezet. Het naar zee gebrachte materiaal is vermoedelijk grotendeels afkomstig uit het snel eroderende kustgebergte.

Het fijne materiaal dat in de kop van de canyon wordt afgezet blijft daar echter niet liggen. Ook al wijst de slappe modder op de aanwezigheid van geringe stroomsnelheden aldaar (hetgeen bevestigd wordt door de stroommetingen in de canyon), het blijkt dat grote hoeveelheden sediment door de canyon afglijden naar de diepzee. Er is een treffende correlatie tussen het voorkomen van breuken in de telefoonkabels die de canyon kruisen en het voorkomen van hoge rivierafvoeren (die gepaard gaan met een hoge sedimentafvoer; Heezen et al., 1964). Dit is gebaseerd op 30 kabelbreuken tussen 1887 en 1938. Dit regelmatige zeewaartse transport van door de rivier aangevoerd materiaal via de canyon naar de oceaانبodem is er waarschijnlijk de oorzaak van dat zich geen delta heeft gevormd. Het mechanisme is echter onduidelijk, mede doordat van de Niger en de Mississippi bekend is dat zich daar ook één of meer canyons bevonden die echter wel geheel of gedeeltelijk (en dan aan de kop) zijn opgevuld (Osterhoudt, 1946; Burke, 1972). Er kan gedacht worden aan getijwerking die tenslotte dichtslibben van de canyon belet, aan afzetting van grote hoeveelheden materiaal in de kop van de canyon dat tenslotte instabiel wordt en bij de eerstvolgende hoge rivierafvoer gaat afglijden. Ook is beschreven dat bij hoge rivierafvoer zandbanken soms snel worden opgeruimd. Het daarbij vrijkomende zand kan dan in de canyon kop worden afgezet, en daar de instabiliteit veroorzaken van de reeds aanwezige slibmassa. Het is de bedoeling meer hierover te weten te komen door het nemen van bodemonsters in de kop van de canyon en de direkte omgeving ervan, in combinatie met bepaling van de concentratie aan gesuspendeerd materiaal en opname van de ondergrond met het penetrerend echolood.

Onderzoek in de Congo-pluim

De menging van zoet Congo-water en zeewater zet zich buiten het eigenlijke estuarium voort in de aangrenzende oceaan, waarin het zoetere water uitstroomt in de vorm van een brede pluim. Het gebied binnen de 33 % isosaline varieert van ca. 45.000 km² in juli/augustus tot 130.000 km² in februari/maart. In oktober/november wordt de pluim wat naar het zuiden verplaatst onder invloed van het zuidwaarts opdringen van water afkomstig van de Golf van Guinee. Het Congo-water wordt vermengd met Centraal Zuid-Atlantisch water dat in dit gebied een zoutgehalte heeft van 36 ‰ en aan de kust een temperatuur heeft van 19-23°C. De temperatuur is relatief laag onder invloed van de langs de kust noordwaarts gaande Benguela Stroom; verder van de kust is de temperatuur hoger. Naast invloed van de Benguela stroom is er een invloed van de zuidelijke tak van de (warme) Lomonosov tegenstroom en van water afkomstig uit de Golf van Guinee.

Het oceaانwater voor de kust van Angola, Zaïre en Cabinda heeft relatief hoge gehalten aan voedingsstoffen. Naar analogie van het onderzoek in de Amazone pluim (tijdens CICAR) kan verwacht worden dat fosfaat en nitraat afkomstig uit de Congo-rivier al bij vrij lage zoutgehalten volledig zijn verbruikt, waarbij een deel van de silikaat overblijft. Op enige afstand van de kust kan de Congo-pluim dan ook een lagere produktiviteit hebben dan het oceaانwater. Inzicht hierin zal verkregen worden door bepaling van de primaire produktie en het chlorophyl-gehalte. Hoewel tijdens EQUALANT primaire produktiebepalingen zijn verricht over de gehele tropische Atlantische Oceaan is, voor zover bekend, aan de direkte invloed van de Congo (en de Niger) geen aandacht gegeven.

In aansluiting op het onderzoek in het estuarium wordt verder dezelfde reeks bepalingen gedaan in het oppervlaktewater (d.w.z. tot op enkele honderden meters diepte) in het zeegebied voor de monding, waarbij de veranderingen over een zo groot mogelijk zouttraject onderzocht worden.

Onderzoek menging van rivierwater en oceaانwater in het zeegebied Golf van Guinee - Congo-monding

In de Golf van Guinee is gedurende het gehele jaar een zoetere oppervlaktelaag aanwezig van ca. 20-50 m dikte. Dit is het gevolg van de bij-

menging van rivierwater afkomstig van de Niger (ca. 6000-9000 m³/sec.) en andere rivieren (zoals de Ogooué, ca. 5000 m³/sec., en de Sanaga, ca. 2000 m³/sec.), maar tevens van een ten noorden van de Evenaar snel toenemend overschot van neerslag boven verdamping (aan de kust maximaal 2 m).

Bij de Congo-pluim is de neerslag ongeveer gelijk aan de verdamping. De afgrenzing tussen "Oceaanwater", "Congowater" en "Guinee-water" wisselt sterk met de seizoenen. Scherpe fronten zijn in juni/juli aanwezig tussen Annabon en Kaap Lopez. De fronten gaan in de herfst naar het zuiden. Optische tracers en de relatie tussen met name het zoutgehalte en het silikaatgehalte bieden de mogelijkheid de zoetwaterfrakties van Niger en Congo te onderscheiden. Daarnaast zullen bepalingen van opgeloste voedingsstoffen in het oppervlaktewater worden uitgevoerd, en getracht zal worden de onttrekking van vnl. N en P aan het water te correleren met gelijktijdig gemeten primaire produktiesnelheden. Zoals reeds gesteld, is tijdens eerder onderzoek in de tropische Atlantische Oceaan (EQUALANT) geen aandacht gegeven aan de invloed van Congo en Niger op de primaire produktie.

Oceaanwaartse voortzetting van de Congo canyon

Vanaf het estuarium snijdt de canyon door het continentale plat en de continentale afhelling. Op ca. 2000 m diepte, waar de helling van de zeebodem wat geringer wordt, gaat de canyon zich vertakken. Tussen 500 en 2800 m diepte kruist de canyon een zone met zout-diapieren die zich uitstrekt van Angola tot Gabon. Het Congo-sediment bedekt de diapieren, doordat de gemiddelde sedimentatiesnelheid van het Congo slib groter is dan de snelheid waarmee het zout omhoog komt. Verder zuidelijk en noordelijk vormen de zout-diapieren weer de zeebodem. In zeewaartse richting waaiert de canyon uit over de zeebodem tot op meer dan 5000 m diepte, waar een zwak hellende afzetting is gevormd (deep sea fan). Op ca. 2400 m diepte maakt de canyon een scherpe knik naar het zuidwesten, zoals meer bij canyons is waargenomen (o.a. Cayar canyon). Dwarsprofielen door de canyon zijn v- of u-vormig met vooral in dieper water de typische oeverwallen.

Door Heezen et al. (1964) zijn een beperkt aantal kernen genomen waarin de volgende sedimenttypen onderscheiden konden worden:

- 1) homogene lutiet (slib uit de Congo en pelagisch materiaal)
- 2) brokkelige lutiet met veel silt
- 3) gegradeerde afzettingen van silt en zand (turbidieten) vaak met plantenresten en gekarakteriseerd door twee zware mineraal associaties:
 - a) met veel hematiet en hematiet-aggregaten (in de lichte fraktie veel hematiet-gecoate kwartskorrels), afkomstig uit de Congo rivier
 - b) met veel ronde opake korrels (met in de lichte fraktie ronde glanzende en dofke kwartskorrels), afkomstig van kustevenwijdig transport langs de kust van Angola.
- 4) fijngelaagde silt: alternerend silt met veel lutiet en zonder lutiet.

In enkele cores genomen op de continentale helling zijn reducerende omstandigheden aangetroffen (donkere kleur, pyrietkorrels, gasbellen).

Op basis van een aantal cores verspreid door het Angola bekken komen Heezen et al. (1964) tot het volgende sedimentpatroon in het Angola bekken:

- in het noordelijk equatoriale gedeelte pelagische lutiet (opaal en carbonaat)
- in het midden en zuiden bruine abyssale lutiet.

Hieroverheen zou de sedimentatie door de Congo zijn gekomen. Dit is echter gebaseerd op zeer weinig (5) kernen en er is ook geen poging gedaan Congo sediment of anders er op of er onder liggend pelagisch sediment te dateren. Sedimentatiesnelheden in de diepzee moeten in overeenstemming zijn met de door de rivier aangevoerde sedimenthoeveelheden. Voorts is ook de opbouw van met name de fan erg onduidelijk gebleven. Het voorkomen van anaeroob sediment lijkt gebonden te zijn aan de aanvoer van organische stof vanuit de Congo. Tevens zijn er aanwijzingen (verkregen uit diepzee trawl monsters door Heezen et al., 1964) dat de aanvoer van veel organisch materiaal heeft geleid tot een grotere dichtheid van het aantal detrituseters in de bodem.

In vervolg hierop is daarom het volgende onderzoeksprogramma opgesteld:

1. het varen van een grof-mazig raaiennet over het Angola bekken met penetrerend echolood en airgun om beter inzicht te krijgen in de verspreiding van vooral de Congo-afzettingen.
2. het nemen van tot 10 m lange kernen, waarin opbouw en samenstelling van het sediment wordt bekeken en waaruit monsters worden genomen voor datering (Th-isotopen, C14). Voor de C14 bepalingen zal samengewerkt worden met W.G. Mook (Groningen).
3. het nemen van sedimentkernen in het gebied waar de bodem anaeroob is. Nagegaan wordt waaruit het sediment bestaat en waar deze anaerobie het gevolg van is. Verder zal nagegaan worden of er sprake is van fosfaatvorming, zoals op de shelf van Namibië is waargenomen.
4. met behulp van box-cores waarin biomassa (c.q. het aantal detrituseters) wordt bepaald, nagaan welke invloed Congosediment heeft op de organische produktie in de diepzee.

Antarktisch bodemwater in het Angola-bekken

Antarktisch bodemwater komt het Angola bekken binnen vanuit het noorden via de Romanche breukzone. Sinds 1969 is echter rekening gehouden met de mogelijkheid dat antarktisch bodemwater via lage gedeelten van de Walvis rug vanuit het zuiden (het Kaaps bekken) het Angola bekken instroomt, wat in 1974 door Connary en Ewing werd bevestigd. Met dit bodemwater komt ook gesuspendeerd materiaal mee: de gegevens van Connary en Ewing suggereren dat materiaal aangevoerd uit het zuiden wordt afgezet tussen 36° en 31° ZB. Van belang is verder de aanvoer van silica met het bodemwater en de interactie met de bodem. In de westelijke bekkens van de Atlantische Oceaan kan het silikaatgehalte goed gebruikt worden om Antarktisch bodemwater en Noordatlantisch dieptewater te onderscheiden; in de oostelijke bekkens is dit niet onderzocht. Ook over het silikaatgehalte van de onderste waterlagen in de oceaan en de uitwisseling met de bodem is niets bekend. Om meer inzicht te krijgen in:

- a) de toestroming van Antarktisch bodemwater in het Angolabekken en de vorming van bodemsediment onder invloed van deze stroming,
- b) de menging van Antarktisch bodemwater en Noordatlantisch dieptewater,

c) de invloed van de bodem op het silikaatgehalte van het bodemwater, worden STD-bepalingen gedaan en metingen met een nephelometer in combinatie met bepaling van de hoeveelheid materiaal in suspensie en zo mogelijk Coulter Counter metingen van de deeltjesgrootte van het gesuspendeerde materiaal. Voorts worden watermonsters genomen in de onderste waterlagen (ook op 0,5 en 1,0 m boven de bodem) en korte bodemkernen (ca. 25 cm lang) waarin het interstitiële water wordt gemonsterd. Alle watermonsters worden geanalyseerd op zoutgehalte en voedingsstoffen (waaronder silikaat). Ter aanvulling op het onderzoek in het Angola-bekken wordt dit op de heen en/of terugreis om de tien breedtegraden gedaan.

Onderzoeksprogramma

Het in het Congo estuarium en het Angola-bekken uit te voeren onderzoek bestaat dus uit zes hoofdonderdelen:

1. chemie van het Congo estuarium
2. sedimentatie in en rond de kop van Congo canyon
3. menging van Congo-water, Nigerwater en oceaanwater
4. wateronderzoek Congo-pluim
5. oceaanwaartse voortzetting Congo canyon en opbouw deep sea fan
6. onderzoek Antarktisch bodemwater

De programmaonderdelen 1 en 2 kunnen gecombineerd worden gedaan. Zo is ook een gedeelte van 5 te combineren met 4. Onderdeel 5 valt uiteen in twee gedeelten: een raaienprogramma (penetrerend echolood, airgun) en een stationsprogramma (bodemmonsters). Dit laatste gedeelte kan gecombineerd worden met 4 en 6. Een gedeelte van 6 gebeurt op en heen en/of terugreis.

Wat het vaarprogramma betreft valt het dus in de volgende onderdelen uiteen: a. heen en/of terugreis; programmaonderdeel 6 (gedeeltelijk)
b. menging Congo-water, Nigerwater, oceaanwater (onderdeel 3)
c. onderzoek Congo-estuarium (onderdelen 1 en 2)
d. wateronderzoek Congo pluim en bodemmonsters (onderdelen 4 en een gedeelte van 5)

- e. raaien Angola-bekken (gedeelte onderdeel 5)
- f. stations Angola-bekken (gedeelte onderdeel 5 en gedeelte onderdeel 6)

Het programma zal uitgevoerd worden door de werkgroepen Geologie/Geochemie, Chemische Oceanografie en Fysische Oceanografie, met bij onderdeel 5 assistentie van de afdeling Biologie en van het Vening Meinesz Laboratorium (Utrecht). Voorlopig wordt gedacht aan twee vaar- tochten in resp. 1976 en 1977. Het zal van de omstandigheden afhangen, zoals bijv. het verkrijgen van toestemming voor het uitvoeren van onder- zoek in het Congo-estuarium en de beschikbare vaartijd, welke programma- onderdelen eerder en welke later gedaan zullen worden. Het is waarschijn- lijk dat na uitwerking van de resultaten een derde vaartocht (in 1978 of 1979) nodig zal zijn.

Literatuur

- Berrit, G.R., Cah. ORSTOM (Océan) 2, 1964, 31-55.
- Berrit, G.R., Proc. Symp. Océan.: fish. res. tropical Atlantic, Abidjan, 1966, 13-22.
- Burke, K., Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 56 (10), 1972, 1975-1983.
- Connary, S.D. and M. Ewing, J. Geophys. Res. 79 (3), 1974, 463-469.
- Corcoran, E.F. and C.V.W. Mahnken, Proc. Symp. Océan.: fish. res. tropical Atlantic, Abidjan, 1966, 57-67.
- Dandonneau, Y., Cah. ORSTOM (Océan) 11, 1973, 431-454.
- Dufour, P. et J. Merle, Doc. Scient. Centre ORSTOM, Pointe Noire, NS. no. 25, 1972.
- Dufour, P. et J.M. Stretta, Cah. ORSTOM (Océan) 11, 1973, 419-429.
- Fuglister, F.C., Atlantic Ocean atlas T & S, Woods Hole 1960.
- Gallardo, P., Y. Dandonneau et J. Voituriez, Doc. Scient. Centre Rech. Océan. Abidjan, 5, 1974, 1-51.
- Heezen, B.C., R.J. Menzies, E.D. Schneider, W.M. Ewing and N.C.L. Granelli, Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 48 (7), 1964, 1126-1149.
- Kolesnikov, A.G., S.G. Boguslavsky, G.N. Kuklin, V.A. Shirey and V.G. Kiryukhin, Okeanologia, 1971, 374-379.
- Mahnken, C.V.W., Bull. Mar. Science, 19, 1969, 550-567.
- Mann, C.R., A.R. Coote and D.M. Garner, Deep Sea Res. 20, 1973, 791-801.
- Metcalf, W.G., B.C. Heezen and M.C. Stalcup, Deep Sea Res. 11, 1964, 1-10.
- Meulenbergh, J., K. (Belg.) Akad. v. Overzeese Wet. NS. XVI-6, 1968 en NS. XVII-8, 1974.
- Moroshkin, K.V., V.A.B. Bubnov en R.D. Bulatov, Okeanologia, 1970, 38-47.
- Nellen, V.W., Kieler Meeresf. 23, 1967, 48-67.
- Osterhoudt, W.J., Geophys. 9, 1946, 417.
- Rapporten Waterloopkundig Laboratorium Borgerhout, Antwerpen, 1971, 1973.
- Reyssac, J., Doc. Scient. Centre Rech. Océan. Abidjan, 35, 1969, 1-16.
- Reyssac, J., Bull. IFAN 32, ser. A (4), 1970, 869-981.
- Richards, F.A., J. Mar. Res. 17, 1958, 449-465.
- Shepard, F.P., Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 57 (9), 1973, 1679-1691.
- Veatch, A.C. and P.A. Smith, Geol. Soc. Am. Spec. Paper 7, 1939.
- Williams, F., Rep. Guinean Trawling Survey, 1968.
- Zeitschel, B., Proc. Symp. Océan.: fish. res. tropical Atlantic, Abidjan, 1966, 69-84.