

Sedimenttransport en waterbeweging op de

Guyana-shelf

door

D. Eisma

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATIES EN VERSLAGEN:

nummer 1970-4

13015

Sedimenttransport en waterbeweging op de  
Guyana-shelf

door

D. Eisma

Intern verslag  
als samenvatting van een voordracht  
gehouden voor de  
Interuniversitaire Opleiding voor Sedimentologie  
20 maart 1970

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATIES EN VERSLAGEN:

nummer 1970-4

Sedimenttransport en waterbeweging op de  
Guyana-shelf

door

D. Eisma

Inhoud

Inleiding . . . . .	p. 1
De Amazone . . . . .	p. 2
Waterbeweging . . . . .	p. 4
Slibtransport . . . . .	p. 5
Voedingsstoffen . . . . .	p. 6

## Inleiding

Sediment op de diepzeebodem bestaat uit een aantal componenten van verschillende herkomst:

1. terrigeen via rivieren in zee gekomen;
2. terrigeen via de wind " " " ;
3. terrigeen en uit ondiepe kustzee via ijs in zee gekomen;
4. terrigeen via kustafslag;
5. meteoritisch stof;
6. uit onderzees vulkanisme;
7. nieuwvormingen ter plaatse;
8. detritus van in zee levende organismen

1 en 8 zijn meestal de hoofdcomponenten; 2 komt vnl. voor in de omgeving van woestijngebieden met afluiddige winden; 3 komt vnl. voor op hogere breedten; 4 is alleen lokaal aanwezig; 5 is alleen terug te vinden in gebieden met zeer lage sedimentatie snelheden (bijv. centrale Pacific); 6 is vooral belangrijk in het zuidwestelijk deel van de Pacific; 7 komt verspreid voor (mangaanknollen, fosfaat-afzettingen).

Ingegaan wordt op de bijdrage van riviermateriaal, vnl. van de Amazone, waarbij ook andere gevolgen van de uitstroming van Amazonewater in de oceaan ter sprake komen.

Tabel 1: de voornaamste rivieren op aarde gerangschikt naar debiet en gehalte aan gesuspendeerd materiaal.

Van deze rivieren monden de meeste uit relatief dicht bij de continentale afhelling (Yangtze en Hoang Ho monden uit in een brede shelf-zee, de Gele zee; de Parana en de St. Lawrence hebben diepe estuaria; de Wolga en de Donau monden in binnenzeeën), zodat door

de rivier aangevoerd slib de diepzee kan bereiken. Tijdens de pleistocene lage zeespiegelstanden lagen deze mondingen veel dichterbij de shelfrand en was er een veel direkter transport van materiaal naar de diepzee dan nu.

### De Amazone

De Amazone heeft verreweg de grootste waterafvoer, maar brengt minder slib in zee dan de Hoang Ho en Yangtze die gedeeltelijk uit de Chinese lössgebieden komen. De getallen in tabel I zijn benaderingen: er zijn relatief weinig metingen van afvoer en slibgehalte van de Amazone. Het stroomgebied van de Amazone (fig. 1) ligt grotendeels lager dan 1000 m. Alleen aan de randen hoger relief: waterscheiding met Guyanese rivieren (in Suriname tot 1300 m; in Guyana-Venezuela tot 3000 m), de Andes (tot 7000 m), het centraal Braziliaans plateau (tot 1800 m). Regenval 1000-3000 mm/jr behalve in de Andes. Kust en centraal Amazone bekken meer neerslag - aan de kust met 3-4 droge maanden per jaar -; daartussen in een iets drogere zone met 4-7 droge maanden. Als gevolg van deze onregelmatige neerslag heeft de Amazone een maximale afvoer in februari-mei. Ondergrond: precambrische massieven van centraal Brazilië en Guyana, gedeeltelijk bedekt met mesozoïcum. Daartussen Amazone bekken gevuld met vnl. tertiaire en pleistocene sedimenten; aan de randen paleozoïcum en mesozoïcum dagzomend. De Andes: geplooid paleozoïcum en mesozoïcum met recenter vulkanisme en lokale tertiaire en quartaire sedimenten. In het topografisch lage gedeelte van het Amazone stroomgebied tropisch regenbos met vnl. chemische verwerking (kaoliniet vorming); in de Andes gemengd mechanische en chemische verwerking. 80-90 % van het Amazone slib komt uit de Andes (bevat onverweerde veldspaat, kwarts,

mica en veel illiet-achtige kleimineralen).

Amazone afvoer schommelt waarschijnlijk tussen 3 en  $9 \times 10^{12} \text{ m}^3$  /jr. Het gemiddeld slibgehalte is ongeveer 100 mg/l, d.w.z. een afvoer van ongeveer  $500 \times 10^6$  ton/jr. Het debiet van alle Guyanese rivieren tesamen is ongeveer 7 % van het Amazone debiet; hun slib afvoer maximaal ongeveer 2 % (geen afvoer van de Andes). Behalve slib ook afvoer van materiaal in oplossing (Tabel II); totale hoeveelheid gering vergeleken met bijv. de Rijn, (behalve silikaat). Voedingsstoffen in tropische omgeving snel weer opgenomen door organismen. Silikaat gehalte relatief hoog door sterke  $\text{SiO}_2$ -oplossing bij tropische verwerking.

In het estuarium van de Amazone waarschijnlijk een slibmaximum zoals in de Guyanese rivieren (Suriname rivier, Corantijn, Demarara, Essequibo, kleinere rivieren in Cayenne). Ontstaat door estuarine circulatie (opp. meer zoetwater met sterke uitstromende component; bodem zouter water met sterke instromende component ter compensatie) tesamen met getij. Is ook elders aanwezig (bijv. Gironde, Elbe, Rijn, Thames). Fig. 2 geeft globaal de verdeling van bodemsedimenttypen op de shelf langs de noordrand van Zuid-Amerika tussen Amazone en Trinidad. Veel Amazone slib sedimenteert waarschijnlijk voor de monding, in noordwaartse richting over bijna de gehele breedte van de shelf. In westwaartse richting loopt een eerst nog zeer brede, dan zich versmallende slibzone langs de kust tot aan de Orinoco; oostwaarts langs de kust is geen slibzone. Behalve deze westwaartse afbuiging van het slib is van belang het grotendeels ontbreken van organische kalkafzettingen (riffen, kalkzand) langs de shelfrand tussen de Amazone monding en Cayenne: hier ligt waarschijnlijk de glaciële Amazone monding. Verder kan het een aanwijzing zijn dat recent slib

hier over de shelfrand naar de diepzee gaat. De westwaartse afbuiging van het Amazone slib hangt samen met de waterbeweging langs de noordrand van Zuid-Amerika.

### Waterbeweging

Het gebied rond de evenaar ligt op de grens van twee grote circulaties: die in de Noordelijke Atlantische Oceaan (Golfstroom + Noord-Equatoriaal stroom) en die in de Zuidelijke Atlantische Oceaan (zuidelijk westenwind drift + Zuid-Equatoriaal stroom). Een tak van de Zuid-Equatoriaal stroom loopt langs de noordrand van Brazilië naar het westen (de Noord-Braziliaanse stroom), tot ongeveer de Amazone monding, draait daar grotendeels om en vormt de Noord-Equatoriale tegenstroom. Een tak van de Noord-Equatoriaal stroom loopt dan ten westen van de Amazone monding naar het westen als Guyana stroom. De beide watersoorten zijn te onderscheiden aan hun zuurstofgehalte: het noordelijke water is wat zuurstof armer. Het Amazone water volgt westwaarts de kust (fig. 3: geeft verdeling van zoutgehalte aan de oppervlakte), maar blijft niet de kust volgen en vormt grote zoetere bellen in het oppervlakte water van de oceaan (fig. 4).

Verklaring: 1. het bovengenoemde "gat" tussen Noord-Braziliaanse stroom en Guyana stroom maakt het mogelijk dat Amazone water van de kust af noordwaarts stroomt;

2. windeffekt. Volgens de theorie van Ekman gaat onder invloed van een constante wind in voldoende diep water op voldoende afstand van de kust een stroom lopen die op het noordelijk halfrond onder invloed van de Coriolis kracht een afwijking van  $45^{\circ}$  naar rechts gaat maken t.o.v. de windrichting.

De passaatwind varieert van ONO tot O, zodat in theorie een afluiddige

oppervlakte stroom gaat lopen. Bij de evenaar echter is de Coriolis kracht 0 zodat pas op enige afstand van de evenaar de afwijking merkbaar gaat worden. Stroommetingen op de Suriname shelf ( $7^{\circ}\text{NB}$ , fig. 5) toonden inderdaad het voorkomen van aflandige oppervlakte stromen en (ter compensatie) aanlandige bodemstromen. Het gevonden effect klopt aardig met het te verwachten windeffect. Lokale divergentie van het oppervlakte water als gevolg van de knik in de kustlijn is echter ook mogelijk.

#### Slibtransport

Een deel van het slib blijft lange tijd in suspensie: bruin water is waargenomen op 200-500km uit de kust van Cayenne tot oostelijk van de Amazone monding: een deel van het zoetere oppervlakte water wordt meegenomen door de equatoriale tegenstroom. Bij Suriname is het zoetere oppervlakte water helder: slib is eruit bezonken.

Een ander deel van het slib bereikt waarschijnlijk de diepzee via de shelf bodem, zoals boven genoemd. Een groot deel wordt waarschijnlijk echter dicht bij de monding gesedimenteerd. Verder gaat een deel langs de Guyanese kust naar het westen. Het blijft bij de kust als gevolg van een accumulatie mechanisme dat ontstaat wanneer:

- a. de getijstromen een duidelijk landwaarts gerichte component hebben;
- b. de shelf bodem een gelijkmatige vlakke helling heeft in zeewaartse richting;
- c. golfwerking op de kust is gericht;
- d. de erosie snelheid van de slibdeeltjes significant hoger is dan de sedimentatie snelheid;

e. de sedimentatie snelheid van de slibdeeltjes groot

genoeg is om de bodem te bereiken gedurende kentering.

Het gevolg is dat het slib enerzijds kustwaarts wordt verplaatst, anderzijds bij de kust blijft als het daar eenmaal is. Slib dat eventueel verder zeewaarts terechtkomt (bijv. door diffusie), komt, bij bezinken, in de resulterende landwaartse bodemstroom en zo weer bij de kust. Het slib verplaatst zich langs de Guyanese kust in suspensie en in grote modderbanken, die zich onder invloed van de passaatwinden (golfwerking) en de stroom gemiddeld 1.5 km/jaar westwaarts verplaatsen. Hun gemiddelde onderlinge afstand is 45 km. De slibzone is 20-40 km breed. Het totaal transport in westwaartse richting is in de orde van  $1 \times 10^8$  ton/jaar, d.w.z. ongeveer 20 % van de hoeveelheid die jaarlijks door de Amazone in zee wordt gebracht. Dit slib is voor minstens 90 % Amazone slib. Verder westelijk mengt het zich met slib uit de Orinoco en sedimenteert gedeeltelijk in de Golf van Paria. Een ander deel sedimenteert waarschijnlijk in de Caraïbische Zee.

#### Voedingsstoffen

Behalve slib brengt de Amazone ook opgelost materiaal in zee. Het Amazone water is arm aan voedingsstoffen (C, N, P, Si; Tabel II), dus er is geen "bemesting". Wel leidt de uitstroming van zoet water tot omhoogkomen van dieper water aan de randen. Dit effect wordt op de Suriname shelf waarschijnlijk versterkt door de wind. Dieper water is voedselrijker: gestorven oppervlakte organismen zakken naar beneden en ontleden op grotere diepten. Fig. 6-10 geven verdeling van zoutgehalte, P, Si en  $O_2$  in profielen loodrecht op de Surinaamse kust. De beide zoutprofielen tonen dat op + 50 km van de kust soms wel vermenging van bodemwater en oppervlakte water optreedt, soms niet.

In het laatste geval is een sterke halocline aanwezig. Duidelijk is in alle gevallen het omhoogkomen van bodemwater. Voedingsstoffen-gehalten zijn hoog in dieper water en langs de kust (ontleding van organische stof in de slibzone). Deeltjes-P is relatief hoog in het oppervlakte water, laag op grotere diepte (door ontleding).  $O_2$  is lager in dieper water (zuurstofverbruik bij ontleding), neemt toe naar de oppervlakte:  $O_2$ -produktie door plankton en  $O_2$ -inbreng vanuit de lucht door turbulente diffusie.

Opwelling van voedingsstoffen leidt tot hogere plankton produktie, dus ook tot toename van het aantal organismen dat daarvan leeft: vissen, dolfijnen, vogels.

~~Table VIII~~ Major Rivers of World in Order of Annual Water Discharge

(After NEDECO 1959)

	Annual Water Discharge $10^9 \text{ m}^3$	Annual Sediment Discharge $10^6 \text{ Tons}$	(Rank)	Maximum Water Discharge $\text{m}^3/\text{sec}$	Minimum Water Discharge $\text{m}^3/\text{sec}$
Amazon	3.000	900	( 3 )	203.000	-
Congo	1.400	70	(11)	65.000	27.000
Yangtze	700	970	( 2 )	80.000	5.270
Mississippi	600	600	( 4 )	76.500	3.500
Parana (Plata)	600	90	( 8 )	-	-
Irrawaddy	520	290	( 6 )	64.000	1.300
Zambesi	500	100	( 7 )	-	-
Mekong	400	80	( 9 )	60.000	1.700
Brahmaputra	380	Probably high	( ? )	-	-
St. Lawrence	300	3	-	-	-
Volga	250	25	(14)	-	-
Hwang Ho	200	1.890	( 1 )	25.000	245
Indus	200	400	( 5 )	26.000	490
Danube	200	80	(10)	10.000	-
Niger	180	40	(13)	30.000	1.200
Nile	85	60	(12)	-	-

tabel I

	Suriname rivier	Marowijne	Amazone	Rijn
Rivierafvoer, $\text{m}^3/\text{sec}$	300	1700	200.000	2200
Slibgehalte, mg/L	14	6	100	60
$\text{Cl}^-$ , "	13	7	2	170
$\text{HCO}_3^-$ , "	0.6			150
$\text{H}_4\text{SiO}_4$ , $\mu\text{gat/L}$	136	191	$\pm 100$	50-150
$\text{NO}_3^-$ , "	4	7	2	110
$\text{NO}_2^-$ , "	0.3	0.1	$< 0.1$	
$\text{NH}_4^+$ , "	15			100
$\text{PO}_4^{---}$ , "	0.2	0.3	0.1	7
totaal P, "	1	0.4	0.15	17

tabel II

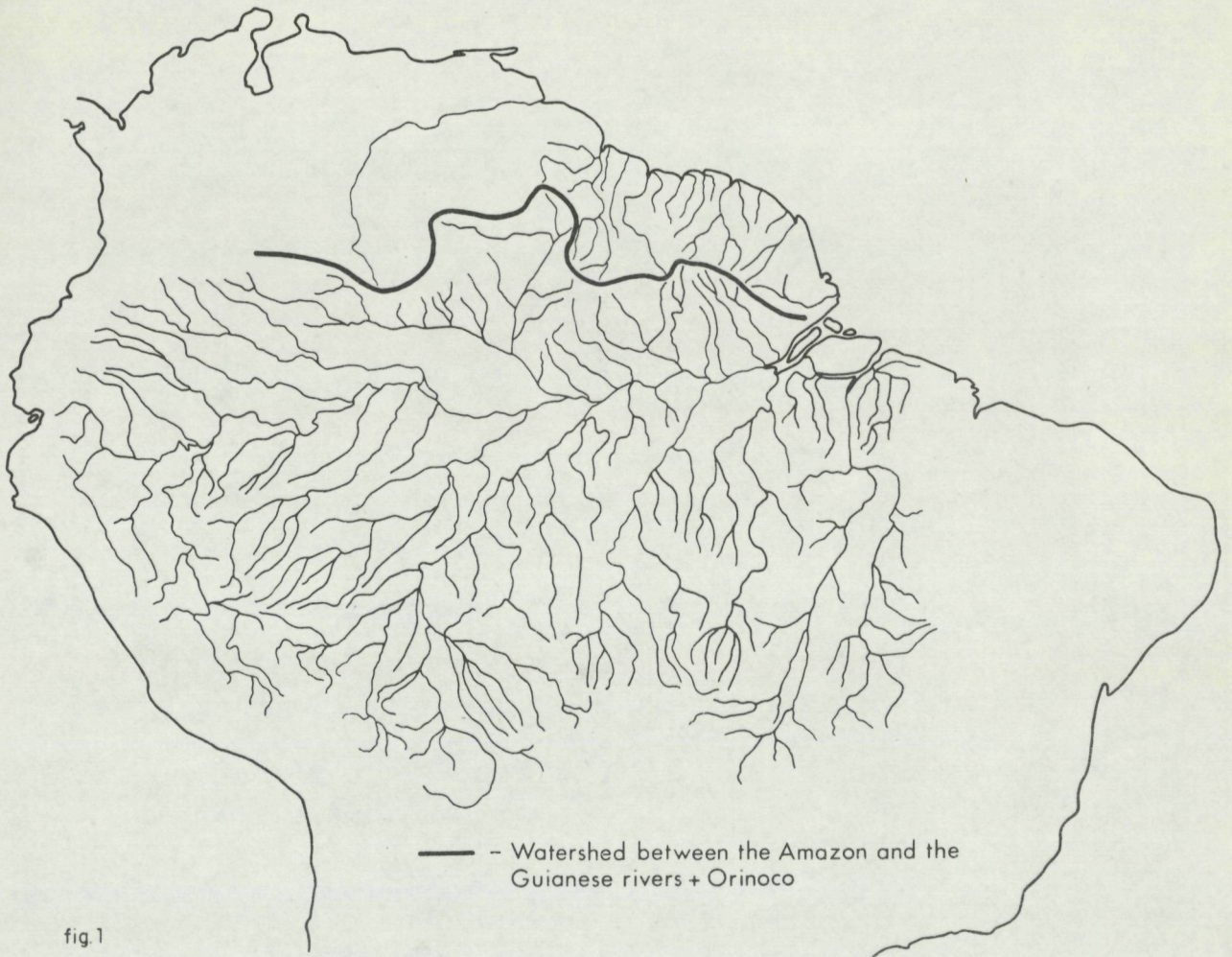


Fig. General distribution of bottom sediment types on the shelf along the north-coast of South America

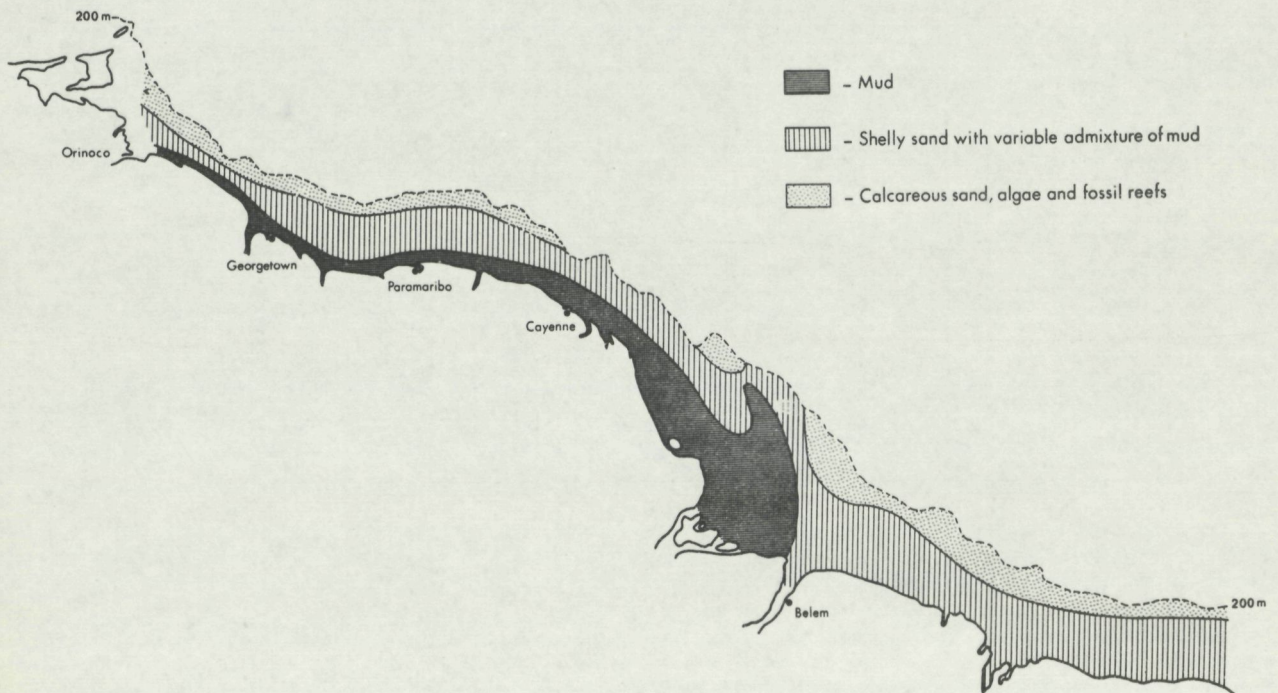


fig. 2

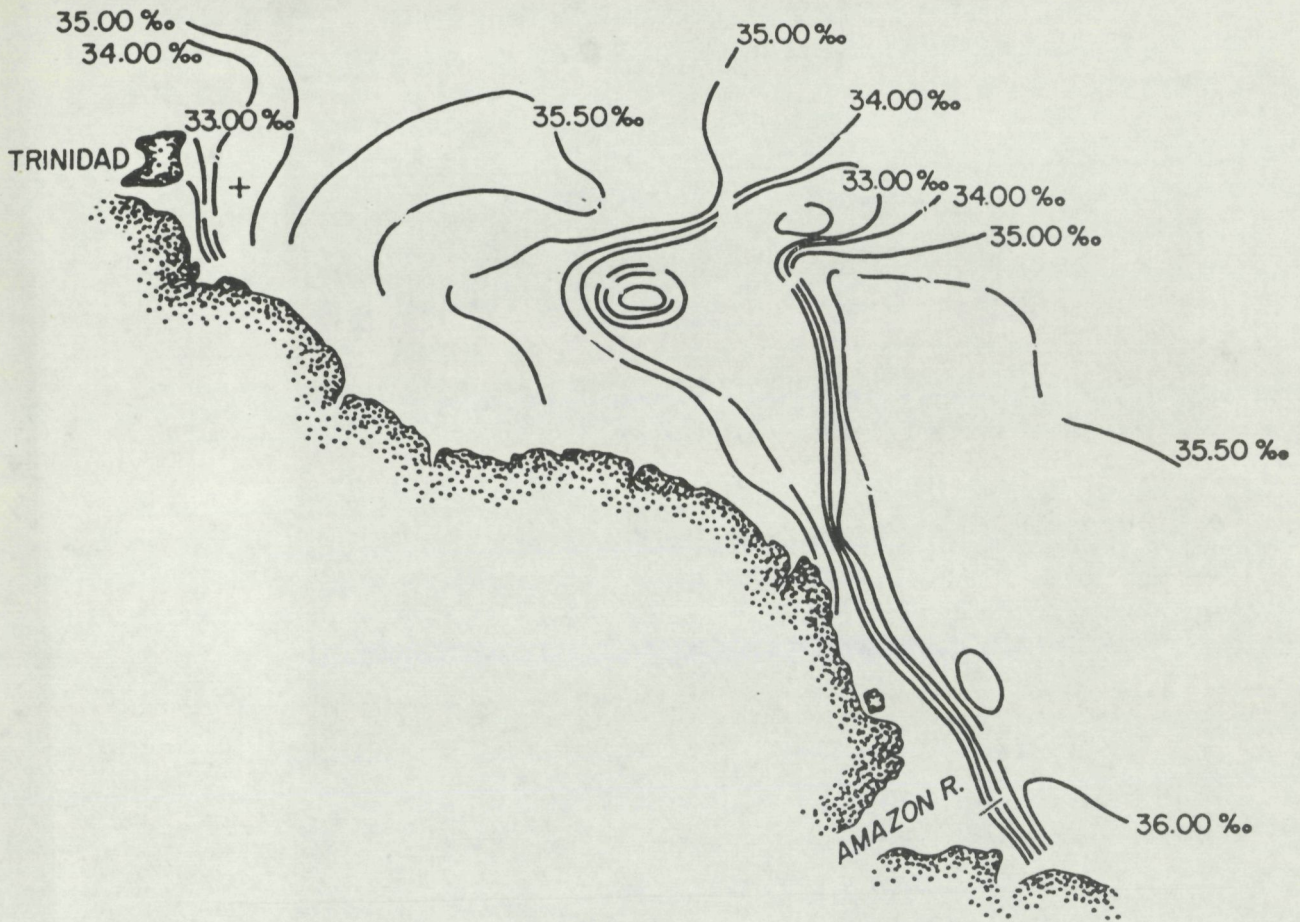


fig 3

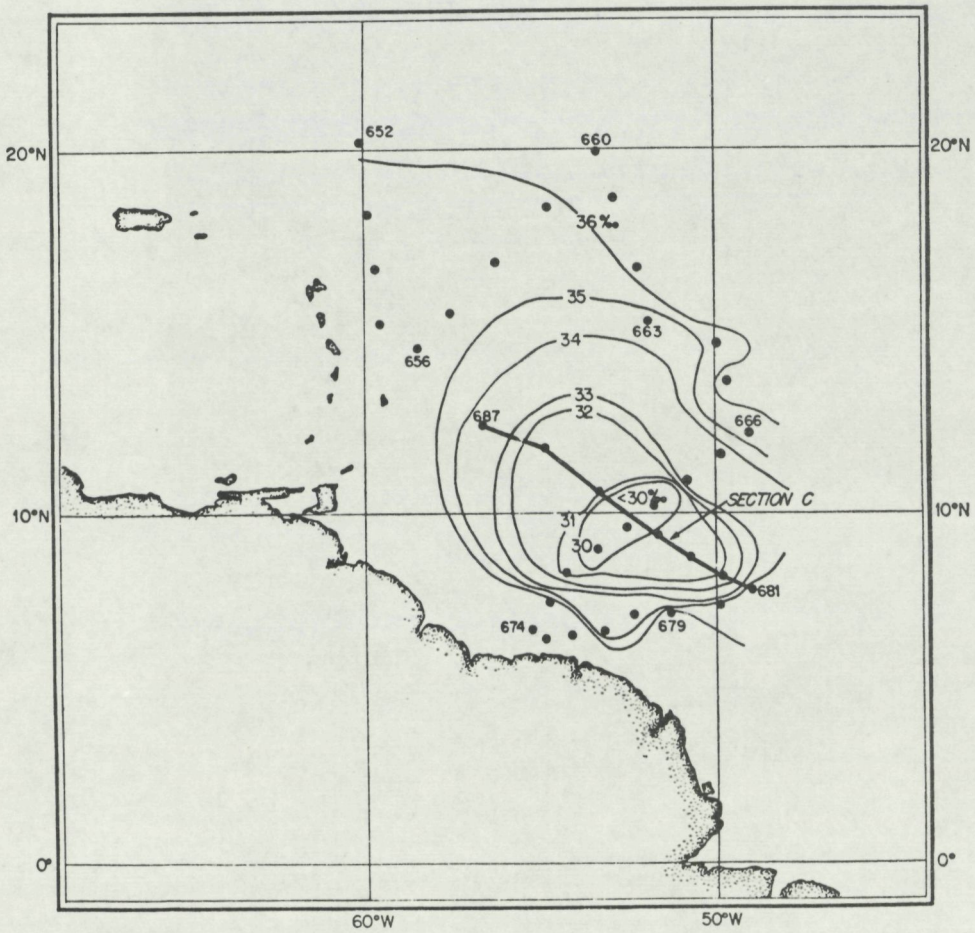


fig 4

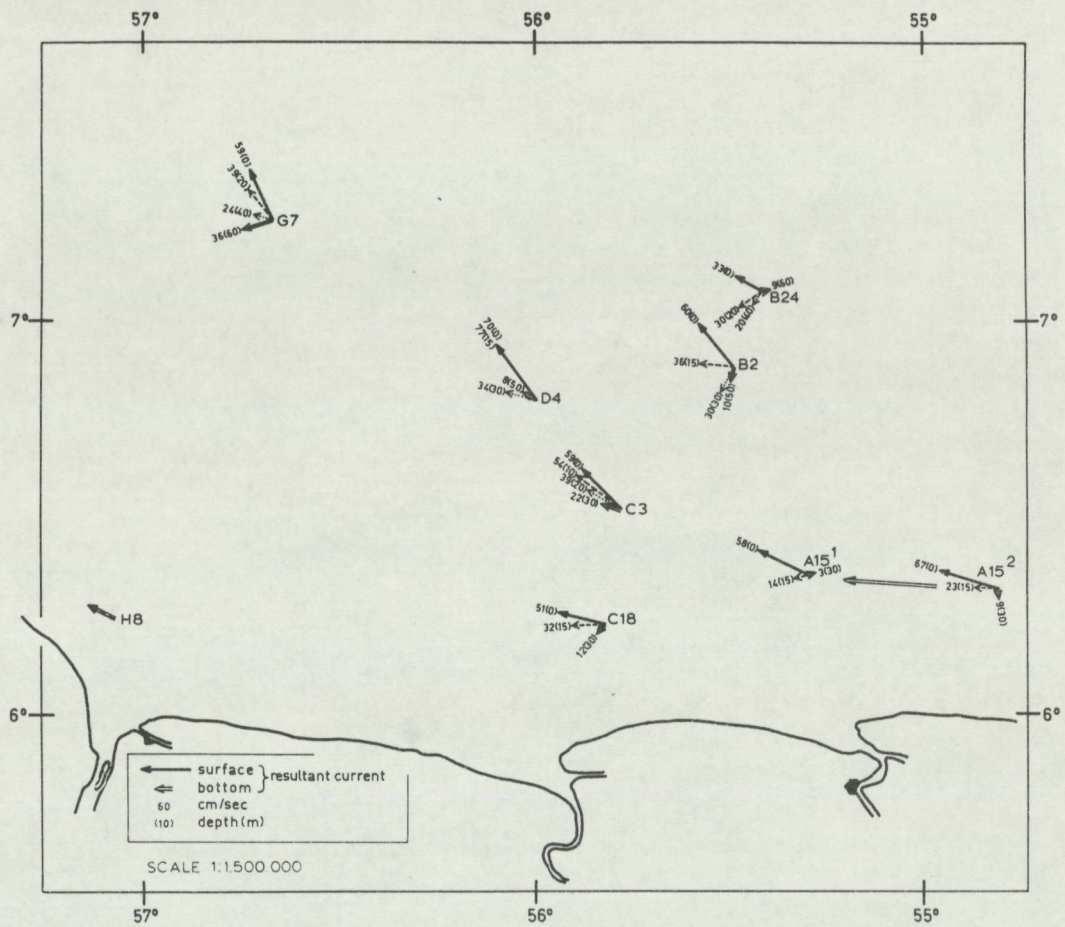


fig. 5

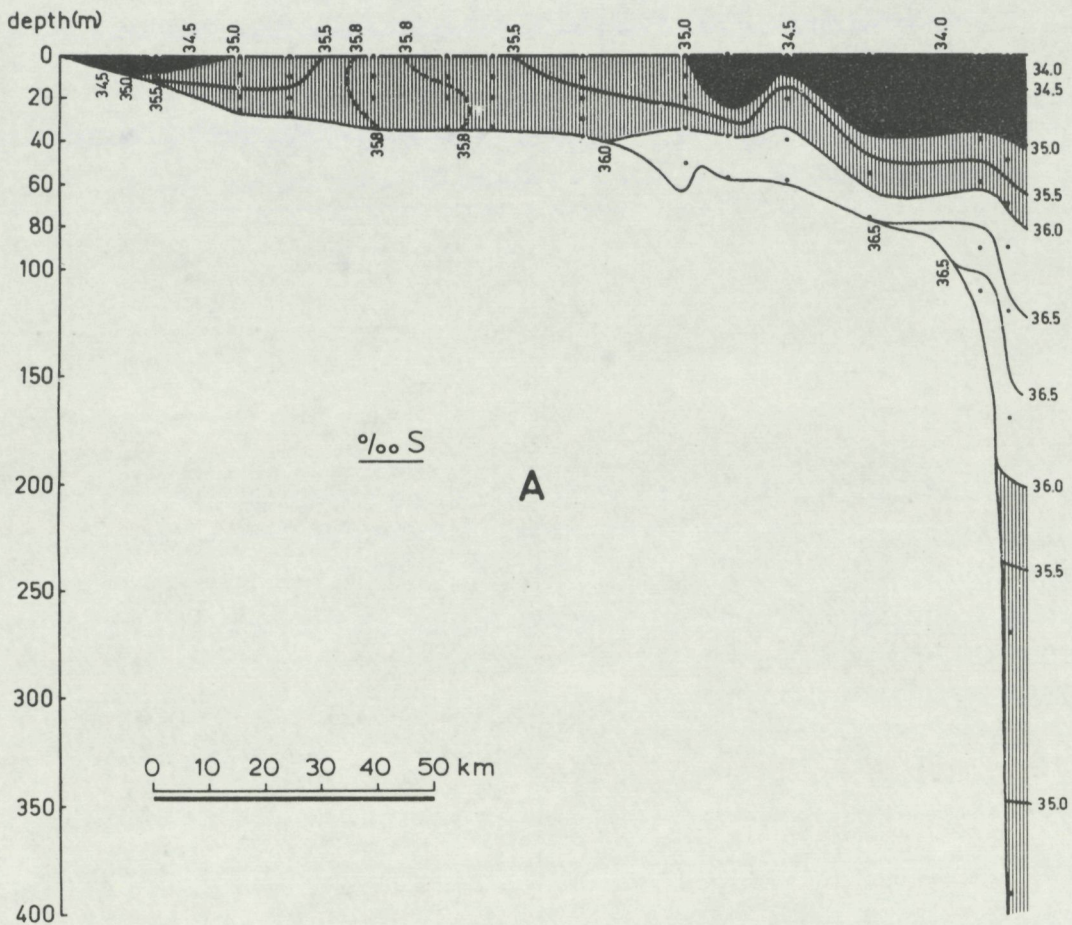


fig. 6

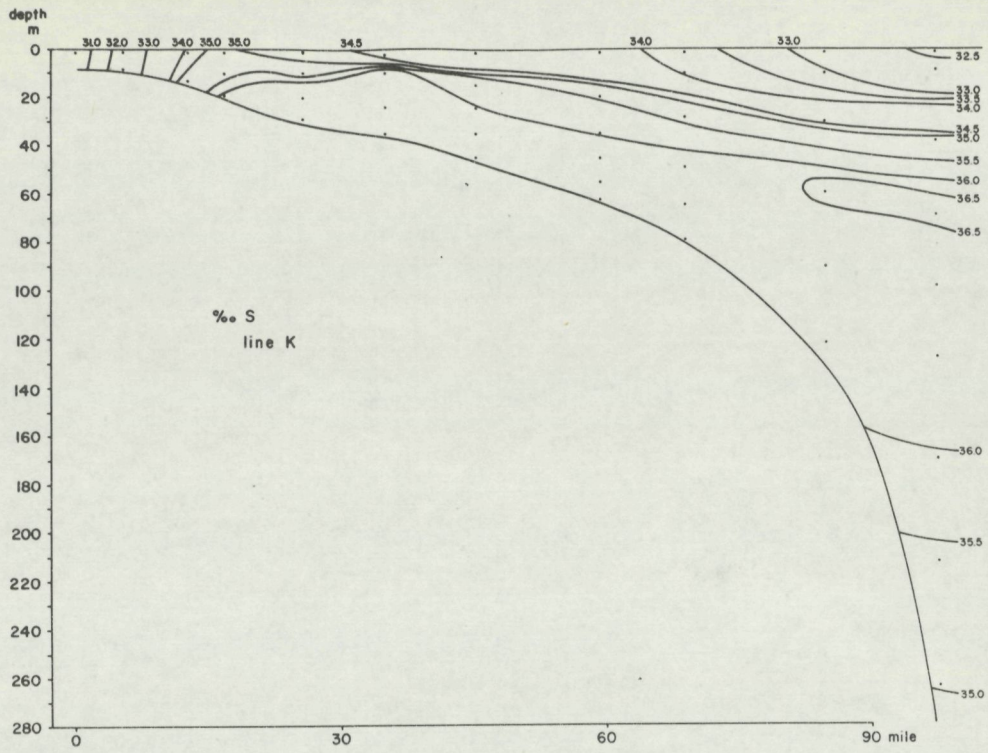


fig. 7

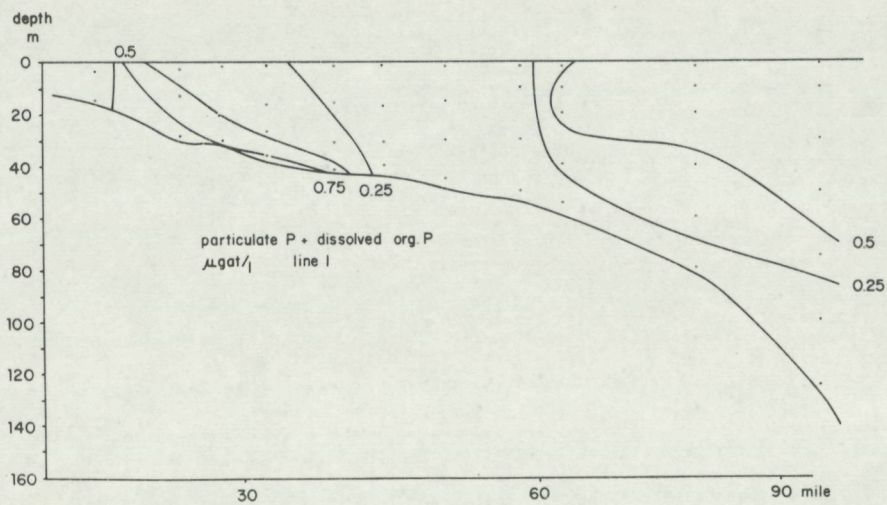
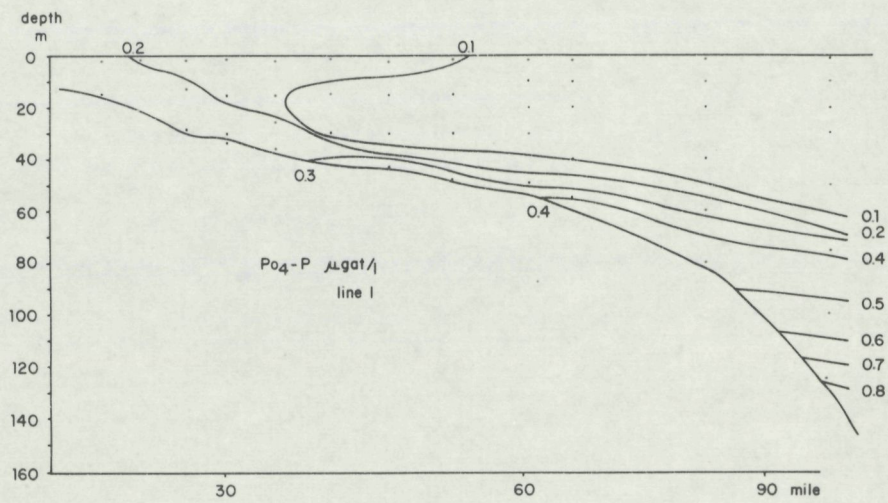


fig. 8

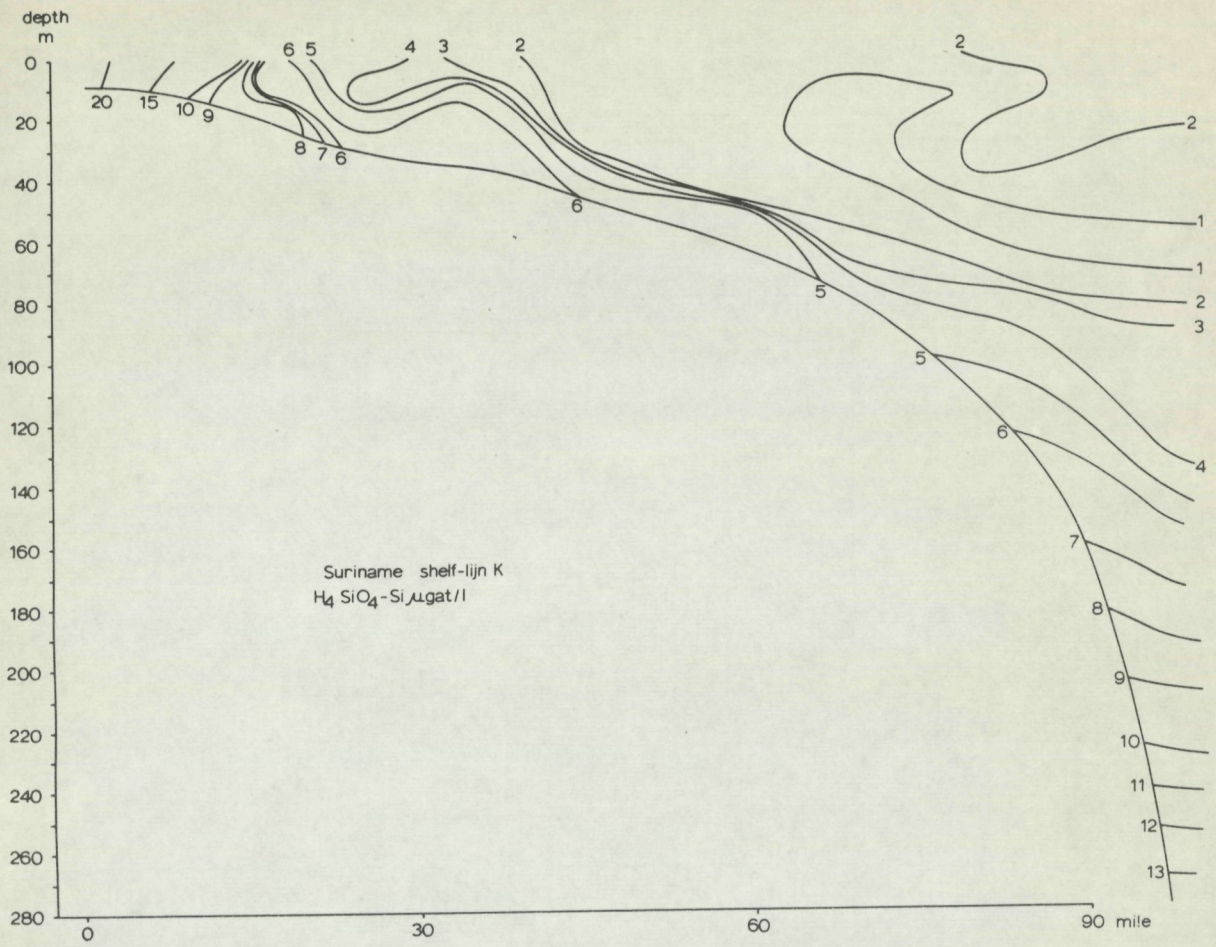


fig. 9

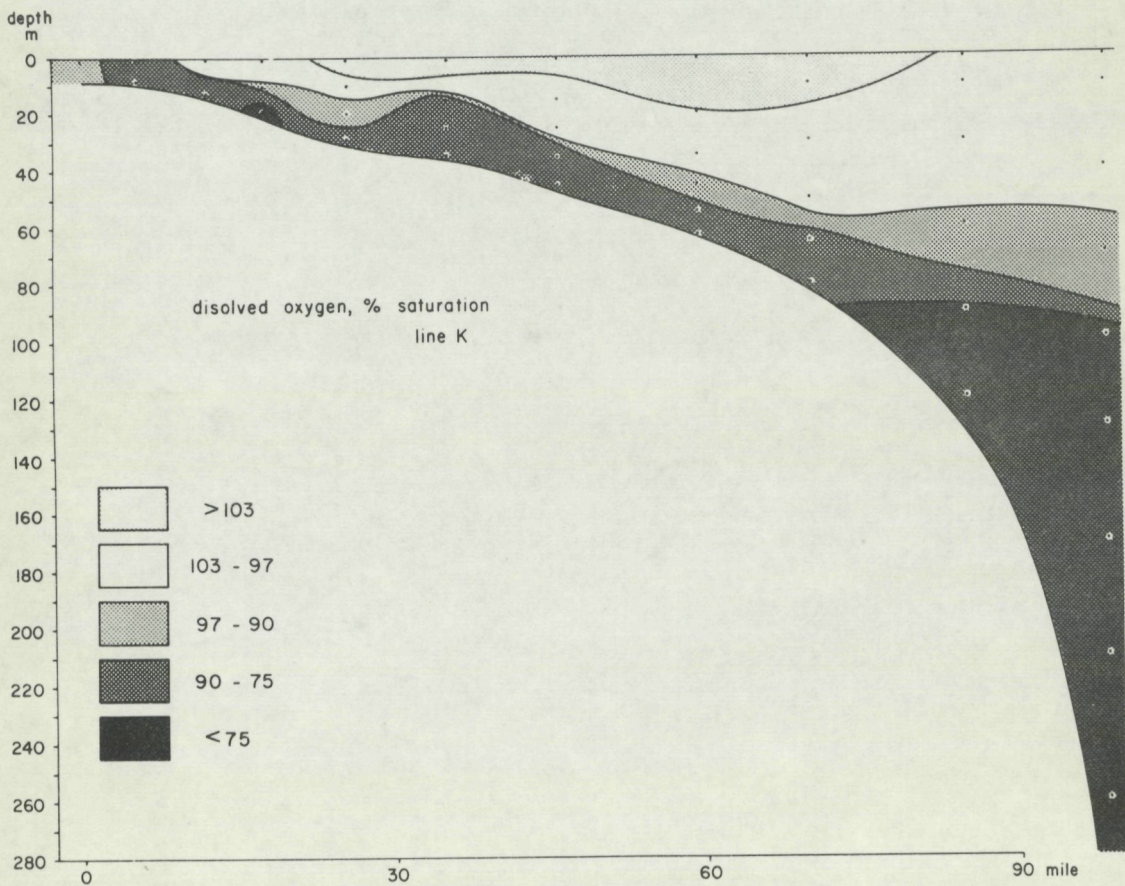


fig. 10