

VERSLAGEN EN TECHNISCHE GEGEVENS

Instituut voor Taxonomische Zoölogie (Zoölogisch Museum)

Universiteit van Amsterdam

No. 4

Resultaten van het plankton onderzoek met behulp van
pommonsters in het kader van het Cicar (Cooperative
Investigations in the Caribbean
and Adjacent Regions) project

W.J. Brugge

No. 5

Preliminary results on appendicularians from the Cicar
(Cooperative Investigations in the Caribbean and
Adjacent Regions) cruises 1970

R.F. de Ridder

20 augustus 1974

Resultaten van het plankton onderzoek met behulp van pommonsters in
het kader van Cicar (Cooperative Investigations in the
Caribbean and Adjacent Regions) project.

W.J. Brugge

INLEIDING

In het kader van de Cooperative Investigations in the Caribbean and Adjacent Regions (Cicar-project) werden tijdens 38 cruises tussen 1970 en 1973 vanaf de H.Nl.Ms. "Luyms" planktonmonsters verzameld. Voor de doelstelling, coördinatie en resultaten van het Cicar project resorterende onder het I.O.C. (Intergovernmental Oceanographic Committee, van de UNESCO) wordt verwezen naar de reeds gepubliceerde Cicar-rapporten: Troost (1973), Halewijn (1972), Van der Spoel & Koperdraat (1974).

Aanvankelijk werd bij de monsternamen uitsluitend gebruik gemaakt van planktonnetten. Gedurende de cruises 21-23, 27-29, 31-35 en 37-38 werd een planktonpomp voor het verzamelen gebruikt. Aan de hand van deze pommonsters zal getracht worden om inzicht te geven in de verdeling van de hoeveelheden en de aard van het plankton en om meer gegevens te verkrijgen omtrent de onduidelijke hydrografische situatie van het betrokken gebied. Dit laatste geldt met name voor het gebied voor de kust van de Guyana's.

De verhoudingen tussen zand, detritus, phyto- en zooplankton werden bepaald en de soortensamenstelling van de diatomeeën populatie werd nader bekeken. Bovendien werd nagegaan in hoeverre de fysische en chemische omstandigheden invloed hebben op de grootte van een tweetal Coscinodiscus-soorten.

Voor de juiste ligging van de verschillende stations wordt verwezen naar Van der Spoel & Koperdraat (1974).

De Heer A.F. de Fluiter dank ik voor zijn hulp bij het maken van de preparaten en de Heer M.J. Koperdraat voor het nauwgezette bezinken van de monsters en zijn assistentie bij het vervaardigen van de kaarten. Dr. A.J. van Bennekom, Dr. G.C. Cadée en Dr. S.B. Tijssen dank ik voor het beschikbaar stellen van de door hen verzamelde fysische en chemische gegevens. Mej. A.J. Verkruijsen ben ik bijzonder dankbaar voor het uittypen van dit verslag.

METHODIEK

De monsters werden verzameld met behulp van een 3 PK Stork/Pelger vacuum pomp, capaciteit 300 liter/minuut. De aanzuigslang met de opening op twee meter onder de waterspiegel was met geleide beugels op de scheepshuid bevestigd.

Het opgepompte water werd over planktongaas met een maaswijdte van 0,056 mm geleid. Het op deze wijze verzamelde materiaal werd gefixeerd en geconserveerd in een 4% formaline-zeewater oplossing.

Tijdens cruise 21 werd voor ieder monster 2500 liter zeewater gefilterd, voor alle andere cruises was dit 4500 liter (pompduur van 15 minuten).

De monsternamen vertoont twee zeer negatieve kanten. Ten eerste werden de monsterpunten en monstertijden (zowel per dag als per jaar gerekend) door niet-planktonologen bepaald en zijn als zodanig geheel inadequaat. Ten tweede is het verzamelen van het plankton vanaf het planktongaas door ondeskundigheid zeer slordig gebeurd. Hierdoor kunnen de hoeveelheden en de soortensamenstelling van het phytoplankton slechts relatief bekeken worden en is slechts een globaal kwantitatief onderzoek geoorloofd.

De hoeveelheid plankton per 4500 liter verzameld is bepaald door de monsters in maatcilinders te laten bezinken (bezinktijd van 24 uur). Deze gevonden volumina werden ingedeeld in 6 klassen:

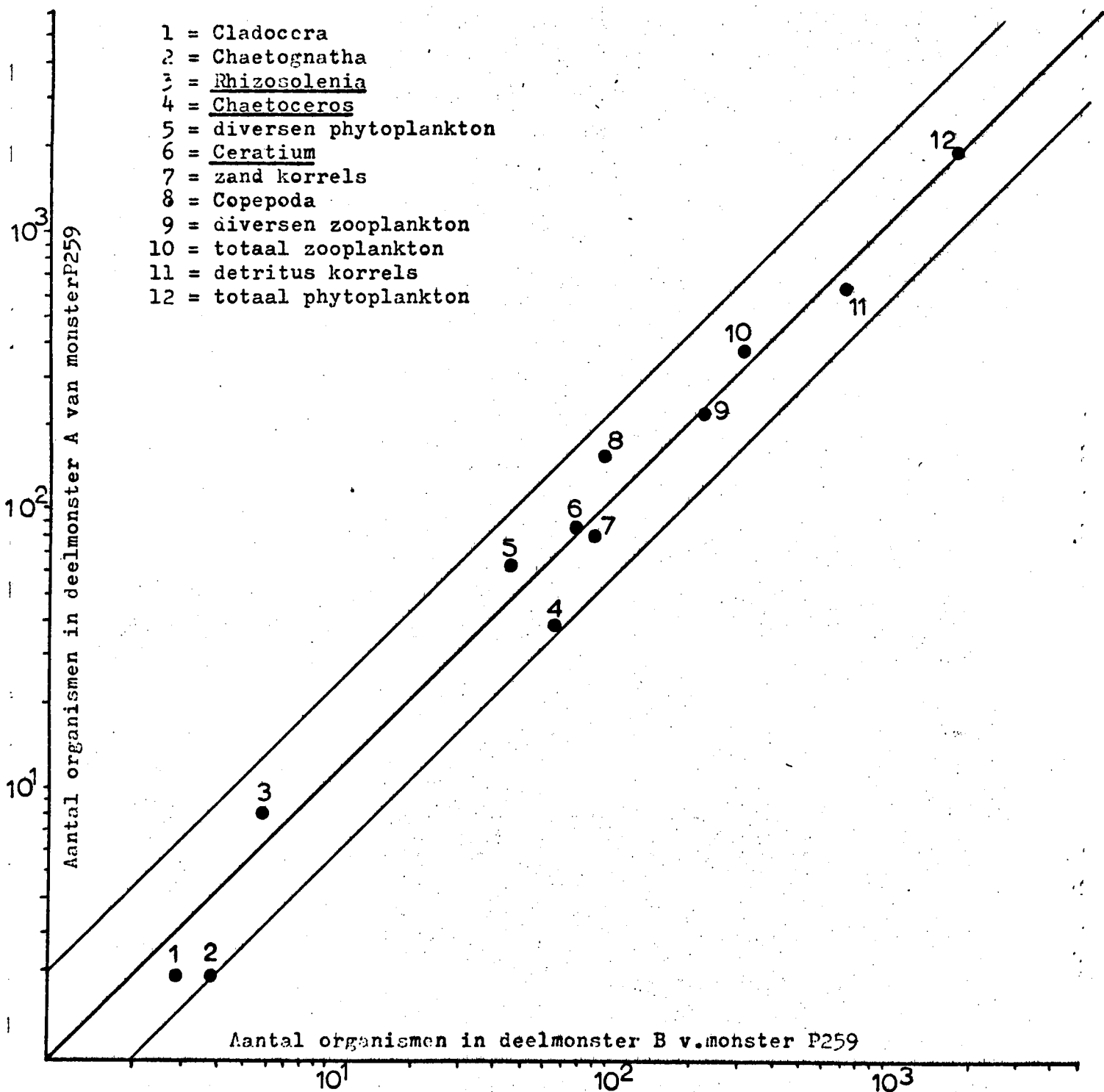


Fig.1 Enkele planktonorganismen uit twee deelmonsters van monster P 259 logaritmisch uitgezet tegen elkaar, ter ijking van de submonster methode.

0 t/m 0,5 ml; 0,5 t/m 2 ml; 2 t/m 5 ml; 5 t/m 10 ml; 10 t/m 25 ml en > 25 ml. Van ieder monster werd bovendien de kleur bepaald, waarbij ingedeeld werd in groen, bruin, wit en rood.

Ter bestudering van de verhouding zooplankton, phytoplankton, detritus en zand werden preparaten gemaakt. Van de monsters werden deelmonsters ingesloten in faure, een waterig inbedmiddel. De deelmonsters werden verkregen met behulp van een 1 cc plastic injectiespuit, waarvan de top was afgesneden om te voorkomen dat grotere organismen achter zouden blijven. De opening van de injectiespuit bedroeg zodoende 2,5 mm. Dit deelmonster werd verdeeld over een drietal preparaatglazen, waarna ze ingesloten werden in faure. De preparaten werden enige uren in een stoof gehard.

Het nemen van 1 cc deelmonsters maakte het, na omrekening tot organismen per 100 liter zeewater, mogelijk de monsters waarvan het totaalvolume van te voren was bepaald onderling te vergelijken.

Er werd niet met andere monster-verdelers gewerkt, omdat de deelmonsters druppelsgewijs moesten worden opgebracht.

Er werd nagegaan in hoeverre de gebruikte methode selectief werkt. Daartoe werden twee deelmonsters van eenzelfde monster genomen. Deze werden geteld en vergeleken. Uit figuur 1 blijkt duidelijk dat de gebruikte methode niet selectief werkt. De getelde eenheden tegen elkaar uitgezet op dubbel logaritme papier vallen binnen de waarschijnlijkheidslijnen. Alleen de Chaetognatha vallen op de lijn, hetgeen veroorzaakt wordt door de zeer kleine aantallen waarin deze relatief grote dieren werden waargenomen.

Voor het determineren en het meten van de diatomeeën werden preparaten gemaakt volgens de styrax methode. Deelmonsters werden 24 uur in de H_2O_2 gezet, waarna verzadigde $KMnO_4$ -oplossing druppelsgewijs werd toegevoegd en neerslag van overmaat $KMnO_4$ met HCl en H_2O_2 verwijderd werd. Drie maal spoelen in aquadest. volgde, waarna het monster op preparaatglasjes kon worden ingedampt en ingesloten in styrax. Van 57 monsters werden zowel faure als styrax preparaten gemaakt.

Voor de tellingen werd aanvankelijk gebruik gemaakt van een 10 x 10, later van een 10 x 40 microscoop vergroting. Voor het determineren, vooral van de kleinere soorten, werd olie immersie gebruikt.

Bij de bepaling van de zand, detritus, phyto- en zooplankton verhouding werden de zandkorrels en de diatomeeëncellen geteld. Hierbij werden van kolonie vormende diatomeeën de individuen apart geteld. Het zooplankton werd niet alleen geteld, maar ook werden -om de monsters beter te kunnen vergelijken- de organismen ingedeeld in grootte eenheden van $15,1 \mu$, waarbij de grootte eenheden en niet de hele partikels werden geteld. Voor de hoeveelheid detritus werd dezelfde eenheid aangehouden.

HYDROGRAFIE IN HET GEBIED VOOR DE KUST DER GUYANA'S

Het westelijk gedeelte van de Atlantische Oceaan voor de kust der Guyana's ligt in het stroomgebied van de Zuid Equatoriaal Stroom en grenst aan de Sargasso Zee. Echter typische equatoriale-subtropische hydrografische omstandigheden, die te verwachten zijn werden niet gevonden. Het betrokken gebied staat namelijk onder sterke invloed van de Amazone, die gemiddeld $2 \times 10^5 \text{ m}^3$ water per seconde afvoert (Davis, 1964) en de relatief zeer kleine invloed van lokale rivieren. Deze grote hoeveelheid zoet water wordt door de sterke Guyana Stroom, een uitloper van de Zuid Equatoriale Stroom meegenomen. J.H. Ryther e.a. (1967) veronderstellen een snelle vermenging van het rivierwater met het water van de Guyana Stroom, waarbij grote gebieden van soms enkele miljoenen vierkante kilometers met een relatief laag zoutgehalte ontstaan. Dit sterk verzoete water zou in de vorm van grote bellen in noord-westelijke richting stromen, doordat de noordelijke tak van de Zuid Equatoriaal Stroom soms afwezig is, zodat het rivierwater de mogelijkheid heeft van de kust weg te stromen. Wanneer de Zuid Equatoriaal Stroom weer aanwezig is, raakt het rivierwater geïsoleerd, waardoor een bel ontstaat.

Fukuoka (1971) is van mening dat de Guyana Stroom voor de kust van Suriname sterk gaat meanderen, waardoor de foute indruk ontstaat als zou het Amazone water in de vorm van bellen worden getransporteerd.

Voor de kust der Guyana's is sprake van opstroming van stikstofrijk water uit diepere lagen. Waardoor deze opstroming veroorzaakt wordt is nog niet geheel duidelijk. Ryther e.a. (1967) menen dat deze opstroming veroorzaakt, of op z'n minst beïnvloed wordt door het rivierwater van de Amazone. Eisma (1970) vermoedt als hoofdoorzaak van de opstroming de overheersende windrichting.

De gevolgen van deze opstroming zijn duidelijker; langs de hele kust is nl. sprake van een grote primaire en secundaire productie. Door de coriolis kracht zal de Guyana Stroom een rechtsom draaiend waterlichaam vormen, waardoor voor de kust water naar boven wordt gebracht, en het stroomt echter verder zeewaarts naar beneden.

HYDROGRAFIE IN HET CARAÏBISCHE GEBIED

De stroomrichting van het oppervlaktewater tot op een diepte van 1500 m in het oostelijk gedeelte van de Caraïbische Zee is tijdens het hele jaar van oost naar west gericht. Het oppervlaktewater dat het basin binnenstroomt is echter 's zomers en 's winters van verschillende oorsprong. 's Winters is het water afkomstig van de Noord Equatoriale Stroom, gekenmerkt door een hoog zoutgehalte en een relatief lage temperatuur, terwijl 's zomers het water een hogere temperatuur en een lager zoutgehalte heeft (Ryther e.a., 1967). Dit wordt veroorzaakt door de grote afvloed van de Amazone in het voorjaar. Wood (1971) maakte de invloed van de Amazone duidelijk aan de hand van phytoplankton populaties, alhoewel hydrografisch het rivierwater niet meer als aparte eenheid is te herkennen.

Wüst (1964), die in het Caraïbische gebied zeven watermassa's onderscheidt, houdt geen rekening met deze seizoensverschillen en spreekt alleen van oppervlaktewater, dat wordt getypeerd door "a temperature maximum depending on the heat budget and by a salinity distribution depending on evaporation minus precipitation, runoff, and the horizontal advection of currents". Daarbij geeft hij voor het oostelijk gedeelte van de Caraïbische Zee voor de

zomer een gemiddelde temperatuur van $28,3^{\circ}\text{C}$ en voor de winter $25,6^{\circ}\text{C}$. Het gemiddelde zoutgehalte van het oppervlaktewater over de maanden juni tot november varieert in dit gebied van $33,75\text{ ‰}$ tot $36,25\text{ ‰}$. Het gemiddelde over de maanden december tot mei bedraagt $35,5$ tot $36,8\text{ ‰}$.

Wood (1971), die de indeling van watermassa's van Wüst aanhoudt, is van mening dat de vier hiervolgende watermassa's directe invloed hebben op de phytoplankton samenstelling.

1. oppervlaktewater, zoals eerder omschreven.
2. subtropisch onderwater, volgens Wüst gekarakteriseerd door een gemiddeld minimum van zoutgehalte op een diepte van 50 en 200 m, hetgeen over het algemeen meer dan $36,5\text{ ‰}$ is.
3. het water met een gemiddeld zuurstofminimum op 400-600 m diepte. Ruwweg komt dit overeen met de $8-10^{\circ}$ isotherm en een zoutgehalte van $34,9-35,00\text{ ‰}$.
4. het subantarctisch intermediair water, gekarakteriseerd door een gemiddeld zoutgehalte tussen de 700 en 850 m diep.

Uiteraard zijn deze watermassa's voor het hier beschreven onderzoek slechts van invloed wanneer ze door opwelling of anderszins mengen met het oppervlaktewater.

Langs de kust van Venezuela, Columbia en waarschijnlijk ook langs de noordkust van Trinidad is sprake van opstroming (Van Halewijn, 1972). De opstroming is het sterkst langs de noordkust van het schiereiland de Araya, vooral tegen eind maart en begin april. Deze opstroming zou veroorzaakt worden door de overheersende wind. Van jaar tot jaar is de sterkte van de opstroming daardoor zeer verschillend en heeft beneden de 150 m geen invloed meer. Dit opstromingswater is volgens de indeling van Wüst (1964) "subantarctic intermediate water" (Wood, 1971).

RESULTATEN

I

De volumina en de kleuren van de bezonken monsters werden per maand, voor dag en nacht monsters apart, uitgezet (Fig. 2 tot en

met 12). Tot de dagmonsters werden gerekend de monsters genomen tussen 12.00 en 23.59 G.M.T., terwijl de monsters verzameld tussen 24.00 en 11.59 G.M.T. als nachtmonsters werden beschouwd.

Uit de figuren 2 tot en met 12 blijkt duidelijk dat -zoals reeds eerder werd opgemerkt- de monsternamen dermate willekeurig is geweest, dat statistisch aanvaardbare resultaten nauwelijks mogelijk zijn, zodat dit verslag zich zal moeten beperken tot momentopnamen van de planktonsamenstelling in de betrokken gebieden.

Het gebied voor de kust der Guyana's (Cicar gebied 2 sensu Troost, 1973) is slechts gedurende de maanden januari, maart en april bemonsterd. Het oostelijk gedeelte van de Caraïbische Zee (Cicar gebied 1 sensu Troost, 1973) is evenmin gedurende alle maanden bezocht, zodat voor geen van beide gebieden een duidelijk jaarbeeld verkregen kan worden.

Gemaakte preparaten van monsters leerden dat een rode kleur van geconserveerde monsters duidt op hoge percentages (tot 93%) zooplankton; groen toont het voorkomen aan van vrijwel uitsluitend (78-94%) diatomeeën met een groot volume, zoals Coscinodiscus soorten. Eén monster P 230 (42% phytoplankton en 29% zooplankton) maakt hierop slechts een uitzondering.

Tien van de twaalf bekeken witte monsters bestaan voornamelijk (71-95%) uit Pennate diatomeeën, zoals Nitzschia, Rhizosolenia, Thalassiothrix en Thalassionema soorten. De monsters P 252 en P 136 maken hierop een uitzondering. P 252 bevat 25% phytoplankton, 12% zooplankton, 32% detritus en 30% zand. Het zand bezinkt op de bodem van het maatglas, waardoor het nauwelijks invloed op de kleurbeoordeling van het monster heeft. De veronderstelling dat de witte kleur bepaald wordt door diatomeeën is dus aanvaardbaar.

Monster P 136 bestaat voor 92% uit zooplankton, hetgeen de veronderstelling dat een witte kleur veroorzaakt is door phytoplanktonen met kleine afmetingen minder absoluut maakt.

Bij de bruin gekleurde monsters is de kleur-samenstelling relatie niet duidelijk. Alle bruin gekleurde monsters bevatten veel meer detritus dan de anders gekleurde monsters (gemiddeld 22,5%). In veel gevallen is deze hoeveelheid toch te gering (soms zelfs minder dan 15%) om te mogen stellen dat de bruine kleur het gevolg is van grote hoeveelheden detritus.

VOLUME EN KLEUR VAN MONSTERS VOOR DE KUST DER GUYANA'S

Alleen gedurende de maanden januari, maart en april zijn planktonmonsters voor de kust der Guyana's verzameld.

De figuren 2, 4 en 5 geven voor deze maanden in de kaartjes A de volumina van de dagmonsters, in de kaartjes B de volumina van de nachtmonsters, terwijl de kleur van de dagmonsters in de C-en van de nachtmonsters in de D kaartjes is gegeven.

De in januari (Fig. 2 A en B) ten oosten van Trinidad gevonden volumina zijn, met name in de nachtmonsters ten noordoosten van Trinidad, erg laag. Overdag is er een lichte verhoging, vooral voor de kust. Het meest opvallende zijn de locale verschillen in volumina. Monsters met nauwelijks enig bezinksel werden genomen naast monsters met vrij veel bezinksel. Hierbij is geen enkele logische overgang of duidelijke gradiënt waar te nemen.




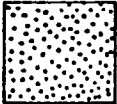


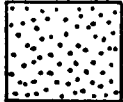

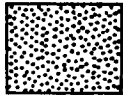

De kleur van de monsters (Fig. 2 C,D) is in het hele oostelijke gebied bruin, met alleen overdag een concentratie phytoplankton (groen) op enige afstand van de kust.

In maart (Fig. 4) en april (Fig. 5) is sprake van een duidelijke productie in het oostelijk gebied. Hulburt e.a. (1969) vonden in dit gebied in het voor- en najaar de grootste hoeveelheden phytoplankton.

Vlak voor de kust zijn gebieden met zeer grote productie; hetzij primair (groen en wit), hetzij secundair (rood). Op enige afstand van de kust is de productie aanmerkelijk minder, met name in maart (Fig. 4) is dit duidelijk zichtbaar. Daar de invloed van locale rivieren te verwaarlozen is en het Amazone water weinig fosfaten en nitraten bevat (Ryther e.a., 1966) ligt het voor de hand dat deze productie vlak voor de kust veroorzaakt wordt door de opstrooming van het voedselrijk water bij de continentale sloop.

Zowel in maart als april liggen de gebieden met zeer hoge productie in de directe nabijheid van gebieden waar nauwelijks sprake is van productie.

Kaarten van de opeenvolgende maanden met pompmonster volume en kleur

volumes:		kleuren:	
0,0- 0,5 cc		groen (=grotere diatomen en ander phytoplankton)	
0,5- 2,0 cc		bruin (=vaak veel detritus)	
2,0-5,0 cc		wit (=kleine diatomen en ander phytoplankton)	
5,0-10,0 cc		rood (=veel zooplankton)	
10,0-25,0 cc			
>25,0 cc			

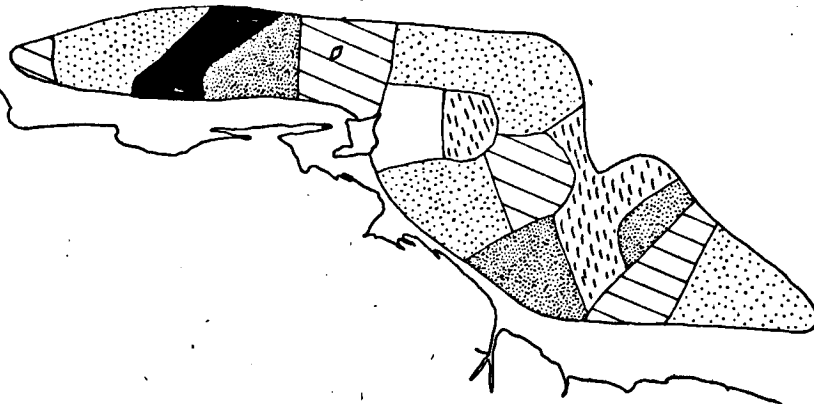


Fig.2 A

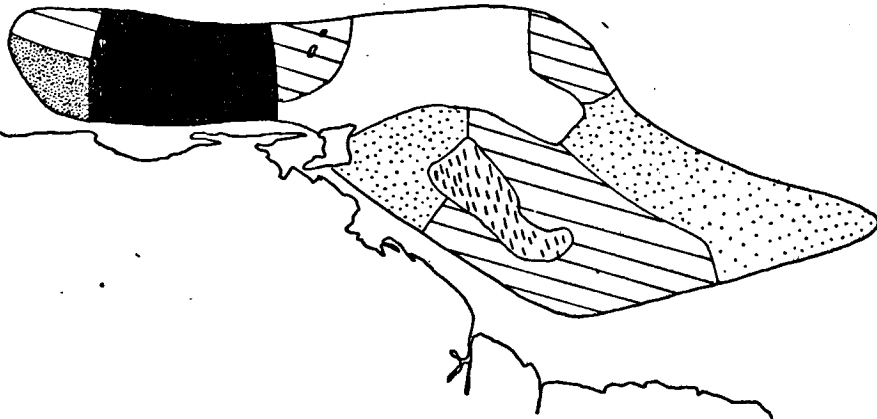


Fig.2 B

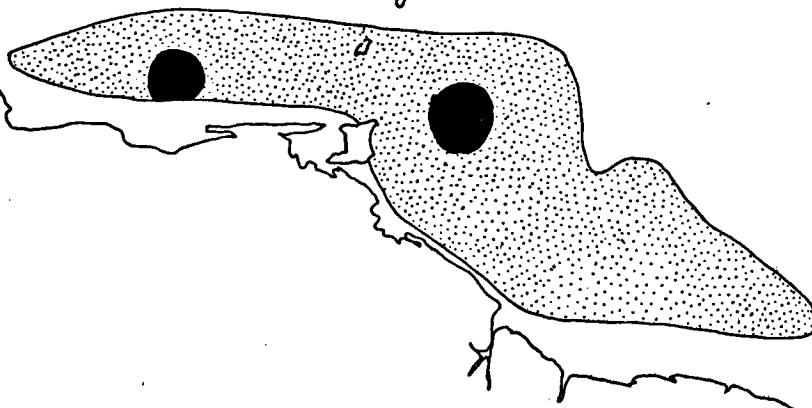


Fig.2 C



Fig.2 D

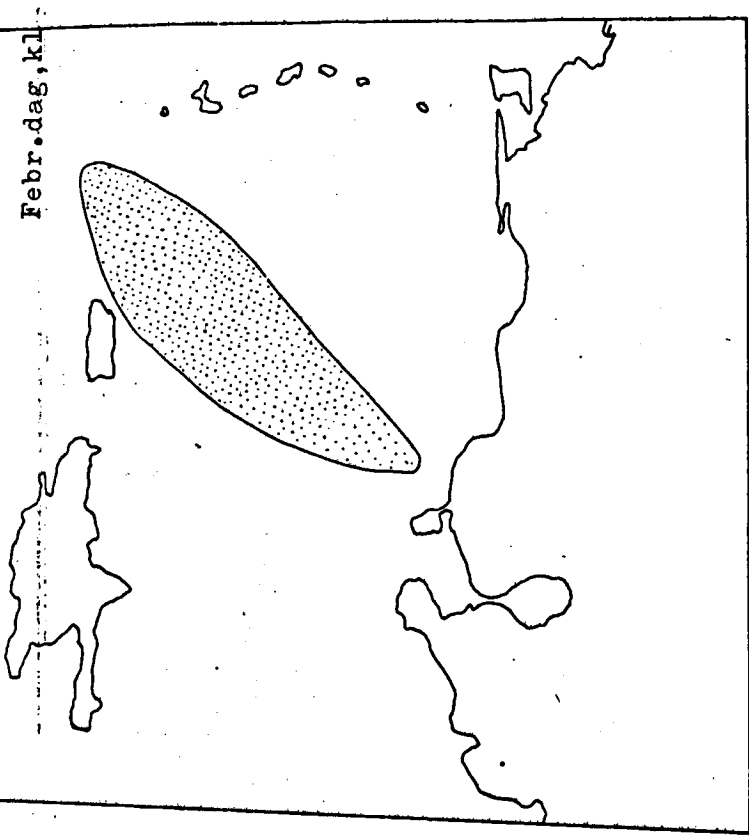


Fig.3 C

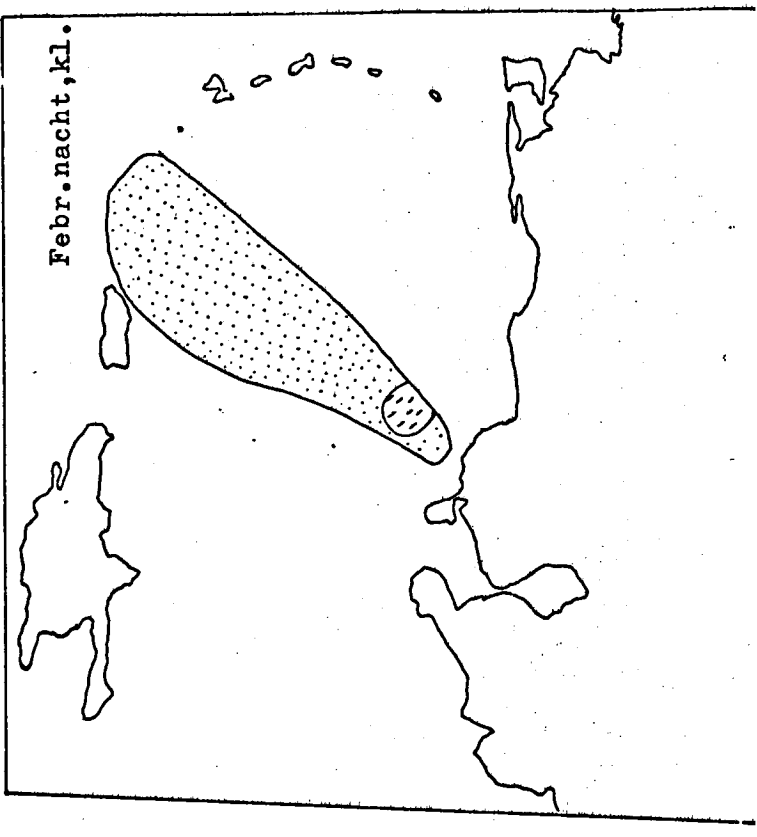


Fig.3 D

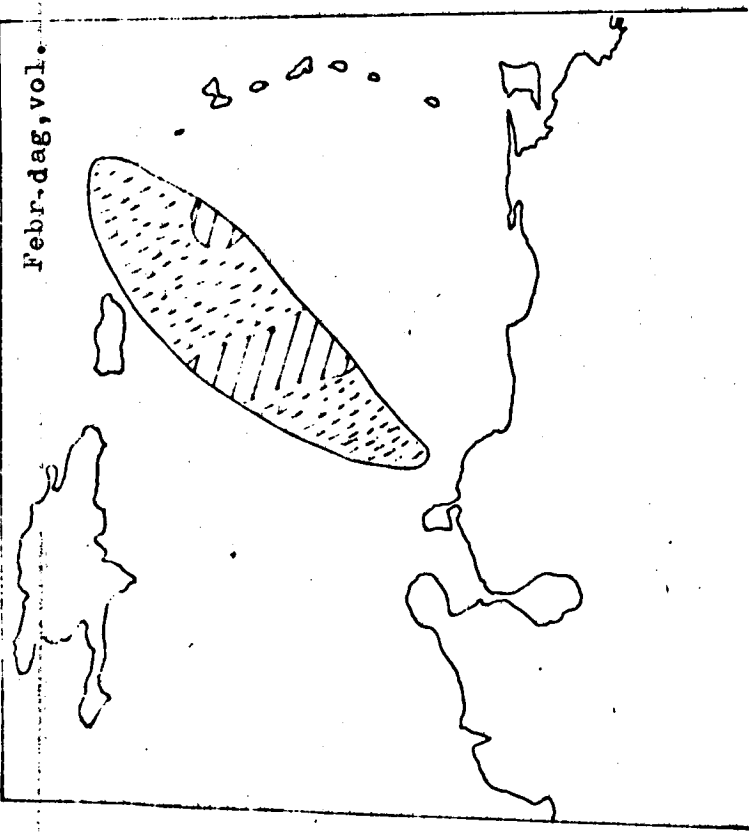


Fig.3 A

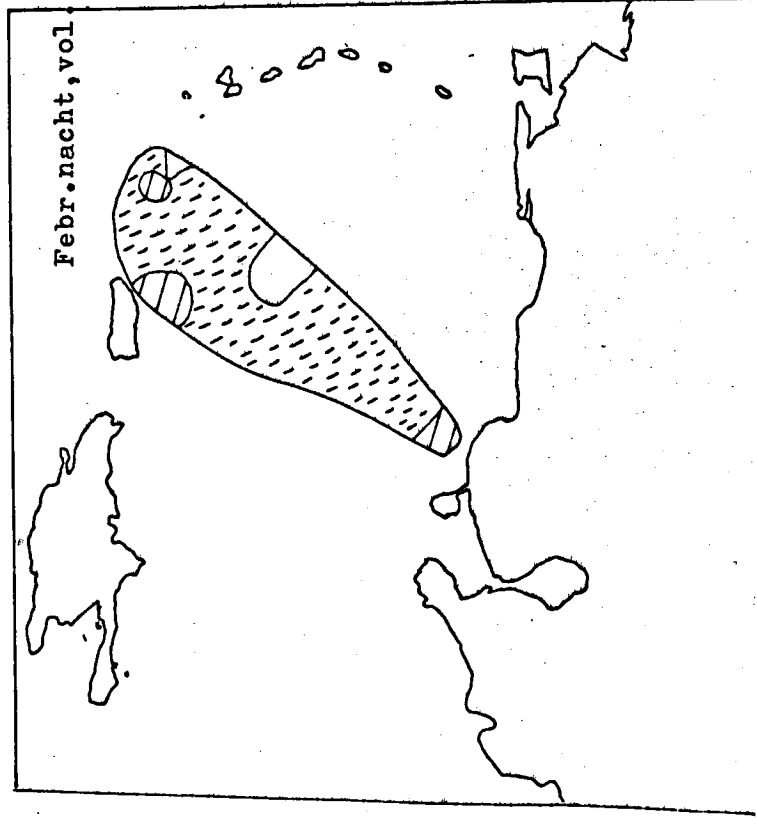


Fig.3 B

Maart, dag, vol.

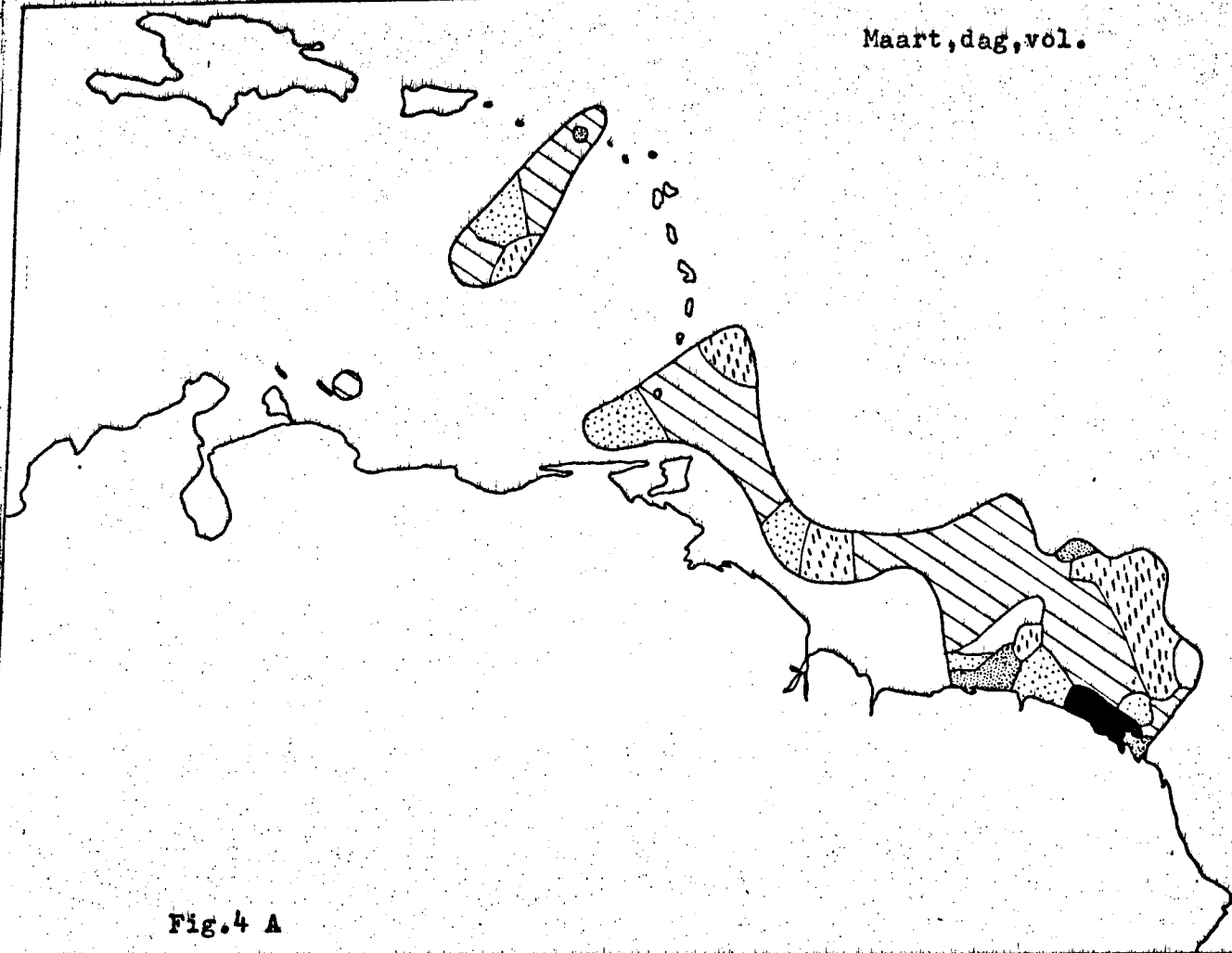


Fig.4 A

Maart, nacht, vol.

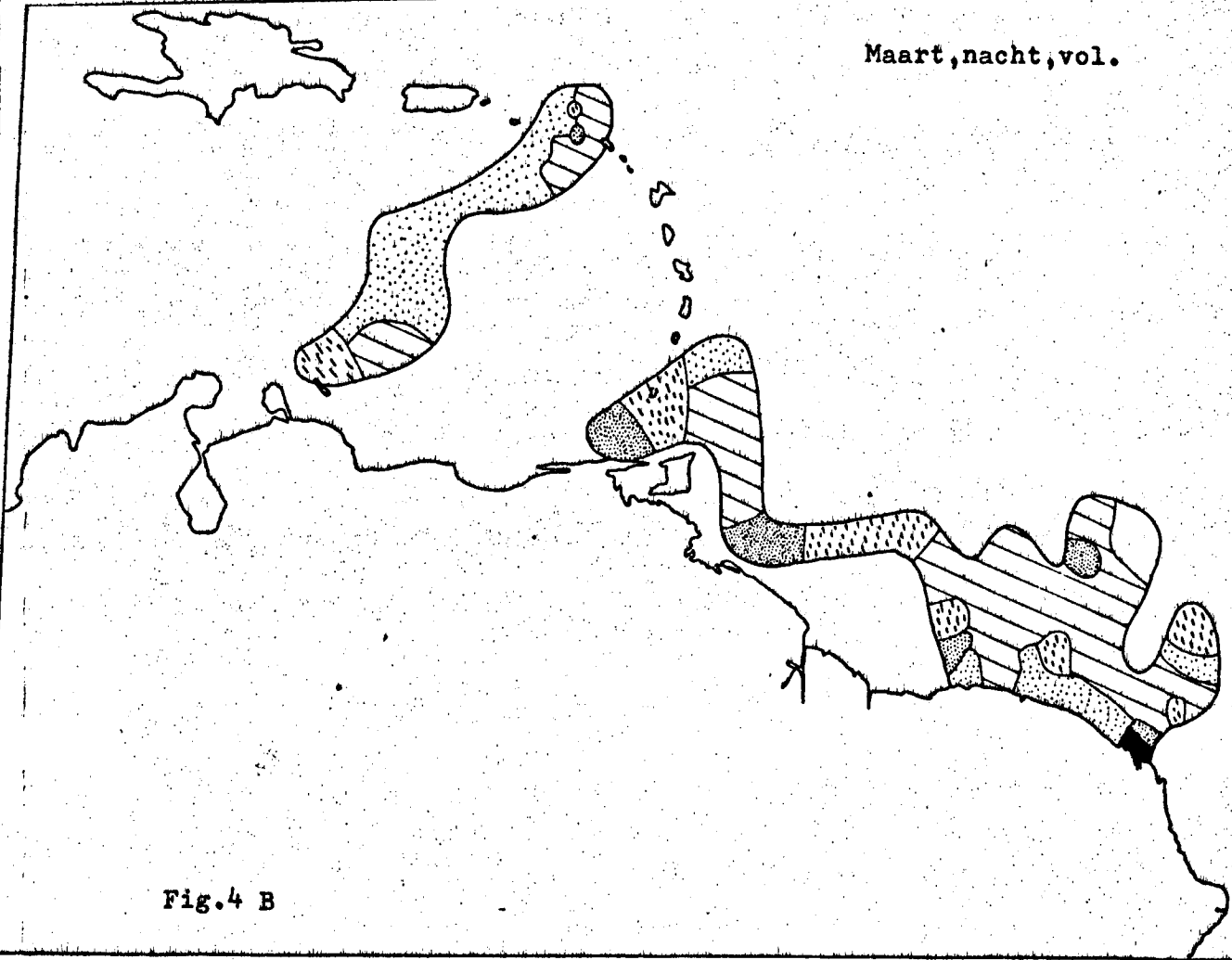


Fig.4 B

Maart, dag, kl.

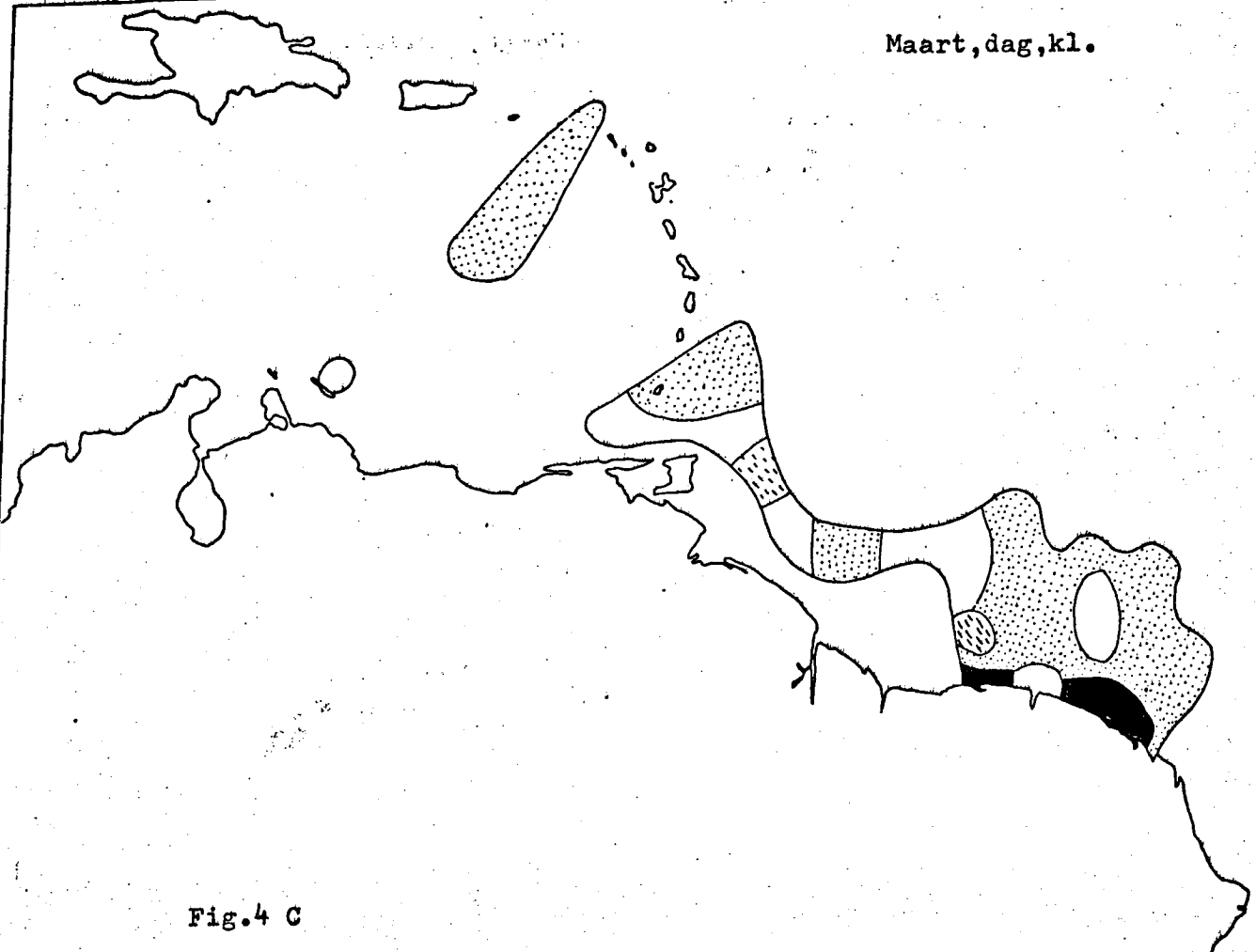


Fig.4 C

Maart, nacht, kl.

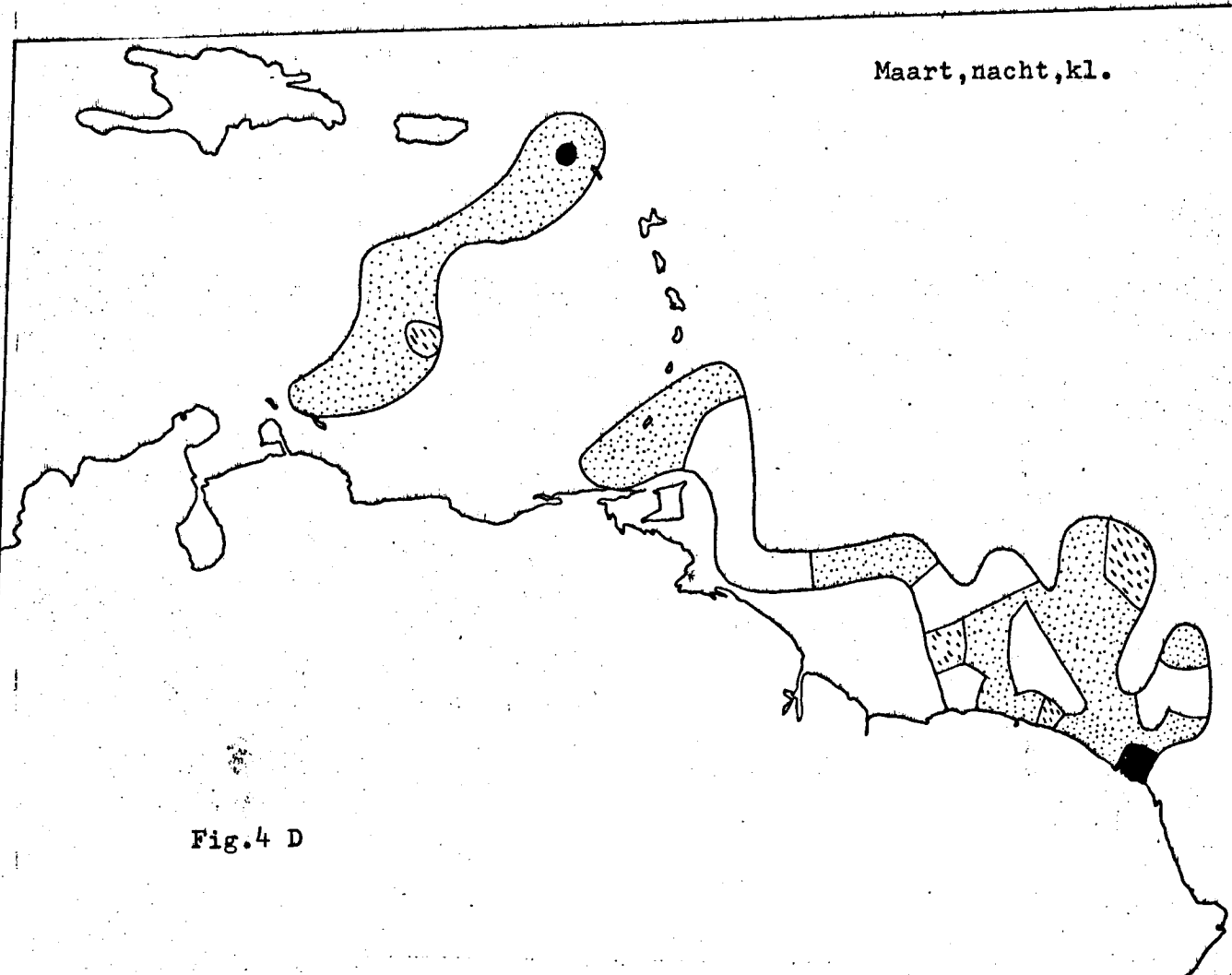


Fig.4 D

April, dag, kl.

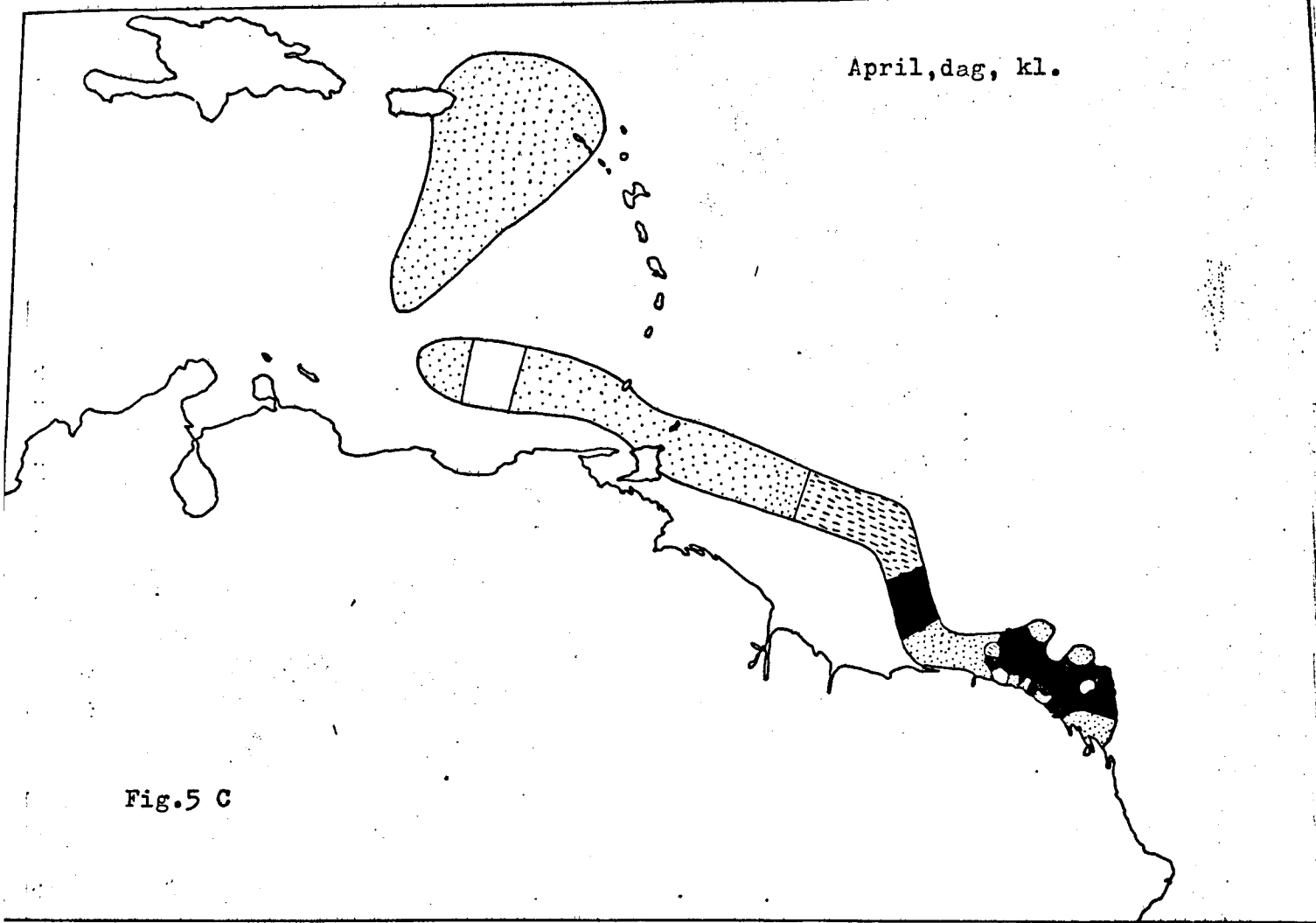


Fig.5 C

April, nacht, kl.

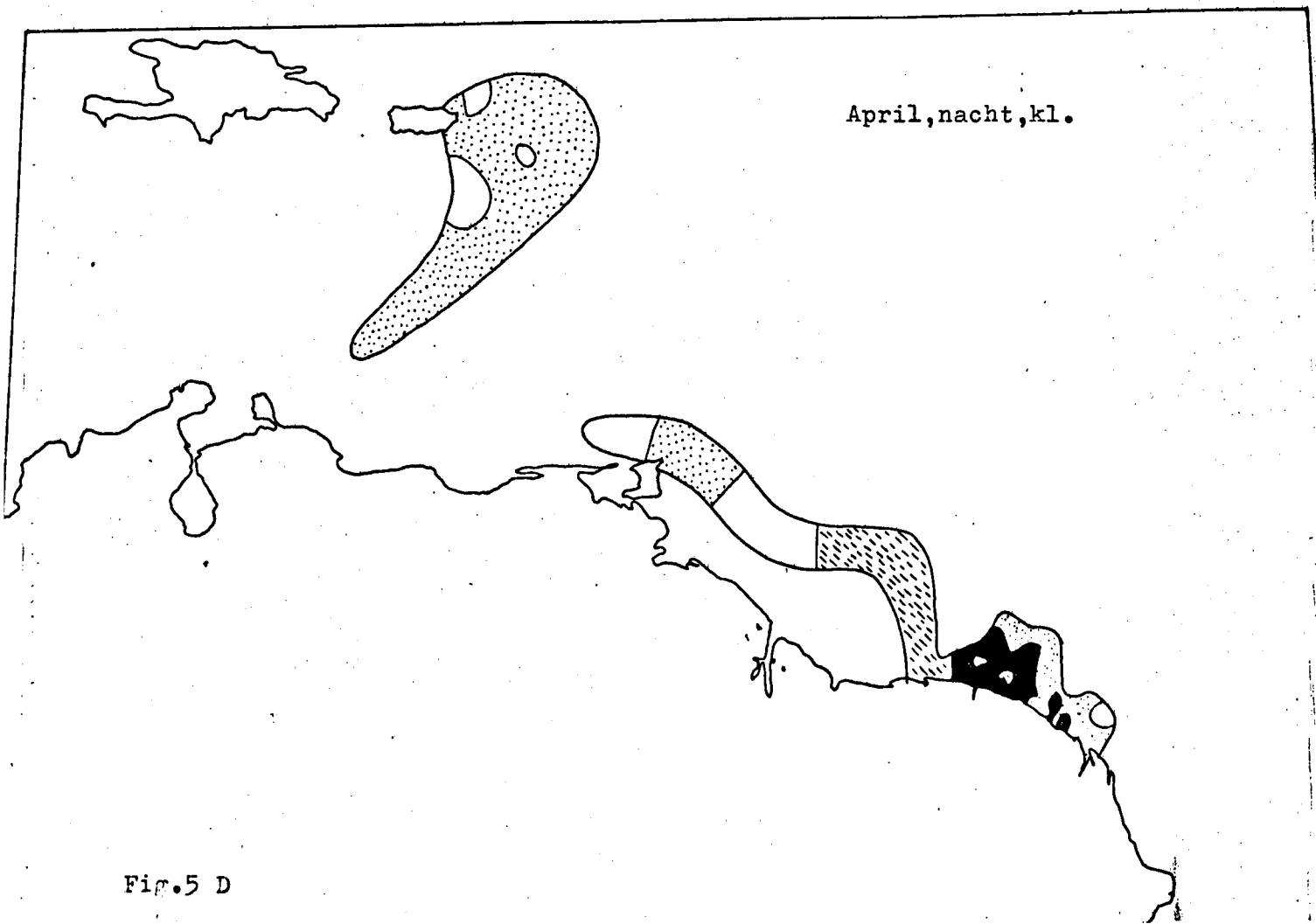


Fig.5 D

April, dag, vol.

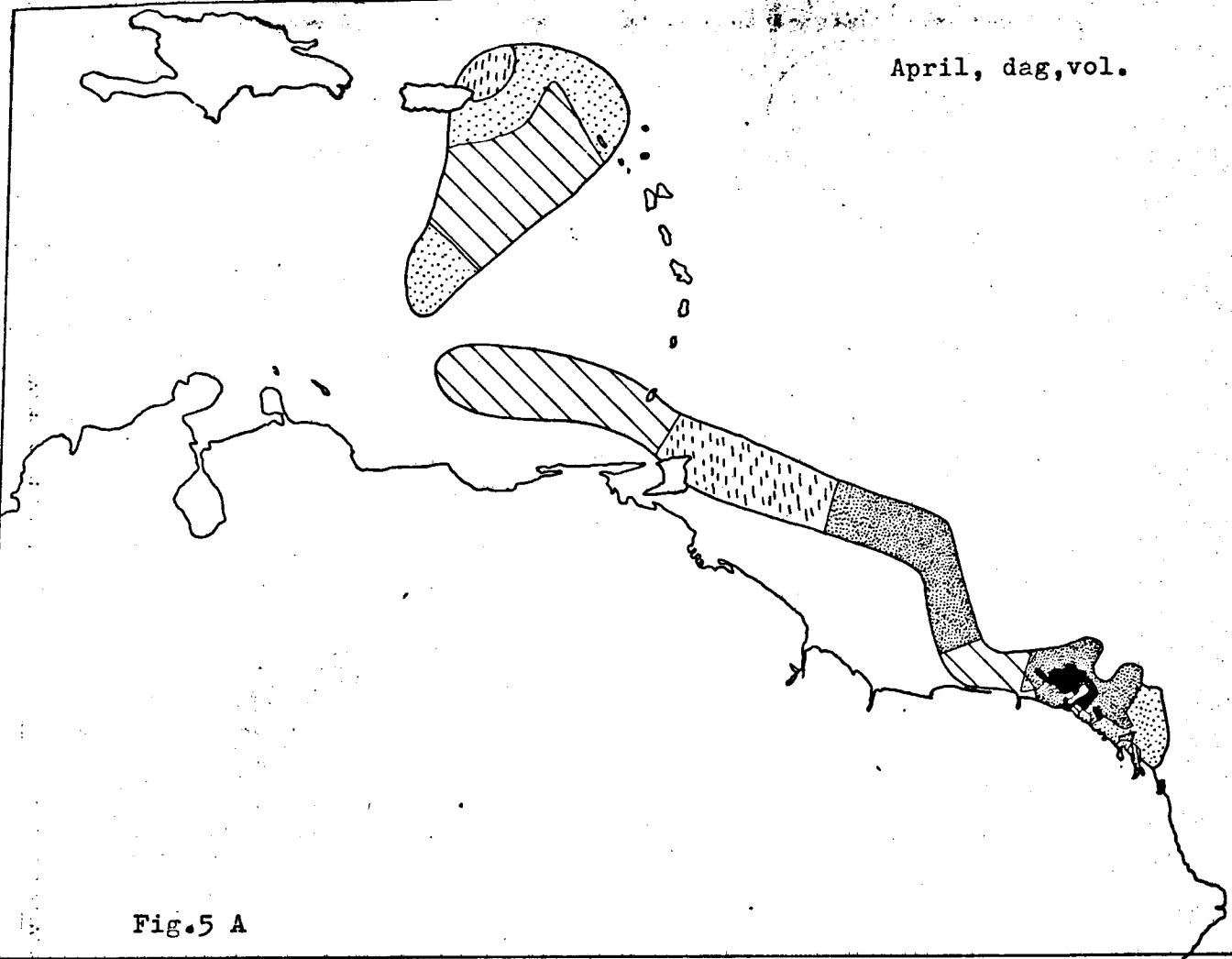


Fig.5 A

April, nacht, vol.

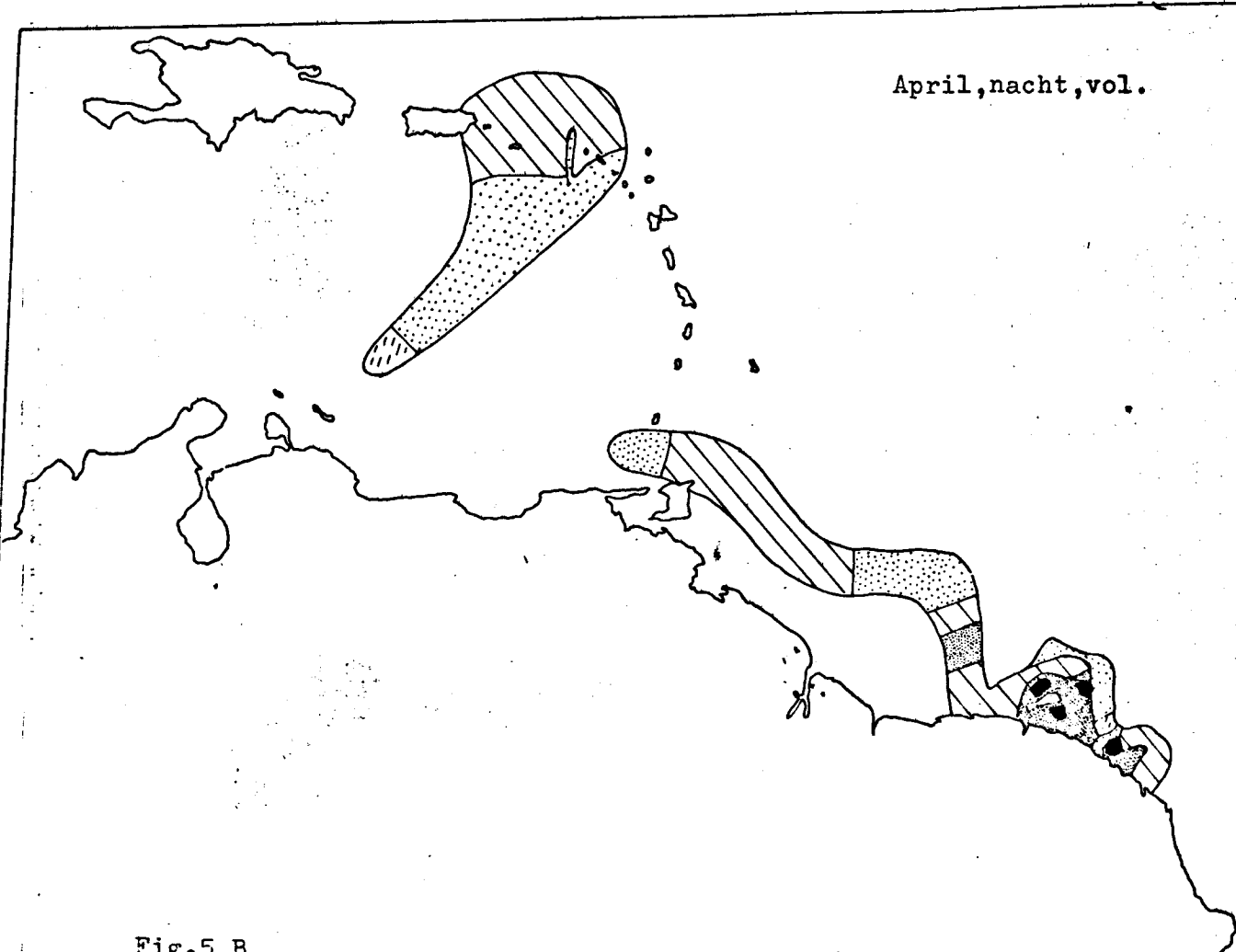


Fig.5 B

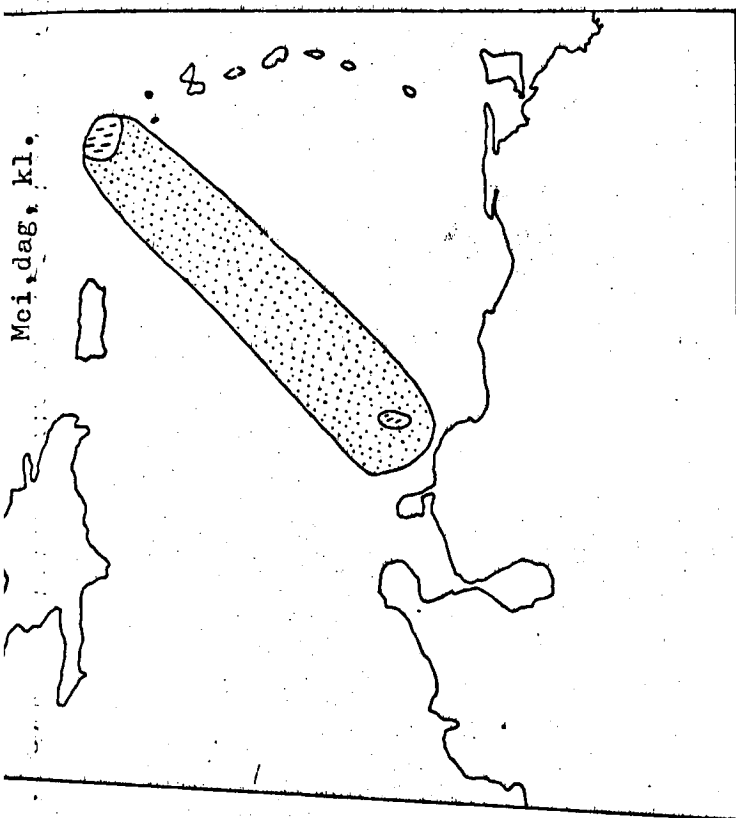


Fig.6 C

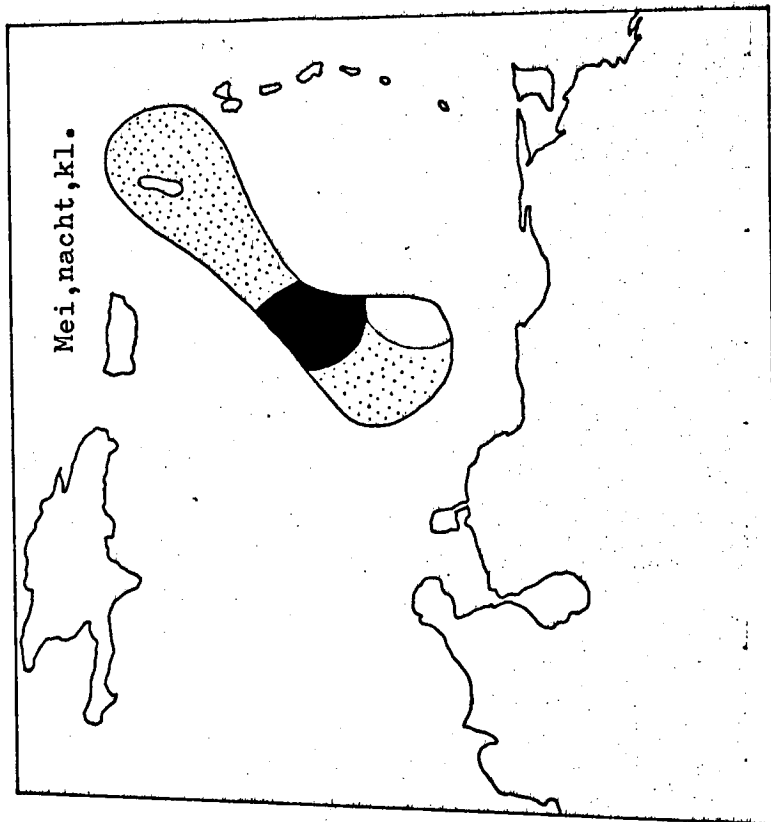


Fig.6 D

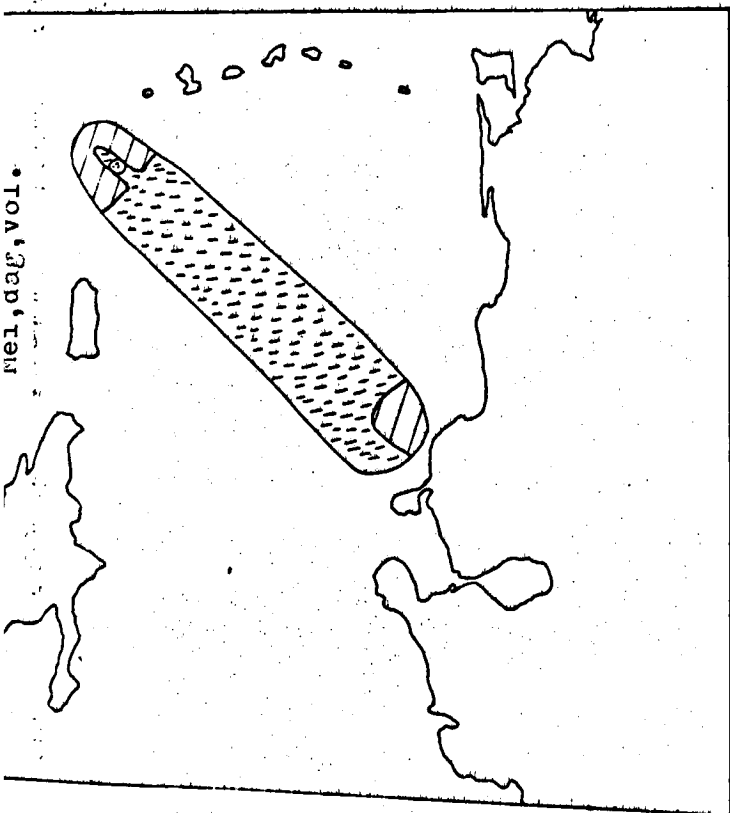


Fig.6 A

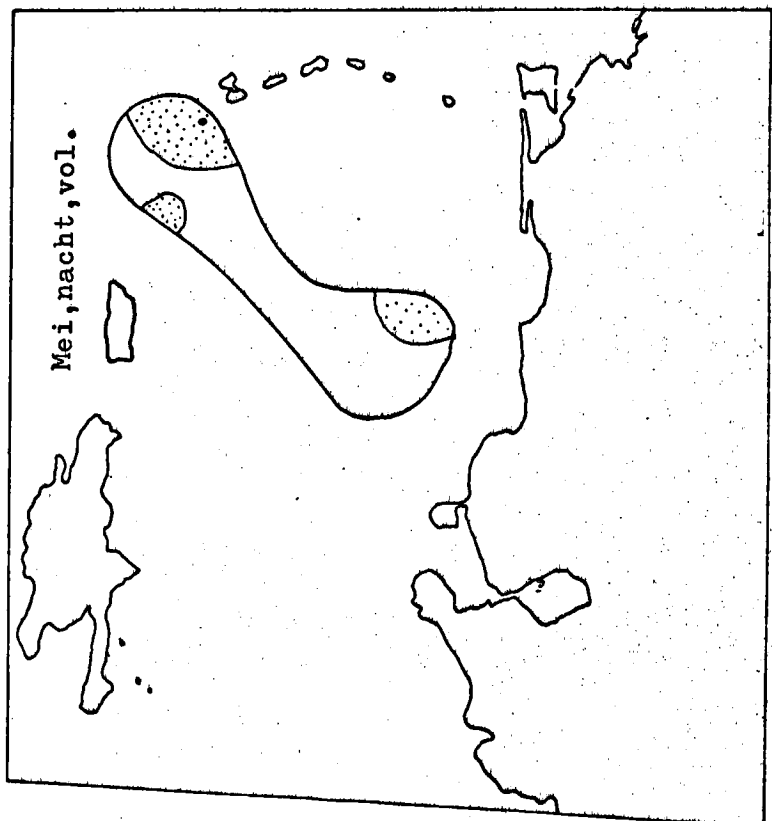


Fig.6 B

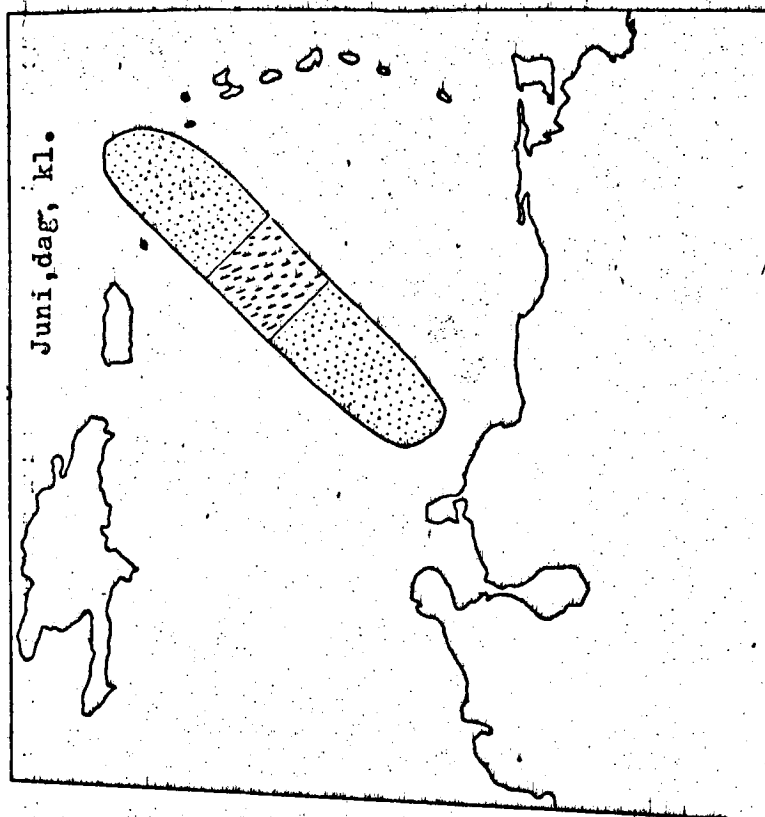


Fig.7 C

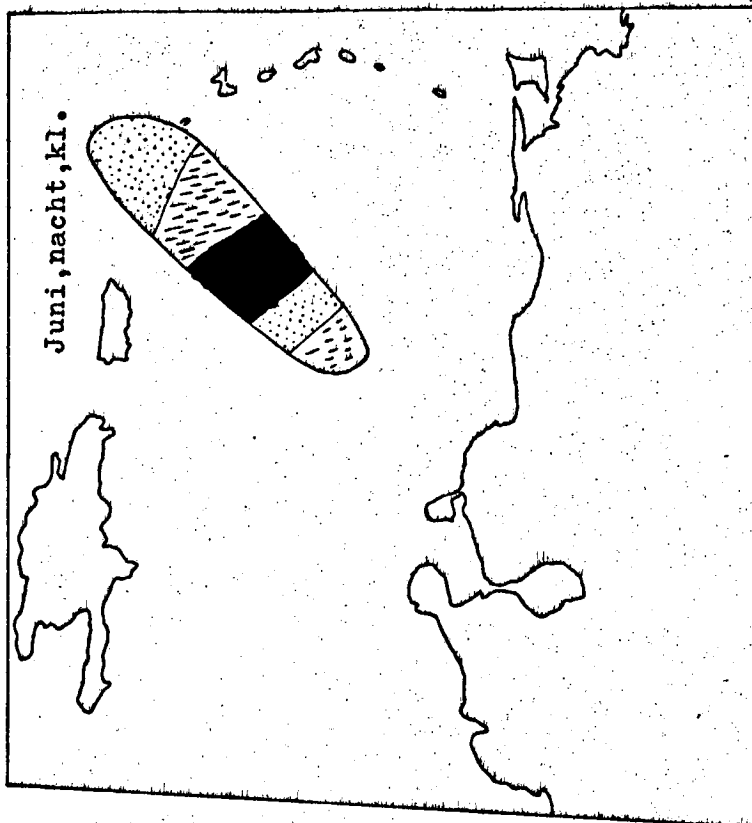


Fig.7 D

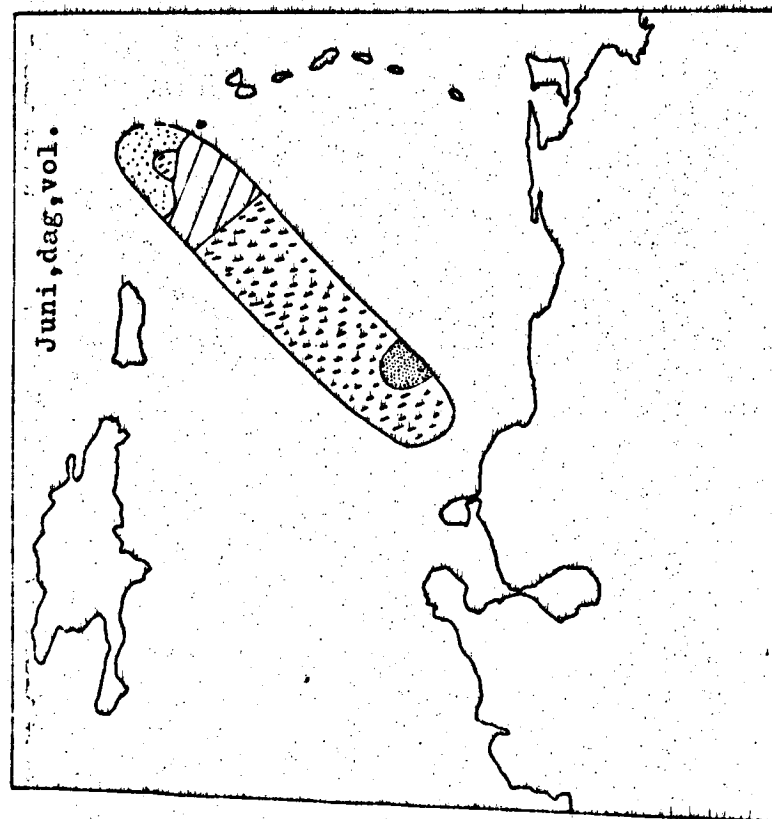


Fig.7 A

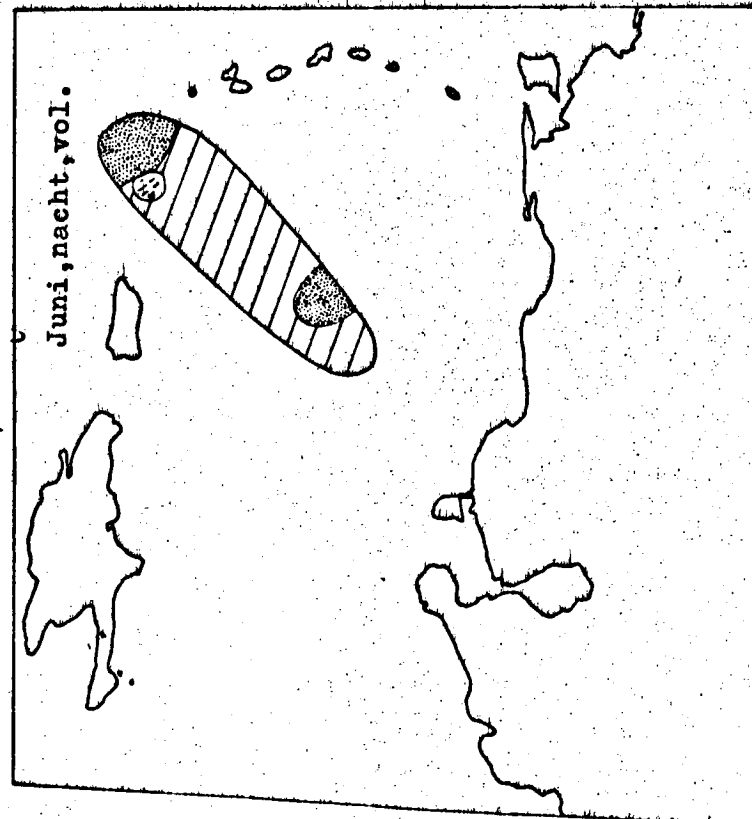


Fig.7 B

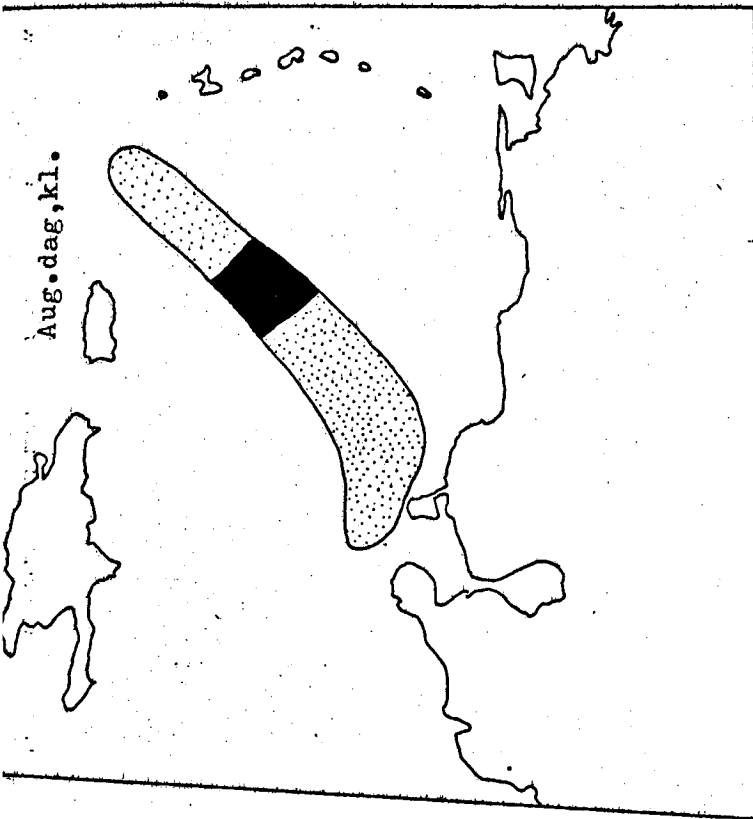


Fig.8 C

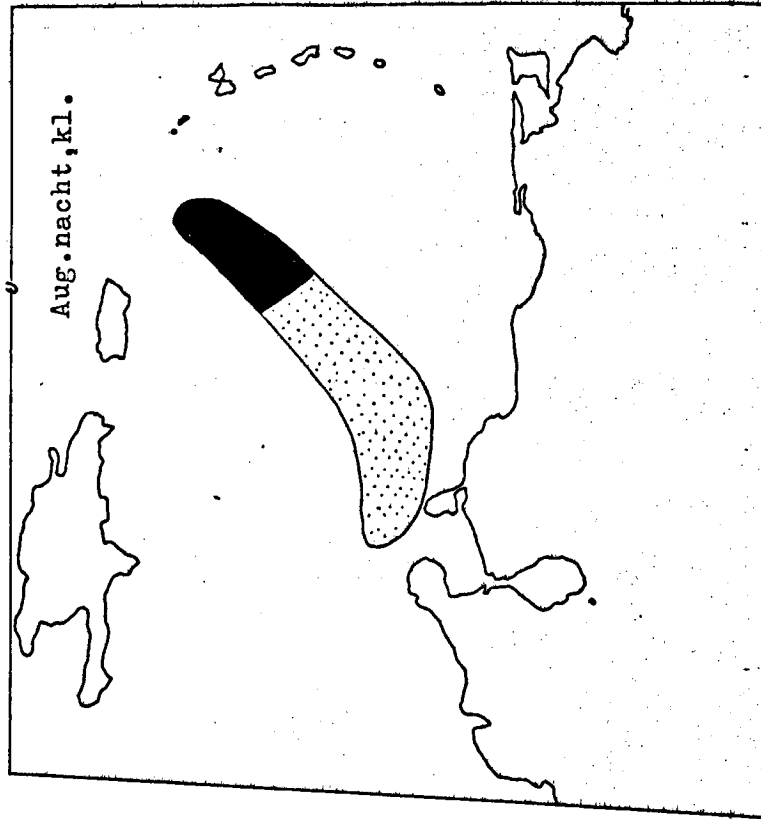


Fig.8 D

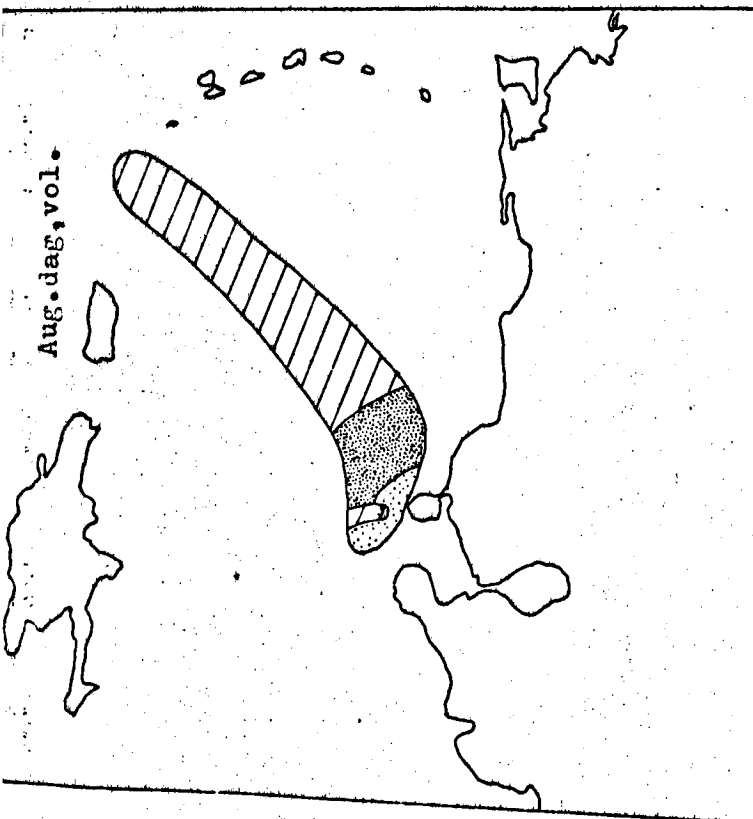


Fig.8 A

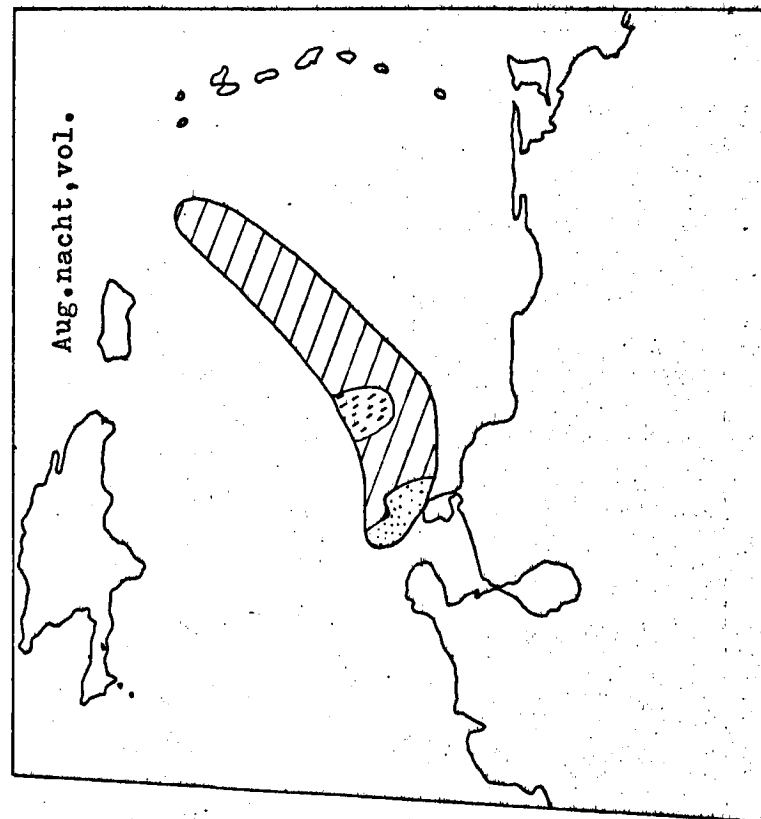


Fig.8 B

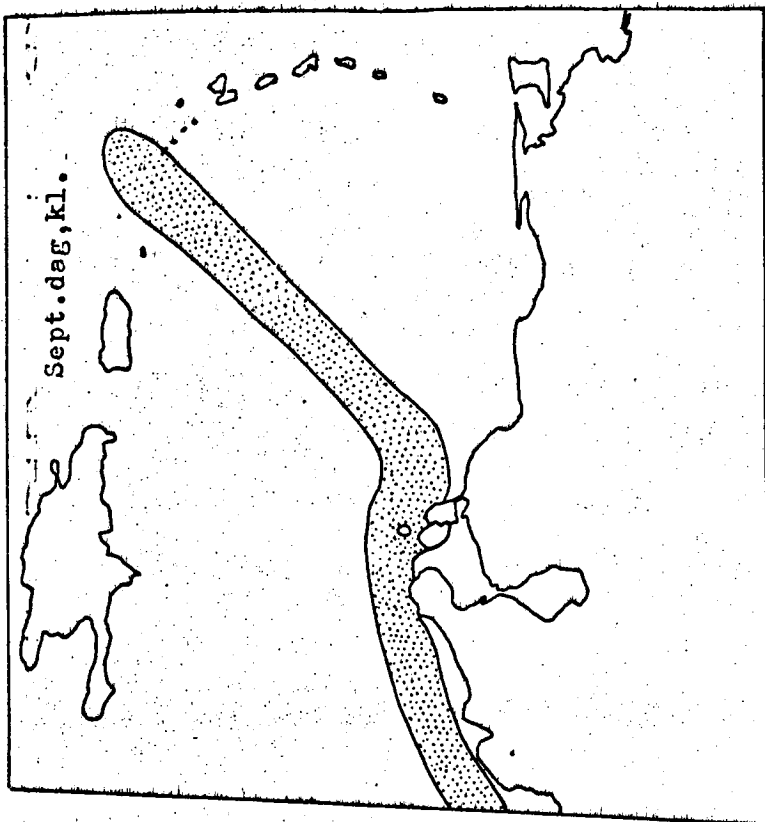


Fig.9 C

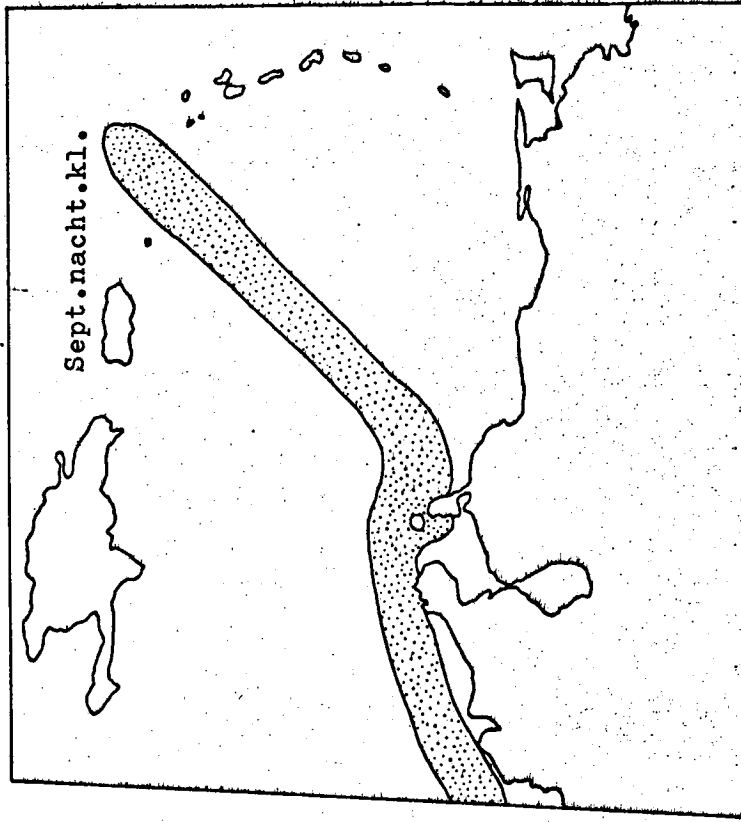


Fig.9 D

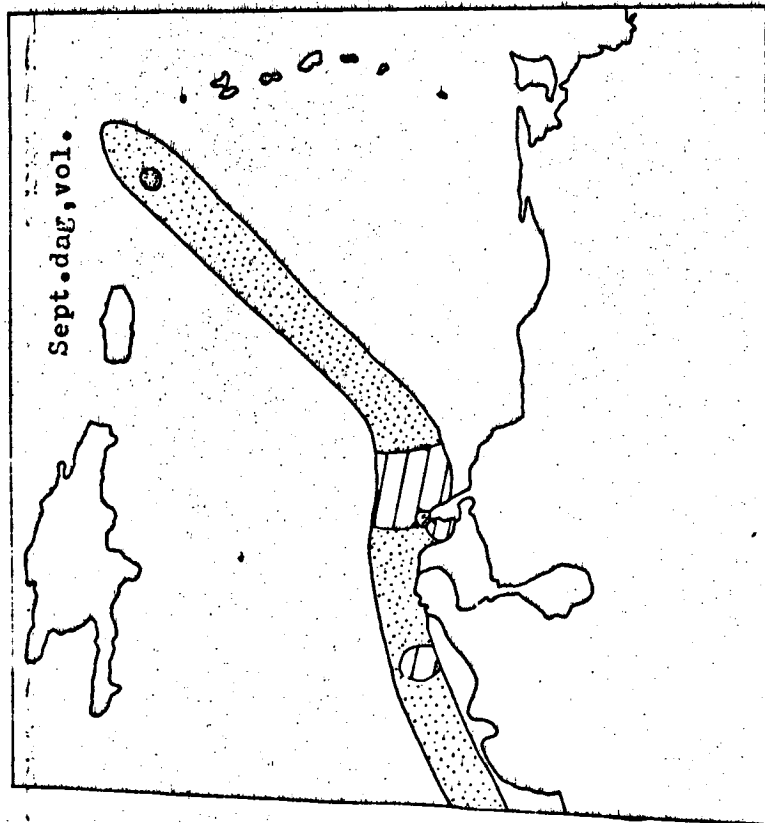


Fig.9 A

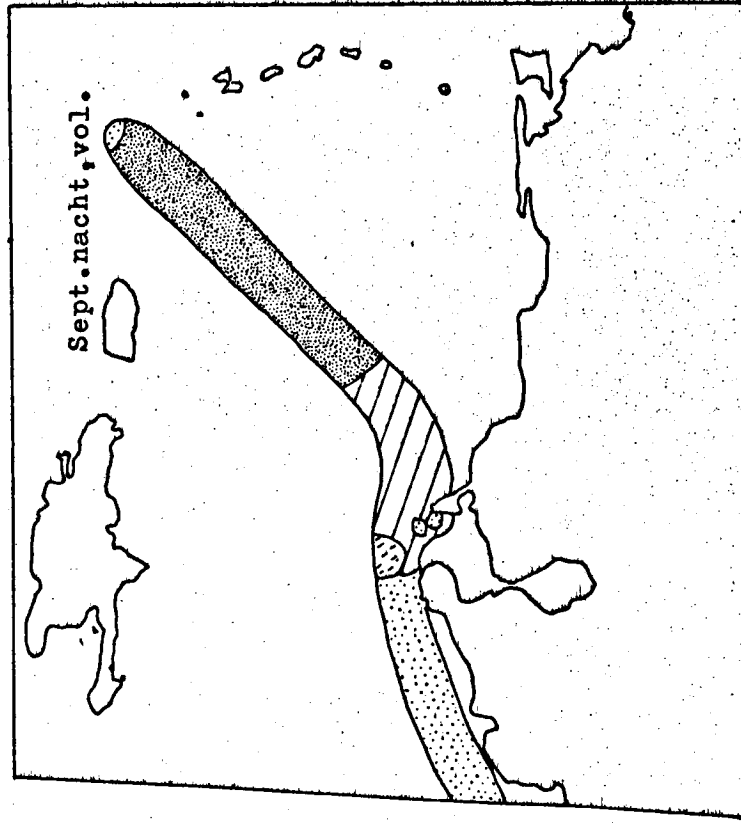


Fig.9 B

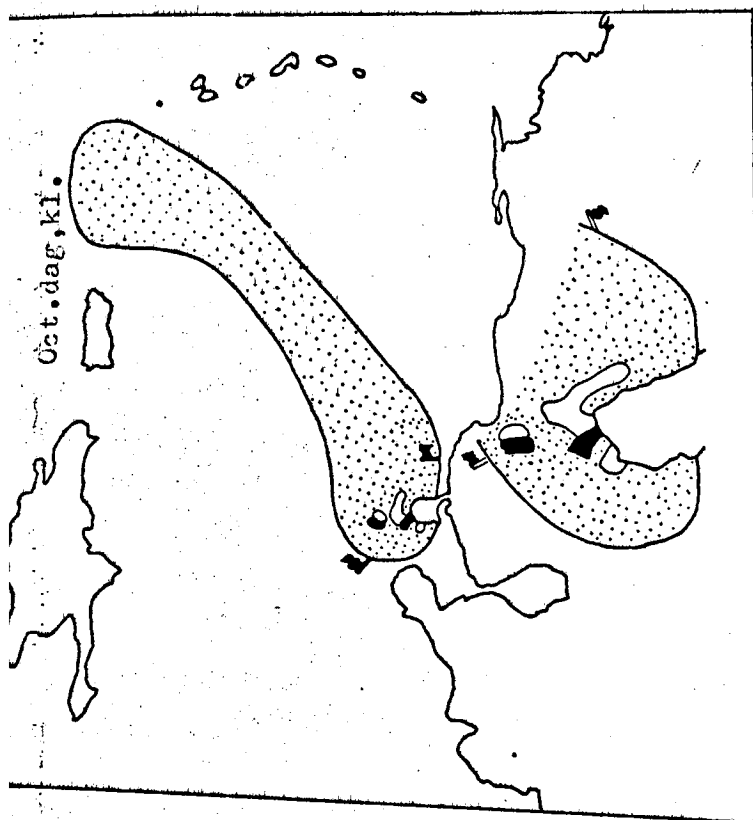


Fig.10 C

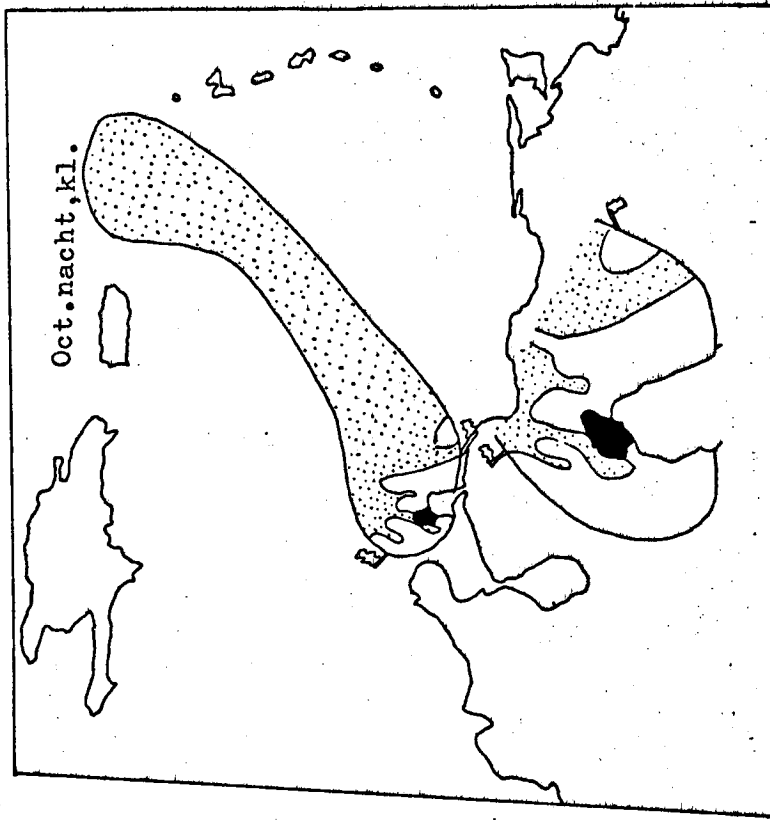


Fig.10 D

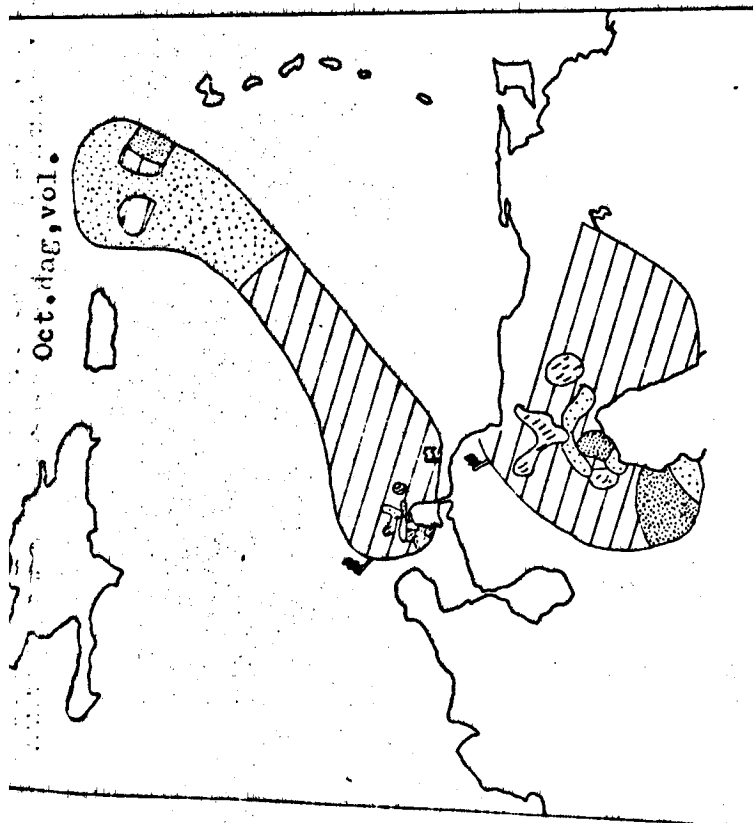


Fig.10 A

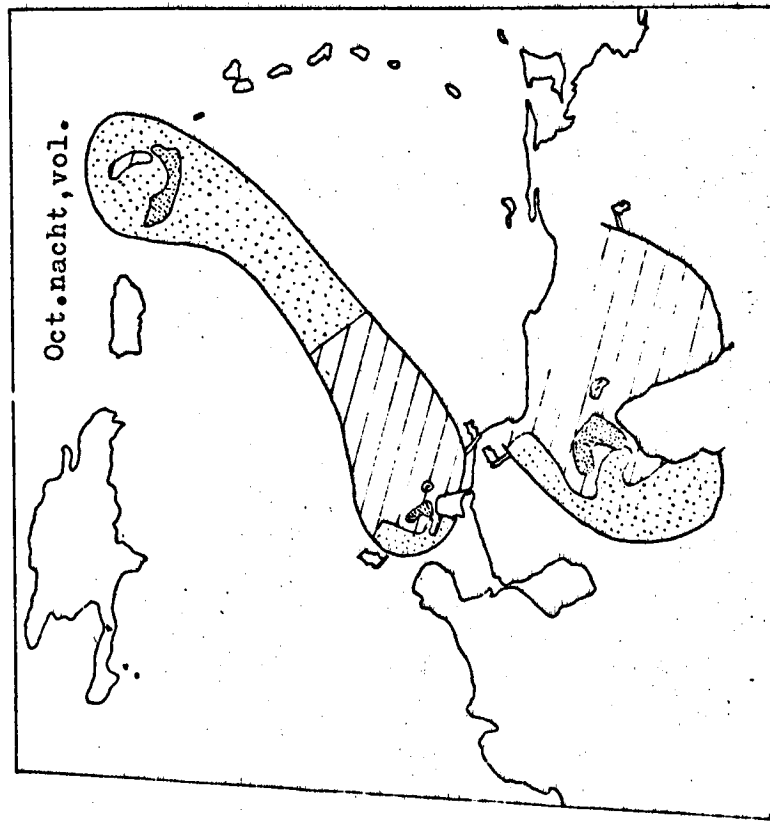


Fig.10 B

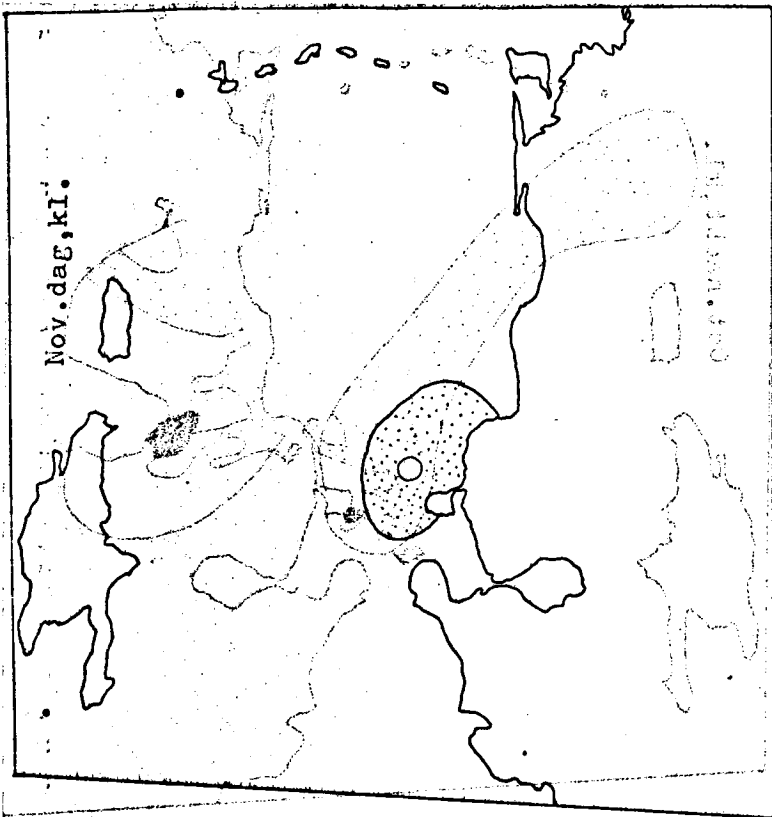


Fig. 11 C

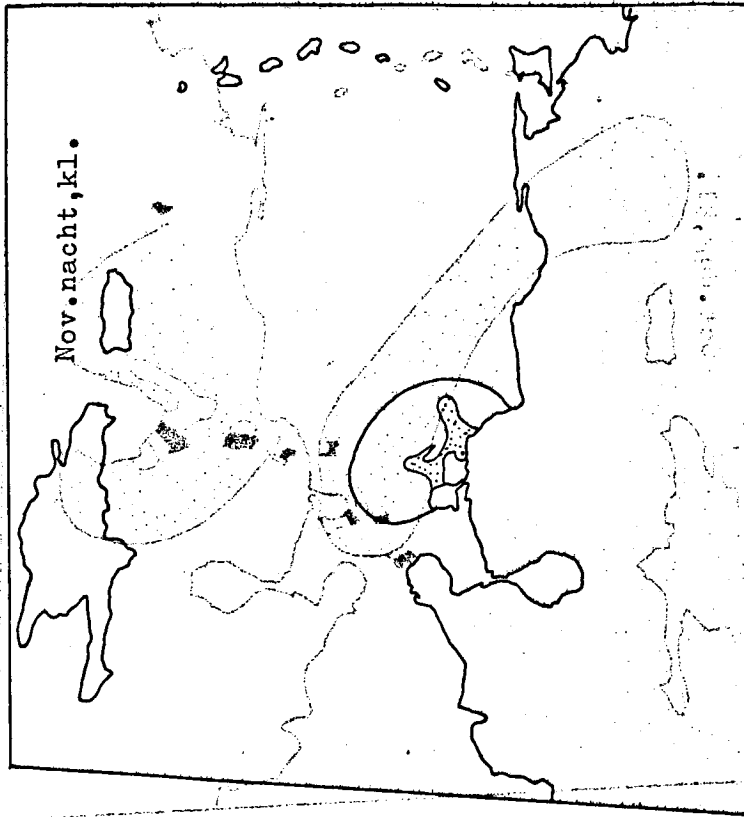


Fig. 11 D

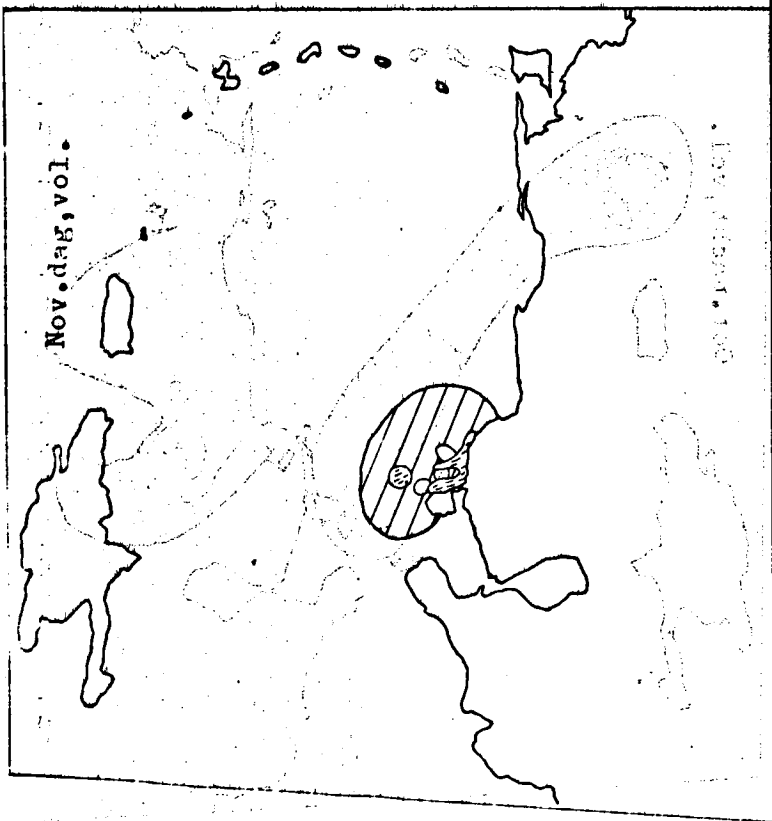


Fig. 11 A

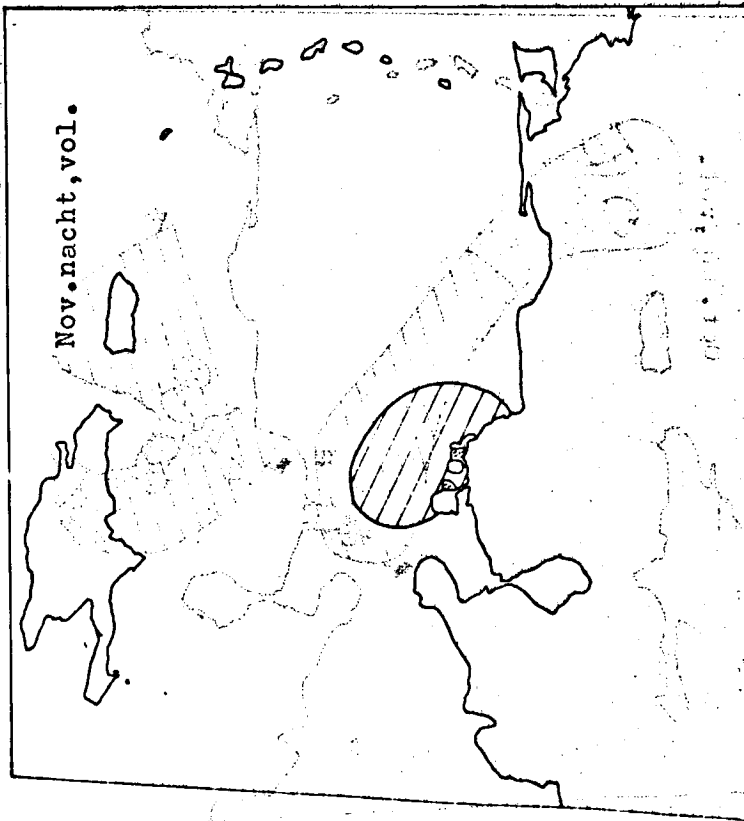


Fig. 11 B

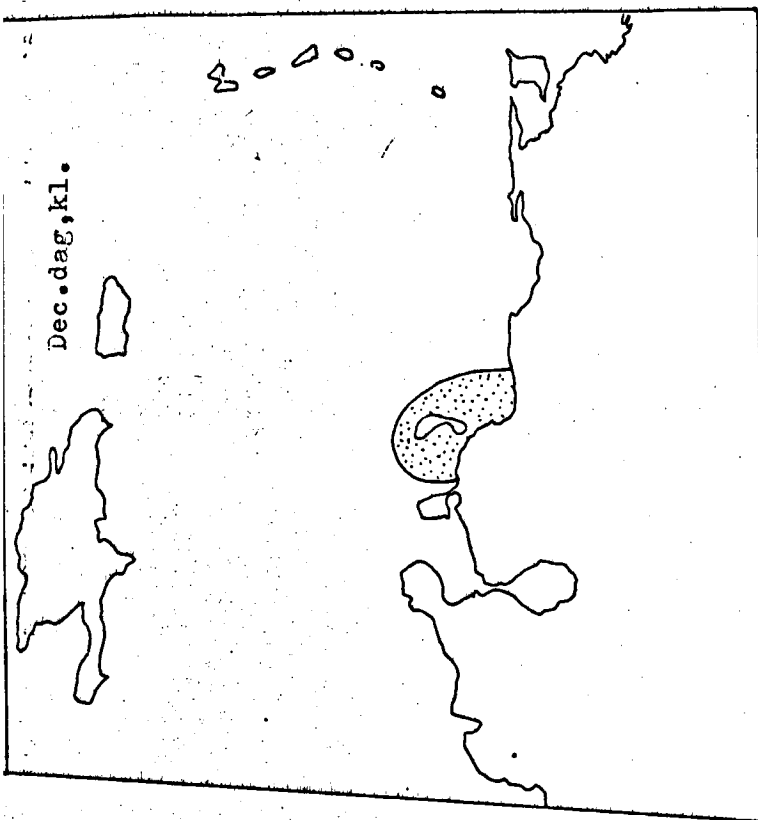


Fig.12 C

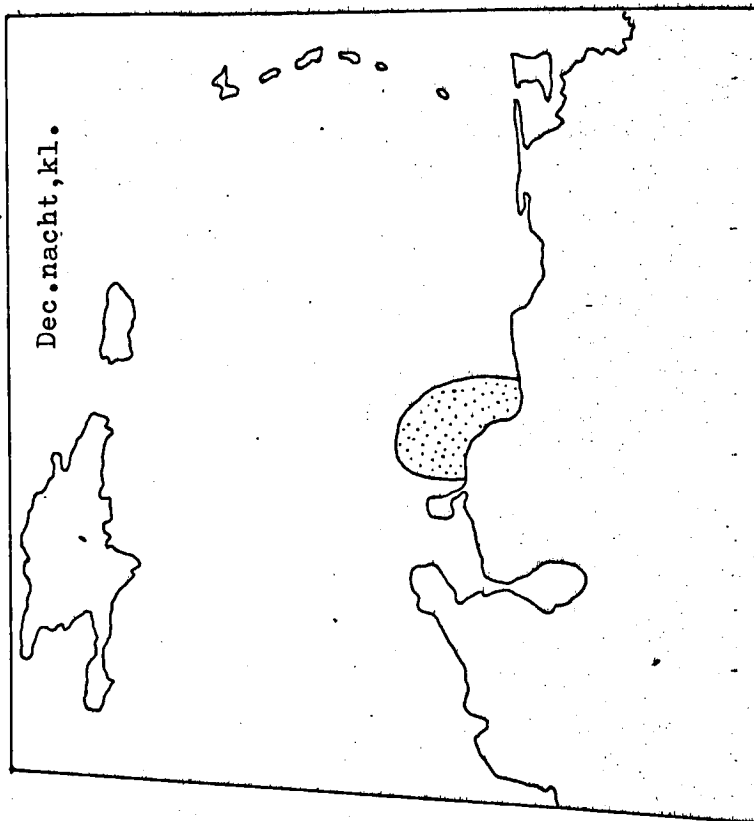


Fig.12 D

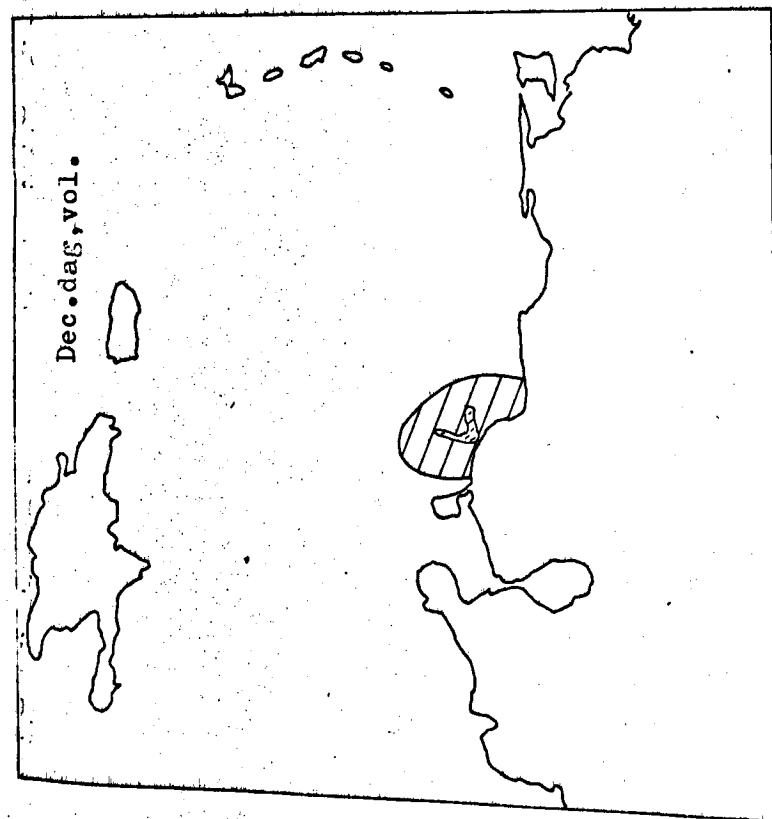


Fig.12 A

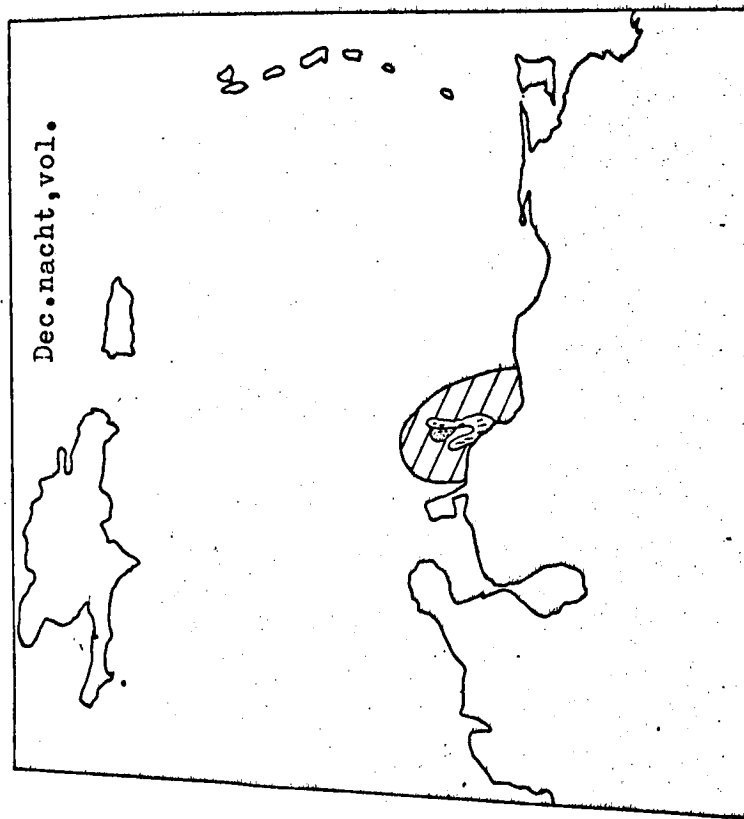


Fig.12 B

Langs de gehele kust is opstroming aangetoond, zodat de lokale productie concentraties niet te wijten zijn aan lokale opstromingen. Ook Hulburt e.a. (1969) vinden in het voorjaar van 1965 voor de kust van Suriname in vlak bij elkaar genomen monsters grote verschillen in de hoeveelheid phytoplankton. Zij vinden aantallen die variëren van 2025 tot 105.150 phytoplanktoncellen per 100 cc.

Het beeld in januari verschilt niet wezenlijk van dat in maart, al toont de kaart (Fig. 2) een ander beeld; maar dit is veroorzaakt door het ontbreken van monsters dicht onder de kust. De kaart voor de kleuren geeft in januari geen houvast, al is het opvallend dat er in maart ook meer bruine monsters voorkomen dan in april. Typisch is ook dat roodachtige monsters, secundaire productie (zooplankton) aantonende, steeds ten westen liggen van de monsters met een overmaat aan primaire productie, hetgeen in april uitgesprokener is dan in maart. Van duidelijke primaire productie, afgaande op de kleur, is in januari nog geen sprake.

Vergelijking van de drie maanden laat zien dat de gebieden met de grootste productie in april veel meer naar het westen liggen. Van oost naar west is er ook steeds een duidelijke overgang van "blokken" met een hoge naar "blokken" met een lagere productie. Patchiness, veroorzaakt door zwervorming van organismen, of als gevolg van het bestaan van verschillende nauw begrensde watermassa's, is dus duidelijk waarneembaar. Dit zou meer grond geven aan de veronderstelling dat watermassa's in de vorm van bellen naar het westen worden getransporteerd. Alleen op grond van deze gegevens is deze veronderstelling echter op z'n minst voorbarig.

VERHOUDING ZAND, DETRITUS, PHYTO- EN ZOOPLANKTON

Om een betere interpretatie van het voorgaande mogelijk te maken werden van een deel der monsters genomen in maart en april faunre en styrax preparaten gemaakt. De gegevens hieruit verkregen zijn weergegeven in de figuren 13 tot en met 20. Ook in deze figuren is onderscheid gemaakt tussen dag- en nachtmonsters.

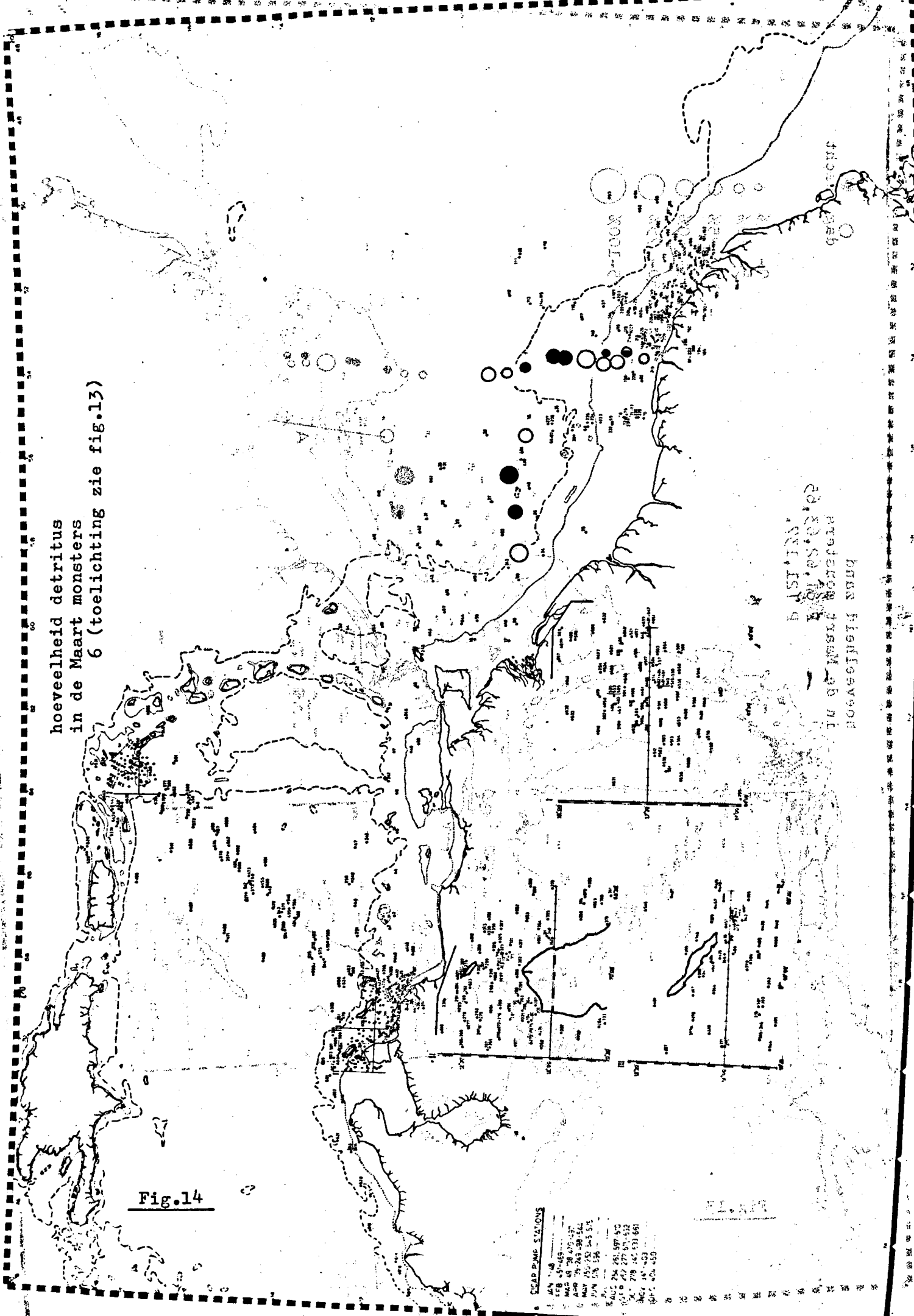
hoeveelheid detritus
in de Maart monsters
6 (toelichting zie fig.13)

Fig.14

DEAD PINE STATIONS

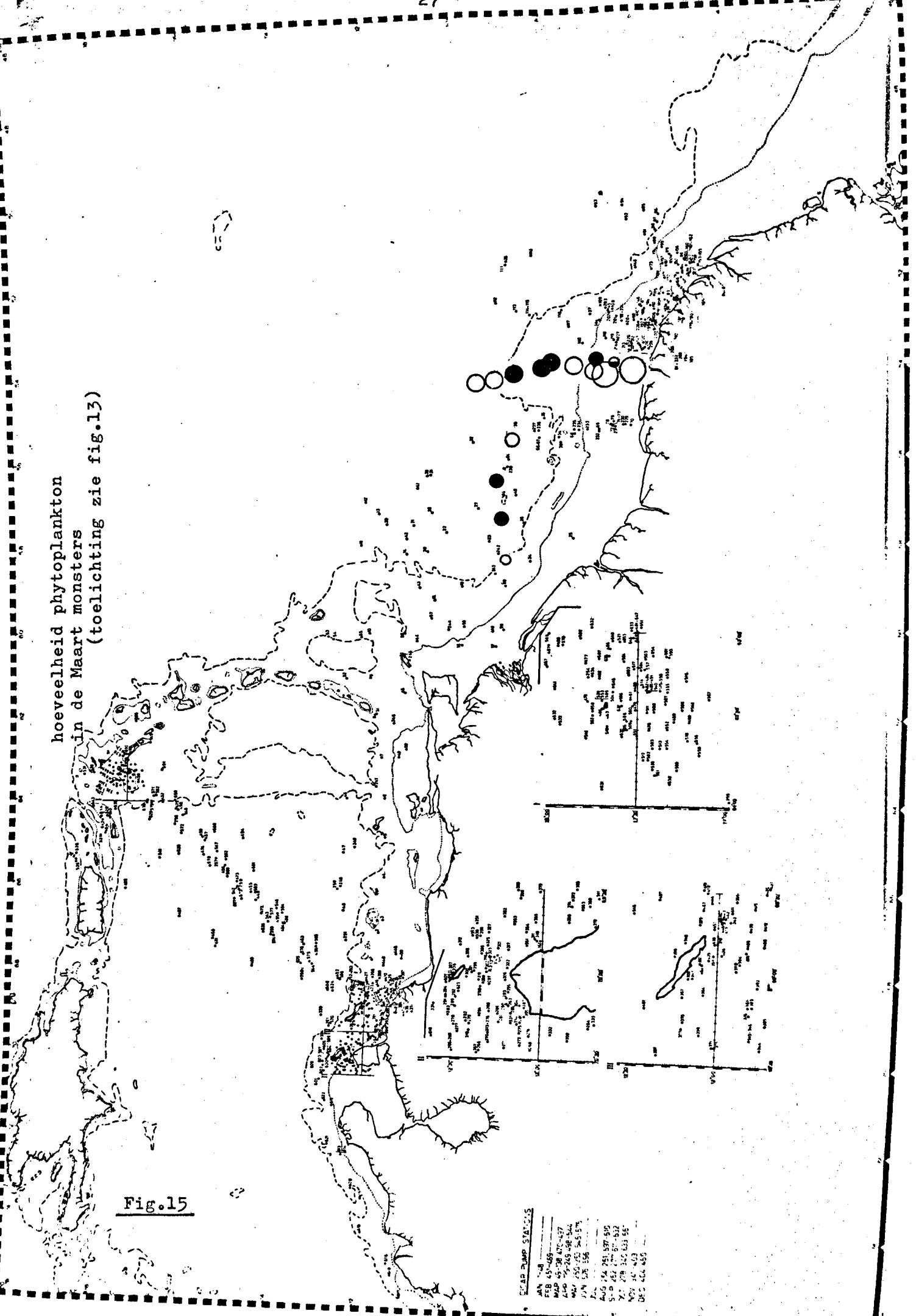
JAN '48
FEB 45-49
MAY 68 78 45-57
AUG 75 243 38-54
OCT 75/78 34-55
JUN 78 59
MAY 78 26 39-50
AUG 78 27 51-52
MAY 84 51-65
AUG 84 40-43

BRUN HENNINGSEN
PROFESSOR
23, SO. SA. ST.
CIVILIST



hoeveelheid phytoplankton
in de Maart monsters
(toelichting zie fig.13)

Fig.15



DEAR PUMP STATIONS

JAN '48
MAR 45-49
MAY 50-52
JUN 53-54
JUL 55-56
AUG 57-58
SEP 59-60
OCT 61-62
NOV 63-64
DEC 65-66

hoeveelheid zooplankton
in de Maart monsters
(toelichting zie fig.13)

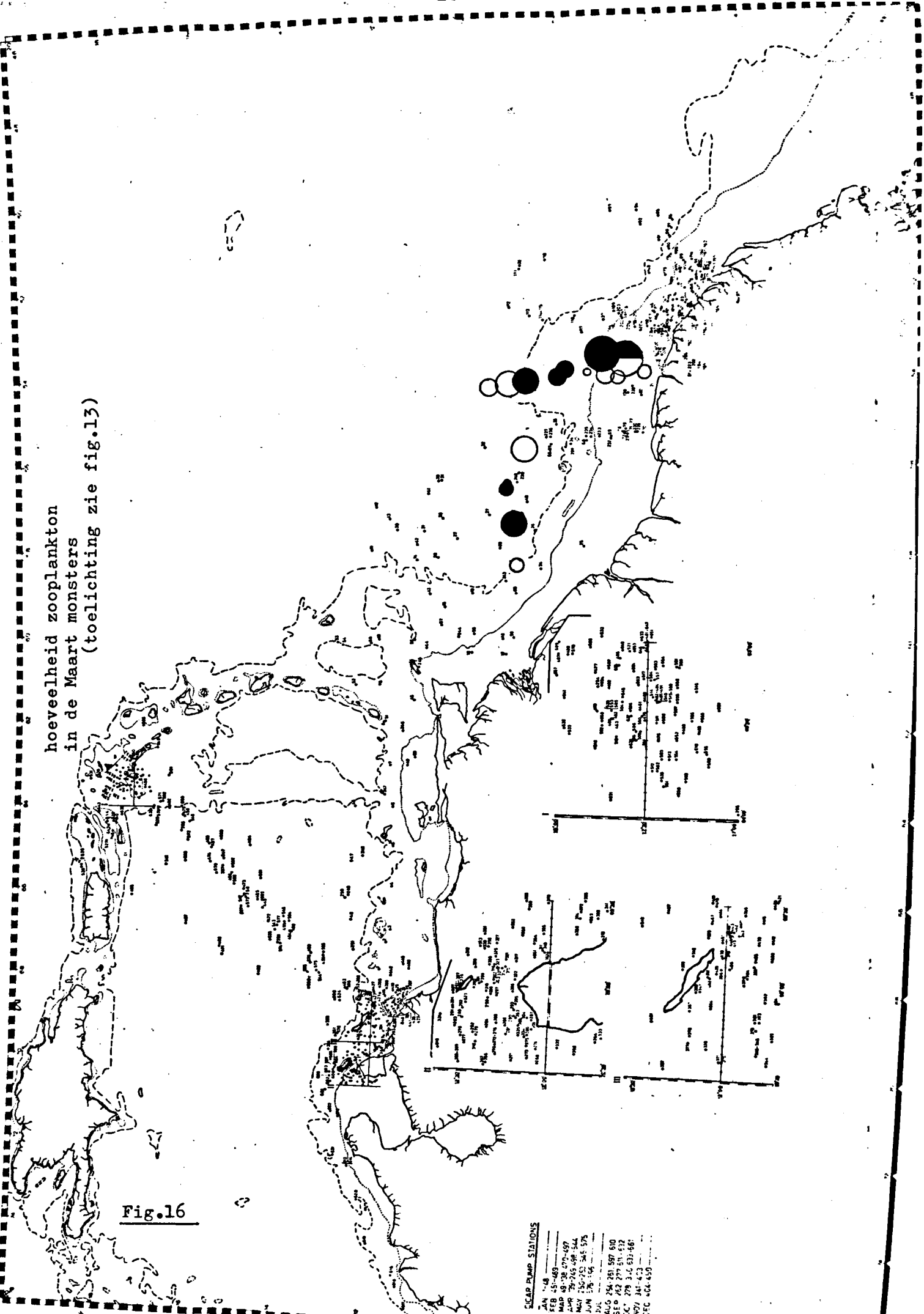


Fig.16

SCARP PUMP STATIONS

JAN '48
FEB '48
MAR '48
APR '48
MAY '48
JUN '48
JUL '48
AUG '48
SEP '48
OCT '48
NOV '48
DEC '48

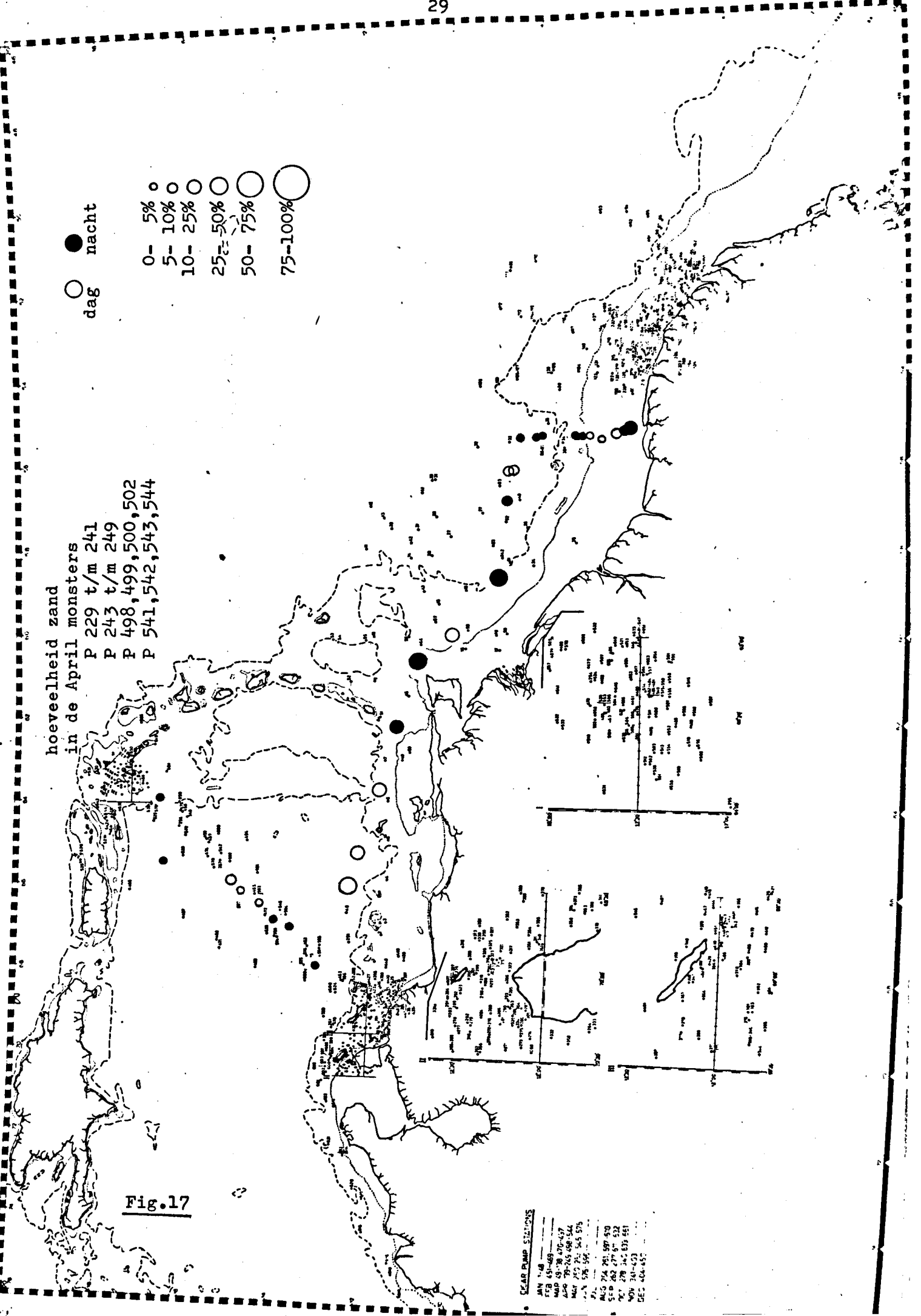
hoeveelheid zand
in de April monsters
P 229 t/m 241
P 243 t/m 249
P 498, 499, 500, 502
P 541, 542, 543, 544

- nacht
- dag
- 0- 5%
- 5- 10%
- 10- 25%
- 25- 50%
- 50- 75%
- 75-100%

Fig.17

SEAR PUMP STATIONS

JAN 1-18
FEB 15-18
MAR 15-18
APR 15-18
MAY 15-18
JUN 15-18
JUL 15-18
AUG 15-18
SEP 15-18
OCT 15-18
NOV 15-18
DEC 15-18



hoeveelheid detritus
in de April monsters
(toelichting zie fig.17)

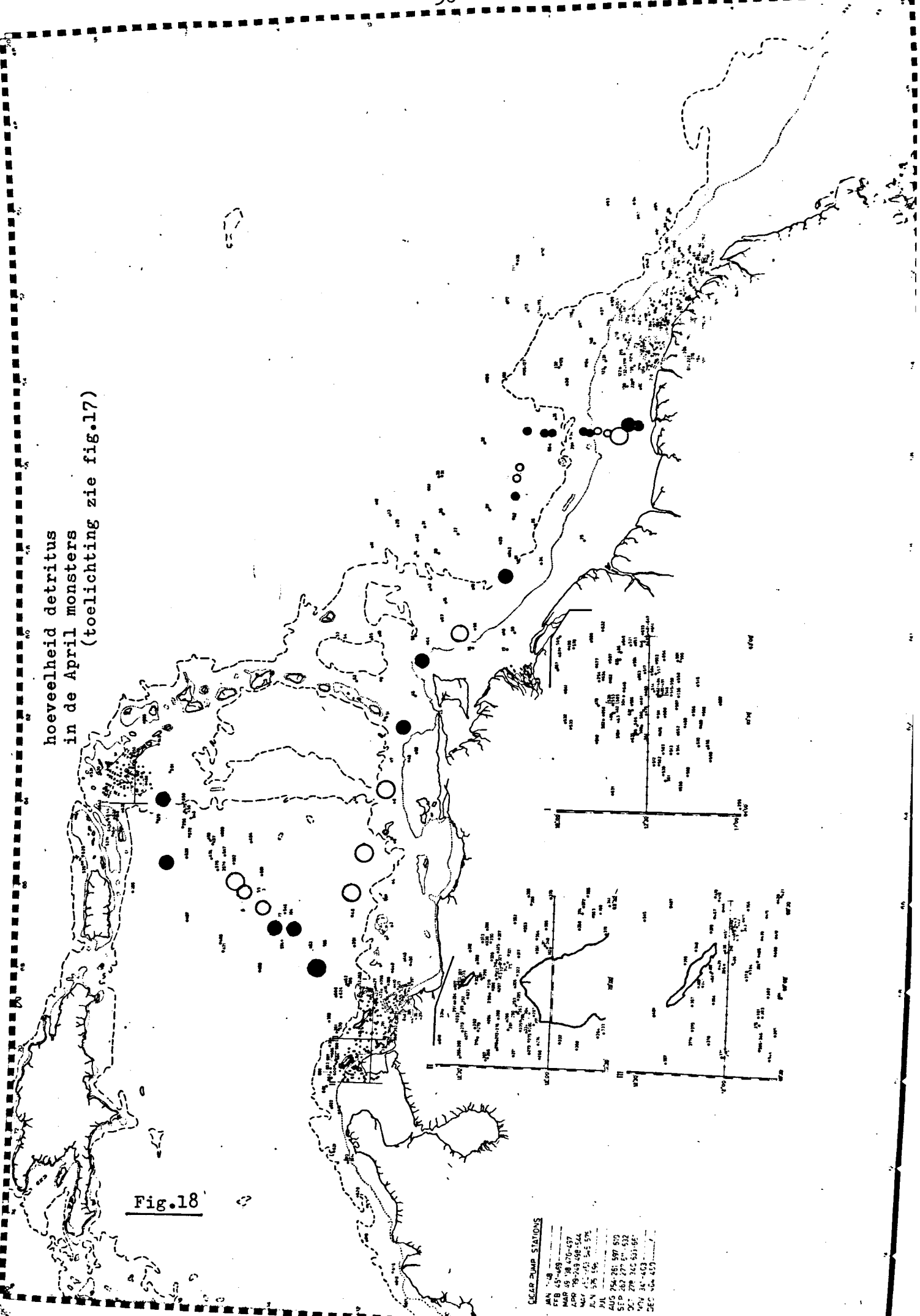


Fig.18

DEAR PUMP STATIONS

JAN	457-481
FEB	457-481
MAR	457-481-482
APR	79-243 498-544
MAY	457-481 545-576
JUN	577-596 596
JUL	597-616
AUG	754-781 597-616
SEP	262 277 511-512
OCT	278 345 511-512
NOV	345-463
DEC	464-481

hoeveelheid phytoplankton
in de April monsters
(toelichting zie fig.17)

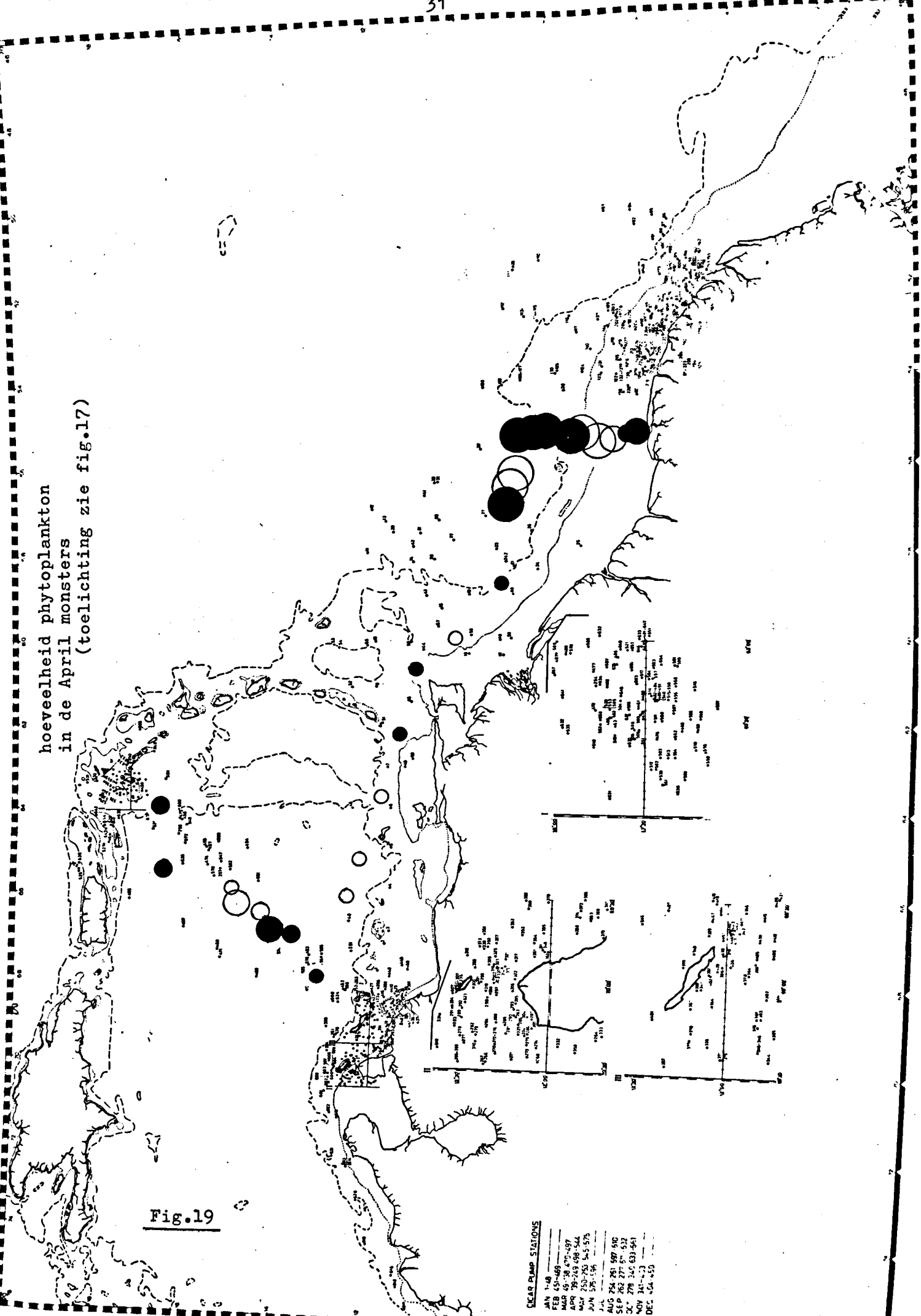


Fig.19

CLEAR PUMP STATIONS

- JAN 1-48
- FEB 45-468
- MAR 45-38, 470-497
- APR 39-243, 498-544
- MAY 250-253, 545-575
- JUN 376-536
- JUL 254, 281, 537-510
- AUG 262, 277, 511-512
- SEP 278, 245, 633-561
- NOV 341-423
- DEC 454-453

hoeveelheid zooplankton
in de April monsters
(toelichting zie fig.17)

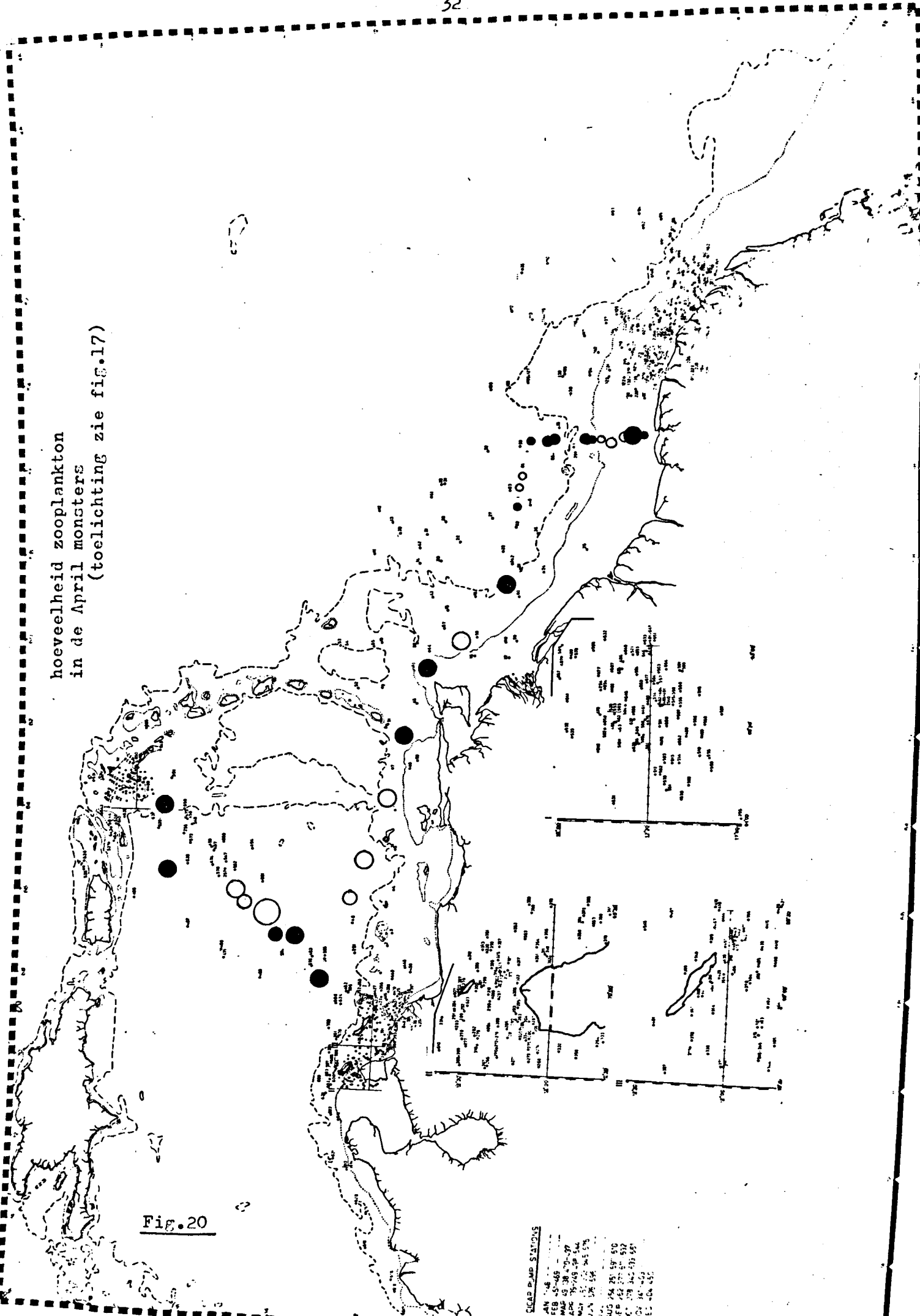


Fig.20

COAST P.M.D. STATIONS

JAN '48
 FEB '48-49
 MAR '49
 APR '49
 MAY '49
 JUN '49
 JUL '49
 AUG '49
 SEP '49
 OCT '49
 NOV '49
 DEC '49

Voor de hoeveelheden zand (Fig. 13 en 17) werden, zoals te verwachten is, geen dag en nacht verschillen gevonden. Op grote afstand van de kust en zelfs voorbij de 2000 meter lijn is zowel in maart als in april een relatief grote hoeveelheid zand waargenomen. Gezien de diepte is opwoeling door het schip hier uitgesloten, zodat een sterke opstroming de enig mogelijke verklaring voor deze grote hoeveelheden zand is. Mocht deze veronderstelling juist zijn, dan gaat deze opstroming niet gepaard met een verhoogde primaire productie ter plaatse, want zowel in maart (Fig. 15 en 16) als in april (Fig. 19 en 20) bevatten deze monsters meer zoo- dan phytoplankton, hetgeen ook reeds uit de kaarten van figuur 4 en 5 was gebleken.

In maart (Fig. 14) en april (Fig. 18) wordt in een aantal monsters vrij veel detritus gevonden, de hoeveelheid zooplankton van dezelfde monsters (Fig. 16 en 20) laat een positieve correlatie zien tussen zooplankton en detritus. Figuur 16 vertoont bovendien duidelijke dag- en nachtverschillen, door de verticale migratie van het zooplankton. In april (Fig. 20) komt deze migratie niet zo duidelijk tot uiting.

De eerder geuite veronderstelling op grond van de kleur en volumina kaarten, dat op enige afstand van de kust van Suriname sprake is van een grote opbloei van het phytoplankton blijkt juist te zijn. Zowel in figuur 15, en vooral in figuur 19 is duidelijk dat phytoplankton hier in grote hoeveelheden in de monsters aanwezig is. De onderzochte monsters op enige afstand voor de kust bestaan in april zelfs voor meer dan 90% uit phytoplankton.

SOORTENSAMENSTELLING

Een globale indruk van de soortensamenstelling van het phytoplankton is verkregen door telling van diatomeeën, ingedeeld in de groepen: Coscinodiscidae, Pennatae, Rhizosolenia, Chaetoceros, diversen en dinoflagellaten.

samenstelling van de
Maart, April en Mei monsters

- voornamelijk:
- ▲ Coscinodiscus
 - Pennales
 - ◆ Rhizosolenia
 - * Chaetoceros
 - Dinoflagellata

- Maart
- April
- ⊗ Mei

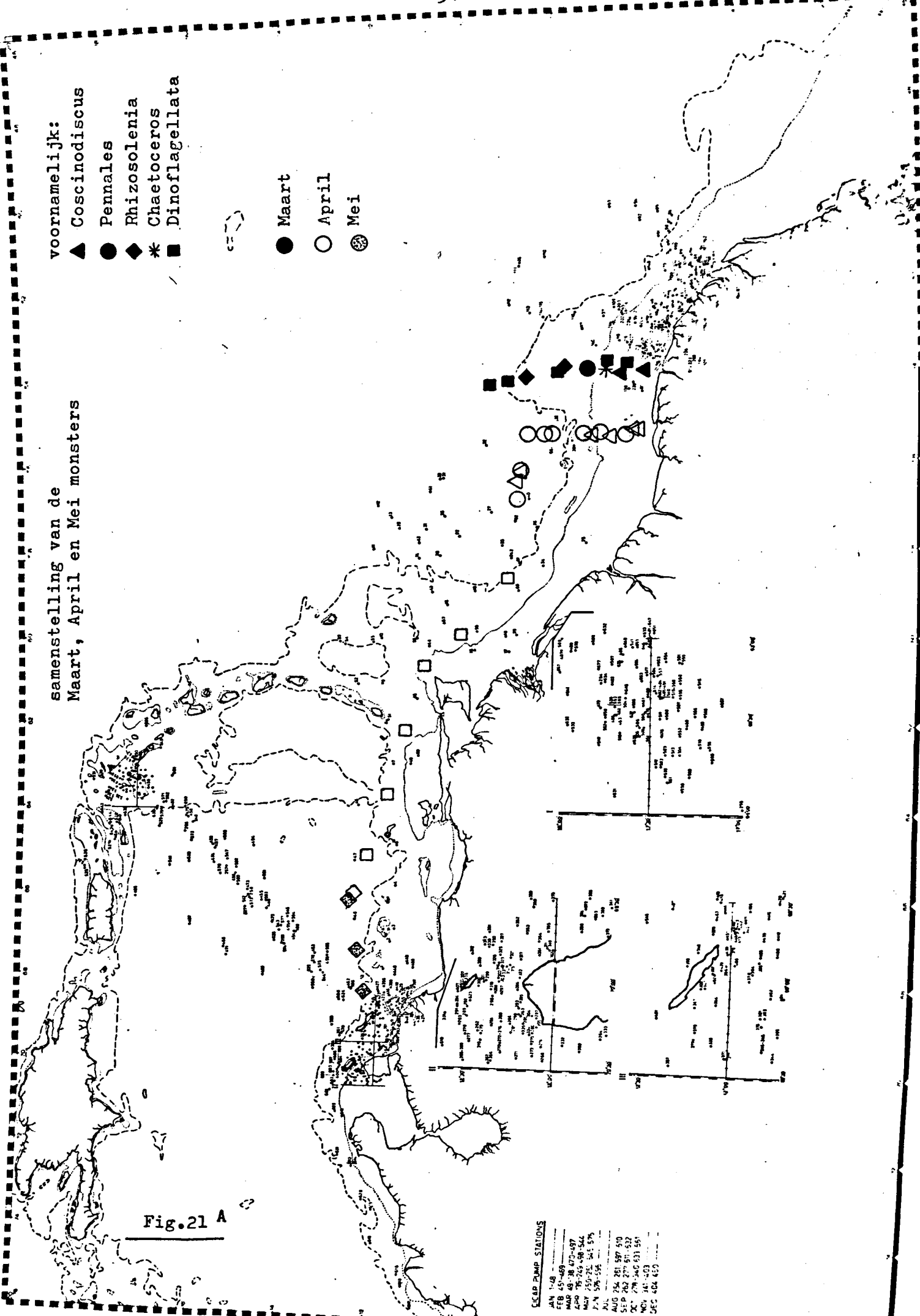


Fig.21 A

LCBP PUMP STATIONS

JAN	45-48
FEB	45-48
MAR	45-48 470-497
APR	45-48 470-497 544
MAY	45-48 470-497 544 575
JUN	575-595
JUL	595-610
AUG	610-625 597-610
SEP	625-630 610-625
OCT	630-645 610-625
NOV	645-660
DEC	660-675

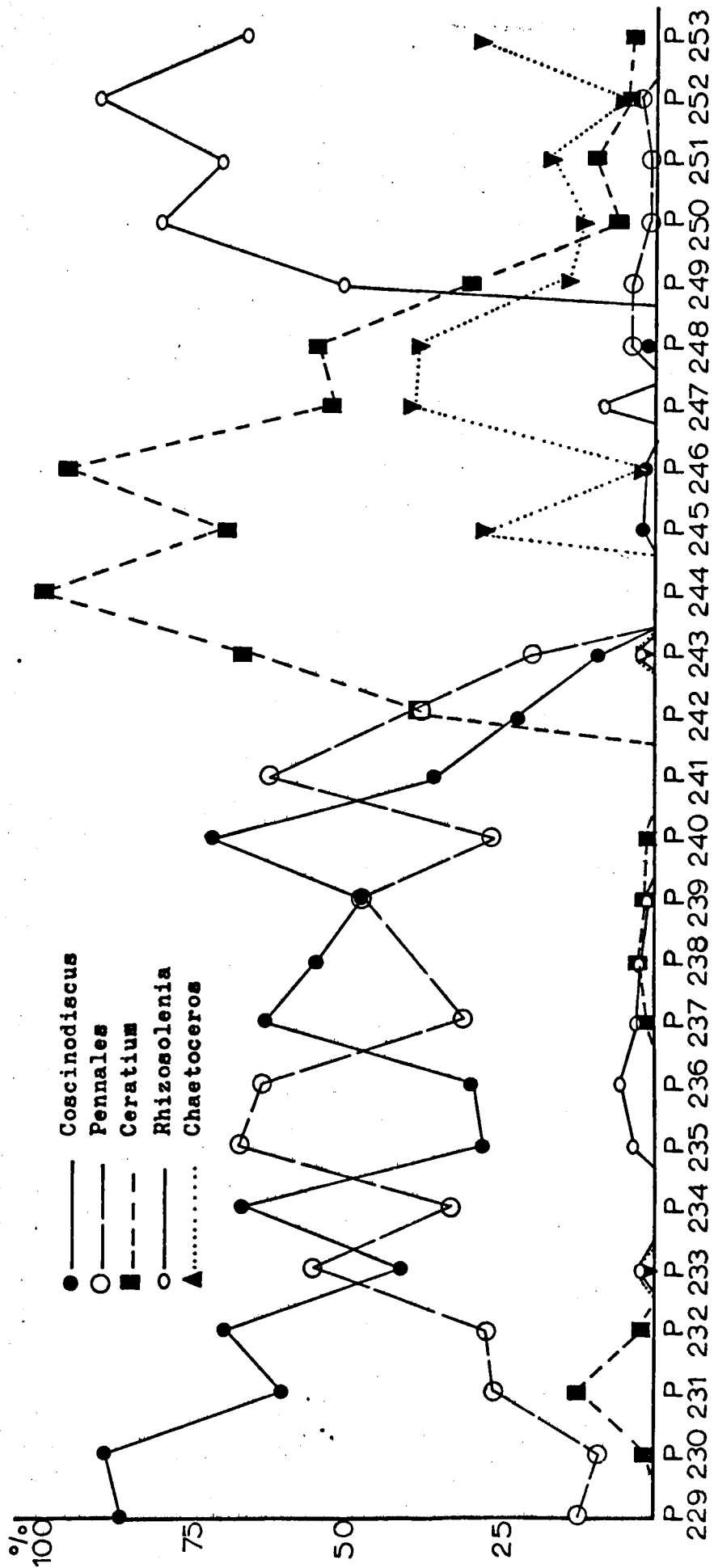


Fig.21 B

Dominantie van de verschillende groepen in het gebied ten noorden van de Guyana's in de maand april, uitgezet als procenten per monster.

Alle aantallen werden omgerekend in percentages van het totaal van het betrokken monster. Omdat er geteld werd bij een vergroting van 10 x 10 werden de kleinere soorten niet geteld. Hierdoor is het mogelijk dat een soort als Skeletonema costatum (Greville) in deze globale tellingen niet voorkomt, terwijl Cadée (pers.med.) deze soort voor de kust als dominant vindt.

De resultaten van de tellingen zijn weergegeven in figuur 21^{A,B}. Van de 35 getelde monsters waren er drie monsters waarin twee van de onderscheiden groepen diatomeeën in bijna even grote aantallen voorkwamen. Station P 233 bestond voor respectievelijk 41,20% en 55,86%, Station P 238 voor respectievelijk 55,10% en 40,25% en Station P 239 voor respectievelijk 48,42% en 48,24% uit Coscinodiscidae en uit Pennatae.

Bij alle overige monsters is de dominantie, \pm 70%, van één bepaalde groep diatomeeën duidelijker. Margalef (1967) spreekt in dit verband van monotoon plankton.

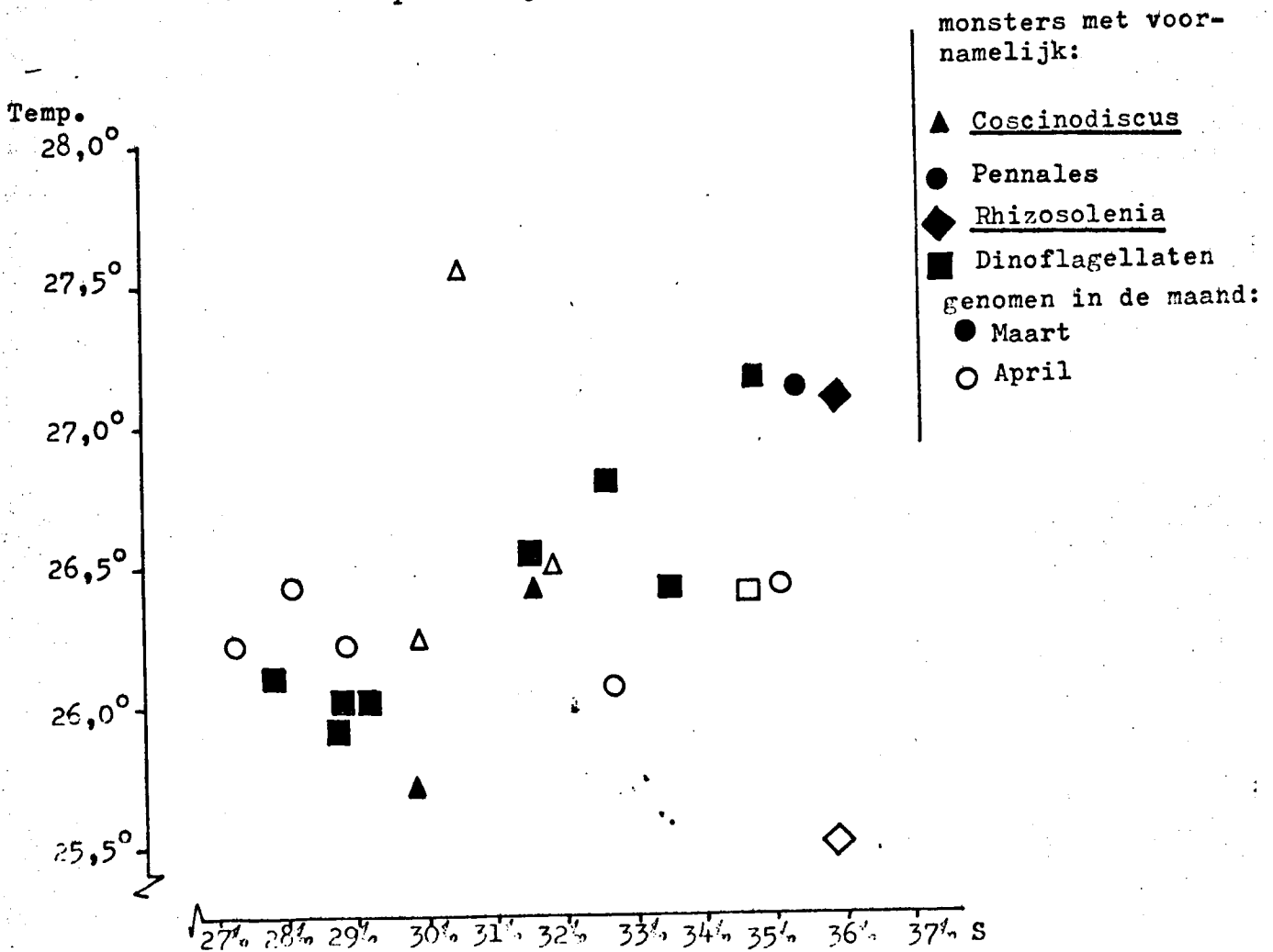


Fig.22 T.S. diagram voor het gebied ten noorden van de Guyana's.

Daar de soortensamenstelling van de monsters zo duidelijk verschillend is en ook in de volume en kleur kaarten duidelijk verschillende gebieden aanwezig waren, leek een verschil in watermassa's aannemelijk. Om dit na te gaan werden de verschillende monsters uitgezet in een temperatuur-saliniteit (T-S) diagram (Fig. 22). Hoewel hierin wel groepen van monsters onderscheidbaar zijn, lijkt het niet mogelijk de zo snel van samenstelling veranderende phytoplankton populaties te verklaren met behulp van dit diagram. Het leek daarom zinvol de phytoplankton samenstelling van enige monsters nader te bewerken.

Van de monsters P 230 tot en met P 233, P 235, P 237, P 238, P 240, P 243 en P 249 die in de maand april werden verzameld, werden de diatomeeën en dinoflagellaten gedetermineerd. Voor de nomenclatuur van de diatomeeën is uitgegaan van Cupp (1943).

Deze monsters liggen op één lijn (A in figuur 13) en wel zo, dat P 230 vlak voor de kust en P 249 het verst zeewaarts ligt. Er werd steeds één preparaat geteld per monster en de getallen in tabel I en II gegeven, kunnen slechts relatief worden bekeken. In de praktijk bleek het tellen van steeds één preparaat ruim voldoende. Het determineren van enige honderden individuen is reeds voldoende om een zinvolle indruk te krijgen van de diversiteit.

Het eerste dat opviel is het zeer lage aantal soorten. Zeker wanneer men bedenkt dat Wood (1966) voor het Amazone gebied een soortenlijst van 116 diatomeeën en 142 dinoflagellaten opstelde.

Tijdens de bloeiperiode van het phytoplankton is de diversiteit altijd minimaal. Margalef (1972) vindt ten noordoosten van Venezuela in de meest productieve maanden eveneens een kleine diversiteit. In de overige maanden is de diversiteit die hij vindt echter niet veel hoger.

De oorzaak van dit lage aantal soorten moet gezocht worden in de hydrografische situatie ter plaatse en in verband worden gebracht met de opstroming. Margalef (1967) zegt hierover het volgende: "Diversity drops in surfaces of hydrographic discontinuity when in such places there is an enhancement of production, just as diversity drops in a dome of upwelled water. It is accepted that such places of contact between different water masses may be better balanced in nutrient composition and in consequence are sites of actively growing populations. Not every species responds equally to

Tabel I

No.	SOORT	P230		P231		P232 ¹⁾		P233		P235 ¹⁾		P237 ¹⁾		P238 ¹⁾		P240 ¹⁾		P243		P244			
		A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N		
1	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> (Reife)	2	0,64									3	0,18	5	0,28	7	0,20	1	1,59		27	6,06	
2	<i>Meterianstrum delicatulum</i> (Cl.)																						
3	<i>Piddulubia mobilensis</i> (Neil)	8	2,56																				
4	" spec.											2	0,12										
5	<i>Chaetoceros compressus</i> (Lauder)			3	0,20	50	2,31	5	0,31	3	0,13	43	2,59	126	7,15	108	3,13	6	9,52		29	7,47	
6	" <i>decipiens</i> (Cl.)	1	0,32	7	0,48	3	0,14	2	0,13	4	0,18	7	0,42	5	0,28								
7	" <i>didymus</i> (Ehr.)							2	0,09	31	1,87	56	3,18	151	4,38			2	3,17		2	0,51	
8	" <i>Iorensonianus</i> (Grun)			22	1,02	5	0,31					33	1,87	39	1,13						26	6,70	
9	" <i>peruvianus</i> (Brightw.)	1	0,32	2	0,14	1	0,05	2	0,13			1	0,06	4	0,23	3	0,09				4	1,03	
10	" <i>vanhureki</i> (Grun)			25	1,16					4	0,18	3	0,18										
11	" spec.											23	1,38	10	0,57								
12	" spec.											5	0,28										
13	<i>Concinodiscus asteromphalus</i> (Ehr.)	44	14,06	166	11,29	46	2,13	142	8,96	35	1,56	58	3,49	45	2,55	105	3,04	1	1,59				
14	" <i>concinuus</i> (W. Schmidt)	35	27,16	17	1,16	599	27,72	195	12,30	250	11,13	580	34,92	376	21,33	1380	40,00	5	7,94				
15	" <i>excelsus</i> (Ehr.)	2	0,64	1	0,07																		
16	" <i>lineatus</i> (Ehr.)	2	0,64																				
17	" <i>radiatus</i> (Ehr.)	9	2,87	1	0,07																		
18	<i>Cyclotella costata</i> (Kütz.)	26	8,31	2	0,14							1	0,06										
19	<i>Ditylum brightwellii</i> (Grun)	60	19,17	6	0,41	1	0,05	1	0,06	8	0,36	1	0,06										
20	<i>Gyrodinium</i> spec.	3	0,96																				
21	<i>Hemialaus hauckii</i> (Grun)	2	0,64					5	0,31	8	0,36	1	0,06	2	0,11						11	2,83	
22	" <i>membranaceus</i> (Cl.)																						
23	" spec.	3	0,46	20	1,36	10	0,46	7	0,44	4	0,18	5	0,30	2	0,11	2	0,06						
24	<i>Ittacha marata</i> (Cl.)	1	0,32	53	3,60	12	0,55	559	35,27	896	39,91	130	7,83	602	34,15	695	20,14	4	6,35		1	0,26	
25	" spec.			1	0,07																		
26	" spec.																						
27	<i>Chironomonis alata</i> (Bright)																						
28	" <i>cylinus</i> (Cl.)																						
29	" <i>setigera</i> (Bright)																						
30	" <i>stolterfothii</i> (Hilfer.)			33	2,24	7	0,32	24	1,51	103	4,59	174	10,48	74	4,18	47	1,36	2	3,17				
31	" <i>styliformis</i> (Bright)									2	0,09												
32	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville)	13	4,15	913	62,11	937	43,36	185	11,67	236	10,51	64	3,85	57	3,23	230	6,66	5	7,94		185	47,66	
33	<i>Thalassiothrix delicatula</i> (Cups)			14	0,95	1	0,05	3	0,19	13	0,58	17	1,02	5	0,28								
34	" <i>frauenfeldii</i> (Grun)	23	7,99	127	8,64	331	15,32	440	27,76	673	29,98	481	28,96	319	18,09	536	15,54	29	46,03				
35	<i>Thalassionema nitzeoides</i> (Grun)	26	8,31	104	7,07	116	5,37	10	0,63	4	0,18	36	2,17	37	2,10	145	4,20						
313				1470		2161		1585		2245		1661		1763		3450		63					388

1) half preparaat geteld voor diatomeeën, voor dinoflagellaten heel preparaat geteld.

Tabel II

No.	M.O.C.	P230		P231		P232		P233		P235		P237		P238		P240		P243		P249	
		A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
1	<i>Zentronium intermedium</i> Pavillard	2	12,50																		
2	<i>Geratium fusus</i> (Ehr.) DuJardin	42	51,85	42	95,45	6	85,71	9	42,86	12	27,91	27	54,00	33	50,77	3	5,88				
3	" <i>Kerstensii</i> Pavillard																				
4	" <i>longicum</i> Kersten									1	2,32										
5	" <i>pentagonum</i> (Courret)	3	18,75	2	2,47									1	1,54						
6	" <i>masniliense</i> (Courret) Jörgensen									6	13,95	4	8,00	7	10,77	28	54,90				
7	" <i>teres</i> Kofoid									4	19,05	9	20,93	4	8,00	3	5,28				
8	" <i>tricorn</i> (O.F. Müller) Mitsush			1	2,27	1	14,29	8	38,09	15	34,88	15	30,00	23	35,38	13	25,49				
9	" <i>setaceum</i> Jörgensen																				
10	<i>Isiodora sphaerica</i> Murray and Whitting																				
11	<i>Gymnodinium</i> spec.	1	6,25																		
12	<i>Cystosira</i> spec.																				
13	<i>Peridinium</i> spec.	1	6,25	12	14,81																
14	" spec.	2	12,50	18	22,22	1	2,27														
15	" spec.	7	43,75	7	8,64																
		16	81	44	44	7	21	43	43	50	50	65	65	51	51	16	16				

11°50.0'N, P247

40

positie op de lijn
A in figuur 13

bodem diepte

stations nummer

09°09.3'N, 1620m, P243

08°56.6'N, 3130m, P240

08°37.5'N, 2945m, P238

08°15.3'N, 2769m, P237

07°28.9'N, 1400m, P235

07°10.5'N, 75m, P233

06°49.2'N, 49m, P232

06°28.3'N, 36m, P231

06°14.3'N, 21m, P230

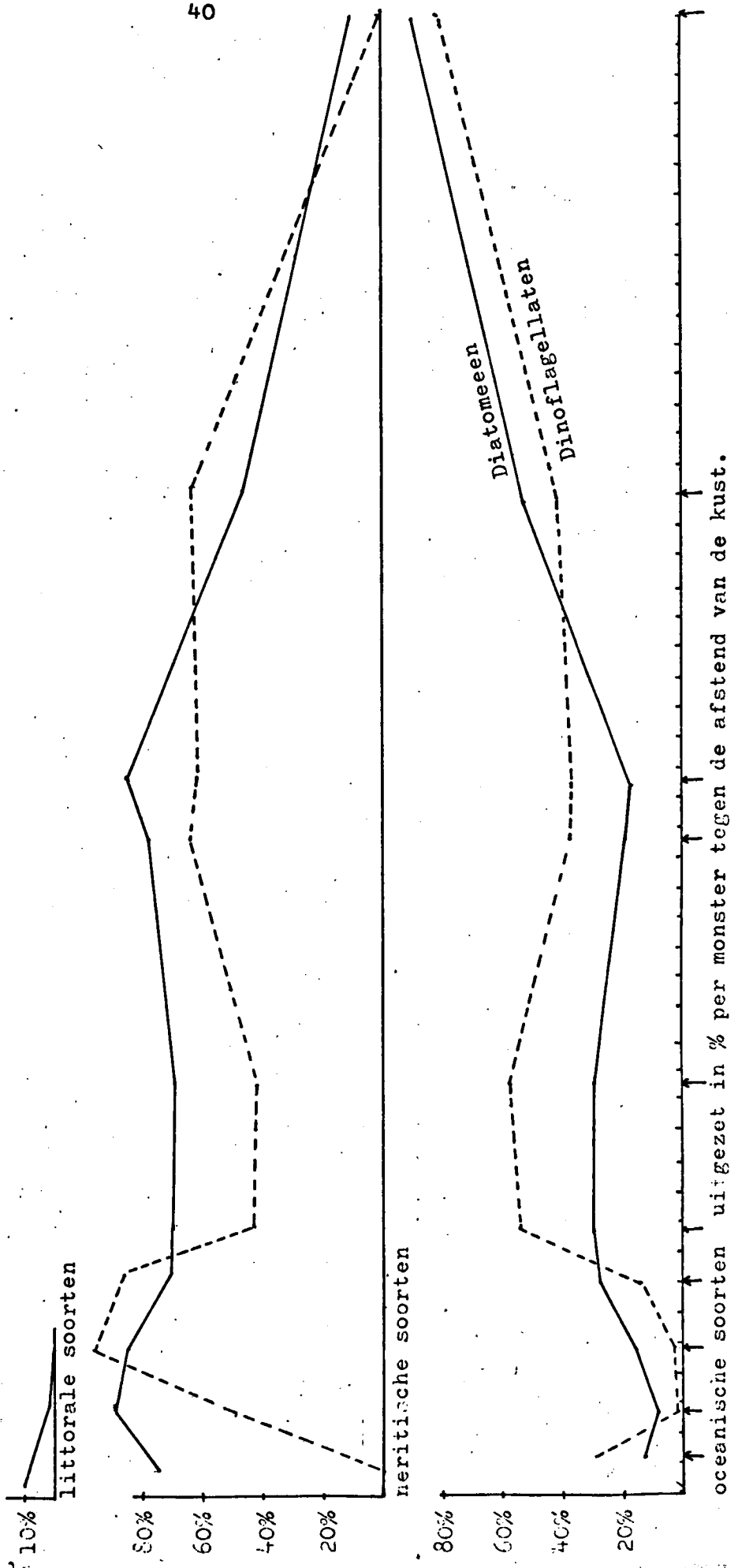


Fig.23 Verschuiving van flora samenstelling in een lijn loodrecht op de kust.

such opportunities because the specific rates of potential increase are different. Moreover, species dependent on other species respond with a certain time lag to the general increase of biomass. When the rate of increase of the whole population increases, when there is an acceleration in biomass, diversity drops."

In figuur 23 zijn de gedetermineerde soorten ingedeeld in littorale, neritische en oceanische soorten.

Station P 230 vlak bij de kust bevat nog 10% littorale soorten, die verder van de kust af niet meer voorkomen. Verder zeewaarts, station P 243 en P. 247, worden de neritische soorten verdrongen door oceanische.

Deze betrekkelijk geleidelijke overgang van een littorale, via een neritische, naar een oceanische flora is evident voor een normaal kustgebied zonder invloed van verschillende watermassa's. Eerder werd echter een situatie verondersteld van dicht bij elkaar liggende, zich nauwelijks mengende, verschillende watermassa's. Een zo keurige opeenvolging van de verschillende flora's werd dan ook niet verwacht. De gevonden gradient is echter zo duidelijk dat de gedachte van de verschillende watermassa's niet meer reëel is en Ryther e.a. (1967) het bij het rechte eind schijnen te hebben wanneer zij veronderstellen dat het Amazone water zich snel vermengt met de Guyana Stroom.

De enige onregelmatigheid in het patroon wordt gevormd door de toename van neritische soorten bij station P 238 en P 240 op ongeveer 8°50'N. Troost (1973) vindt in zooplankton verzameld met netten gedurende de cruises in 1970 een indicatie dat het hier onderzochte gebied langs lijn A geheel bestaat uit opstromingswater. Echter bij ongeveer 7° en 9°N vindt Troost in 1970 nog invloed van mengwater met mogelijk neritische eigenschappen, daar het gedeeltelijk bestaat uit rivierwater. Het voorkomen van zulk mengwater bij station P 238 en P 240 is dus ook hier niet geheel uit te sluiten. Al moet worden opgemerkt dat ook opstroming in de buurt van de monsters P 238 en P 240 het gevonden verschil kan veroorzaken zonder dat er een typisch ander waterlichaam aanwezig is. Voor deze laatste mogelijkheid spreekt ook de grotere productie gemeten in totale hoeveelheid biomassa.

GEMIDDELDE GROOTTE VAN TWEE COSCINODISCUS SOORTEN

De grootte variatie van diatomeeën wordt, o.a. in de palaeobotanie, veel gebruikt als ecologische indicatie (Margalef, 1969). Er is daarom getracht aan de hand van de grootte variatie van diatomeeën iets te zeggen over de verschillende watermassa's voor de kust der Guyana's.

Van twee, vrij talrijk voorkomende soorten: Coscinodiscus asteromphalus (Ehr.) en Coscinodiscus concinnus (Schmidt) werden de gemiddelde grootten in een dertiental monsters verzameld in de maand april bepaald. Deze monsters P 229 tot en met P 241 liggen (op de lijn A in figuur 13) voor de kust van Suriname. P 229 ligt het dichtst bij de kust en P 241 het meest zeewaarts. Van iedere soort werden per monster minimaal 200 individuen gemeten. De resultaten van die metingen zijn weergegeven in fig. 24^C. De verhoudingen waarin deze soorten ten opzichte van elkaar in de monsters voorkomen zijn weergegeven in fig. 24^B, terwijl in fig. 24^A temperatuur, zoutgehalte en hoeveelheid silicium uitgezet zijn. Bovendien is nog bekend dat alleen de monsters P 230 en P 231 fosfor bevatten; respectievelijk 1.1 en 0.25 mgrat/liter. In figuur 25 is de gemiddelde grootte van de twee soorten uitgezet tegen de temperatuur, het zoutgehalte en de hoeveelheid silicium (met cirkels weergegeven). Hierin bevatten het bovenste en rechter monster fosfor.

Uit de figuren 24 en 25 blijkt dat in de monsters die fosfor bevatten Coscinodiscus concinnus aanmerkelijk kleiner is dan in de monsters waarin geen fosfor werd aangetoond. Voor Coscinodiscus asteromphalus geldt dit juist niet.

De temperatuur (Fig. 25^A) vertoont geen duidelijke correlatie met de grootte. Bij Coscinodiscus asteromphalus werden de grootste individuen gevonden bij 27,5° C en de kleinste bij 27,4° C; voor C. concinnus werden de grootste cellen bij iets lagere temperatuur gevonden, maar ook de kleinste komen bij deze temperatuur voor. Wimpenny (1936) merkt in verband met de temperatuur op dat soorten van het genus Coscinodiscus kleiner zijn in kouder water. Hendey (1937) vindt relatief grotere cellen in warmer water voor het genus Chaetoceros. Dat deze relaties hier niet worden gevonden wordt veroorzaakt door de te geringe temperatuurverschillen van de monsters.

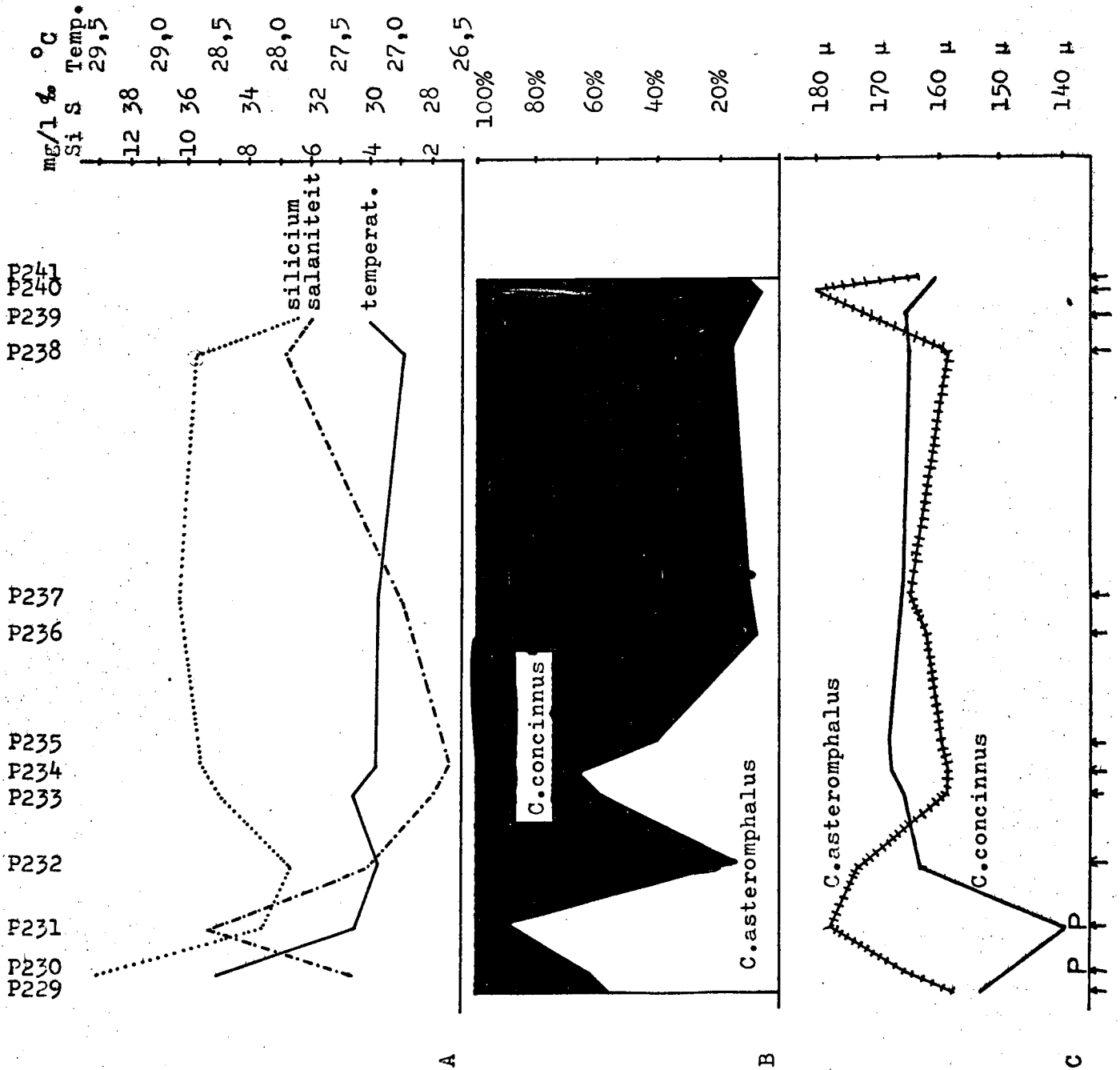


Fig.24 Vergelijking van grootte en abundantie van twee Coscinodiscus-soorten in relatie tot het milieu op een lijn loodrecht voor de kust.

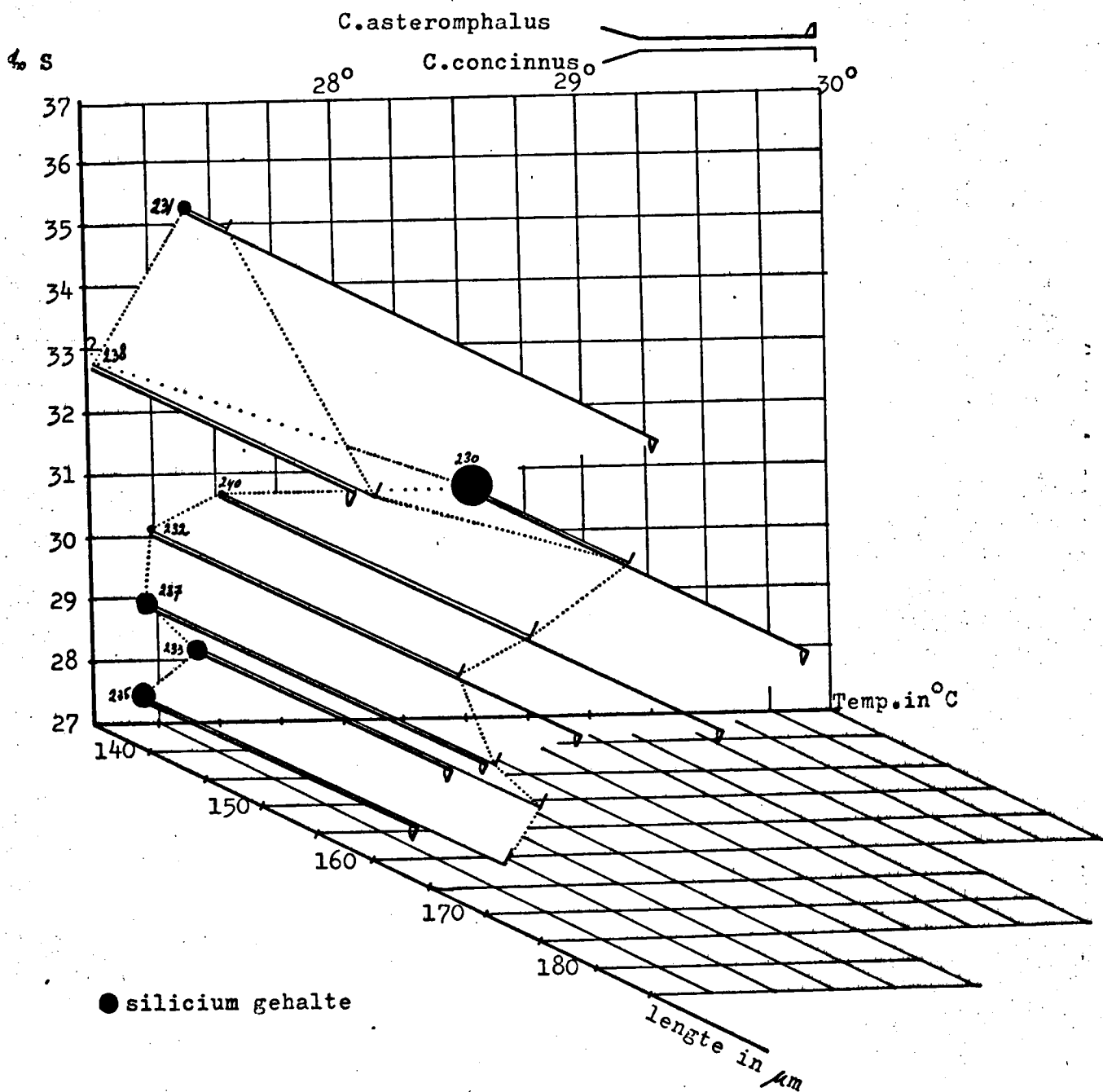


Fig.25 Vergelijking gelijk aan die in figuur 24.

Het zout- en Si-gehalte varieert in de monsters wel duidelijk. Wanneer men de monsters die phosphor bevatten buiten beschouwing laat, blijkt uit fig. 25 dat Coscinodiscus asteromphalus bij een toenemend zoutgehalte grotere cellen en bij een toenemend Si-gehalte van het water kleinere cellen heeft.

Voor Coscinodiscus concinnus is de correlatie veel duidelijker (Fig. 25), maar precies omgekeerd; bij een toenemend zoutgehalte worden kleinere cellen gevonden, terwijl een toenemend Si-gehalte aanleiding schijnt te geven tot het ontstaan van grotere cellen in de populatie.

De verklaring hiervoor is moeilijk te geven. Dat de twee soorten verschillend op de fysische omstandigheden reageren is wel duidelijk. Een mogelijke verklaring kan zijn dat Coscinodiscus asteromphalus een typisch neritische soort is, terwijl Coscinodiscus concinnus geregeld in meer oceanisch water wordt gevonden. Uit fig. 24^B blijkt ook dat Coscinodiscus asteromphalus verder van de kust steeds minder in de monsters aanwezig is. Monster P 238 toont echter weer een toename van de neritische soort, hetgeen overeenkomt met fluctuatie van de neritische soort (Fig. 23). De grote hoeveelheid C. concinnus in monster P 232 vindt echter geen parallel in de totale soortensamenstelling (Fig. 23).

Mariene diatomeeën blijken anders te reageren op temperatuurverschillen dan zoetwater soorten. Wimpenny (1936) vond -zoals reeds eerder vermeld- voor mariene soorten kleinere cellen wanneer ze leven bij een lagere temperatuur. Margalef (1969) vindt voor zoetwater soorten daarentegen altijd grotere cellen bij een lagere temperatuur.

Dit vergeleken met de besproken soorten levert op dat de oceanische soort groter is bij lager zoutgehalte (door minder celdeling en/of ten behoeve van een beter drijfvermogen), terwijl de meer neritische soort kleiner is bij lager zoutgehalte (door meer vegetatieve voortplanting zonder dat aanpassing aan verminderd drijfvermogen behoeft te worden geboden), wanneer de temperatuur weinig verschilt.

De verhouding tussen de twee soorten, noch hun gemiddelde grootte levert een indicatie voor het bestaan van verschillende watermassa's in het onderzochte gebied.

RESULTATEN

II

VOLUME EN KLEUR VAN DE MONSTERS IN HET CARAÏBISCHE GEBIED

Het eerste dat in de figuren 2 tot en met 12 opvalt is dat het oostelijk gedeelte van de Caraïbische Zee veel minder verschillen in totale volumina en kleur laat zien dan gevonden voor de kust der Guyana's.

De grootste volumina bezonken materiaal werden gevonden in januari (Fig. 2^{A+B}) voor de kust van Venezuela. Gedurende alle andere maanden liggen de gevonden waarden aanmerkelijk lager. In maart, augustus en oktober zijn er geringe verhogingen, maar gezien de in dit gebied vlak voor de kust veronderstelde opstroming zijn de hoeveelheden aan de lage kant. De enige duidelijke aanwijzing voor een hoge primaire produktie vinden we in oktober (Fig. 11^{A,B,C,D}) in de Golf van Maracaïbo.

Hulbert (1966) vindt in april voor de kust van Venezuela planktonconcentraties boven de 700 cellen per millimeter. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het feit dat de opstroming in deze gebieden van jaar tot jaar zeer verschillend zou zijn. Curl (1960) veronderstelt bovendien dat in gebieden, zoals bij het eiland Margarita, door de opstroming de troebelheid van het water dermate hoog is dat primaire produktie niet mogelijk is.

Bij de ondiepten ten oosten en rond de Virgin eilanden vinden we in enkele maart monsters (Fig. 4), de nachtmonsters van juni (Fig. 7) en in de maanden september (Fig. 9) en oktober (Fig. 10) meer bezonken materiaal dan in de overige maanden.

In het Venezuela Basin is de situatie niet veel duidelijker. De grootste volumina worden gevonden in september (Fig. 9) en in enkele juni monsters (Fig. 7). In de maanden maart en april is er wel een geringe verhoging van de volumina, maar er is zeker geen sprake van een verhoogde produktie (Fig. 4 en 5).

Ryther (1963) toonde aan dat de primaire produktie in tropische, oceanische wateren laag is. Bovendien veronderstelt hij dat seizoens-cycli van de primaire produktie in open tropische oceanen waarschijnlijk afwezig zijn, wanneer het oppervlaktewater aan de basis van de euphotische zone thermisch stabiel is. (Ryther en Menzel, 1960).

Deze stabiliteit is hier niet te verwachten, door de vele watermassa's die hier mengen, zodat seizoenscycli waarschijnlijk wel aanwezig zijn, zeker in de meer neritische gebieden. In de maanden februari, mei, juli, november en december is steeds lage produktie gevonden; slechts geringe verhogingen zijn gevonden in maart, april en juni, zodat globaal kan worden vastgesteld dat produktie toppen in dit Caraïbische gebied optreden in januari en de periode augustus-oktober, hetgeen voor tropische wateren niet bevreemdend is.

Voor het bepalen van een seizoenscyclus voor het gebied ten westen van Trinidad ontbreken de benodigde monsters. Voor de Guyana's liggen de produktie toppen misschien iets later.

Hoewel in de meeste figuren het verschil tussen dag- en nachtmonsters wel duidelijk is, wordt de verticale migratie van het zooplankton het duidelijkst gedemonstreerd in de maanden april (Fig. 5^{C,D}), mei (Fig. 6^{C,D}), oktober (Fig. 10^{C,D}) en september (Fig. 11^{C,D}). Calef en Grince (1967) vonden in de maanden mei en juni een toename van de zooplankton populatie.

Merkwaardig is dat in mei (Fig. 6^{C,D}) en in juni (Fig. 7^{C,D}) 's nachts aanmerkelijk meer phytoplankton wordt gevangen dan overdag.

VERHOUDING ZAND, DETRITUS, PHYTO- EN ZOOPLANKTON

Voor het Venezuela Basin bleek het mogelijk een -zij het gebrekkige- seizoenscurve op te stellen aan de hand van monsters genomen op een positie van ongeveer 14°N 67°W. De resultaten van de tellingen zijn weergegeven in fig. 26. Door de wijze van bemonsteren zijn de getallen laag, maar de monsters zijn wel onderling vergelijkbaar.

De hoeveelheid zand is gedurende het gehele jaar vrij constant en maakt nooit meer dan 8% van het monster uit. Gezien de diepte ter plaatse is dit een normaal beeld.

Detritus is eveneens weinig aan schommelingen onderhevig. Alleen in monster P 577 van 7 juni werd opvallend veel detritus ge-

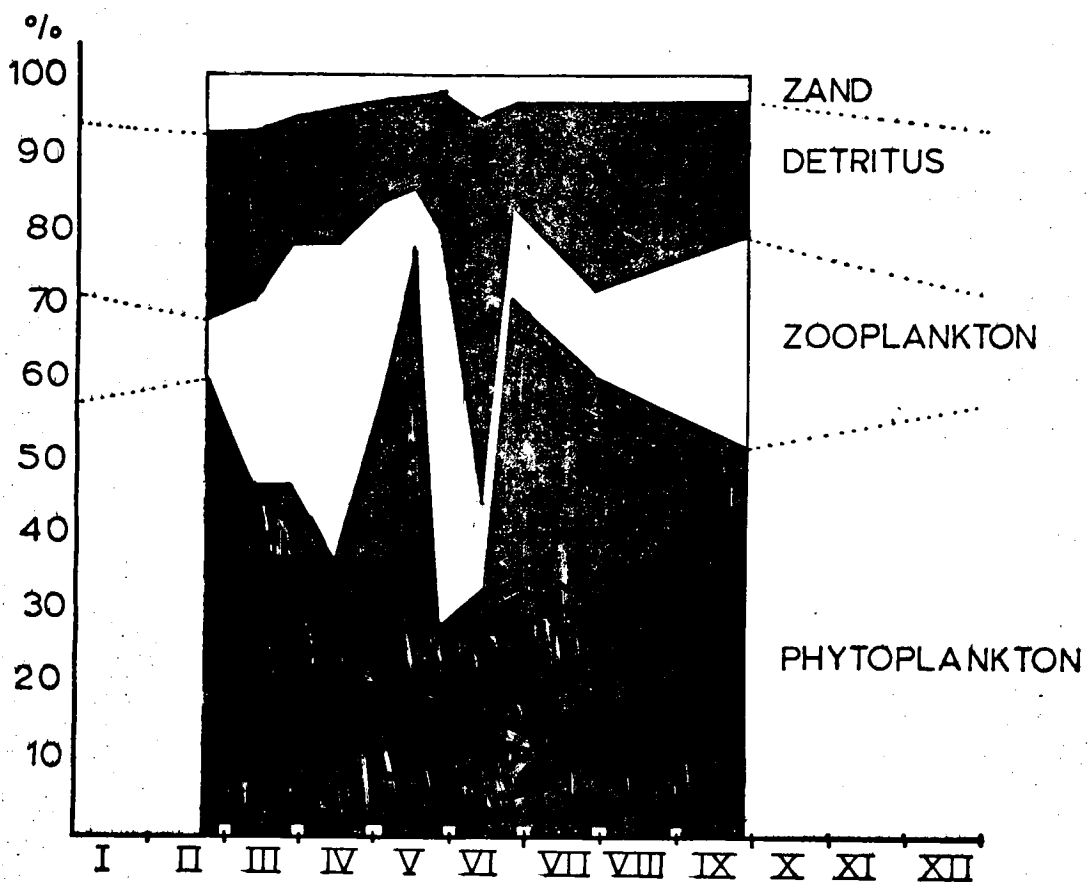


Fig.26 Seizoenscurve van de monster samenstelling in het oostelijk Caraïbische gebied.

vonden. In het monster P 546 van 27 mei, hetgeen dus tien dagen eerder werd verzameld, werd zeer veel zooplankton (52%) gevonden, waarvan op 7 juni niet veel meer was terug te vinden (10%). Het ligt dus voor de hand te veronderstellen dat de grote hoeveelheid detritus veroorzaakt werd door de zooplankton bloei van tien dagen eerder. Hierbij dient er rekening mee te worden gehouden dat de stroom de populatie en het detritus verplaatst. Het is echter ook duidelijk dat de zooplankton opbloei niet lokaal hoeft te zijn geweest, zodat dezelfde opbloei elders het detritus ter plaatse kan hebben opgeleverd.

Het phytoplankton vertoont twee duidelijke minima en twee even duidelijke maxima. De minima worden gevonden op 13 april en 27 mei, beide gecorreleerd met zooplankton maxima. Hulburt (1966) vindt in hetzelfde gebied in april evenmin veel phytoplankton. Hij geeft getallen op van 1,1 - 6,9 cellen per millimeter. Een grote phytoplankton bloei zien we op 11 mei en 18 juni, wanneer de monsters voor meer dan 70% uit phytoplankton bestaan.

Het zooplankton bereikt een maximum op 27 mei, twee weken na de phytoplankton bloei. Ook na de bloei van 18 juni neemt het zooplankton in hoeveelheid toe. De successie van phyto- en zooplankton is dus duidelijk.

Uit deze serie valt niet af te leiden hoe de produktie in de wintermaanden is. Voor de zomerperiode blijkt de opbloei (mei en juni) vroeger te liggen dan in het gebied vlak voor de kust het geval is. Misschien speelt hier een rol dat de euphotische laag stabiel is dan in het neritische gebied, waardoor uitgesproken seizoenscycli achterwege blijven (Ryther en Menzel, 1960). De hier gevonden twee maxima in phytoplankton hoeveelheid zouden dan veel eerder wijzen op gedurende het gehele jaar voorkomende schommelingen. Dit laatste is des te aannemelijker, daar hieronder zal blijken dat de tweede opbloei geen herstel van de phytoplankton populatie inhoudt, maar eerder een vervanging door andere populaties inhoudt, zodat er sprake is van een zekere successie.

SOORTENSAMENSTELLING

In figuur 27 is de seizoenscurve van het phytoplankton nader uitgewerkt.

Hieruit blijkt dat de in de vorige paragraaf gevonden maxima van 11 mei en 18 juni veroorzaakt worden door verschillende organismen. Op 11 mei bestaat het monster vrijwel uitsluitend uit blauwieren. De piek van 18 juni wordt veroorzaakt door Chaetoceros soorten.

Op de monsters P 498 en P 594 na bevatten alle monsters overwegend blauwieren. Dinoflagellaten nemen, behalve in de monsters P 498, P 594 en P 626 overal de tweede plaats in. In P 498 zijn ze zelfs de meest voorkomende groep. In P 594 en P 626 zijn respectievelijk Chaetoceros en Rhizosolenia soorten overheersend.

Dat de dominantie van Chaetoceros wordt overgenomen door Rhizosolenia is een normale successie (Margalef, 1967). Dezelfde successie zien we in de samenstelling van de monsters P 229 t/m P 253 waar van west naar oost elkaar opvolgen: eerst afwisselend Coscinodiscus en Pennatae, waarna de Pennatae worden verdrongen door Chaetoceros, die weer door Rhizosolenia wordt verdrongen. Langs dit tracé is de stroom hoofdzakelijk van west naar oost, zodat de monsters de "veroudering" van de flora van de watermassa laat zien. Dit gebeurt in deze seizoenscurve twee maal: op 13 april vormt Chaetoceros de dominante diatomeeën groep, op 30 april heeft Rhizosolenia deze rol overgenomen. Hetzelfde zien we in de monsters P 594, waarin Chaetoceros weer veruit dominant is, maar in P 262 is Rhizosolenia weer de meest voorkomende soort.

Merkwaardig is dat de Pennatae in de monsters P 454, P 498, P 543, P 574, P 594 en P 626 in redelijke aantallen voorkomen, maar in de tussenliggende stations volledig afwezig zijn. Iets soortgelijks kan gezegd worden van de Coscinodiscus soorten die aanvankelijk, zij het in kleine aantallen, in alle monsters worden gevonden, maar vanaf 30 april afwisselend wel en niet voorkomen.

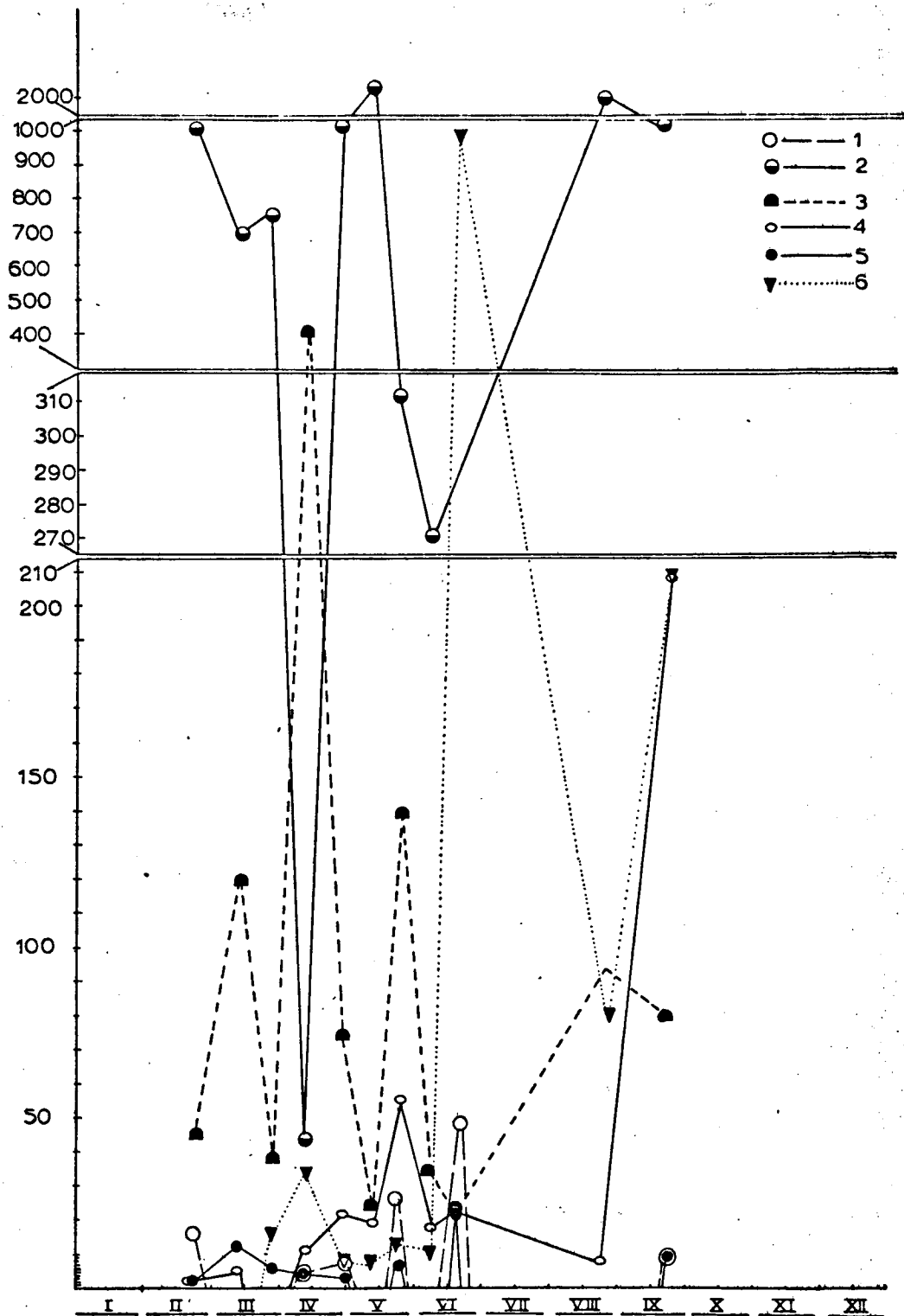


Fig.27 Seizoenscurve, zie figuur 26, voor enkele plankton soorten.

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. Pennales | 4. Rhizosolenia |
| 2. Blauwwieren | 5. Coscinodiscus |
| 3. Ceratum | 6. Chaetoceros |

DISCUSSIE

De kaarten waarin het volume gefiltreerd plankton materiaal en de kleur van de monsters worden weergegeven laten zien dat er voor de kust der Guyana's sprake is van een grote primaire produktie. Zowel in maart (Fig. 4) als in april (Fig. 5) is deze produktie het grootst op enige afstand van de kust. Vlak voor de kust en verder zeewaarts bij de continentale sloop is deze produktie aanzienlijk lager. Dit blijkt eveneens duidelijk uit de figuren 13 tot en met 20, waarin de verhouding zand, detritus, phyto- en zooplankton is weergegeven. Hulburt e.a. (1969) en Cadée (pers.med.) vinden iets oostelijk van de hier besproken monsters voor de kust een vrij smalle strook met een grote primaire produktie in deze maanden. Deze produktie is alleen verklaarbaar met de opstroming van voedselrijk en speciaal stikstofrijk water bij de continentale sloop, omdat het emissie water van de Amazone nauwelijks fosfaten en nitraten bevat (Ryther e.a., 1969). Deze opstroming verklaart ook de relatief grote hoeveelheid zand, gevonden in de monsters voor de continentale shelf (Fig. 13 en 17).

Wanneer men de soorten bekijkt die in de verschillende monsters dominant zijn en dus de grootste primaire produktie uitmaken (Fig. 21), blijkt dat steeds andere groepen diatomeeën in de vlak bij elkaar liggende en kort na elkaar genomen monsters dominant zijn. Dit zou kunnen betekenen dat er verschillende watermassa's zijn, waarin voor de verschillende diatomeeën groepen de optimale omstandigheden heersen om tot bloei te komen. Deze watermassa's zouden zich dan niet of nauwelijks vermengen, waardoor dit soort opbloei kan ontstaan. Het bleek echter niet mogelijk een duidelijk verband te leggen tussen de verschillende phytoplankton populaties en de physico-chemische gegevens (Fig. 22). Het is derhalve niet duidelijk of en zelfs onwaarschijnlijk dat er hier inderdaad sprake is van verschillende watermassa's. De verschillen tussen aangrenzende watermassa's zijn in dit gebied, waar een continue waterverplaatsing optreedt, veeleer afspiegelingen van verschillende fasen van de successie reeksen van éénzelfde opbloei top.

De diversiteit van de onderzochte monsters is bijzonder laag (tabel 1 en 2), hetgeen weliswaar normaal is tijdens een bloei-periode, maar een diversiteit die bepaald wordt door 35 soorten

diatomeeën is zelfs met opbloei van phytoplankton alleen niet te verklaren. Deze lage diversiteit wordt dan ook veroorzaakt door de hydrografische situatie, want in gebieden waar sprake is van opstroming daalt de diversiteit (Margalef, 1967).

Wanneer men de gevonden soorten diatomeeën en dinoflagellaten verdeelt in littorale, neritische en oceanische soorten (Fig. 23) ontstaat een normaal beeld, d.w.z. een keurige gradiënt.

De kustmonsters bevatten veel littorale soorten; in het gebied waar de primaire produktie het hoogst is worden voornamelijk neritische soorten gevonden en voorbij de continentale shelf is de populatie typisch oceanisch van samenstelling.

Op grond hiervan is naar mijn mening de veronderstelling dat in dit gebied de verschillende watermassa's zich niet mengen niet houdbaar en lijkt de suggestie van Ryther e.a. (1967) dat het Amazone water zich snel mengt met het water van de Guyana Stroom juist. De aanduiding van een meer neritische watermassa verder van de kust bij de monsters P 238 en P 240 doet hieraan geen afbreuk.

De onderzochte relatie tussen de gemiddelde grootte van twee Coscinodiscus soorten en de hydrografische omstandigheden (Fig. 24, 25) geven evenmin grond aan de veronderstelde verschillende watermassa's. Dit was ook nauwelijks te verwachten, omdat tot nu toe de grootte verandering van diatomeeën alleen in verband gebracht kon worden met temperatuursverschillen (Wimpenny, 1936, 1946, 1966; Margalef, 1969). In de onderzochte monsters is echter geen sprake van een grote temperatuurgradiënt.

Merkwaardig is echter wel dat tussen de grootte van beide gemeten soorten en het zout- en Si-gehalte een relatie lijkt te bestaan. Coscinodiscus asteromphalus (Ehr.) heeft grotere cellen bij een toenemend zoutgehalte en de cellen zijn kleiner wanneer het Si-gehalte stijgt.

Bij Coscinodiscus concinnus (Schmidt) is dit verband veel duidelijker, maar precies omgekeerd. Dat deze twee soorten verschillend reageren wordt mogelijk veroorzaakt door het feit dat Coscinodiscus asteromphalus (Ehr.) een neritische soort is, terwijl Coscinodiscus concinnus (Schmidt) meer oceanisch is. Wat echter de betekenis is van de gevonden relaties is niet duidelijk en zal nader bekeken moeten worden.

Over de oceanografische situatie in het oostelijk gedeelte van de Caraïbische Zee valt op grond van de in dit verslag genoemde gegevens niet veel te zeggen. De monsternamen was zowel wat plaats als wat tijd betreft te onvolledig.

De Golf van Maracaïbo is de enige plaats waar een duidelijke primaire productie in oktober werd gevonden (Fig. 10). Gedurende alle andere maanden is in het gehele gebied geen duidelijke productie waargenomen. De hoeveelheid afgefilterd materiaal ligt dan ook aanmerkelijk lager in dit gebied dan voor de kust der Guyana's.

Gedurende het gehele jaar zijn de blauwwieren en de dinoflagellaten in de monsters die in verband met de seizoenscyclus werden onderzocht, overheersend (Fig. 27). Slechts in één monster van 18 juni was een Chaetoceros soort dominant. Hieruit blijkt duidelijk het oceanische karakter van dit gebied.

Een vergelijk van alle bestudeerde monsters duidt op een productie top in januari en een in de periode augustus-oktober.

Helaas bleek het niet mogelijk verbanden te leggen met de eerder in het kader van het Cicar-project gepubliceerde biotische gegevens (Van Halewijn, 1972; Troost, 1973), omdat deze resultaten gebaseerd zijn op monsters verzameld op andere tijden en in andere gebieden.

SAMENVATTING

In het kader van de Cooperative Investigations in the Caribbean and Adjacent Regions (Cicar-project) werd gedurende enkele cruises plankton verzameld. Tijdens 13 cruises werd daarbij gebruik gemaakt van een planktonpomp.

Dit verslag beperkt zich tot de monsters die met behulp van de pomp werden verzameld.

De hoeveelheden afgefilterd materiaal en de kleur van de monsters werden in kaart gebracht en aan de hand van preparaten werd de phytoplankton samenstelling nader bekeken. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen de monsters genomen voor de kust der Guyana's en de monsters verzameld in het oostelijk gedeelte van de Caraïbische Zee.

Voor de kust der Guyana's bleek in maart en april een grote opbloei van phytoplankton plaats te vinden. Deze opbloei bevindt zich op enige afstand van de kust boven de continentale sloop en wordt veroorzaakt door de opstroming van stikstofrijk water.

De veronderstelling dat voor de kust der Guyana's de verschillende watermassa's zich niet of nauwelijks mengen bleek op grond van de samenstelling van de phytoplankton populaties niet houdbaar. Er is zelfs sprake van een duidelijke gradiënt, waarbij littorale soorten vervangen worden door neritische, die op hun beurt weer plaats maken voor oceanische soorten.

De variatie in gemiddelde grootte van een tweetal Coscinodiscus soorten gaf geen nadere informatie over de verschillende watermassa's. De onderzochte soorten vertonen wel een typische relatie tot de aanwezige zout- en Si-gehalten.

Over de monsters verzameld in de Caraïbische Zee valt door onvolledigheid van de monsternamen en gebrek aan gegevens niet veel zinvols te zeggen; slechts een aanduiding van een produktie top in januari en een in de periode augustus-oktober werd gevonden.

SUMMARY

From 1970 up to 1973 plankton sampling was executed as part of the "Cooperative Investigations in the Caribbean and Adjacent Regions" (Cicar-project). For the stationlist one is referred to Van der Spoel & Koperdraat (1974).

During the cruises 21-23, 27-29, 31-35 and 37-38 a 3 PK Stork/Pelger vacuum pump was used for sampling.

The samples examined in this study are all pump samples. The plankton collected from 4500 litre filtered water was settled during 24 hours. The volumina were divided into six classes: 0-0.5 ml; 0.5-2 ml; 2-5 ml; 5-10 ml; 10-25 ml and 25 ml. The colour of the samples was distinguished as green, red, white and brown.

Slides made from subsamples showed that the red colour of the preserved samples stands for a high percentage (up to 93%) of zooplankton; green means that the sample consists mainly (78-94%) of diatoms with large volume, like Coscinodiscus species. The white colour is an indication of small diatoms and other phytoplankton, while the brown coloured samples contain more detritus (average 22.5%) than other samples.

The results of the volume and colour measurements are presented in figure 2-12. These maps show in the coastal waters of the Guyana's a high primary production. This production is in March (Fig. 4) as well in April (Fig. 5) high at a certain distance from the coast. Near the coast and further seaward near the continental slope the production is far lower. This also becomes clear in figure 13 up to 20, in which the ratio of sand, detritus, phyto- and zooplankton is given.

Hulbert a.o. (1969) and Cadée (pers.comm.) found in those months near the coast a small strip with a high primary production. The high production is caused by the upwelling of nutrient-rich water at the continental slope, because the Amazon outflow contains hardly phosphates and nitrates (Ryther a.o., 1969). This upwelling also explains the high quantity of sand found in the samples before the continental shelf (Fig. 13 and 17).

It appears that the diatoms which are dominant in the samples (Fig. 21) -taken in a short period and rather close- belong to different groups. This could be an indication for different water-masses in which the circumstances are optimal for the different diatoms.

It was not possible to discover a relation between the different phytoplankton populations and the physical and chemical data (Fig. 22). It is therefore improbable that the different phytoplankton populations are caused by different watermasses. They form rather different stages in the succession of one bloom.

The diversity of the phytoplankton (Tabel 1 and 2) is very low. Although this is normal during the bloom, the main reason for this low diversity must be found in the hydrographical situation; in regions with upwelling the diversity drops (Margalef, 1967).

In figure 23 the diatoms and dinoflagellates are divided into littoral, neritic and oceanic species. The coastal samples contain a lot of littoral species, in the region with a high primary production mainly neritic species are found and beyond the continental shelf the population is typical oceanic. On this ground the supposition that in this region different watermasses don't mix is untenable. The suggestion of Ryther a.o. (1967) that the outflow of the Amazon mixes fast with the Guyana current seems to be right.

The variation in average length of two Coscinodiscus species in relation to hydrographical circumstances neither gave further information about different watermasses (Fig. 24 and 25). Noteworthy is the relation that seems to exist between the length of both species and the salinity and Si-content of the sample. Coscinodiscus asteromphalus Ehr. has greater cells at a high salinity and smaller cells with increasing Si-content. With Coscinodiscus concinnus Schm. the relation is more clear, but just the reverse.

About the situation in the eastern Caribbean hardly any information can be offered. The sampling method was too incomplete. In October primary production is found in the Gulf of Maracaibo.

The quantity of settled material in these regions is considerably lower than off the coast of the Guyanas. During the whole year blue algae and dinoflagellates are dominant (Fig.37). Only in the sample of 18 June Chaetoceros was dominant. This indicates the oceanic character of the region.

A total impression of the samples shows a production period in January and in August-October.

LITERATUUR

- Balech, E., 1967. Dinoflagellates and tintinnides in the North-eastern Gulf of Mexico. - Bull. mar. Sc. 17 (2): 280-299.
- Boyer, C.S., 1927. Synopsis of North American Diatomaceae; Part I. Coscinodiscatae, Rhizoselenatae, Biddulphiatae, Fragilariatae. - Proc. Acad. Nat. Sc. Philad. 78 (suppl.): 1-228.
- Boyer, C.S., 1927. Synopsis of North American Diatomaceae; Part II. Naviculatae, Surivellatae. - Proc. Acad. Nat. Sc. Philad. 79 (suppl.): 229-583.
- Calef, G.W. & G.D. Grince, 1967. Influence of the Amazon River Outflow on the ecology of the Western Tropical Atlantic II. Zooplankton abundance, Copepod distribution with remark on the fauna of low salinity area. - J. mar. Res. 25 (1): 84-94.
- Cupp, E.E., 1943. Marine plankton diatoms of the West coast of North America. - Bull. Scripps Inst. Ocean. Univ. California 5 (1): 1-238.
- Curl Jr., H., 1959. The phytoplankton of Apalachee Bay and the Northeastern Gulf of Mexico. - Inst. mar. Sc. Univ. Texas 6: 277-320.
- Curl Jr., H., 1960. Primary production measurements in the north coastal waters of South America. - Deep Sea Res. 7: 183-189.
- Davis Jr., L.C., 1964. The Amazon's rate of flow. - Nat. Hist. 73: 14-19.
- Eisma, D., 1970. Oceanographic observations on the Surinam shelf. - Hydrographic Newsletter, Spec. publ. 5: 21-53.
- Freese, L.R., 1952. Marine diatoms of Rockport, Texas Bay Area Texas. - J. Sc. 4 (3): 331-386.
- Fukuoka, J., 1971. The meandering of the ocean current east of Guyana. - Bol. Inst. Ocean. Univ. Oriente 10 (1): 25-28.

- Hulbert, E.M., 1966. The distribution of phytoplankton and its relationship to hydrography, between southern New England and Venezuela. - *J. mar. Res.* 24 (1): 67-81.
- Hulbert, E.M. & Nathaniel Corwin, 1969. Influence of the Amazon river Outflow on the ecology of the Western Tropical Atlantic III. The planktonic flora between the Amazon river and the Windward Islands.- *J. mar. Res.* 27 (1): 55-72.
- Margalef, R., 1967. Some concepts relative to the organization of plankton. - *Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev.* 5: 257-289.
- Margalef, R., 1969. Size of centric diatoms as an ecological indicator. - *Mitt. intern. Ver. theoretische Angewandte Limnol.* 17: 202-210.
- Margalef, R., 1972. Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe. *Inv. Pesq.* 36 (2): 241-264.
- Peragallo, M. & M. Peragallo, 1897-1908. Diatomeés Marines de France et des districts maritimes voisins. - *Texte et Tables Atlas. M.J. Tempère, Grez sur Loing.*
- Rattray, J., 1888-1889. A revision of the Genus *Coscinodiscus* and some allied Genera. - *Proc. roy Soc. Edinb.* 16: 449-692.
- Ryther, J.H. & D.W. Menzel, 1960. The seasonal and geographical range of primary production in the Western Sargasso Sea. - *Deep Sea Res.* 6: 235-238.
- Ryther, J.H., D.W. Menzel & N. Corwin, 1967. The influence of the Amazon River outflow on the ecology of the Western Tropical Atlantic I. Hydrography and Nutrient Chemistry. - *J. mar. Res.* 25 (1): 69-83.
- Sournia, A., 1967. Contribution à la connaissance des péridinies microplanctoniques du Canal de Mozambique. - *Bull. Mus. nat. Hist. nat.* 39 (2): 417-438.
- Sournia, A., 1967. Le genre *Ceratium* (péridinien planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution à une revision mondiale. - *Vie Milieu, (Sér. A),* 18 (2, 3, A): 375-499.

- Proost, D.G., 1973. Onderzoek aan enkele groepen uit het plankton verzameld in het kader van "Cooperative Investigations in the Caribbean and Adjacent Regions". - Verslagen technische Geg. Inst. Tax. Zool. 1: 1-93.
- Van der Spoel, S. & M.J. Koperdraat, 1974. Sample list of the Cicar (Cooperative Investigations in the Caribbean and Adjacent Regions) cruises 1970-1972. - Verslagen technische Geg. Inst. Tax. Zool. 3: 1-34.
- Van Halewijn, R., 1972. Report on marine ornithology, South-eastern Caribbean Sea and adjacent Atlantic Ocean. - Vrije Universiteit, Amsterdam (not published).
- Van Heurck, H., 1899. *Traité des Diatomées*. - Anvers.
- Wimpenny, R.S., 1936. The size of diatoms I. The diameter variation of *Rhizosolenia styliformis* Brightwell in particular and of pelagic marine diatoms in general. - J. mar. biol. Ass. U.K. 21: 29-60.
- Wimpenny, R.S., 1946. The size of diatoms II. Further observations on *Rhizosolenia styliformis* Brightwell. - J. mar. biol. Ass. U.K. 26: 271-284.
- Wimpenny, R.S., 1966. The size of diatoms IV. The cell diameter in *Rhizosolenia styliformis* Brightwell var. *oceanica*. - J. mar. biol. Ass. U.K. 46: 541-546.
- Wood, E.J.F., 1966. A phytoplankton study of the Amazon Region. - Bull. mar. Sc., 16 (1): 102-123.
- Wood, E.J.F., 1968. *Dinoflagellates of the Caribbean Sea and Adjacent Areas*. - Coral Gables, Florida, Univ. Miami Press, 148 pp.
- Wood, E.J.F., 1971. Phytoplankton distribution in the Caribbean region. - Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions, p. 399-410, Willemstad, Curacao.
- Wüst, G., 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean basins I. Spreading and mixing of the water types with an oceanographic atlas. - Columbia University Press, New York & London, 1-201 pp.

