

The background of the cover is a map of the Netherlands Continental Shelf, showing the North Sea and the various river estuaries and coastal areas. The map is rendered in a light yellow-green color against a darker green background.

BESCHRIJVING VAN HET

ABIOTISCH
(G. J. DE LANGE)

en

BIOTISCH
(H. HUMMEL)

MILIEU
VAN HET NEDERLANDS CONTINENTAAL PLAT

RAPPORT
SAMENGESTELD IN OPDRACHT VAN

STUNET
6 mei 1978

tevens Intern Rapport
NIOZ 1978 - 3

13045

I N H O U D

	Pagina
DEEL A	
ALGEMENE INLEIDING	1
DANKWOORD	2
DEEL B	
SAMENVATTING	3
SYNTHESE	11
CONCLUSIES en AANBEVELINGEN	14
DEEL C	
BESCHRIJVING van het ABIOTISCH MILIEU	
(Drs G.J. de Lange)	
I - STROMINGEN	17
II - BESCHRIJVING ZEEWATER	25
a - Temperatuur	25
b - Saliniteit	27
c - Nutriënten	28
d - Percentage opgelost zuurstof	36
e - Gesuspendeerd materiaal	37
f - Zware metalen	45
III - SEDIMENTEN	52
IV - INTERSTITIEËL WATER	60
BIJLAGE b ₁ : Organische stof	62
b ₂ : Pesticiden	63
b ₃ : Klimatologische omstandigheden	65
LITERATUUR	67
TABELLEN	90
FIGUREN	

DEEL D
BESCHRIJVING van het BIOTISCH MILIEU
(Drs H. Hummel)

INLEIDING	98
I - PHYTOPLANKTON	100
II - ZOÖPLANKTON	104
III - BENTHOS	106
de Infauna	109
de Epifauna	116
IV - VISSSEN	118
V - VOGELS	122
VI - MICRO-ORGANISMEN	124
VII - ORGANISCHE STOF IN HET ZEEWATER EN DE BODEM ...	125
LITERATUUR	127
TABELLEN	143
FIGUREN	

DEEL

A

ALGEMENE INLEIDING en DANKWOORD

ALGEMENE INLEIDING

In dit verslag wordt een overzicht gegeven van de huidige kennis van het abiotisch en biotisch milieu op het Nederlands Continentaal Plat. Het onderzochte gebied ligt in de oostelijke helft van de Zuidelijke Noordzee en in een deel van de Centrale Noordzee.

De studie is verricht in opdracht van de Stuurgroep Noordzee-eilanden en Terminals (STUNET).

Hiertoe is relevante literatuur samengevat en zijn gesprekken met diverse deskundigen gevoerd.

Door de nauwe relaties die bestaan tussen de abiotische en biotische elementen van het gehele systeem, geeft de hier gemaakte loskoppeling in het abiotisch en biotisch milieu een onvolledige weergave van de werkelijkheid.

De beschikbare tijd (7 maanden) liet echter een volledige integratie niet toe, zodat de tweedeling wel is toegepast.

Duidelijk is toch dat, behalve tijdgebrek, vooral het ontbreken van informatie en kennis oorzaak is van de vele hiaten in dit verslag. Gevolg hiervan is eveneens een "Synthese" waarin slechts enige markante punten aangewezen kunnen worden, zonder dat van een goede integratie van het biotisch en abiotisch milieu sprake kan zijn.

In deel B zijn de samenvattingen van de deelstudies gegeven tezamen met een synthese van enige biotische en abiotische milieufactoren, voorzover deze factoren niet in de samenvattingen zijn behandeld.

In deel C is een overzicht gegeven van het abiotisch milieu ; in deel D een overzicht van het biotisch milieu.

DANKWOORD :

De voor een dergelijk omvangrijk literatuuronderzoek onontbeerlijke steun van ter zake deskundige onderzoekers hebben wij op het NIOZ in volle omvang gekregen. Naast de verleende gastvrijheid en de met volle bereidwilligheid verstrekte informatie, waren er nog de vruchtbare gesprekken en discussies met diverse onderzoekers. Wij willen hier, zonder de pretentie van volledigheid, noemen : A.J. van Bennekom, J.J. Beukema, J.C. Duinker, D. Eisma, H.G. Fransz, W.W.C. Gieskes, J.H.F. Jansen, M.M. van der Loeff, S.B. Tijssen, J.H. Vosjan en J.T.F. Zimmerman.

Verder gaat onze dank uit naar al de bezochte instituten en instellingen, waar wij met grote hartelijkheid, bereidwilligheid en interesse voor de probleemstelling ontvangen werden. In het bijzonder denken we hierbij aan het Lowestoft-Laboratory (J.W. Ramster, J.A. Durance, D. Harding, R.R. Dickson, A.R. Folkard, C.W. Baker, P.G.W. Jones, D.S. Tungate), het RIVO-IJmuiden (N. Daan, M. Kat, R. Boddeke, A. Corten, J.F. de Veen), het IB/WL-Haren (W. Salomons) en het KNMI-De Bilt (L. Otto, M.A. Visser).

Met veel genoegen denken we terug aan de informatieve gesprekken, die we met enkele Belgische onderzoekers hebben kunnen voeren. Dit waren : voor de Vrije Universiteit Brussel:P. Polk, C. Joiris, voor de Université libre de Bruxelles:G. Billen. R. Wollast, voor de Rijksuniversiteit Gent:C. Heip, J.C.R. Govaere, voor het Ministerie voor Volksgezondheid:J.P. Mommaerts, en voor de Katholieke Universiteit van Leuven:F. Gullentops.

Verder werden nuttige gesprekken gevoerd met medewerkers van RWS-Deltadienst, Middelburg (J.P. Al), RWS- dir. Noordzee (J. Wiersma).

Tot slot gaat in het bijzonder onze dank uit naar de heren H. Postma en J.J. Zijlstra voor de begeleiding bij het onderzoek en het kritisch doorlezen van het concept-verslag.

DEEL *B*

SAMENVATTING en CONCLUSIES

SAMENVATTING

Abiotisch Deel

(De figuren en tabellen waarnaar verwezen wordt, staan in deel C).

Wat het abiotisch milieu betreft worden beschreven de waterbeweging, de temperatuur van het water, het water met opgeloste ionen en gesuspendeerd materiaal, sediment en sedimentbeweging, interstitieel water, organische stof, pesticiden en klimatologische omstandigheden.

Stromingen - De voor het Nederlands Continentaal Plat van belang zijnde watertypes zijn Kanaalwater, Engels kustwater, Continentaal kustwater Centrale Noordzee water (zie fig. 1).

Bij de aanvoer van water naar de Zuidelijke Noordzee spelen het Kanaal- en het rivier-water (Theems, Schelde, Maas en Rijn) een belangrijke rol. Het Kanaalwater door de grote hoeveelheid aangevoerd water ($4900 \text{ km}^3/\text{jaar}$), het rivierwater door de hoge concentraties nutriënten, gesuspendeerd materiaal, organische stof, pesticiden, zware metalen, etc... Zo is b.v. in figuur 15^{a-d} en figuur 18^{a-d}, die een gemiddeld beeld geven voor de temperatuur- en saliniteits-verdeling, duidelijk de invloed van het Kanaalwater te herkennen. De invloed van de rivieren beperkt zich voornamelijk tot het kustwater (zie b.v. fig. 19-22, fig 55,58).

De richting van de reststroom wordt door een aantal factoren bepaald, waarvan de belangrijkste wel de wind is. Verder zijn er afwijkingen van de reststroom-richting en -grootte mogelijk door langdurig meteorologische wijziging ten opzichte van de gemiddelde situatie.

Een groot aantal experimenten en waarnemingen wijst op het voorkomen van een verschil in oppervlakte- en bodemstroming in zowel richting als grootte. (zie fig 4, 5 & 8). Het lijkt dan ook noodzakelijk voor bepaalde problemen (zoals transport van gesuspendeerd materiaal) een onderscheid te maken in bodem- en oppervlakte-stroming. Er zijn aanwijzingen, dat het transport van gesuspendeerd materiaal over de bodem een kustwaartse component heeft.

Een goed globaal beeld van de reststroom wordt gegeven in figuur 9.

Getijstroomen hebben een belangrijke invloed op het transport van materiaal ; ze kunnen verticale verschillen in zowel grootte als richting hebben en ze zijn ongeveer een factor 10 sterker dan de reststroom (fig 13).

Gebaseerd op reststroom-gegevens en/of cijfers over aan- en afvoer van watervolumina kan een gemiddelde verblijftijd van het water in de Zuidelijke Noordzee berekend worden van 3-6 maanden.

Een proces, dat van groot belang is bij de verspreiding van opgeloste stof en deeltjes door de watermassa, is de diffusie/menging. De wind en het getij vormen de belangrijkste van invloed zijnde factoren.

Veel hierover is evenwel onbekend of onzeker.

Er mag voor de Zuidelijke Noordzee, behoudens enkele uitzonderingen (fig 2), uitgegaan worden van een gemiddeld homogene verdeling van de waterkolom voor wat betreft de temperatuur en de saliniteit. Dit is niet zo ten noorden van circa 54° N.B.

Algemeen geldt, dat vooral in het ondiepe kustwater de invloeden van het klimaat, getijstroom, riviertoever etc. het sterkst merkbaar zijn (zie o.a. fig 27). Zo is hier b.v. de seizoensfluctuatie in de temperatuur en de afwijking van de temperatuur en de saliniteit ten opzichte van het ICES-gemiddelde, het grootst (fig 17^{a-d}).

Behalve de abiotische invloeden zijn er nog de biotische, zoals plankton dat nutriënten consumeert en zuurstof produceert. Voor de nutriënten levert dit seizoenskaarten op (zie fig 19-22) met lage concentraties in voorjaar-herfst en hoge concentraties in de winter ; bij het percentage zuurstof in het kustwater geldt het omgekeerde. Uit het voorkomen van hoge percentages opgeloste zuurstof is af te leiden hoe de maximale primaire productie, na een aanvankelijk hoge productie in het vroege voorjaar, zo'n 50-75 km uit de kust, zich in de loop van voorjaar en zomer naar de kust toe verplaatst (fig 29).

Voor het Nederlandse kustgebied geldt, dat in het vroege voorjaar het silicaat en 's zomers, ondanks de elk jaar toenemende aanvoer door de Rijn (zie fig 23), het fosfaat, de beperkende factor is voor de plankton-productie.

Er kan naast de directe aanvoer van nutriënten door rivier- en Kanaalwater ook nog een aanvoer zijn vanuit het sediment. In het sediment vindt een afbraak van organische stof plaats (vooral in de kustzone) door micro-organismen, waarbij de concentraties van de nutriënten in het interstitiële water toenemen. De concentraties van de zware metalen nemen in het poriënwater eveneens toe, als gevolg van allerlei mobilisatie-processen, tot enkele malen de waarde van het oppervlaktewater. Door golfwerking, bioturbatie, etc. kunnen de nutriënten en zware metalen beschikbaar komen voor het oppervlaktewater. De aanvoer van nutriënten vanuit het sediment ligt in dezelfde orde van grootte als die door de rivieren of het Kanaal (Tabel 6,7). Er kan ook, door adsorptie/precipitatie processen, een verlaging van de concentraties in het oppervlakte water en daardoor een verhoging hiervan in het sediment optreden.

Naast de beschikbaarheid van nutriënten is het voor de planktongroei noodzakelijk, dat de hoeveelheid ingestraald licht, die o.a. bepaald wordt door de concentratie van het gesuspendeerd materiaal, boven een minimale waarde uitkomt. De concentratie van het gesuspendeerd materiaal varieert met het seizoen. Zo bereikt in de periode dec/mei minder dan 1 % van het daglicht de bodem in de Zuidelijke Bocht, in de periode juni/nov. meer dan 1 % (fig 50^{a,b}). De concentratie van, (vooral fijn), gesuspendeerd materiaal is aan de kust hoog (tot ca. 100 mg/l) en neemt zeewaarts af. De fijne fractie bevat relatief veel organische stof en zware metalen (zie fig 25, fig 60).

Zware metalen - voor de ecologische betekenis van de zware metalen is het belangrijk te weten in welke vorm deze voorkomen, omdat niet elke vorm in dezelfde mate beschikbaar is voor opname door organismen.

Er kan daartoe een indeling gemaakt worden, met de mogelijke reacties tussen de verschillende reservoirs (zie fig 51). In het estuarium treden belangrijke veranderingen op in zowel slibgehalte (fig 30) als -samenstelling en in de concentraties der zware metalen, opgelost zowel als verbonden aan slib (zie fig 57, 58 en 63). Er treden dan behalve de conservatieve menging met marien materiaal nog allerlei processen op, zoals adsorptie/desorptie en precipitatie/oplossing.

De concentraties van de zware metalen dichtbij de kust zijn, door de invloed der rivieren, hoger, dan verder uit de kust.

Voor zware metalen verbonden aan slib kan een onderscheid in verschillende fracties gemaakt worden (zie blz 48) - dan blijken Mn, Cd, Zn en Pb voor het grootste deel als hydroxiden etc. voor te komen, Cu vooral geassocieerd te zijn met de organische stof en Ni voornamelijk in de resistente fractie aanwezig te zijn (fig 59).

Sedimenten - de oppervlaktelaag van de sedimenten in de Zuidelijke Noordzee bestaat voornamelijk uit jong zeezand van holocene ouderdom, met een dikte van 10 m in het zuiden tot minder dan 1 m ten westen van Texel.

Er zijn verschillende bronnen van sedimentaanvoer te onderscheiden, elk met een geschatte hoeveelheid aanvoer (zie blz 37). De gemiddelde korreldiameter van het sediment neemt vanaf het Kanaal, van $>400 \mu$, geleidelijk af in noordelijke richting tot $<150 \mu$ op $53^{\circ}30'$ N.B.

Het transport van zand wordt wel gecorreleerd met de vorm van de op de zeebodem voorkomende structuren, zoals zandgolven.

Er kan een onderscheid gemaakt worden in zandruggen, zandgolven en megaribbels (fig 68,70). De zandgolven bedekken voor een groot deel de bodem van de Zuidelijke Noordzee; ze hebben een hoogte van 3-12 m en een golflengte van 30-600 m. Door aan te nemen, dat er transport van zand plaatsvindt in de richting van de steile kam van de zandgolven, kunnen er transport-richtingen afgeleid worden (zie fig 69). De verplaatsing van zandgolven in de Zuidelijke Noordzee lijkt mogelijk, gezien de overeenkomende vorm van de zandgolven en de aangetoonde verplaatsingen hiervan, in de Ierse zee (zie blz 56).

De grootte en richting van het transport in de Zuidelijke Noordzee van zowel zand als zand-ruggen en -golven en megaribbels is nog steeds onduidelijk. In de literatuur komen twee verschillende standpunten naar voren over de oorsprong en het transport van zandruggen en -golven: het ene schrijft het huidige bodemrelief toe aan relictten uit voorliggende periodes met lagere waterstanden en hogere stroomsnelheden; het andere beweert dat het bodemrelief nú gevormd wordt.

De gegevens over de organische stof, zowel als voor de pesticiden (die minstens zo belangrijk lijken te zijn voor de huidige milieu-belasting als de zware metalen) in de Zuidelijke Noordzee zijn onvolledig.

Opgemerkt dient te worden, dat alle metingen naar de in dit rapport genoemde grootheden, gedaan zijn bij een windkracht <5-6 Beaufort. De gegeven situatie-schetsen zullen dan ook steeds een "mooi weer" toestand weergeven ; het is daarom niet uitgesloten, dat bepaalde cijfers aan de lage kant zijn.

Biotisch Deel

De biotische elementen van het noordelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat zijn nauwelijks of niet onderzocht. Derhalve is de samenvatting, tenzij anders vermeld, alleen van toepassing op het zuidelijk deel van het Continentaal Plat (ten zuiden van 53,5° N.B.)

De literatuur, figuren en tabellen, waarnaar verwezen wordt staan in Deel D.

Voor al de biotische eenheden die in dit verslag worden besproken geldt dat er nog veel informatie ontbreekt. Het meest in het oog springt het ontbreken van kennis ten aanzien van de dynamiek van en de relaties binnen het ecosysteem van het Nederlands Continentaal Plat.

De oorzaak ligt voornamelijk in de schaarste aan metingen, en eenheid in de bepaling en berekening van de productie en consumptie van de verschillende biotische elementen. Daarenboven zijn de relaties met het abiotisch milieu nauwelijks bestudeerd.

Het maken van een model van de voedselketen voor het Continentaal Plat, waarin de voedingsstoffencycclus en de energiestroom naar voren komt, is door bovengenoemde feiten bijna niet mogelijk. Hier komt nog bij dat de rol van de micro-organismen weinig bestudeerd is zodat een belangrijke schakel ontbreekt. Met de beschikbare gegevens is het

slechts mogelijk om een deel van de voedselketen toe te lichten. Hiertoe is in Tabel VIII de productie en consumptie van organische stof voor een aantal schakels van de voedselketen samengevat.

Eind februari begint in open zee de phytoplanktonbloei. Eind april neemt de biomassa en productie van de algen, vermoedelijk door een nutriëntentekort, sterk af (fig 2^a).

Door de sterkere troebeling van het kustwater komt de phytoplanktonbloei in de kustzone later op gang (fig 2).

In de herfst vindt, vermoedelijk door het wegvallen van de begrazing van zoöplankton en misschien een opnieuw vrijkomen van de nutriënten, een tweede bloei plaats. In de kustzone is het water te troebel en de lichtintensiteit te zwak om een tweede bloei te geven, zodat evenzeer als in het voorjaar het effect van eutrofiëring niet tot uiting komt. Over het gehele jaar genomen is de productie in de kustzone door lichtbeperking lager dan in open zee (fig 3).

Het vermoedelijk temperatuurafhankelijke begin van de zoöplanktonbloei ligt in de tweede helft van maart. Het zoöplankton bestaat voornamelijk uit herbivore Copepoden en Tunicaten.

Voordat in april de biomassa van het zoöplankton aanzienlijk kan stijgen is in open zee de phytoplanktonbloei al weer ten einde. In de kustzone lopen de phyto- en zoöplanktonbloei meer synchroon zodat de productie van het zoöplankton juist in de kustzone hoger is dan in open zee.

De primaire en secundaire productie zijn in de Zuidelijke Noordzee 2 à 3 maal zo hoog als in de Noordelijke Noordzee (Tabel VIII). In de Noordelijke Noordzee is de productie van organisch materiaal nagenoeg in evenwicht met de consumptie door het zoöplankton, het benthos en de vissen. In de Zuidelijke Noordzee is de productie-consumptie verhouding voor de kustzone en open zee verschillend. In open zee is de productie van organisch materiaal groter dan de consumptie door het zoöplankton, het benthos en de vissen. Oorzaak hiervan kan zijn het asynchroon lopen van de phyto- en zoöplanktonbloei. Mogelijk wordt daarmee een deel van de geproduceerde organische stof door het zoöplankton onbenut gelaten, en weggevoerd voordat ze wordt

geconsumeerd. In de kustzone daarentegen is de productie van organische stof lager dan de consumptie van genoemde heterotrofen.

De concentratie aan gesuspendeerd organisch materiaal is in de kustzone het hoogst.

Ook de bacteriën, levend van het gesuspendeerd organisch materiaal, komen in de kustzone in hogere aantallen voor dan in open zee (Tabel VI).

De concentratie aan opgeloste organische stof is daarentegen overal gelijk (Tabel VII).

Het phytoplankton wordt geacht de belangrijkste bron van het opgelost en gesuspendeerd organisch materiaal te zijn. Het gesuspendeerd materiaal bestaat voornamelijk uit dode phytoplanktoncellen. De opgeloste stof ontstaat o.a. door afbraak van oude en dode phytoplanktoncellen en uitscheiding bij levende cellen.

Het macrobenthos, voornamelijk *Echinodermata*, *Lamellibranchiata* en *Polychaeta*, bereikt in de zomer de hoogste biomassa en aantallen (blz 114, tabel b). In de winter dalen de biomassa en aantallen tot gemiddeld 50 % van de zomerwaarden.

De strandzone is het armst en slechts enkele Crustaceeën en wormen worden hier aangetroffen. Gaande vanaf de kust neemt de diversiteit van het macrobenthos toe, mogelijk door een toenemende stabiliteit van het fysisch-chemisch milieu (Sanders, 1968).

Het macrobenthos heeft in zone 1 (fig 4 ; nagenoeg identiek aan de kustzone) de hoogste biomassa (Tabel III^d). De biomassa en productie in de open zee zone van de Zuidelijke Noordzee is ondanks een hogere primaire productie laag vergeleken met de rest van de Noordzee (Tabel III^d en VIII).

Mogelijke oorzaken van de lage productiecijfers voor het benthos zouden kunnen zijn :

- 1 - Relatief sterke stromingen (Hydrogr. Dienst 1965) zodat,
 - a - de larven zich niet kunnen afzetten op de bodem
 - b - voedsel voor het benthos niet kan bezinken en
 - c - het gebied te zandig is voor vestiging van vele benthische soorten.

- 2 - Mogelijk kustgerichte bodemstromen die de open zee "schoonvegen".

De hogere biomassa en productie van het benthos in de kustzone kan verklaard worden met de hogere concentratie aan organische stof en bacteriën, aangenomen dat het voedsel van het benthos deels uit organische stof en bacteriën bestaat.

De visvangst en visproductie in de Zuidelijke Noordzee zijn eveneens laag vergeleken met de Noordelijke Noordzee (zie blz 120, Tabel VIII). De lage productie van de vissen zou mogelijk veroorzaakt kunnen zijn door :

- 1 - de lage benthische productie en
- 2 - de aanwezigheid van vergeleken met de Noordelijke Noordzee, kleiner zoöplankton, waardoor de voedselketen langer wordt en de aan vissen "doorgegeven" energie minder wordt.

De kustzone van de Zuidelijke Noordzee is in de zomer en herfst zeer belangrijk als "kinderkamer" voor de schol, tong, haring en mogelijk kabeljauw en wijting (fig 14). De juveniele vissen verlaten laat in de herfst de "kinderkamers".

In de maanden november tot en met maart ligt in open zee ter hoogte van Zeeland en Zuid Holland een belangrijk gebied, waar paaiplassen van de schol, haring, kabeljauw, wijting en zandspiering samenvallen (fig 13).

SYNTHESE

Bij combinatie van een aantal biotische en abiotische factoren is er een drietal punten waarbij een mogelijk verband aan te wijzen is :

- 1 - De concentraties van de belangrijkste paaiplaatsen voor enkele vissoorten in de Zuidelijke Noordzee (D, fig 13) vallen samen met het Kanaalwater-gebied (C, fig 1). Het water in dit gebied heeft in de periode november/maart (de paaitijd van deze vissoorten) een gemiddelde temperatuur ($6-12^{\circ}\text{C}$), die tenminste 2°C hoger is dan die der omringende watermassa's in dezelfde periode (C, fig 17^{a-d}). Mogelijk ook om deze reden prefereren deze vissoorten, tijdens de paaitijd, het Kanaalwater-gebied. Een andere reden kan zijn de al vroeg in het voorjaar beginnende primaire productie in het Kanaalwater.

- 2 - De primaire productie is voor de Rijnmonding laag vergeleken met het "normale" kustwater (D, fig 3). De mogelijke oorzaken hiervan zouden kunnen zijn :

- sterke troebelings (C, fig 49 ; D, zie blz 100)
- hoge concentraties zware metalen (Kuiper, 1977) en pesticiden.

- 3 - In het biotisch deel is al melding gemaakt van een productie/consumptie verhouding voor het phyto- en zoöplankton, die voor de kustzone (0-30 km) en de open zee (30-90 km) verschillend is. In de open zee is er een over-productie en in de kustzone een tekort aan organische stof (D, tabel VIII).

Uit het abiotische en biotische deel bleek verder de concentratie gesuspendeerd organisch materiaal in de kustzone veel hoger te zijn dan in de open zee (C, fig 92,93 ; D, Tabel VII).

In het abiotische deel (C, fig 7) komt naar voren dat de bodemstroom mogelijk een kustwaartse component heeft.

Het door zoöplankton, benthos en vissen onbenut organisch materiaal uit de open zee kan nu met de kustwaarts gerichte component van de bodemstroming getransporteerd worden. Hiermee zou de hogere concentra-

tie gesuspendeerd organisch materiaal in de kustzone verklaard kunnen worden. Ook de mineralisatie-snelheid, die in de kustzone vele malen hoger is dan in de open zee zone (gezien de verdeling van de concentraties der micro-organismen, D, tabel VI), wijst in deze richting. Het kustwaarts transport van gesuspendeerd materiaal zou nog bevorderd worden door het "settling-lag"-effect (zie C, b₁, blz 62). De aanvoer vanuit de Rijn en het Kanaal kunnen de hogere concentraties gesuspendeerd materiaal in de kustzone niet verklaren. (Tabel A). Immers dan zou de concentratie van het organisch materiaal, zonder aanname van kustwaarts gericht transport, in open zee toch nog hoger moeten zijn. Met andere woorden, de $3,7 \cdot 10^6$ ton organisch gesuspendeerd materiaal, afkomstig van overproductie in de open zee, wordt mogelijk voor een deel naar de kustzone getransporteerd. Waarschijnlijk zal er nog een (onbekend) deel naar het Noorden (Duitse Bocht, Oostelijke Waddenzee) afgevoerd worden.

Het deel dat in open zee dan wel de kustzone gemineraliseerd wordt is niet exact bekend en hierboven slechts indirect benaderd, door middel van de micro-organismen die een belangrijke rol in de mineralisatie spelen. Duidelijk is dat directe waarnemingen aan de mineralisatie voor de open zee en kustzone hard nodig zijn.

De mogelijke gevolgen van bovengenoemd transport van organisch materiaal zijn :

- 1 - de lage biomassa van het macrobenthos in de open zee zone (D, tabel III^d)
- 2 - de kinderkamer-functie van de kustzone voor diverse vissoorten (D, fig 14).

Punt 1 zou ook verklaard kunnen worden met het mogelijk voorkomen van sterkere bodemstromen in open zee, echter hierover bestaan geen gegevens. Uit het abiotisch deel (C, fig 13) blijkt dat de verschillen in stroomsterkte in de Zuidelijke Noordzee vrij klein zijn. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat de bodemstroom in open zee veel groter zou zijn dan in de kustzone (Zimmerman mond. med.).

TABEL A

Organische stof balans van het oostelijk deel van de Zuidelijke Noordzee
tussen Walcheren en Texel

tonnen organische droge stof	Kustzone (0-30 km ; 5000 km ²)	Open Zee (30-90 km ; 10000 km ²)
Productie (D, tabel VIII)	$2,8 \times 10^6$	$7,0 \times 10^6$
Consumptie (D, tabel VIII)	$3,0 \times 10^6$	$3,9 \times 10^6$
Productie - consumptie	$- 0,2 \times 10^6$	$3,1 \times 10^6$
Aanvoer uit het Kanaal (naar C, b ₁)	$0,1 \times 10^6$	$0,6 \times 10^6$
Aanvoer uit de Rijn (C, b ₁)	$1,8 \times 10^6$	
Afvoer naar de Waddenzee (voor 1300 km ² ; de Jonge et al. 1974)	$- 0,8 \times 10^6$	
	$0,9 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6$
Mineralisatie + Afvoer naar het Noorden	$4,6 \times 10^6$	

((Literatuur gebruikt in de synthese ;

Jonge V.N. de & H. Postma, 1974

Phosphorus compounds in the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 : 139-153

Kuiper J., 1977

Influence of Hg on plankton community

Helgol. wiss. Meeresunt. 30 : 652-665))

CONCLUSIES en AANBEVELINGEN

Het literatuuroverzicht toont aan, dat naar vrijwel alle aspecten van het abiotische milieu onderzoek werd en wordt verricht. Deze gegevens vormen een goede achtergrond voor latere meer gerichte studies naar de gevolgen van de bouw van een Noordzee-eiland. Een uitzondering moet worden gemaakt voor de volgende gegevens, hoewel daaraan al wel enige aandacht wordt besteed door verschillende diensten :

- 1 - Er is onvoldoende bekend over de richting en grootte van reststromen en getijstromen langs de bodem. Deze zijn vooral van belang voor een oordeel over het mogelijke transport naar de kust van zwevende stoffen met een soortelijk gewicht groter dan dat van zeewater.

- 2 - Meer detailkennis is nodig over het voorkomen van lokale verstoringen in het reststroompatroon ("wervels") voor de Nederlandse kust.

- 3 - Een uitgebreidere studie is nodig van de aanvoer en eigenschappen van water uit het Engelse Kanaal.

- 4 - Het is onvoldoende bekend waaruit de organische stof bestaat, die in suspensie of opgelost voorkomt in de Zuidelijke Noordzee. Dit is van belang bij processen als adsorptie/desorptie, het vormen van organometaal-verbindingen en, na de afzetting, bij eventuele mineralisatie en mobilisatie-processen.

- 5 - De grootte van de mineralisatie-snelheid van het organisch materiaal in het sediment voor de Nederlandse kust is onbekend.

- 6 - De rol van het interstitiële water als tijdelijke opbergplaats voor nutriënten en verontreinigende stoffen (zoals zware metalen en pesticiden) is onvoldoende bekend. Hierbij moet ook worden bedacht,

dat grote hoeveelheden interstitieel water plotseling zullen kunnen worden gemobiliseerd bij baggerwerken voor de bouw van een Noordzee-eiland.

Met nadruk moet nog eens vastgesteld worden, dat :

- er geen cijfers zijn over de concentraties van de zware metalen in het interstitieel water van de bodem van de Zuidelijke Noordzee ; en bijna geen cijfers voor de pesticiden.
- de vorm waarin zware metalen in de bodem van de Zuidelijke Noordzee voorkomen onbekend is. Er kan daarom ook niet voorspeld worden, of er een mobilisatie kan optreden en welke factoren hierbij een belangrijke rol spelen.

- 7 - Ondanks enkele studies, die hieraan reeds verricht zijn, is nog steeds niet vastgesteld of en met welke grootte en richting er transport van zand, respectievelijk zandgolven plaatsvindt.

De gevolgen voor het biotische milieu door menselijk ingrijpen zijn door het ontbreken van een goed inzicht moeilijk te voorspellen. Onderzoek op dit gebied bevindt zich nog in het beginstadium. Hieronder zijn een aantal mogelijke gevolgen van zand- en grindwinning voor het biotisch milieu gegeven :

- 1 - Het verwijderen van de bovenste sedimentlaag zou tot gevolg kunnen hebben dat het benthos gereduceerd wordt. Welke soorten zich daarna weer vestigen, hoeveel en wanneer is onbekend.

- 2 - Afhankelijk van de grootte van de winplaats is het mogelijk dat :

- a - schol, tong en zandspiering, die op of nabij de bodem leven, min of meer in hun aanwezigheid en voedselopname gestoord kunnen zijn.
- b - haring en zandspiering in hun paaiactiviteit gestoord kunnen worden.

- 3 - Afhankelijk van de wijze van zand- en grindwinning is het waarschijnlijk dat het water op de winplaats troebeler wordt. Gevolg hiervan kan zijn dat,

- a - daar de drempelwaarde voor phytoplanktonbloei bij een vaste lichtintensiteit begint ($0,03 \text{ gcal/cm}^2/\text{min.}$, blz 100), de phytoplanktonbloei later zou kunnen beginnen en eerder zou kunnen eindigen. Met andere woorden de primaire productie zou ter plaatse af kunnen nemen.
- b - als de phytoplanktonbloei in het voorjaar vertraagd zou worden, de phyto- en zoöplanktonbloei in open zee meer synchroon zouden kunnen gaan lopen. Hierdoor zou de zoöplanktonproductie in het door de winning beïnvloedde gebied toe kunnen nemen.

Het is wenselijk dat meer fundamentele kennis over het ecosysteem wordt verkregen alvorens men belangrijke ingrepen verricht op het Nederlands Continentaal Plat.

Met de huidige stand van zaken is het echter niet mogelijk om inzicht te krijgen in de dynamiek van de ecosystemen.

Hiervoor is nodig :

- I Inventarisatie van het Noordelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat
- II Meer eenheid in en overeenstemming over de te gebruiken methodes
- III Een vergroting van de kennis ten aanzien van :
 - a - de consumptie van en door de organismen
 - b - de biomassa (voor het macrobenthos deels bekend)
 - c - de productie (voor het phytoplankton deels bekend)
 - d - de relaties onderling en met abiotische factoren
 - e - de aantallen en soorten van :
 - 1. de epifauna
 - 2. het meiobenthos
 - 3. de micro-organismen
 - 4. de vogels
 - f - de aard, de productie, de consumptie en de mineralisatie van de organische stof.

DEEL *c*

BESCHRIJVING

van het

ABIOTISCH MILIEU

(Drs G.J. de Lange)

I - STROMINGEN

Alvorens met een beschrijving van de stromingen in de Zuidelijke Noordzee te kunnen beginnen, is het van belang eerst de verschillende watermassa's te onderscheiden. (fig 1, Laevastu 1963).

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 - Noord-Atlantisch water | 5 - Engels kustwater |
| 2 - Kanaalwater | 6 - Continentaal kustwater |
| 3 - Skagerrak water | 7 - Noord-Noordzee water |
| 4 - Schots kustwater | 8 - Centrale Noordzee water. |

Voor een gemiddelde beschrijving van de situatie op het Nederlandse Continentale Plat zijn alleen 2,5,6 en 8 van betekenis.

Oceaanwater, met een hoge saliniteit (35,0-35,3 ‰ ; zie figuur 18) dringt door het Kanaal en tussen de Schotse en Noorse kust de Noordzee binnen. Laatstgenoemde noordelijke aanvoer van water heeft weliswaar een ca. viermaal groter volume (Tabel 1) dan de aanvoer door het Kanaal, maar bereikt slechts bij uitzonderlijke weersomstandigheden (langdurig NW-storm) het door ons beschouwde gebied. (Laevastu 1962 ; naar Kalle 1949).

Andere voor ons van invloed zijnde watervolumina zijn die, welke afgevoerd worden door de rivieren Theems, Schelde, Rijn, Maas en Eems. Deze vormen qua hoeveelheid afgevoerd water per half jaar (dit is ca de verblijftijd van het water in de Zuidelijke Noordzee ; zie blz 22) slechts een minieme fractie (2 %) van het totale volume in dit deel van de Noordzee, maar qua suspensielaast, opgeloste metalen en nutriënten, etc. leveren ze toch een belangrijke bijdrage. (zie ook onder "Beschrijving zeewater").

Voor de Zuidelijke Noordzee, althans voor de opgeloste stof, gaan de meeste auteurs uit van een homogeen verdeelde waterkolom. Gelet op de saliniteit en de temperatuur, blijkt dit voor praktisch het gehele gebied, vrijwel gedurende het hele jaar, op te gaan. (Smed 1953 ; Hill 1973).

Een uitzondering vormt het gebied ten noordwesten van Texel, met soms een duidelijke stratificatie in saliniteit en temperatuur, (Dietrich 1950, Postma 1954, Fonds et al. 1967) en 's zomers ten aanzien van de

temperatuur het gebied ten Noorden van ca. $54^{\circ}30'$ N op het Nederlandse Continentale Plat. (fig. 2, naar Dietrich 1950, 1953). Na een periode van kalm weer kan er ook enige stratificatie bestaan in een smalle kustzone. (Otto mond. med.).

De watermassa's bewegen zich volgens bepaalde patronen, welke onderverdeeld kunnen worden in : getijstromen en reststromen. Reststromen zijn de stromen die overblijven na eliminatie van de getij-stromen. (Lee et al. 1968).

Reststromen

Alle reststroomkaartjes in de literatuur zijn gebaseerd op gemiddelde stromingspatronen, gevonden uit gemiddelde reststroomwaarden en geven dus slechts een gemiddeld beeld van de stroomsnelheid en richting der watermassa's in de (Zuidelijke) Noordzee.

Reeds rond 1900 werden proeven gedaan met drijfflessen en bodemdrijvers om het patroon van de reststromen in de Noordzee te bepalen. (Fulton 1897^{a,b}, Bider 1905, 1906 en 1911). Böhnecke (1922) construeerde seizoensafhankelijke kaarten van reststromen met behulp van saliniteitswaarnemingen uit de periode 1902-1914.

Zijn kaartjes, waar nog steeds naar verwezen wordt, geven een algemeen, kwalitatief, beeld van het gemiddelde oppervlakte-stromingspatroon in de Noordzee.

Voor de Zuidelijke Noordzee neemt hij een homogeen verdeelde, gelijk-gerichte stroming aan, op grond van een gevonden homogene saliniteitsverdeling (fig. 3^{a,b}).

Carruthers (1925, 1926) onderstreept met zijn experimenten deze hoofdlijn en maakt onderscheid voor de vier seizoenen, hij vindt echter net als bij Bider (1905, 1906), dat een nogal variërend percentage flessen/bodemdrijvers afwijkt van deze hoofdlijn, en afhankelijk van de plaats van initiatie en de stroming (wind) van het moment, op een bepaalde kust terecht komt. (zie ook fig. 5^{a,b}).

Reststroom-cijfers afgeleid van bepalingen met stroommeters, dichtbij het oppervlak zowel als bij de bodem, duiden op het voorkomen van verschillend gericht zijnde oppervlakte- en bodem-stromingen. (fig. 4, Talbot 1977).

Lee (1970) noemt een experiment (Bider 1911) waaruit zou blijken, dat in de Zuidelijke Noordzee de bodemstroming verschilt van de oppervlaktestroom (bij NE wind althans) (Fig 5^{a,b}). Ramster (1965) vond, dat deze bodemstromingen in het algemeen meer kustgericht waren.

Beide stromingen vertonen een afhankelijkheid van de wind, zij het niet even geprononceerd.

Carruthers (1925) laat zien (fig 6^{a-d}) op grond van oppervlakte-metingen, dat er een sterke windinvloed is (zie ook Caston 1976) : zo zou er bij een sterke noorder wind een stroming zuidwaarts door het Kanaal zijn. (fig 6^a).

Het mogelijke voorkomen van zo'n zuidwaarts gerichte stroom, wordt bevestigd door Wyrski (1952) en door de experimenten van Bider (1911), waarbij enkele bodemdrijvers zelfs tot bij Dieppe en Brighton kwamen. (losgelaten ten noorden van 51° N).

Latere experimenten lijken het voorkomen van een kustwaartse bodemstroming te bevestigen (Riley et al. 1969), vooral bij aflandige wind. (Fonds et al. 1967).

Dietrich (1950) heeft bij Texel gedurende 25 uur gelijktijdige stroommetingen gedaan op 10 en 28 m diepte en vond (bij aflandige wind) een zeewaartse stroming op 10 m en een landwaartse op 28 m diepte.

Metingen bij Texel en Borkum (Dietrich 1955) gaven een zelfde kustwaarts gerichte bodemstroom te zien (fig 7).

Voor een deel zou de zodanig gerichte stroming toegeschreven kunnen worden aan wind en golfwerking (fig 8, van Straaten 1961).

Er bestaan ook aanwijzingen die erop duiden, dat de transport-richting van gesuspendeerd materiaal met de bodem-waterlaag ook een kustwaartse component heeft. (zie onder "Gesuspendeerd materiaal").

De kennis die hierover op dit moment aanwezig is, moet onvoldoende geacht worden om hierover een verantwoorde uitspraak te kunnen doen.

Uit metingen aan de verspreiding van Cs¹³⁷ (Kautsky 1973) volgt slechts een stromingspatroon langs de Nederlandse kust heen, zoals dit ook al door Böhnecke (1922) aangegeven was. (fig 3).

Deze schijnbare tegenstrijdigheid met het voorafgaande zou veroorzaakt kunnen worden door het verschillend karakter van de beschouwde deeltjes.

Immers opgeloste stoffen, zoals het Cs^{137} , zout, etc. kunnen zich zeer gemakkelijk (door diffusie) homogeen over de waterkolom verdelen ; dit in tegenstelling tot gesuspendeerd materiaal en bodemdrijvers. Dit betekent, dat een kustwaarts transport van Cs^{137} gecompenseerd wordt door een evengroot zeewaarts transport, terwijl er bij het gesuspendeerd materiaal door de concentratie-verschillen tussen de oppervlakte- en bodem-waterlaag een netto kustwaarts transport overblijft.

Conclusie : Een goed, globaal beeld van de reststroom, gebaseerd op proeven met bodemdrijvers, zien we in figuur 9 (Ramster, 1965). Volgens de kaartjes die door de verschillende auteurs getoond worden, bestaat er ook een seizoensvariatie (zie fig. 6, Carruthers 1925 ; fig. 9, Ramster 1965 en Lee et al. 1968). Onderzoek naar de reststroom over de periode 1901-1939 geeft aan dat deze stroom in de winter en het voorjaar over het algemeen sterker is (Otto 1964). Eenzelfde resultaat volgt uit de experimenten van Riley et al. (1969), met drijvers. Dat dit geheel of ten dele een (indirect) gevolg is van een seizoens-effect in de windrichting en -kracht lijkt aannemelijk. Een andere periodiciteit, in de aanvoer van vers oceaanwater, wordt beschreven door Dickson (1971) ; hij constateerde, dat er periodiek een hoger zoutgehalte optrad in de Noordzee, hetgeen weer te relateren viel aan het regelmatig optreden van een "anomalous and persistent atmospheric circulation pattern". Zoals uit figuur 10 blijkt bedraagt deze periode ongeveer 3-4 jaar.

Mathematische modellen : In de laatste jaren is het mogelijk gebleken stromingen en dispersie van stof met behulp van computer-modellen te voorspellen.

De met een theoretisch model bepaalde stofverdeling uitgaande van een continue puntlozing in het Kanaal (Maier-Reimer 1977) is b.v. redelijk goed in overeenstemming met de door Kautsky (1973) gevonden verdeling van Cs^{137} , afkomstig van lozingen door de kerncentrale bij Cherbourg.

De mathematische modellen van Nihoul (1974) en Ronday (1972, 1973)

(Nihoul et al. 1975) geven een goed, maar grof algemeen stromingsbeeld voor de Zuidelijke Noordzee.

Getijstromen

De getijstromen zijn in het algemeen ongeveer tienmaal sterker, dan de reststroom ; ze vertegenwoordigen dan ook een belangrijke factor bij het transport van sediment. (zie onder III).

In figuur 11 zijn de getij-fases en -amplitudes uitgezet, gebaseerd op waarnemingen van Proudman et al. (1924).

De wat meer gedetailleerde gemiddelde getijhoogtes (amplitudes) voor het Nederlandse kustgebied staan weergegeven in figuur 12^a. Aanzienlijke overschrijdingen van deze gemiddelde waarden zijn mogelijk. (fig. 12^b, 12^c voor respectievelijk Vlissingen en Delfzijl) (Getijtafels 1975).

In de laatste jaren is men er steeds beter in geslaagd (Hansen, Nihoul, Runday...) ook deze getijbeweging met mathematische modellen te beschrijven.

De getijstroomsnelheden zijn globaal genomen vrij redelijk bekend. Voor de getijstroomsnelheid en -richting gedurende de verschillende fases van het getij, kan verwezen worden naar de kaarten van de Hydrografische dienst (1976). De maximale getijstromen aan het oppervlak tijdens springtij staan in figuur 13 weergegeven (Hydrografische dienst 1965). Dit betekent overigens niet, dat er onder bepaalde omstandigheden geen afwijkingen ten opzichte van dit patroon kunnen optreden. Zo vond Mandelbaum (1957, 1968) in de Duitse Bocht dat de getijstroom afhankelijk is van de heersende wind. Eenzelfde effect is bij de Nederlandse lichtschepen geconstateerd. (Otto, mond. med.). Ook kunnen in gestratificeerde zeegebieden, zoals het gebied direct ten zuiden van de Doggersbank, de getijden gestoord worden door inwendige getijden. (Riepma et al. 1976).

Wanneer nu in het mathematisch reststroom-model niet-lineaire effecten ten gevolge van het getij worden verdisconteerd, dan ontstaat er, als meest opvallende wijziging, voor de Belgische kust een wervel in de reststroom. (fig. 14, Nihoul et al. 1975). De aanwezigheid van zo'n wervel (Ø 30 km) zou ook bevestigd zijn door het voorkomen van een

bepaalde bacterie, levend van het "ingevangen" materiaal. Ook de gemeten reststromen (Moens 1974) voor de Belgische kust duiden op zo'n wervel. Voor de Nederlandse kust zijn lokale verstoringen in het reststroompatroon geconstateerd, die mogelijkwijs op soortgelijke effecten terug zijn te voeren en waarbij de bodemtopografie een rol zou spelen. (Riepma 1977, Otto mond. med.).

Golven :

Golven ontstaan onder invloed van wind ; is dit windveld nog aanwezig dan wordt van zeegang gesproken, anders van deining. Zeegang is in het algemeen onregelmatig. Meestal lopen er verschillende soorten en richtingen van zowel zeegang als deining door elkaar heen.

Golfhoogte : De golfhoogtes die voorkomen in de Centrale Noordzee zowel als bij de Nederlandse kust (lichtschip Goeree) zijn 's winters groter dan 's zomers. (Tabel 2). De golfhoogtes in de Centrale Noordzee zijn aanmerkelijk groter dan bij de Nederlandse kust. (Tabel 2, Groen et al. 1976).

Golfdiepte : De diepte van de golfwerking en de mogelijke gevolgen hiervan op het transport van materiaal worden beschreven in deel C-III (zie o.a. fig. 85,86).

Verblijftijd

Het is mogelijk op verschillende manieren een globale verblijftijd door het water in de Zuidelijke Noordzee te berekenen :

- 1 - gebaseerd op reststroomgegevens. Uit een gemiddelde reststroom-snelheid langs de Nederlandse kust naar het Noorden van ongeveer 4 km/dag (Lee 1970), kan voor het Nederlands kustwater een gemiddelde verblijftijd van circa 1 maand berekend worden. (Zuidelijke Noordzee $\approx$ 3 mnd.)
- 2 - Op grond van aan- en afvoer gegevens van watervolumina. Gaan we bij voorbeeld uit van het Zuidelijke Noordzee gebied, dat wil zeggen ten noorden van het Kanaal en ten zuiden van 54° N.B. dan gelden ongeveer de volgende cijfers (naar Postma 1973) :

Inhoud Zuidelijke Noordzee	- 2500 km ³	(I)	} (A)
Aanvoer : rivieren	- 125 km ³ /jr		
Engels kustwater	- 1000 km ³ /jr		
Kanaal-water	- 1800 km ³ /jr	(*)	

(*) : Na een periode waarin een gemiddelde aanvoer van water door het Kanaal van 2000 km³/jr aanvaardbaar werd geacht (Gehrke 1907, Carruthers 1928, 1935, van Veen 1938) neemt men na 1961 (Cartwright 1961) vrij algemeen aan, dat een waarde van 4-5000 km³/jr meer reëel is (van Bennekom et al. 1975, Otto 1970, Dickson 1967). Cartwright's cijfers zijn gebaseerd op electro-magnetische metingen aan de telefoonkabel Dover-Calais, welke gecalibreerd werden met gelijktijdig uitgevoerde stromingsmetingen in het Kanaal. Deze cijfers en metingen plus o.a. meteorologische gegevens worden gebruikt voor een mathematisch model van de stroming door het Kanaal. (Prandle pers. med. 1978). Dit model levert een gemiddelde waarde op (over 1949-1973) van 4900 km³/jr ±700 (naar Prandle pers. med. 1978).

Dit verkort de berekende verblijftijd voor het water in de Zuidelijke Noordzee natuurlijk aanzienlijk. De uit bovenstaande tabel en cijfers bepaalde verblijftijd ($T = I/A$) bedraagt 0,5 tot 1 jaar. In de hoeveelheid aangevoerd Kanaal-water kan een aanzienlijke fluctuatie optreden (Rogalla 1963), zelfs een maandgemiddelde reststroom naar het zuiden is mogelijk. (Prandle pers. med. 1978).

Samenvattend kan gesteld worden, dat voor de Zuidelijke Noordzee een verblijftijd van 3-6 maanden reël is.

Diffusie/menging (résumé) :

Diffusie/menging is een proces, dat van belang is bij de verspreiding van opgeloste stof/deeltjes door de watermassa.

De volgende indeling kan gemaakt worden :

advectie - stromingen

diffusie - moleculaire diffusie

- turbulente diffusie (menging).

In het algemeen is de moleculaire diffusie aanzienlijk kleiner dan de turbulente.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen menging in de vertikaal en in de horizontaal. (Zimmerman mond. med.).

Menging in de vertikaal : deze is het gevolg van kleinschalige turbulentie, die grotendeels door de getij-beweging veroorzaakt wordt.

Menging in de horizontaal : deze wordt veroorzaakt door wervels met een uitgestrektheid van enkele meters tot tientallen kilometers. Ook hier is de invloed van het getij groot. Verder speelt ook nog de wind mee ; veel hierover is echter onzeker en onbekend.

Enkele factoren, die genoemd kunnen worden, zijn :

- a - kleinschalige turbulentie, die vooral voor verticale menging van belang is, kan bij sterke wind ook aan het golvende oppervlak worden opgewekt.
- b - de wind kan de stroomsnelheid en -richting in de vertikaal beïnvloeden. Door beide sterke verticale snelheidsverschillen wordt de horizontale menging bevorderd.

Voor gedetailleerde informatie ten aanzien van de diffusie kan verwezen worden naar de door van Dam samengestelde rapporten (RWS 1973 ; van Dam 1976) en naar het STUNET-rapport over diffusie door het Waterloopkundig Laboratorium (Delvigne G.A.L. en E. Allersma).

II - BESCHRIJVING ZEEWATER

Bij de beschrijving van het zeewater zullen de hieronder genoemde componenten, die een belangrijke bijdrage leveren tot de opgeloste en gesuspendeerde fractie van het water op het Nederlands Continentaal Plat aan de orde komen.

Door de grote interacties die er tussen de verschillende onderdelen voorkomen is het niet altijd mogelijk of wenselijk geweest een strikte scheiding aan te brengen. Bij voorbeeld voor de zware metalen in opgeloste vorm en verbonden aan gesuspendeerd materiaal leek het wenselijk beide gezamenlijk te behandelen, en wel onder "Zware metalen".

Dit leidde tot de volgende indeling :

- a - Temperatuur
- b - Saliniteit
- c - Nutriënten
- d - % opgelost zuurstof
- e - Gesuspendeerd materiaal
- f - Zware metalen

Van de niet in bovenstaande indeling voorkomende elementen geeft Johnston (1965) een totaal overzicht.

a - Temperatuur :

Als basis voor de beschrijving van de temperatuur van het zeewater in het door ons beschouwde deel der Noordzee, dient de gemiddelde verdeling berekend uit waarnemingen over de periode 1905-1954 (fig. 15^{a-d}, Dietrich 1962).

In dit gebied geldt een gemiddeld homogene verdeling van de temperatuur over de vertikaal. (zie ook fig. 2 ; Laevastu 1963, Tomczak et al. 1962). Deze vrijwel homogene verdeling van de temperatuur (en ook de saliniteit, Goedecke et al. 1967) wordt voornamelijk veroorzaakt door turbulentie als gevolg van getij en wind (Lee 1970) en de relatief geringe diepte (20 tot 30 m) in het grootste deel van het gebied. (zie fig. 66).

Er blijken bij deze gemiddelde waarden geen verschillen in de vertikale temperatuursverdeling voor te komen groter dan 1°C . (Dietrich 1950, 1953, Tomczak et al. 1962).

Een uitzondering hierop zijn de zomermaanden in het Doggersbank-gebied, waar zich een thermoklien vormt.

Deze temperatuurstratificatie voor het noordelijk stukje Nederlands Continentaal Plat is duidelijk te zien in fig 16^{a,b} (Tomczak et al. 1962).

Voor een algemene weergave van de gemiddelde horizontale temperatuursverdeling in het zeewater kan volstaan worden met het geven van kaartjes der beide extreme en twee tussenliggende maanden ; d.w.z. februari-mei-augustus - november (fig 15^{a-d}).

Het minimum treedt op in februari, het maximum in augustus.

Er zijn natuurlijk nog aanzienlijke variaties mogelijk op bovengenoemde gemiddelde waarden.

Afgezien van de optredende dag-nacht fluctuatie, die slechts merkbaar is in een vrij dunne oppervlaktelaag, zullen er ook variaties zijn veroorzaakt door klimatologische omstandigheden. Genoemd is al de indirecte invloed, met als gevolg een grotere of kleinere toevoer van Atlantisch water. (Dickson 1967, 1971 ; zie ook onder "Stromingen"). Een directe invloed van de atmosfeer zal vooral in ondiep water goed merkbaar zijn, immers dit koelt sneller af en warmt sneller op dan diep water.

De afwijking van de per maand gemiddelde zeewater-temperatuur ten opzichte van het maandgemiddelde over de periode 1905-1954 (fig. 15) blijkt in het algemeen binnen de grens van $\pm 1^{\circ}\text{C}$ te blijven ; voor het Nederlandse kustgebied is dit $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Laevastu 1963).

De waarden in het door ons beschouwde gebied worden in de literatuur meestal gegeven voor de drie volgende sub-gebieden : de Nederlandse kust, het Kanaal en het gebied van de Doggersbank. De gemiddelde maandtemperaturen van 1905-1954 voor deze gebieden staan weergegeven in figuur 17^{a-d} (naar Laevastu 1963).

Gezien de weinige en niet opeenvolgende gegevens over zowel de temperatuur als de saliniteit, is het statistisch niet mogelijk gebleken bepaalde tendenzen aan te wijzen.

Ook de hieronder weergegeven extreme afwijkingen van het maandgemiddelde over 1905-1954 moeten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. De gebruikte getallen zijn grotendeels afkomstig uit de Annales Biologiques (ICES) van de respectievelijke jaren.

Extrema : De extreme afwijkingen van de gemiddelde maand-temperatuur in de laatste 15 jaar, ten opzichte van het gemiddelde van 1905-1954, voor de verschillende gebieden zijn :

Nederlandse kust	:	- 3 ^o tot - 6 ^o C (winter 1963)
		+ 5 ^o C (zomer 1969)
Doggersbankgebied	:	- 2 ^o tot - 2,5 ^o C (winter 1963)
		+ 2 ^o C (zomer 1969)
Kanaal	:	- 4 ^o tot - 6 ^o C (zomer 1960)
		- 3 ^o tot - 5 ^o C (winter 1963)
		+ 2 ^o tot + 3 ^o C (zomer 1969, 1970)

Algemeen kan gesteld worden, dat (zoals te verwachten valt op grond van de waterdiepte en het soort gebied) de fluctuatie in de temperatuur toeneemt in de reeks : Doggersbank - Kanaal - Nederlandse kust.

b - Saliniteit

Voor de beschrijving van de horizontale saliniteitsverdeling van het zeewater in het door ons beschouwde gebied wordt uitgegaan van de gemiddelde saliniteit, berekend over de periode 1905-1954. (fig. 18, Dietrich 1962).

Voor ons gebied geldt een gemiddeld homogene verdeling van de saliniteit.

Een uitzondering hierop vormt het gebied ten Noord-Westen van Texel, met soms een halokliene stratificatie (zie fig. 2, Goedecke et al. 1967).

Voor een algemene weergave van de saliniteitsverdeling kan volstaan worden met het geven van vier maandkaarten, zoals bij "Temperatuur" dat wil zeggen februari- mei - augustus - november. (fig. 18^{a-d}). Afwijkingen, die in bovengenoemde gemiddelde waarden kunnen voorkomen, ontstaan voornamelijk onder invloed van klimatologische omstandigheden. (Hill et al. 1971 ; zie ook onder "Temperatuur"). Afwijkingen van de gemiddelde maandsaliniteiten ten opzichte van het gemiddelde van 1905-1954 bedragen over het algemeen niet meer dan 0,2 ‰, voor het Nederlandse kustwater ± 1 ‰. Voor de saliniteit is het statistisch niet mogelijk gebleken bepaalde tendenzen aan te wijzen.

Extrema : Extreme afwijkingen in de gemiddelde maand-saliniteit van de laatste 15 jaar voor de verschillende gebieden, berekend uit verschillende publicaties in de Annales Biologiques (ICES), zijn :

Nederlandse kust	- + 2,5 ‰ (juni 1968, 1969)
	- + 2,8 ‰ (juni 1970, 1971)
	- + 3,0 ‰ (juni 1972, 1975)
	- - 1,0 ‰ (januari 1961)
Doggersbank-gebied	- + 0,3 ‰ (juni 1970)
	- - 0,9 ‰ (augustus 1965)
Kanaal	- + 0,7 ‰ (november 1965)
	- - 0,6 ‰ (maart 1968)

Net als voor de temperatuur geldt ook voor de saliniteit, dat de fluctuatie in het kustgebied het grootst is.

c - Nutriënten

Ondanks het beperkte aantal gegevens waarop de kaarten voor de nutriëntenverdeling van Johnston et al. (1965) gebaseerd zijn en de sindsdien vrij sterk gewijzigde (toegenomen) concentraties, worden deze kaarten nog steeds door onderzoekers als referentie gebruikt. Het algemene beeld dat door deze kaartjes gegeven wordt, is juist (fig 19 tm 22),

maar moet aangevuld worden met recenter meer gedetailleerd cijfermateriaal van vooral het Nederlandse kustgebied.

Het toenemend aantal waarnemingen met verbeterde meettechnieken, die sneller (automatisch) en nauwkeuriger zijn dan zo'n 15 jaar geleden, heeft nog niet geleid tot een verbeterde (aangepaste) versie van bovengenoemde kaarten.

Nutriënten (= opgeloste voedingsstoffen) : Net als bij de Temperatuur en de Saliniteit (zie hiervoor de desbetreffende paragrafen) treden ook hier de grootste fluctuaties op in het gebied voor de Nederlandse kust.

Wanneer er een nutriënten-balans opgesteld wordt voor het Nederlandse deel van het Continentale Plat ten zuiden van 53°N.B. (ten noorden hiervan zijn na Johnston et al. 1965, bijna geen metingen gedaan) dan blijken er twee aanvoeren van vergelijkbare grootte te zijn : het Rijnwater en het Kanaalwater (Lindeboom 1975, Postma 1975, van Bennekom et al. 1975).

Verder is er nog een aanvoer/afvoer van nutriënten van onbekende grootte door het interstitieel water.

In de concentraties der nutriënten van beide eerstgenoemde bronnen (Rijnwater en Kanaalwater) zitten zowel grote jaars- als seizoensvariaties, zodat het slechts mogelijk is gemiddelden, extrema en tendenzen te geven.

Rijnwater : Door de toename van de bevolking en de groeiende industrialisatie wordt het Rijnwater in toenemende mate belast met nutriënten. Vooral het fosfaat-gehalte vertoont na 1960 een enorme stijging als gevolg van het in gebruik nemen van fosfaat-houdende wasmiddelen (fig. 23, van Bennekom 1974, Tijssen et al. 1976). Deze nemen ongeveer 45 % van de totale aanvoer van fosfor in de Rijn voor hun rekening. (van Bennekom 1974). In deze zelfde grafiek is te zien, dat er aanzienlijke verschillen in de hoeveelheden der nutriënten kunnen voorkomen tussen opeenvolgende jaren ; meestal kan dit verschil toegeschreven worden aan een veranderde hoeveelheid afgevoerd water (fig. 24 met behulp van RIZA-kwartaalverslagen geconstrueerd). Immers weinig afvoer

resulteert in langzame stroming, en veel fijn materiaal (rijk aan organische stof en o.a. fosfor - zie fig 25) kan bezinken, terwijl een grote afvoer en snelle stroming juist fijn bodem-materiaal kan opwoelen en meenemen (van Bennekom et al. 1975 : meer afgevoerd water leidt tot een grotere hoeveelheid afgevoerd totale fosfor en ook nitraat en een afname van de hoeveelheden ammoniak en fosfaat.

De hierboven genoemde toename in de gemiddelde jaarlijkse aanvoer van nutriënten (zie fig 23) geldt vooral voor fosfaat, en ook nog wel voor nitraat + ammoniak, echter niet voor silicaat. Het silicaat-gehalte van het Rijnwater is jaargemiddeld vrijwel constant en relatief (*) laag gebleven of zelfs iets achteruit gegaan (zie Tabel 3), van Bennekom et al. 1975). De lichte achteruitgang, vooral 's zomers, is toe te schrijven aan silicaat-consumptie door diatomeeën in de Zwitserse meren, Bodensee, etc. Deze consumptie van silicaat blijkt uit het concentratieverloop over een jaar (fig 26, naar van Bennekom 1971, van Bennekom et al. 1974).

Behalve van de Rijn zijn er nog enkele kleinere aanvoeren van continentaal nutriënten-rijk water ; om de orde van grootte aan te geven, worden deze rivieren met de Rijn vergeleken in een jaar met een gemiddelde waterafvoer (1969) (Tabel 4, van Bennekom et al. 1975).

De hoeveelheden totale fosfor en -stikstof en opgelost silicaat verminderen tussen Lobith en de Rijnmond. De hoeveelheid totale fosfor (50 % in opgeloste vorm) vermindert sterker dan die van de totale stikstof (75 % opgelost) en opgelost silicaat (Tabel 4). Aangenomen mag worden, dat het grootste deel hiervan in het sediment terecht komt. Het merendeel van dit gesuspendeerd materiaal zal door direct transport van de rivier (b.v. bij hogere waterafvoer), of indirect, door het dumpen van baggerspecie, toch in de Zuidelijke Noordzee belanden. Hierover zijn echter weinig of geen gegevens bekend. Ondanks de aanzienlijk

(*) : De Rijn is, vergeleken met het wereldgemiddelde voor rivieren (215 $\mu\text{Mol/l}$) 's zomers een silicaat-arme rivier ; de winterwaarde komt wel goed overeen met het Europees gemiddelde voor rivieren (van Bennekom mond. med.).

grotere concentraties nutriënten in de rivieren Schelde en Maas, is toch de Rijn verantwoordelijk voor ca. 3/4 van de totale aanvoer door deze rivieren.

Het door de Rijn aangevoerde opgeloste materiaal wordt voor ongeveer 50 % in een circa 15 km brede strook, met de heersende reststroom, langs de Nederlandse kust noordwaarts gevoerd. (van Bennekom et al. 1975).

Kanaalwater : Er worden voor de hoeveelheid aangevoerd Kanaalwater (Tabel 4 ; zie ook onder "Stromingen") zeer uiteenlopende waarden aangenomen. Hierdoor variëren ook de schattingen van de door het Kanaal aangevoerde (met behulp van concentraties en watervolumina berekende) hoeveelheden nutriënten. (Postma 1973). Het is dan ook slechts mogelijk zeer globale schattingen van deze aanvoer te maken. Ook de soms 's winters en in het vroege voorjaar aldaar of in de Atlantische oceaan voorkomende planktonbloei kan invloed hebben op de totaal naar de Zuidelijke Bocht aangevoerde hoeveelheden nutriënten. (Cooper 1938, Atkins 1922, 1925, Postma 1975 ; zie ook Tabel 5, van Bennekom et al. 1975). Immers na de bloei zullen de planktonresten naar beneden zakken, zodat weliswaar het bodemwater verrijkt wordt aan nutriënten, maar het oppervlakte-water verarmt en wel het meest aan silicaat, daar dit het langzaamst mineraliseert. (Amstrong et al. 1959, 1960, 1968^{a,b}, Pingree et al. 1975, 1977). De mineralisatiesnelheden van fosfor en stikstof liggen in dezelfde orde van grootte, en zijn veel groter dan die voor silicium. (Ryther et al. 1971, Duursma 1961, Postma 1975). Voornamelijk dit oppervlaktewater wordt 's zomers via het Kanaal in de Zuidelijke Noordzee gebracht.

Vanaf het voorjaar tot aan de late herfst is er dus een aanvoer van nutriënten-arm oceaanwater, terwijl er in de vroege winter sprake is van een vergroting van deze aanvoer. Stormen en afkoeling van het oppervlaktewater in de herfst en winter veroorzaken een instabiele waterkolom en daardoor een bijna volledige verticale menging. Bovendien is er een mogelijke aanvoer van nutriëntenrijk interstitieel water door het opwervelen van bodem-materiaal als gevolg van de diepere golfwerking. Het resultaat is, dat de concentraties van de nutriënten in het

aangevoerde Kanaalwater 's winters enkele malen hoger zijn dan 's zomers. (Tabel 5, van Bennekom et al. 1975 en fig. 19 tm 22).

Interstitiëel water : (zie ook het desbetreffende hoofdstuk : IV)

Voor al in gebieden waar veel slib ge-accumuleerd wordt (door b.v. hydrografische omstandigheden en/of biologische activiteit), zullen, bij het meestal in de bodem heersende reducerende milieu, veel ionen in oplossing beschikbaar komen. Dit leidt vaak tot relatief zeer hoge concentraties van deze ionen in het interstitiëel water.

Over de grootte van de aanvoer van nutriënten vanuit het interstitiëel water van de sedimenten in het Nederlandse deel van het Continentaal Plat is vrijwel niets bekend. Er kan slechts geprobeerd worden conclusies te trekken uit de spaarzame metingen, die hieraan verricht zijn. Over de uitwisselingssnelheid tussen bodem en water is wel iets bekend door vergelijkbaar onderzoek aan sedimenten uit de Waddenzee (van der Loeff 1974) en het Belgisch kustgebied en Westerschelde. (Billen 1978, Vandenborgh 1975, 1977). Behalve moleculaire diffusie, met slechts zeer kleine fluxen (van der Loeff 1974) zal er vooral uitwisseling tussen interstitiëel en bovenstaand water plaatsvinden door golfwerking en bioturbatie. (Duinker et al. 1974). De temperatuur kan misschien ook erg belangrijk zijn voor de uitwisseling van nutriënten vanuit het sediment (van der Loeff 1974) : Balgzand-slib, van 4^o naar 18^oC gebracht, gaf een honderdvoudige toename van het gehalte aan silicaat in het interstitiëel water. Er zijn ook schattingen gebaseerd op berekeningen aan de *in situ* productie van nutriënten in het oostelijk deel van de Zuidelijke Bocht. (Tabel 6, Tjissen et al. 1974, Jager 1975, Lindeboom 1975). Er werd voor fosfaat in september 1973 een aanvoer vanuit het sediment geconstateerd van 3400 ton, hetgeen driemaal zo groot was als de aanvoer door de rivieren (1100 ton) in deze periode (Tabel 7). Het lijkt dan ook, gezien bovenstaande gegevens, aannemelijk, dat aanvoer vanuit het interstitiëel water van het sediment periodiek erg belangrijk kan zijn. (zie ook onder IV).

Behalve deze veranderingen door variaties in de aanvoer door de Rijn, het Kanaal en vanuit het sediment, is er nog de seizoensfluctuatie in

het gebied zelf.

Seizoens-cyclus : In de winter is er een hoge aanvoer van nutriënten door de rivieren en het Kanaal, hetgeen een verhoging van de concentraties in de Zuidelijke Noordzee en vooral in het Nederlandse kustgebied veroorzaakt. (zie fig. 27, naar Postma 1975). Er is ook enige verwijdering van fosfaat mogelijk door adsorptie aan gesuspendeerde kleimineralen (Pomeroy et al. 1965, van Bennekom et al. 1975). Doordat het sediment deze fosfaten later weer kan afgeven, is verlengde phytoplanktongroei mogelijk. (Pomeroy et al. 1965).

In het vroege voorjaar begint de phytoplankton-bloei in de wat verder uit de kust gelegen zone met vrij helder water (licht-initiatie-effect), in een wat later stadium het dichterbij de kust gelegen, meer troebele water. De aanvang van de bloei schijnt voornamelijk afhankelijk te zijn van de hoeveelheid ingestraald licht (bepaald door de sterkte van het zonlicht en de troebelheid van het water) en de strengheid van de eraan voorafgaande winter. (Johnston et al. 1965). De omvang en de duur van de plankton-bloei worden bepaald door de hoeveelheid licht en de temperatuur.

Als gevolg van deze planktonbloei zullen de concentraties van de nutriënten aanzienlijk verminderen en die van de gesuspendeerd aanwezige voedingsstoffen toenemen. Nadat in het vroege voorjaar de silicaatconcentratie door de planktonbloei tot een minimale waarde ($\leq 0,5 \mu \text{ Mol/l}$) is teruggebracht, ontstaat er een groei van plankton, dat geen silicaat, echter wel fosfaat en nitraat verbruikt ; de fosfaat blijkt dan (op dit moment althans) voor het Nederlandse kustgebied de beperkende factor te zijn, met minimale concentraties ($\leq 0,1 \mu \text{ Mol/l}$). (ICES Poll. 1974, Tijssen 1968, 1969, 1970, van Bennekom et al. 1975, Gieskes et al. 1975).

In de Centrale en Noordelijke Noordzee is juist het nitraat de beperkende factor ; er is hier geen invloed van een relatief nitraat-rijke rivier. (Schott et al. 1969). Ook in de open oceaan is nitraat iets eerder beperkend dan fosfaat. In het Noordamerikaanse kustwater is nitraat eveneens de beperkende factor ; de rivieren hebben daar een lagere N/P verhouding dan in Europa. (Ryther et al. 1971).

De silicaataanvoer uit de Rijn gaat in de zomer door, en er kunnen zich bij de riviermond daardoor soms ook later in het jaar massaal diatomeeën ontwikkelen. (Gieskes 1972, Kat 1972).

Samenvattend geldt voor de nutriënten :

SiO_4 -Si : zeer lage concentraties van het vroege voorjaar tot de herfst, uitgezonderd vlakbij de riviermonden : 's winters, vooral in het kustgebied, hoge concentraties.

PO_4 -P : lage concentraties in voorjaar en zomer ; 's winters hoge concentraties.

Organisch-P : in de zomer hogere concentraties dan 's winters.

NO_3 -N : in voorjaar en zomer lagere concentraties dan in herfst en winter, afname zeewaarts.

In het kustgebied is er vooral in de winter een lineair verband tussen het zoutgehalte en de concentraties fosfaat, nitraat, silicaat en ammoniak (mond. med. van Bennekom) (voor silicaat : zie van Bennekom 1974).

Door de toenemende aanvoer van nutriënten (vooral fosfor en ook stikstof) door voornamelijk de rivieren, zijn ook de jaargemiddelden hiervan vooral dichtbij de kust toegenomen. Van 1962 tot 1974 is er volgens Jones (ICES Poll. 1974) en Folkard et al. (1974) een verdubbeling tot verdrievoudiging van de fosfaat-concentratie opgetreden. (van 1-1,2 naar 2,5-3 $\mu\text{Mol/l}$). Eenzelfde vergroting (ca tweemaal) werd gevonden voor de nitriet-concentraties dichtbij de kust. De cijfers van Tijssen (1969, 1970) geven tussenliggende waarden, zodat het aannemelijk is, dat de concentraties geleidelijk toenemen.

Een ander, bij extreme phytoplankton-bloei optredend fenomeen, is een sterk verhoogde pH. Langs de Nederlandse kust zijn waarden tot $\text{pH} = 9,1$ gemeten (ICES Poll. 1974), dit behoort echter tot de uitzonderingen. (mond med. Gieskes).

Weinig aandacht is besteed aan de verschillende vormen waarin o.a. fosfor kan voorkomen ; de cijfers hierover zijn dan ook zeer schaars.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen opgelost en gesuspendeerd fosfor, waarbij de eerstgenoemde nog onderverdeeld kan worden in fosfaat (zie het voorafgaande) en opgeloste organische fosfor. De som van de drie bovengenoemde vormen waarin fosfor voorkomt, wordt ook wel totale fosfor genoemd.

Opgeloste

Organische-fosfor : Het gaat hier om kleine, vaak moeilijk meetbare concentraties (meestal $<0,1 \mu\text{Mol/l}$). Algemeen geldt dat de concentraties in de zomer hoger zijn dan in de winter (Gieskes 1972, Tijssen 1968, Lindeboom 1975).

Gesuspendeerd-fosfor : Op grond van de zeer beperkte gegevens kan er slechts geconstateerd worden, dat er een afname zeewaarts is en dat de concentraties voor oktober/november 1973(aan de kust) hoger waren, dan die tijdens september/oktober van dat jaar (Lindeboom 1975) (zie ook onder IIe "Gesuspendeerd materiaal").

Totale-fosfor : Hiervoor treedt eenzelfde tendens op als bij gesuspendeerd-fosfor (Lindeboom 1975, van Hattum et al. 1976).

Een stikstof-verbinding waar weinig cijfers over zijn, is ammoniak. Folkard et al. (1974) vermelden slechts, dat ze concentraties tot $20 \mu\text{Mol/l}$ in de Zuidelijke Bocht gemeten hebben. De door hen gevonden concentraties voor nitraat en nitriet (resp. 9-25 en 0-1 $\mu\text{Mol/l}$) liggen in deze orde van grootte. Het is dus belangrijk, naast de andere vormen van stikstof, ook de ammoniak (en misschien ook ureum) concentraties te bepalen.

De schaarse cijfers over ammoniak-concentraties zijn verzameld in fig 28^{a,b,c}.

Conclusies

Het algemene beeld voor de nutriënten fosfaat, nitraat en nitriet, geschetst door Johnston et al. (1965) is juist, echter door de erg variabele factoren als Kanaal-invoer, aanvoer door de rivieren en

door het interstitiëel water is er bij vergelijking van deze kaarten (fig. 19 tm 22) met die van anderen (b.v. Tijssen 1968, 1969, 1970) geen grote overeenkomst in de ligging van de isolijnen voor de concentraties van deze nutriënten te verwachten.

Verder kunnen ook winden nog een grote invloed hebben op de horizontale verspreiding en menging van de nutriënten. (zie onder I.

"Stromingen", blz 19 & 24).

De reeds eerder genoemde kaarten (fig. 19 tm 22) kunnen dan ook slechts als een zeer grove, gemiddelde situatie-schets beschouwd worden. De huidige concentraties der nutriënten kunnen in het Nederlandse kustgebied een factor 2 à 3 hoger liggen.

d - % opgelost zuurstof

Er zijn slechts weinig metingen aan opgelost zuurstof gedaan. Op de North Sea Science conferentie (1971) werd wel gezegd (Johnston 1973) dat het belangrijk was, om naast de nutriënten fosfor, stikstof en silicaat ook zuurstof te meten.

Uit de oppervlakte-waarnemingen in het Nederlandse kustgebied (fig. 29^{a-d} Tijssen 1969) kan een bepaalde tendens gehaald worden, die ook in andere jaren naar voren komt. (Tijssen 1968, 1970). In het vroege voorjaar (februari) is er een zone met oververzadiging aan opgelost zuurstof zo'n 50 km uit de kust, die naarmate het meer zomer wordt, dichter bij de kust komt te liggen (mei → augustus/september).

's Winters is er een duidelijke onderverzadiging van het kustwater, met als een van de bronnen de vervuilde rivieren Schelde en Rijn. De oververzadiging van zuurstof is te correleren met de planktonbloei, immers plankton produceert zuurstof. Echter bij afbraak van plankton-resten wordt er weer O_2 verbruikt.

In het Nederlandse kustgebied is deze zuurstof-productie groter dan het verbruik van zuurstof door afbraak/consumptie ; de Waddenzee is in dit opzicht de tegenhanger van het Nederlandse kustgebied.

(o.a. Postma 1975).

e - Gesuspendeerd materiaal

Alvorens de concentraties en de oorzaken van variaties hierin, van gesuspendeerd materiaal op het Nederlandse Continentale Plat te bezien, is het zinvol eerst de herkomst en de hoeveelheden aangevoerde suspensie door rivieren, Kanaal en andere bronnen in ogenschouw te nemen.

Aanvoer in 10^6 ton drooggewicht /jr			
Lek, Noord, Oude Maas (ϕ)	1,7	RWS 1976 , Eisma 1977	
Maas, Waal (ϕ)	2,4	-	-
Schelde (ϕ)	0,7	Terwindt 1977	
Kanaal (ψ)	7	Eisma 1977	
Bodem-erosie (χ)	3,5 - 4	-	
Klifafslag ($\dagger$)	0,7	-	
eolische aanvoer	1,6	Mc Cave 1973	
org. productie	ca(1?)	-	

- (ϕ) Van de beide eerstgenoemde bronnen komt samen ca. $2,6 \cdot 10^6$ ton/jr in de Waterweg. (Terwindt 1977).

Een deel van het aangevoerde fluviatiele materiaal zal, vermengd met marien slib, door de landwaartse bodemstroming op de rivierbodem en in de havens achterblijven en eventueel later door baggerwerkzaamheden toch in zee terechtkomen.

- (ψ) De schattingen van de hoeveelheden gesuspendeerd materiaal, die door het Kanaal worden aangevoerd, lopen sterk uiteen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de grote mate van onzekerheid, over de door het Kanaal aangevoerde water-volumes (zie ook blz 23 en Tabel 4). De concentraties van het gesuspendeerde materiaal in het Kanaal-water zijn : (Eisma et al. 1977, Eisma 1977)

- centrum : 0,5 - 4,0 mg/l (gemiddeld 1,5 mg/l)
- kust : 5 - 11 mg/l

Eisma (1977) geeft voor de aanvoer van gesuspendeerd materiaal door het Kanaal $7 \cdot 10^6$ ton/jaar. Dit cijfer is berekend met behulp

van een aanvoer van water door het Kanaal van $3400 \text{ km}^3/\text{jr}$ (Otto 1976) (zie ook onder "Stromingen") en een transport van kustwater ter grootte van $250 \text{ km}^3/\text{jr}$. Uitgaande van $4900 \text{ km}^3/\text{jr}$ (zie blz 23) levert dit circa $9 \cdot 10^6$ ton/jr aanvoer van gesuspendeerd materiaal door het Kanaal op.

(+) klifafslag : Dit is materiaal afkomstig van afslag van de Engelse en Franse kust bij het Kanaal en van East Anglia.

(X) bodemerosie : Behalve voor de Belgische kust en de erosie voor de kust van Norfolk moet er nog een bron zijn :

In februari 1976 en januari 1977 bleek dat helder Kanaalwater, na het binnentreden in de Zuidelijke Noordzee, steeds troebeler werd, waarbij de suspensie-concentratie in de oppervlaktelaag 3-5 maal zo groot was. De toename betrof voornamelijk het aantal relatief grove deeltjes (silt). Ten westen van Texel waren deze oppervlakteconcentraties weer laag. Aannemende dat dit een continu proces is, de reststroom gemiddeld $2,5 \text{ cm/s}$ bedraagt en dat de suspensieconcentraties 's winters 50 % hoger zijn dan het gemiddelde (RWS 1976), dan betekent dit een jaarlijks transport van $3,5 - 4,0 \cdot 10^6$ ton fijn materiaal (Eisma 1977).

Troebelingsmaximum in rivieren :

Bij uitstroming in zee, van rivierwater met gesuspendeerd materiaal blijkt er een troebelingsmaximum, dat wil zeggen een hoge concentratie suspensie (vaak enkele malen groter dan die van het rivier- of zeewater ; Postma et al. 1955), op te treden.

Dit maximum zou bij rivieren zonder getijbeweging niet voorkomen (Lüneburg 1953) en wordt ook wel toegeschreven aan het uitvlokken van colloïdaal riviermateriaal door de toevoer van ionen (zout) (Lüneburg 1939), dit kan evenwel slechts voor een klein deel het troebelingsmaximum verklaren.

Het lijkt erop, dat meestal de grootste invloed toe te wijzen is aan hydrodynamische condities (Postma et al. 1955, Postma 1967, Schubel 1969, 1971).

Op de grens van zoet en zout water is er een netto oppervlakte-stroom

van zoet water richting zee, en een netto bodemstroming van zout water landinwaarts.

Sediment-deeltjes, die in het zoete water zeewaarts meegevoerd worden, zullen uitzakken, in het zoute bodemwater terecht komen, en weer landinwaarts gaan.

Door verticale menging kan een deel van de suspensie weer in de oppervlakte-waterlaag komen, zeewaarts meegevoerd worden, vervolgens weer zinken tot in de zoutwaterlaag, etc...

We krijgen zo een zich herhalend proces, dat ervoor zorgt dat er een accumulatie van gesuspendeerd materiaal aanwezig is (fig 30). Bij langzaam stromend rivierwater zullen zowel de oppervlakte- als de bodemstroming te gering zijn om veel deeltjes in suspensie te houden, echter bij voldoende sterke stroom, misschien hierbij nog geholpen door de eb/vloed-beweging, ontstaan de juiste condities voor een suspensiemaximum.

Bij een groter wordende rivier-afvoer zal het maximum zich zeewaarts verplaatsen.

Natuurlijk zal niet al het gesuspendeerde materiaal van een rivier in zo'n maximum gevangen worden. Er zal ook materiaal op de bodem terecht komen (de relatief grovere fractie), of naar zee afgevoerd worden (de relatief fijnere fractie). (Postma 1967, Schubel 1971).

Er resteert echter meestal nog een vrij grote fractie gesuspendeerd materiaal (dat overigens van zowel fluviatiele als mariene oorsprong kan zijn) bij de zoutgrens, die tot aan het oppervlak waar te nemen is, door de al eerder genoemde verticale menging. (zie fig 30, Postma et al. 1955). De samenstelling van deze restfractie is mogelijk karakteristiek voor een rivier.

Het lijkt op grond van bovenstaande mogelijk te zijn om water-massa's van verschillende rivieren te onderscheiden ; misschien berusten de geconstateerde verschillen tussen Nederlands en Engels kustwater (zie verder) voor een deel hierop.

De hoge suspensie-concentratie is o.a. van belang bij de adsorptie/desorptie van zware metalen, die door de rivier aangevoerd worden (zie onder "Zware metalen").

Stroomopwaarts van de zoutgrens blijken nog mariene afzettingen voor te komen, toegeschreven aan "diffusie" van gesuspendeerd materiaal stroomopwaarts, bevorderd door de getijbeweging. Het landwaarts transport van slib is o.a. in de Rotterdamse havens gesignaleerd :

Er wordt circa $3 \cdot 10^6$ ton/jr aangevoerd door de Rijn,

en $10 \cdot 10^6$ ton/jr gebaggerd (RWS 1976 + mond. med. J.P. Al)

Verder bleek het havenslib, gestort op losplaats Noord, voor zo'n 10 % later weer in de havenmond teruggevonden te worden. (Terwindt 1977).

Ook kwam uit isotopen-onderzoek naar voren, dat de kleimineralen in het sediment, tot ver voorbij de zoutgrens, van voornamelijk mariene oorsprong waren (Salomons et al. 1975^a, 1975^b, 1977 ; WL/IB 1976).

In de Amerikaanse resp. Engelse estuaria (Meade 1969, 1972 ; Prentice et al. 1968) blijkt de transportrichting van gesuspendeerd materiaal óók een landwaartse component te kunnen hebben. (zie onder "Stromingen).

Variaties en concentraties van Gesuspendeerd Materiaal in de Zuidelijke Noordzee.

Variaties in de hoeveelheden en de verdeling van gesuspendeerd materiaal treden op als gevolg van verschillende factoren.

Getij- en reststroom : Periodieke wisseling van stromingen, sterke turbulentie en het opwoelen van sedimenten veroorzaken een voortdurende verandering van de hoeveelheid materiaal die in suspensie is in de loop van de getijperiode (fig 31, Joseph 1953, 1957). De troebelheid is dus ook afhankelijk van het soort bodemmateriaal.

Als gevolg van deze getijbeweging en de reststroom zullen in het algemeen in de Zuidelijk Bocht, de suspensie-concentraties van oppervlak naar bodem toenemen. Een uitzondering hierop komt meestal voor langs die delen van de Nederlandse kust waar, door uitstroming van zoet en slibrijk rivierwater er juist een afname in suspensie-concentratie van oppervlak naar bodem is. Deze twee verschillende gebieden en de overgangszone ertussen zijn te zien in fig 32, waaruit ook blijkt, dat er geen juist beeld van de suspensie-situatie te krijgen is door metingen aan het oppervlakte-water alleen (Visser 1970) of door

helderheid-bepalingen met de Secchi-schijf (+). Dit geldt vooral in gebieden met stratificatie van de waterkolom.

Seizoensinvloeden : Hiertoe rekenen we storm, planktongroei, etc...

De door storm veroorzaakte golfwerking kan in de ondiepe Zuidelijke Noordzee tot de bodem komen en het bodemmateriaal doen opwervelen. Het fijne materiaal gaat dan in suspensie en wordt bij langere periodes van kalm weer, weer afgezet.

Het Noordzee-water is dan ook veel troebeler tijdens en na stormen, dan na een periode van rustig weer (zie ook Folkard et al. 1971). De grootte van de toename der troebeling is afhankelijk van de diepte, het soort sediment, de getij-beweging en de windsterkte en richting (Visser 1975). Door planktonbloei (zie ook onder "Nutriënten") kunnen aanzienlijke variaties in de hoeveelheden gesuspendeerd materiaal voorkomen (zie ook Eisma et al. 1977, Gieskes 1974). Het lijkt slechts mogelijk te zijn om gedurende december/januari vrijwel planktonvrije suspensie-bepalingen te doen (Eisma 1976). Het aangeven van fluctuaties in concentraties door middel van seizoenskaarten voor de hele Zuidelijke Noordzee lijkt mede door het geringe aantal metingen en het moeilijk vergelijkbaar zijn van de verschillende soorten metingen, nog niet te verwezenlijken.

Visser (1970) heeft zich hierdoor gedwongen gezien slechts twee seizoensperiodes weer te geven in kaartjes, waarbij hij de beschikbare getallen middelde over respectievelijk december/mei en juni/november. Ook het aantal continue metingen gedaan tijdens een of meer jaren is uiterst miniem (fig 33, Visser 1970).

De enige continue metingen voor de Zuidelijke Noordzee zijn ten westen van Texel gedaan (fig 34, 35 naar Visser 1970).

Een duidelijk verschil is te zien in de concentraties van het gesuspendeerd materiaal tussen de periode december/mei en juni/november, verder is er een sterke maand-fluctuatie. Er blijken ook grote dagelijkse variaties op het isolijnenpatroon van de suspensie-concentraties voor te komen. Het algemene beeld toont echter grotere concentraties aan de kust, met een afname in zeewaartse richting (Visser 1975).

De met de Coulter-counter (+) bepaalde grootte-verdeling van niet-levend gesuspendeerd materiaal, vertoont, voor zowel het Nederlandse als het Engelse kustwater, een opvallende piek tussen 6 en 11 μm (Eisma 1976).

Wanneer deze piekhoogte uitgezet wordt tegen de saliniteit, dan blijkt er een verschil tussen Engels en Nederlands kustwater te bestaan (fig 39, Eisma 1976).

Het Kanaalwater bevat relatief grover gesuspendeerd materiaal (zie ook fig 47).

De met behulp van gemiddelde oppervlakte-bundelverzwakkingscijfers (+) gemaakte kaartjes voor de periodes december/mei en juni/november (Visser 1970) (fig 40^{a,b}) geven in algemene trekken dezelfde verdeling van troebeling weer als de kaartjes van Lee et al. (fig 41, 42, 43, Lee et al. 1969).

Op laatstgenoemde kaartjes is echter ook te zien, dat het troebelings-minimum in het algemeen niet samenvalt met de tong van maximale saliniteit vanuit het Kanaal. (zie ook Folkard et al. 1971).

Lee et al. schrijven dit toe aan de snellere getijstroomen (zie fig 13) die vooral aan de westkant van de Zuidelijke Noordzee heersen. (fig 16, Lee et al. 1969).

Deze grotere troebeling veroorzaakt door getijstroomen, is vooral duidelijk voor de kust van Norfolk aanwezig.

De grootte en uitgestrektheid hiervan worden nog eens versterkt, doordat de N-NW gerichte ebstroom hier aanzienlijk sterker is dan de Z-ZW gerichte vloedstroom, (Harvey et al. 1977) en het bodem-materiaal relatief fijn verdeeld is (Jarke 1956). Dat weersomstandigheden en dergelijke ook een grote invloed hebben, is af te leiden uit fig 45^{a,b} (Joseph 1953), waarbij fig 45^b de situatie na een Z.O. storm weergeeft.

Evenals tussen de natuurlijke fluorescentie (+) en saliniteit, bestaan er tussen ΔC_R (+) en de saliniteit lineaire verbanden, die per zeegebied verschillen, afhankelijk van de herkomst van de suspensie (fig 36, 37) (Otto 1967).

Deze verschillen per zeegebied (Engelse kust $\neq$ Nederlandse kust $\neq$ Kanaal), werden ook door Joseph (1953, fig 38) waargenomen voor de extinctie

uitgezet tegen de concentratie van het gesuspendeerd materiaal.

Jones et al. (1956) vinden eveneens een verband tussen de lichtdoorlatendheid van het Engelse kustwater en de concentraties gesuspendeerd materiaal, dat afwijkt van het Nederlandse kustwater.

Een dergelijk verschil wordt evenwel niet door Visser (1975) gevonden met behulp van de natuurlijke fluorescentie. (†)

Hij concludeert dan ook (op grond van zijn metingen), dat de bundelverzwakking veroorzaakt wordt door gesuspendeerd materiaal en niet door absorptie ten gevolge van de "gele stof" : er is geen verschil per kustwater uit te halen (Visser 1975).

Het verband tussen troebelheid en het totaal volume van gesuspendeerd materiaal is te zien in fig 46 (Lee et al 1969). Van een door enkele auteurs berekende of experimenteel aangetoonde maximale verstrooiing door deeltjes met een diameter van $1,2 \mu$ (Burt 1954), of circa 1μ (Jerlov et al. 1953) afnemende naar deeltjes met een grotere diameter, bleek niets tijdens de metingen verricht door Lee et al. (1969).

Evenmin konden ze een door Otto (1967) gehypothetiseerde onderverdeling in het Engelse kustwater vinden in permanent gesuspendeerde (diameter $4,5 \mu$) en een tijdelijk gesuspendeerde (diameter 9μ) fractie.

De verdeling over verschillende (effectieve) diameters lijkt vrij uniform te zijn, met in het algemeen fijner materiaal dichtbij de kust. (Eisma et al. 1977) (fig 47).

De fijnste fractie bevat ook relatief meer organische stof (Eisma 1976, zie ook fig 25, Salomons et al. 1977).

Veel van het gesuspendeerd materiaal bleek uit aggregaten te bestaan, voor het oppervlaktewater zou dit 50-80 %, voor het bodemwater 30-60 % van het totale aantal deeltjes zijn (Eisma 1976). Indeling naar dood en levend gesuspendeerd materiaal is gemaakt door Eisma et al. (1977) (fig 48, 49).

Uit deze figuren is op te maken dat voor dit deel van het jaar (winter), het merendeel van de suspensie uit niet-levend materiaal bestaat. De invloed van de rivieren is vooral dicht onder de kust goed zichtbaar. Hierdoor en door de vaak kustgerichte slibrijke bodemstroming (Dietrich 1955, Ramster 1965, Postma 1967), zijn de suspensie- concen-

traties dichtbij de kust in het algemeen hoger (tot >100 mg/l) (Eisma 1976) dan verder uit de kust.

Helderheid van het water : deze factor, die van belang is voor het biotisch milieu, zal hier slechts kort worden aangestipt. De algemene indruk bestaat, dat in de periode juni/november het water helder genoeg is om een hoeveelheid daglicht ≥ 1 % tot de bodem te laten doordringen. Daarentegen zal tijdens de periode december/mei, waarin het water meestal wat troebeler is, de bodem een hoeveelheid licht ≤ 1 % ontvangen (fig 50^{a,b} Visser 1970).

Dit valt vrij goed te rijmen met de door Tijssen (1968, 1969, 1970) gevonden Secchidieptes, aannemende dat driemaal de Secchidiepte overeenkomt met 1 % lichtdoordringing. (Visser 1970).

(+) : Bijlage ter verklaring van de in de tekst genoemde meettechnieken

Tot de meest toegepaste meettechnieken voor het bepalen van troebelheid/suspensie-concentratie behoren :

Secchischijf, (doorstroom-) Troebelheids- of bundelverzwakkings-meter, Irradiatiemeter, Natuurlijke fluorescentie & Coulter-Counter :

Secchi-schijf : Deze metingen berusten op waarnemingen van die diepte waarbij een witte schijf met een doorsnede van 30 cm. juist nog zichtbaar is. Deze diepte wordt Secchi-diepte genoemd en is een maat voor de doorlatendheid voor licht, van het water.

Irradiatiemeter : Dit instrument meet de fractie daglicht die tot een bepaalde diepte doordringt.

Troebelheids-meter : Deze fysische wijze van meten kan continu gebeuren met een lichtbron van een bepaalde intensiteit, die door een kolom van 1 meter (opgepompt) zeewater straalt op een fotocel, die de nog overgebleven intensiteit meet.

Door het gebruik van filters kan nog een bepaald deel van het lichtspectrum bekeken worden.

Veel gebruikt is b.v. een rood filter, om de zogenaamde gele stof ("Gelbstoff", Kalle 1937, 1949, 1956, 1966), voornamelijk uit opgeloste organische stof bestaand, uit te sluiten. Bij een

blauw filter wordt deze "gele stof" juist nog wel meegemeten. Uit het verschil van beide metingen (ΔC_R) is een globale indruk te krijgen van de aanwezige hoeveelheid "gele substantie" (Otto 1967).

Natuurlijke fluorescentie : Deze wordt veroorzaakt door opgeloste organische stof, en is waarschijnlijk nauw gerelateerd aan de "gele stof" (Otto 1967).

Coulter-Counter : Een methode om concentratie, en verdeling naar diameter, van gesuspenderde deeltjes te bepalen, is de Coulter-Counter.

f - Zware metalen :

1 - Algemeen

Bij het geven van cijfers over hoeveelheden zware metalen kunnen we niet volstaan met het vermelden van totaal-gehalten. Voor de ecologische betekenis van deze metalen is het belangrijk te weten in welke vorm deze aanwezig zijn, omdat alle vormen niet in dezelfde mate beschikbaar zijn voor opname door organismen. Er kan daarom de volgende indeling gemaakt worden :

- I - In het water
 - a. opgelost (dat wil zeggen behorende tot de fractie, die door een filter van $0,45\mu$ gaat.
 - b. gesuspenderd of aan suspensie verbonden
- II - In het sediment
 - a. als (co-) precipitaat of geadsorbeerd aan het sediment
 - b. in het interstitiële- (of poriën-) water.

Deze indeling met de mogelijke reacties tussen de verschillende reservoirs is schematisch weergegeven in figuur 51. (WL/IB 1977). Meestal zal het niet mogelijk zijn een onderscheid te maken tussen (abiotisch) gesuspenderd materiaal en plankton (zie ook onder "Gesuspenderd materiaal") ; evenmin als tussen niet-levend bodemmateriaal en bentische (micro-) organismen.

In de gevallen, dat vrijwel zuiver plankton in handen gekregen werd, Tabel 8, bleken de gemeten concentraties zware metalen hiervan niet

noemenswaardig af te wijken van die van dood gesuspendeerd materiaal. (Duinker et al. 1976). Voor IJsselmeer-monsters blijkt dit evenwel niet op te gaan (Salomons mond. med.).

De door Duinker et al. (1976) gevonden waarden komen goed overeen met die van Martin et al. (1973) en Riley et al. (1971).

Gezien de isolijnen van de "particulate leachable"-fractie (zie fig 61) van de verschillende zware metalen in de Zuidelijke Bocht geldt in het algemeen, dat de concentraties in het midden (bij de zouttong vanuit het Kanaal) aanzienlijk lager zijn, en minder grote variatie vertonen, dan die dichtbij de kust. (Duinker et al. 1976).

De hoge concentraties bij de kust kunnen worden toegeschreven aan de invloed van de sterk vervuilde rivieren zoals de Rijn, Maas en Schelde aan de Continentale- en de Theems aan de Britse kant van de Zuidelijke Noordzee.

De belasting met zware metalen van het Rijnslib is in de laatste decennia sterk toegenomen. (fig 52 naar Salomons et al. 1977^a). Weergegeven in absolute cijfers, omgerekend uit de concentraties en afgevoerd watervolume, blijkt het om aanzienlijke hoeveelheden metaal te gaan. (Tabel 9, samengesteld met behulp van RIZA-gegevens).

De anthropogenetische bijdrage aan deze belasting is vaak vele tientallen malen hoger dan de natuurlijke (fig 53, Müller et al. 1974).

In figuur 52 is echter ook te zien, dat, na een sterke toename, er na $\pm$ 1960 ook enkele metaalgehaltenes (Pb, Hg, As) iets zijn afgenomen.

De door de rivieren aangevoerde zware metalen komen in verschillende vormen voor : - a. opgelost (dat wil zeggen behorende tot de fractie, die door een filter van $0,45 \mu$ gaat).

- b. gebonden aan slib.

De fractie gebonden aan slib vertegenwoordigt voor de meeste metalen het grootste percentage. Er zijn hierbij verschillen tussen Rijnslib en Noordzee materiaal. (zie blz 49).

Er kan via adsorptie/desorptie processen een dynamisch evenwicht bestaan tussen de metalen in oplossing en een deel van de in suspensie aanwezige metalen.

Het gesuspendeerd materiaal heeft weer een wisselwerking, door middel van erosie/sedimentatie, met het afgezette sediment.

Bij het uitstromen in een estuarium verandert de aard van de wisselwerking door onder andere wijziging in de pH, het chloride-gehalte etc. . Hierdoor treedt adsorptie/desorptie en dergelijke op.

2 - Estuarine processen

Door veel auteurs is reedsesignaleerd, dat er in estuaria belangrijke veranderingen optreden in slibgehalte en samenstelling (zie hiervoor ook onder "Gesuspendeerd materiaal") en in de concentraties van de zware metalen in het slib. (de Groot 1973, de Groot et al. 1977^b, Müller et al. 1974, 1975, WL/IB 1976, Salomons et al. 1977^b, Duinker et al 1974^a, 1976, etc.).

Processen, behalve de hieronder te noemen conservatieve menging, die de metaal-concentraties in het slib zouden kunnen doen afnemen, zoals de vorming van oplosbare organometaal-complexen (de Groot et al. 1976, Marchand 1974) of desorptie van metaal-ionen door competitie met grotere concentraties (zout-) ionen vanuit het zeewater, kunnen een, weliswaar kleine, bijdrage leveren (Müller et al. 1974, WL/IB 1976). Er worden echter, wanneer men uitgaat van een conservatieve menging in een verhouding marien/fluviatiel slib die overeenstemt met een op grond van stabiele isotopen onderzoek (δ^{13} , δ^{18} , Salomons 1975, Salomons et al. 1975) bepaalde samenstelling, vaak iets te hoge waarden gevonden voor de concentraties van de zware metalen in het sediment. (Tabel 10, Salomons et al. 1977^b).

Dit verschil kan verklaard worden uit het optreden van adsorptie-precipitatie van opgeloste metalen, zoals dit door Duinker et al. (1976) voor een aantal estuaria is aangetoond.

Voor ijzer in de vorm van hydroxiden (met hierin vaak als co-precipitaten Mn, Ni, Co, Zn, Cu..., Duinker et al. 1976, Krauskopf 1956) is dit een reeds meermalen waargenomen verschijnsel, ook voor de Rijnmond en wel als "coating" over zandkorrels (fig 55, Eisma 1966, 1975, Duinker et al. 1976).

Met laboratorium-proeven kon dit eveneens aangetoond worden (fig 56, Aston et al. 1973).

3 - Opgeloste zware metalen

De veranderingen die in een estuarium, bij toenemend zoutgehalte optreden in de concentraties van opgeloste zware metalen, verschillen per metaal. (fig 54^{a-e}, Duinker et al. 1976, 1977). Voor de metalen lood en zink kan er praktisch gesproken worden van een conservatieve menging, terwijl er bij koper, cadmium en ijzer precipitatie/adsorptie processen optreden, vooral in het gebied met lage saliniteit.

Behalve de reeds genoemde processen van precipitatie/oplossing en adsorptie/desorptie kan ook de interactie met reeds gesedimenteed materiaal een rol spelen. Vooral bij stormachtig weer kan er een aanzienlijke uitwisseling voorkomen tussen interstitieel- en bovenstaand bodemwater (Duinker et al. 1974^b). Er is vanaf de kust een afname in de concentraties der opgeloste zware metalen, veroorzaakt door bovengenoemde processen en verdunning met relatief onvervuild Kanaalwater.

De verdeling van enkele opgeloste zware metalen in de Zuidelijke Bocht staat weergegeven in figuur 58^{a-f} (Dutton et al. 1973, Duinker et al. 1977, Baker 1977).

4 - Zware metalen aan slib

De verschillende manieren waarop zware metalen aan slib kunnen zitten, zijn onder te verdelen in : (WL/IB 1976, Duinker et al, 1974^b)

- | | | |
|-----------------------|--|---------------|
| 1 - uitwisselbaar | = voornamelijk geadsorbeerd | } "leachable" |
| 2 - zuur-reduceerbaar | = { voornamelijk als hydroxi-
den, carbonaten en sulfi-
den. | |
| 3 - zuur-oxideerbaar | = { geassocieerd met orga-
nische stof | |
| 4 - resistent | | |

De verdeling voor enkele zware metalen in recente afzettingen van de Rijn staat weergegeven in figuur 59 (WL/IB 1976). Zoals aangegeven in deze figuur, is er alleen bij mangaan een noemenswaardige uitwisselbare fractie (circa 5 %). Voor de meeste metalen vertegenwoordigt de zuur-reduceerbare fractie het grootste deel van het voorkomen van deze

metalen in het Rijnslib. (Mangaan, cadmium, zink en lood : circa 75-65 %). Voor koper is de zuur-oxideerbare fractie de grootste (circa 65 %), voor nikkel de resistente fractie (circa 50 %). Voor andere rivieren kunnen de verhoudingen evenwel anders liggen. (zie o.a. Gibbs 1973).

Bij vergelijking van de concentraties koper en zink in de opgeloste en gesuspendeerde fracties van het Rijnwater, met die van de Zuidelijke Noordzee, valt het volgende op : de fractie gesuspendeerd koper zowel als zink (in $\mu\text{g/l}$) neemt, zowel relatief als absoluut sterk af , terwijl de opgeloste fractie relatief toeneemt.

Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn het mengen van metaalrijk fluviatiel slib met marien gesuspendeerd materiaal arm aan metaal. Al direct in de Rijnmonding, bij lage saliniteit, treedt menging op met relatief "schoon" marien materiaal. (zie ook onder "Gesuspendeerd materiaal").

Uit het feit dat voor koper en zink, op basis van $\mu\text{g/g}$ suspensie, gevonden wordt, dat de concentraties dichtbij de kust lager zijn dan meer zeewaarts (Duinker et al. 1974^a) zouden we kunnen afleiden dat deze verdunning vooral bij de kust plaatsvindt.

Ook zal er door aanvoer van slib vanuit het Kanaal en mogelijk vanaf de bodem van de Zuidelijke Noordzee (erosie, zie onder "Gesuspendeerd materiaal", Eisma 1977) een verdere verdunning met "onvervuild" slib kunnen voorkomen.

De reeds eerder genoemde hoge concentraties (in $\mu\text{g/g}$ suspensie) in het centrale deel van de Zuidelijke Noordzee zouden veroorzaakt kunnen worden door een permanent aanwezige fijn verdeelde fractie, met hoge metaalgehalten. Het voorkomen van zo'n fractie werd reeds aangetoond bij de Japanse kust, met 60-70 % van de (ijzerrijke) deeltjes $< 0,50 \mu$ (Shigematsu et al. 1970) in de Waddenzee met 40-60 % $< 0,50 \mu$ (Duinker et al. 1975). Hiermee kan ook de grote variabiliteit verklaard worden in de gevonden metaalconcentraties van de opgeloste en gesuspendeerde fractie ; de diameter van deze deeltjes ligt immers dicht bij de gebruikte filterdiameter. ($0,45 \mu$). Deze fijne fractie van waarschijnlijk

voornamelijk ijzer/mangaan-hydroxiden met gecoprecipiteerd/geadsorbeerd cobalt (Martin 1971), koper, lood, cadmium etc. (Eisma 1966, Duinker et al. 1974^b) is er mede de oorzaak van, dat het metaalgehalte in gesuspendeerd materiaal hoger is dan in het recente sediment (gecorrigeerd voor de korrelgrootte-verdeling ; de Groot et al. 1976, Müller et al. 1974): omdat het metaalgehalte afhankelijk is van de korrelgrootte-verdeling van het slib, (fig 60, Salomons et al. 1977^a, 1977^b) moeten de gevonden waarden geëxtrapoleerd worden naar één bepaalde korrelgrootte verdeling (b.v. 50 % < 16 μ ; WL/IB 1976) om vergelijking van gesuspendeerd materiaal en sediment, onderling en met zichzelf mogelijk te maken.

Het is ook mogelijk deze correctie toe te passen met behulp van de metaal/aluminium-verhouding.

Eenzelfde soort afhankelijkheid van de korrelgrootte-verdeling geldt ook voor de gehalten van zware metalen in gesuspendeerd materiaal. (Duinker et al. 1974^b).

De verdeling voor een aantal metalen staat (in $\mu\text{g/l}$ en $\mu\text{g/g}$) weergegeven in figuur 61 en 62 ; de relatie (in $\mu\text{g/l}$) met het zoutgehalte in figuur 63 (Duinker et al. 1977).

5 - Verschillen Rijn/Noordzee

Bij vergelijking van de percentages metalen "opgelost" en "gebonden aan suspensie" tussen Rijn- en Noordzee-monsters blijken er tussen enkele metalen grote verschillen voor te komen (Tabel 11). Deze verschillen kunnen voor een deel toegeschreven worden aan meteorologische omstandigheden, die invloed hebben op de hoeveelheid materiaal in suspensie. Het is, door de vele processen die er kunnen optreden, niet mogelijk de gevonden verschillen aan één bepaald proces toe te schrijven. Afhankelijk van de omstandigheden zal telkens een ander proces de overhand hebben en zo voor moeilijk verklaarbare concentratie-verschillen zorg dragen.

6 - Zware metalen in Noordzee-sediment

Van de metaalgehalten in gesedimenteerd slib van de Rijn, het Rijn-

estuarium en Waddenzee/Dollard zijn vrij veel gegevens beschikbaar (Duinker et al. 1974^b, de Groot et al. 1973, WL/IB 1976, Salomons et al. 1977^a). Echter, over de concentraties van de metalen in de sedimenten van de Zuidelijke Noordzee is zeer weinig bekend. Zoals reeds eerder vermeld, is het niet mogelijk te extrapoleren naar het gehalte in het sediment, uitgaande van de cijfers voor de zware metalen in suspensie.

Nadat het sediment is afgezet, komen er, meestal onder anaerobe omstandigheden, mobilisatie-processen op gang, waarbij de metaal-concentraties in het porienwater toenemen.

Deze concentraties zullen in het algemeen veel hoger liggen dan in het zeewater erboven. (Duinker et al. 1974^b)

Zo vond Presley et al. (1972) voor Saanich porienwater 2-5 maal zo hoge concentraties, Duinker et al (1974^b) in de Waddenzee vele malen meer.

Voor de Noordzee zijn evenwel geen cijfers over de concentraties van zware metalen in het interstitiële water bekend.

III - SEDIMENTEN

Voor de herkomst der sedimenten van de Zuidelijke Noordzee kunnen verschillende bronnen genoemd worden, die elk een slechts te schatten hoeveelheid sediment aanvoeren (zie blz 37).

Er zijn verschillende manieren waarop sediment in de Noordzee komen kan :

- a - in suspensie (zie onder "Gesuspendeerd materiaal")
- b - door transport over de bodem
- c - door omwerking van oudere afzettingen.

Zoals figuur 64 laat zien (naar Postma 1967) wordt het transport bij de bodem bepaald door de pakking en de grootte van de betrokken deeltjes, en door de stroomsnelheid net boven de bodem (zie ook blz 58). De stroomsnelheid neemt vanaf het oppervlak af met de diepte. (fig 65, Sager 1963). De Noordzee is een vrij ondiepe shelf-zee, met in het gehele zuidelijke deel dieptes van circa 20-30 m (fig 66, Stocks 1956). Een uitzondering vormt de Diepe Geul, aan de westzijde, met dieptes tot circa 50 m. De bodem van de Zuidelijke Noordzee bestaat voornamelijk uit jong zeezand, van Holocene ouderdom (Oele 1971), met plaatselijk grint- en kleirijke afzettingen, (Veenstra 1971) welke vooral voorkomen in het zuidelijke deel ongeveer tussen Engeland en België. (Jarke 1956, Houbolt 1968, Veenstra 1971).

De Oestergronden vormen op het Nederlands Continentaal Plat het grootste gebied met kleirijke afzettingen.

De dikte van de zandlaag varieert van circa 10 m in het zuiden tot minder dan 1 m ten Westen van Texel. (Oele 1971, Eisma et al. 1978) ; de mineralogische samenstelling wijst erop, dat het zand afkomstig is van omgewerkte Pleistocene zanden (Houbolt 1968, Veenstra 1971).

Vanaf het Kanaal is er, in noordelijke richting behalve een geleidelijke verandering in de gemiddelde diameter van het bodem-materiaal (van $> 400\mu$ tot circa 120μ , fig 67, Mc Cave 1971, Houbolt 1968, Jarke 1956, Eisma et al. 1978). ook een verandering in het bodemreliëf. (fig 68). Eenzelfde opeenvolging werd ook in het Kanaal vanaf straat Dover in zuidwestelijke richting gevonden (Belderson et al 1966), en

wel achtereenvolgens :

- 1 - zone met overwegend erosie
- 2 - zandruggen
- 3 - zandgolven (met een mediane zanddiameter van $\approx 300\mu$)
- 4 - continu zandbed (met een mediane zanddiameter $< 250\mu$)
- 5 - zand "patches" en slik

1 - Zone met overwegend erosie

Een zone waarin overwegend erosie voorkomt, zou in de Zuidelijke Noordzee op circa 52° N. Br. liggen (fig 69, Stride 1973). Volgens Eisma (1977) is er vooral erosie in het Kanaal (zie ook bij "Gesuspenderd materiaal").

2 - Zandruggen

Zandruggen komen vrij algemeen voor in gebieden met hoge getijstroomsnelheden en met voldoende zand. (Off. 1963, Caston 1972, Houbolt 1968). Er kunnen twee soorten zandruggen onderscheiden worden : die, opgebouwd op een vlakke (grint-) bodem (Hinderbanken) en zandruggen met een kern van oudere afzettingen (Bruine bank en Zeeland ruggen). (fig 70, naar Houbolt 1968, Oele 1971).

De zandruggen in de Zuidelijke Noordzee kunnen een lengte tot 50 km een breedte tot 3 km en een hoogte tot 42 m hebben. (Stride 1974, Houbolt 1968, Caston 1972).

Ze zijn in het algemeen asymmetrisch van opbouw, veroorzaakt door een vertragingseffect in de getijde-ellips (Stride 1974) en hun lengterichting is evenwijdig aan de richting van de maximale getijstroom (zie onder).

De maximale getijstroom en het zandtransport aan de ene kant van een zandrug is tegenovergesteld gericht en evenwijdig aan dat van de andere kant. (Caston et al. 1970, Caston 1972). De symmetrie van een zandrug is een afspiegeling van de dominantie van een van beide getijstroomen (Caston 1972).

Een mogelijke verplaatsing van de zandruggen zou gebeuren in de richting van hun steile zijkant (Houbolt 1968, Stride 1976, Caston 1972)

en een mogelijke groei in de richting van de dominante maximale getijstroom (Caston 1972). Dit zijwaarts transport zou veroorzaakt worden door een "time-lag" in de getij-cyclus (Stride 1974) :

Er is een bepaalde (getij-) stroomsnelheid v_1 nodig om bodemdeeltjes in suspensie te brengen (zie fig 71).

Deze deeltjes bezinken pas, nadat de stroomsnelheid beneden een bepaalde waarde v_2 ($v_2 < v_1$) (fig 64, fig 71, Postma 1967) gekomen is, terwijl de getijstroom inmiddels al anders gericht is geworden dan tijdens het in suspensie brengen en de maximale getijstroom het geval was.

Op grond hiervan kan nu voorspeld worden hoe de verplaatsing van de zandruggen gericht zal zijn, bij getijstromen die voldoende sterk zijn (fig 72, Stride 1974).

Zijwaartse verplaatsingen van zandruggen van circa 300-660 m per eeuw zijn waargenomen voor de Norfolk-banken (Caston 1972). Voor de Vlaamse banken (over circa 300 jr) en de Hinderbanken (over circa 40 jr) is gevonden, dat ze weinig of niet verplaatst zijn (Houbolt 1968). Vaak worden op de flauwe helling, soms ook op de steile, van de zandruggen megaribbels en zandgolven tot een hoogte van circa 6 m gevonden ; de vorm hiervan wijst op een transport naar de kam van de zandrug toe. (Houbolt 1968, Caston 1972).

De oriëntatie van deze zandgolven is aan de voet van de zandrug ongeveer loodrecht op de kamrichting (dat wil zeggen loodrecht op de richting van de maximale getijstroom) ; naarmate ze dichterbij de kam komen, wordt de hoek tussen de kam van de zandgolf en die van de zandrug kleiner, soms zelfs tot 0° (fig 73, 74, Caston 1972).

3 - Zandgolven

Een aanzienlijk deel van de bodem van de Zuidelijke Noordzee is bedekt met zogenaamde zandgolven (fig 75, Mc Cave 1972, Caston et al. 1973).

De grenzen van dit gebied met zandgolven lijken door verschillende factoren bepaald te worden (Mc Cave 1971) :

De westgrens door schaarste aan zand, de noord- en oostgrens door de golfbeweging, en een afnemende stroomsnelheid (Belderson et al. 1971) Zandgolven zijn een soort langgerekte onderwater-zandduinen (fig 76, Houbolt 1968), met hun kam loodrecht op de richting van de maximale component van de getijdestroom. De hoogte van de zandgolven varieert van 3-15 m (fig 77, Bruun et al. 1972, Mc Cave 1972, Houbolt 1968) en de golflengte van 30-600m. Gewoonlijke is de vorm asymmetrisch, met een steile helling die de richting van het zandtransport aangeeft (Stride 1965, 1958, 1963, 1970, 1972, 1973, 1974, Bruun et al. 1972, Jones et al, 1965, Houbolt 1968, Mc Cave 1971).

De vorming van zandgolven lijkt een langdurig proces te zijn ; ze verplaatsen zich niet noemenswaardig (Terwindt 1971, Caston et al. 1973, Langeraar 1966) en komen niet voor, daar waar regelmatig golfwerking is, dat wil zeggen bij een diepte < 18 m (Mc Cave 1971). Enkele andere voorwaarden voor het voorkomen van zandgolven lijken te zijn : het aanwezig zijn van voldoende zand ($200-500 \mu$) en een gemiddelde stroomsterkte > 60 cm/s bij springtij. (Eisma et al. 1978). Dat beweging van zand mogelijk is, blijkt uit waarnemingen van de stroomsnelheden op 50 cm boven de bodem. (Tabel 12, Terwindt 1971). Het transport van zand zou dan gebeuren door getijstroom en door golfwerking tijdens stormen. Gezien de vorm van de zandgolven, en waarnemingen in de Ierse zee (Jones et al. 1965, Belderson et al. 1969) en de Duitse Bocht (Samu 1968), lijkt het zeer waarschijnlijk dat deze golven zich ook in de Zuidelijke Noordzee verplaatsen.

De eventuele verplaatsing van zandgolven is kleiner dan de nauwkeurigheid in de positiebepaling (Langeraar 1966), zodat een netto transport < 15 m/jr aangenomen moet worden.

De richting van het transport hangt, zoals al eerder vermeld, af van de richting van de maximale getijstroom (Stride 1974) en van de vorm van de getijde-ellips (Mc Cave 1971). Dit laatste wordt door Stride (1973) bestreden.

Ten noorden van circa $51^{\circ}45'$ N.Br. overheerst de Noordelijke component en het noordwaartse transport, ten zuiden hiervan de Zuidelijke en het zuidwaartse transport (fig 78, 79, Mc Cave 1971).

Tussen beide ligt een gebied met symmetrische zandgolven waar de maximale Noordelijke en Zuidelijke component ongeveer gelijk zijn (fig 79, Mc Cave 1971, Dingle 1965).

Het transport zal dan ook steeds het verschil zijn van de verplaatsing in de ene en in de andere richting, hetgeen wel duidelijk blijkt uit waarnemingen in de Ierse zee (Jones et al 1965) : Hier was het transport tijdens één vloedperiode 74 cm, terwijl het resulterende transport gedurende twee zomermaanden gemiddeld 5-10 cm/dag was.

Behalve de reeds genoemde factoren als oorzaak voor het transport van zandgolven, worden ook wel de "internal waves" genoemd (Bruun et al. 1972, Stride et al. 1960). Deze kunnen optreden als gevolg van een thermoklien en een "stroomopwaarts" voorkomend bodemreliëf. Dit lijkt echter in de Zuidelijke Bocht niet zo waarschijnlijk, omdat een thermoklien niet aanwezig is en er geen duidelijk verband is met het reliëf. (zie fig 2).

Regelmatige metingen met nauwkeurige plaats en dieptebepalingen gedurende periodes tot 3 jaar tonen slechts schijnbaar ongecoördineerde verplaatsingen (fig 80, Burton 1977) en hoogteveranderingen (tot 2 m) aan. (Burton 1977, Terwindt 1971).

Wel moet opgemerkt worden, dat het door Burton onderzochte gebied precies ligt in de zone, waar de grens loopt tussen de kloksgewijze en anti-kloksgewijze getijde-ellips (fig 81, Sager et al. 1968). Het lijkt dan ook niet het bij uitstek geschikte gebied om een eenduidige verplaatsing van zandgolven aan te tonen (zie o.a. Stride 1974, Mc Cave 1971, Stride 1959).

Tijdens zware stormen treedt afbraak op van zandgolven, terwijl tijdens een periode van kalm weer de zandgolf-kam weer opgebouwd wordt (Terwindt 1971). Dit kan voor een deel de gevonden spreiding in de grafiek van de hoogte tegen de lengte van de zandgolven (fig 82, Bruun et al. 1972) (Off. 1963) verklaren. Samenvattend kan gesteld worden, dat door interpretatie van het bodemrelief zekere transport-richtingen voor zandgolven aangenomen kunnen worden (*) ; over de grootte van dit transport kan op dit moment moeilijk een uitspraak gedaan worden.

(*) NB Opmerkelijk is het, dat er twee standpunten te onderscheiden zijn :

- 1 - a - het huidige bodemreliëf is (geheel of grotendeels) een relict van een voorliggende periode met lagere waterstanden en hogere stroomsnelheden.
b - er is daarom nu geen verplaatsing van zandruggen en -golven meer. (o.a. Winkelmolen 1969, Veenstra 1971, Nio Swie Djin 1976)
- 2 - a - het bodemreliëf wordt nu gevormd ; er kan wel een invloed zijn van het oudere al aanwezige reliëf (Caston et al. 1973)
b - er vindt dus ook nog steeds een verplaatsing van zandruggen en golven plaats (o.a. Stride 1958, 1959, 1963, 1972, 1973, 1974, Caston 1970, 1972, Benderson 1969, Mc Cave 1971, Dingle 1965, Johnson 1969).

Megaribbels : Gesuperponeerd op de grote zandgolven worden vaak kleinere golven gevonden, de megaribbels, met een hoogte tot 3 m en een golflengte tot 30 m (Mc Cave 1971).

Het zijn een soort zandgolven, waarvan de kammen meestal slechts een hoek van enkele graden met die der zandgolven maken. (fig 83^{a,b}).

Deze hoek kan evenwel oplopen tot zo'n 45° (Terwindt 1971) op zelfs 60° (Eisma et al. 1978).

De hoogte van deze megaribbels neemt toe in de richting van de kam van de zandgolf (Terwindt 1972, fig 84).

Het transport van materiaal over de zandgolf is vergezeld van, of in de vorm van, deze megaribbels (Terwindt 1971).

4 - De "Texel-spur"

De zogenaamde Texel-spur ligt op een plaats waar, gerekend vanaf het Kanaal, de getijdestromen zwakker worden en de asymmetrie van de getijde-ellips afneemt. De mediane zanddiameter (circa 200-250_μ) duidt op een goede sortering. Volgens Völpel (1959) betekent dit, dat verder transport onwaarschijnlijk geacht moet worden ; Eisma (mond. med.) bestrijdt dit.

5 - Oestergrond

De Oestergrond is een vrij vlak gedeelte bedekt met fijn zand en slik (Jarke 1956, Houbolt 1968).

Een apart gebied vormt de zone langs de Nederlandse kust, met een vrij grote invloed van de golfwerking.

Nederlandse kustzone : In de zone langs de Nederlandse kust, met een diepte < 20 m, vindt transport van zand en sedimentatie plaats door de getijstroom en de golfwerking. Dicht onder de kust liggen tot maximaal drie zandbanken ongeveer evenwijdig aan de kustlijn. (Eisma et al. 1978).

Transport van zand : Op grond van het "time-lag"-effect (blz 54) en de richting van de maximale getijstroom (fig 13) kan voorspeld worden hoe het zandtransport gericht zal zijn (fig 69, Stride 1974). De verplaatsing van zand voor de kust van Vlaanderen, die met behulp hiervan aangenomen werd komt overeen met de wervel in het stroompatroon, die gevonden werd (Nihoul et al. 1975) door de M_2 -getij-beweging in het mathematisch model van de reststroom te verdisconteren. (zie fig 14), en met de gevonden draaiende beweging van de getijstroom voor de Westerschelde monding. (Terwindt 1967).

Het transport van zand gebeurt voornamelijk door getijstroom en door golfwerking tijdens stormen.

In een periode van rustig weer wordt de kam van een zandgolf weer opgebouwd ; blijkbaar is dan de bodemstroming nog sterk genoeg (Tabel 12) om zand te kunnen transporteren. (zie onder "Zandgolven", Terwindt 1971).

Uit een semi-empirische benadering voor de door golven opgewekte stroomsnelheid blijkt deze gedurende tenminste een aantal dagen per jaar (fig 85, Draper 1967) de kritische waarde (35 cm/s), waarboven transport van zand plaatsvindt (Terwindt 1971), te overschrijden. Het is nu mogelijk met behulp van figuur 85 en een dieptekaart, een kaart te construeren, waarop de relatieve verstoring van het sediment door de golfwerking wordt weergegeven (fig 86, Mc Cave 1971).

Uit fig. 85 blijkt ook, dat op 30 m diepte, gedurende tenminste één dag per jaar stroomsnelheden bij de bodem van 40 cm/s voor kunnen komen.

Bij berekening van de maximale piek-bodemsnelheden tijdens zo'n dag, blijken snelheden van circa 90 cm/s mogelijk te zijn (Draper 1967).

Nog een sterke aanwijzing, dat hoge bodemsnelheden voor kunnen komen, is de verplaatsing van gedumpte 200 liter stalen vaten, verzaard met beton (Saila 1971).

Opmerkelijk is verder nog, dat voor delen van de Zuidelijke Bocht er voor gesuspendeerd materiaal en zand tegengestelde transport-richtingen zouden bestaan (fig 87, Stride et al. 1963).

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de Geologie van de Sedimenten op het Nederlands Continentaal Plat, kan verwezen worden naar Oele (1969, 1971) en naar de hierop betrekking hebbende delen van Jansen et al. (1978) en Eisma et al. (1978).

IV - INTERSTITIËEL WATER

Bij de mineralisatie van gesedimenteerde organische stof (zie ook onder "Organische stof") ontstaan nutriënten, die aanvankelijk in het interstitiëel water oplossen. Deze nutriënten komen door allerlei processen (zie blz 32) in het oppervlaktewater en zijn dan beschikbaar voor de primaire productie.

Op het Nederlandse Continentale Plat worden sinds korte tijd (vanaf medio 1976, M. van der Loeff) de concentraties van enkele nutriënten (nitraat, ammoniak, fosfaat en silicaat) in het interstitiëel-(=poriën-) water gemeten. De voorlopige resultaten geven aanleiding tot een indeling in twee zones :

- A - Een smalle kustzone van 0-3 km (tussen Hoek van Holland en Bergen) met vrij hoge concentraties aan nutriënten (fig 88^a)
- B - Een wat verder uit de kust gelegen zone (3-90 km) met vrij lage concentraties (fig 88^b).

De gemiddelde waarden van monsters genomen op circa 15 cm diepte, staan vermeld in Tabel 13 ; ter vergelijking staan ook de cijfers voor het oppervlaktewater vermeld (C).

Het blijkt dat de concentraties erg wisselend zijn, met vaak grote verschillen tussen naast elkaar gelegen monsterpunten. (M. van der Loeff mond. med.)

In het Zuid-Nederlandse kustgebied, in zandig sediment (Grevelingen) is door Rijkswaterstaat een serie metingen aan de opgeloste nutriënten gedaan (Tabel 14)

De weergegeven getallen zijn gemiddelde waarden.

Uit Belgisch onderzoek is bekend, dat wanneer de monsternamname erg voorzichtig gebeurt (met duikers), er een karakteristieke curve verkregen kan worden voor de porositeit en de concentraties van sulfaat, silicaat, nitraat en ammoniak tegen de diepte, van 0 tot circa 30 cm. (fig 89^{a-e}, J.P. Vandenborghet et al. 1975^{a,b}, 1977).

Deze curves zijn slechts karakteristiek voor het sedimentatiegebied bij de Belgische kust. De grootste concentratie-veranderingen treden op bij een diepte van circa 5 cm ; dit wordt veroorzaakt door onder

andere de porositeit. (vergelijk fig 89^a en 89^{b-e}). Bij de mathematische benadering wordt, om de berekende en waargenomen curves met elkaar in overeenstemming te brengen, aangenomen, dat de "mass-transfer-coefficient" in de oppervlaktelaag van het sediment 100 x groter is, dan in de diepere lagen.

De concentraties van nutriënten in het interstitiële water zijn meestal tientallen tot honderden malen hoger, dan in het oppervlaktewater. (Presley et al. 1967). Een oorzaak hiervan zou mobilisatie door bacteriële werking kunnen zijn.

Door processen als diffusie, bioturbatie, verplaatsing van het interstitiële water door verschillen in dichtheid (von Bodungen et al. 1976) en erosie (Duinker et al. 1974) kunnen de aanwezige ionen aan het oppervlaktewater afgegeven worden.

De aanvoer van nutriënten en dergelijke vanuit het sediment-poriewater naar het oppervlaktewater lijkt dan ook een belangrijke bijdrage tot deze in het water aanwezige ionen te kunnen leveren.

De grootte van deze flux is evenwel volledig onbekend.

Er bestaan weliswaar schattingen voor het Belgische kustgebied, echter extrapolatie naar het Nederlandse kustgebied is niet (zonder meer) mogelijk, (Billen 1978 mond. med. ; Billen 1978) immers beide gebieden zijn sterk verschillend (slikkig ↔ zandig). In figuur 90 zijn schematisch weergegeven de verschillende stikstoftransformaties tussen de sedimentlagen en de flux over de grens sediment-water.

De getallen genoemd in deze figuur hebben uitsluitend betrekking op de Belgische situatie.

BIJLAGES

b₁ = Organische stof

Zoals reeds vermeld onder II^e is de fractie fijn gesuspendeerd materiaal dichtbij de kust het grootst. Deze fijne fractie bevat relatief veel organische stof (fig 25). Het organische stof gehalte van gesuspendeerd materiaal bedraagt in de Zuidelijke Noordzee 2-30 % (Eisma 1976).

Als mogelijke oorzaken van de accumulatie van fijn materiaal bij de kust kunnen genoemd worden :

- a - het uitzakken van gesuspendeerd (organisch en anorganisch) materiaal en vervolgens, gedurende een deel der tijd, transport door de kustwaartse component van de bodemstroming.
- b - het "settling-lag"-effect zou de kustwaartse richting van het transport nog bevorderen (Postma 1954, van Straaten 1957).

Een deel van het organisch gesuspendeerd materiaal kan direct door b.v. het zöoplankton worden geconsumeerd ; een ander deel levert door afbraak nutriënten.

Het organisch materiaal zou vooral in de kustzone en in de bodem gemineraliseerd worden ; de microbiologische afbraak is hierbij een van de belangrijkste reacties. (Berner 1976). De gevormde nutriënten kunnen weer uit de kustzone ontsnappen (fig 91, Postma 1967).

In zo'n gebied kan een hogere primaire productie verwacht worden, die echter geheel of gedeeltelijk teniet gedaan kan worden door grote hoeveelheden gesuspendeerd materiaal die de hoeveelheid doorgelaten licht beperken. Een erg grote concentratie suspensie zou de primaire productie zelfs grotendeels kunnen remmen, terwijl tegelijkertijd de ontbinding van het organische materiaal en het ermee gepaard gaande zuurstof-verbruik wel doorgaan. In water met veel, organische stof kan dit onder bepaalde omstandigheden leiden tot zuurstof tekorten (Roskam 1970).

Behalve bij de mineralisatie etc. kan de organische stof nog betrokken zijn in adsorptie/desorptie processen met kleimineralen,

zware metalen (Bader et al. 1960) en pesticiden.

Een verdeling voor de gesuspendeerde organische stof in de winter is weergegeven in fig 92^{a,b}, 93^{a,b} (Eisma mond. med.) voor respectievelijk oppervlakte- en bodemonsters.

Een deel van het gesuspendeerd organisch materiaal zal van de Rijn afkomstig zijn. Aannemende dat de helft van het opgeloste organische materiaal bij uitstroming in het estuarium zal uitvlokken, complexeren, adsorberen, etc. en in de gesuspendeerde fase terecht komen ; dan betekent dit een geschatte aanvoer van gesuspendeerd organisch materiaal door de Rijn van $1,2 \cdot 10^6$ ton/jaar. (Tabel 15). Hier komt, voor de kustwater-zone (0-30 km) nog bij de afvoer van enkele kustplaatsen, zodat een totale aanvoer naar de kustwater-zone mag aangenomen worden van circa $1,3 \cdot 10^6$ ton/jaar.

De gemiddelde concentratie van gesuspendeerd organisch materiaal in het kustwater gebied heeft in de winter een waarde van circa 4 mg/l ; omgerekend naar de totale hoeveelheid (tussen Hoek van Holland en Den Helder) in dit reservoir levert dit $0,2 \cdot 10^6$ ton op. Daar de natuurlijke concentratie 's winters 1 mg/l is (fig 92,93), en er in februari nog geen primaire productie is, moeten de resterende 3 mg/l, of te wel $0,15 \cdot 10^6$ ton wel van de Rijn afkomstig zijn. De verblijftijd van water voor dit gebied bedraagt ongeveer een maand, hetgeen een aanvoer van gesuspendeerd organisch materiaal door de Rijn en kustlozingen oplevert van $\pm 1,8 \cdot 10^6$ ton/jaar.

b₂ = Pesticiden

De gegevens over de verspreiding van pesticiden in de Zuidelijke Noordzee zijn zeer beperkt. Uit de cijfers van Elskens (1974), voor de sedimenten in de Zuidelijke Bocht, kan gedestilleerd worden, dat de concentraties aan de kust, vooral dichtbij lozings-punten, hoger zijn dan verder van de kust af. (fig 94^a, Elskens 1974). Eder (1976) vindt voor twee monsterplaatsen in het Doggersbank gebied hogere waarden (zie Tabel 16) voor PCB, dan Elskens, namelijk circa 14-20 µg/kg droog sediment.

De verspreiding van de opgeloste pesticiden ziet er erg onsystematisch uit (fig 94^b, Elskens 1974) waarschijnlijk mede veroorzaakt door de grote meetfout die er bij deze kleine concentraties gemaakt kan worden.

Eenzelfde onregelmatig patroon is te zien bij de concentraties van pesticiden in plankton (fig 94^c, Elskens 1974).

Bekend is, dat PCB's, die in het sediment voorkomen, in het weefsel van detritus-eters worden opgeslagen (Odum et al. 1969). Een andere wijze van accumulatie geschiedt door middel van olie ; zo veroorzaakt reeds een klein percentage olie in het sediment een sterke vergroting van de hoeveelheid DDT in het sediment. (Hartung et al. 1970).

Een mogelijke indirecte methode voor de bepaling van de relatieve vervuiling in de verschillende delen van de Noordzee is die, waarbij de concentraties in de biomassa (b.v. van vissen) vergeleken worden.

Uitgaande van de aanname (ten Berge et al. 1974) dat er een bepaalde verhouding bestaat tussen de in het water en in het vet van organismen (b.v. vissen) aanwezige concentraties pesticiden, kan er een onderscheid gemaakt worden naar de mate van vervuiling van een bepaald stukje Noordzee. Er blijken dan tussen de diverse vissoorten nog grote verschillen op te treden, die verklaard worden, hetzij door een verschil in verdelingscoëfficiënt (ten Berge et al. 1974), hetzij door de plaats van de vis in de voedselketen.

(Schäfer et al. 1976). Zo zijn b.v. de concentraties voor kabeljauw (*Gadus morhua* ; 2^e orde carnivoor) hoger dan die voor de schaar (*Limanda limanda* ; 1^e orde carnivoor). Binnen een vissoort kunnen als gevolg van de omgeving ook verschillen in concentraties voorkomen. De 0-groep haring b.v., die dicht bij de kust leeft, bevat veel hogere concentraties PCB, dan de 3-groep, die in minder verontreinigd water verder uit de kust voorkomt.

Uit een vergelijkend onderzoek aan de levers (dit orgaan heeft een hoog vetgehalte) van kabeljauw en heek uit verschillende delen van de Noordzee, en de Atlantische Oceaan, bleken die uit de

Zuidelijke Noordzee de hoogste concentraties PCB/Pesticiden te bevatten (Tabel 17, Kerkhoff et al. 1977, Rivo 1977). Met behulp van bovenstaand verband kan hieruit geconcludeerd worden, dat de Zuidelijke Noordzee relatief het sterkst verontreinigd is aan PCB's/Pesticiden.

Gezien de grote ecologische betekenis van de gechloreerde koolwaterstoffen (o.a. PCB's), is het van groot belang de kennis en het inzicht te vergroten van de concentraties en de verdeling over de verschillende fases.

b_3 = Klimatologische omstandigheden (naar Höhn 1973)

Windkracht : Zowel in de Centrale Noordzee als bij de Noord-Nederlandse kust komen winden met een kracht 6-7 Beaufort 's winters vaker voor dan 's zomers. Winden met een kracht 3 zijn 's zomers frequenter in de beide gebieden (fig 95).

In overeenstemming hiermee wordt voor de wintermaanden een gemiddelde windsterkte van ongeveer 5 Beaufort gevonden en voor de zomermaanden 3.

Windrichting : De grote veranderlijkheid van de wind blijkt wel uit het vectorgemiddelde en de constant-heid van de wind (fig 96). Uit deze figuur is ook af te lezen, dat het vectorgemiddelde van de windrichting 's winters uit WZW-ZW komt, 's zomers uit W-NW. Een volledig overzicht van het percentage van voorkomen der verschillende windrichtingen en sterktes staat weergegeven in de windrozen van figuur 97^{a-d}.

Luchttemperatuur : Onstabiele stratificaties van de luchtkolom treden op, wanneer de lucht kouder is dan het zeewater, dat wil zeggen in de hier beschouwde gebieden tussen september en februari (fig 98^{a-d}).

Mist : Een tweede reden waarom een verschil in temperatuur tussen lucht en zee van belang kan zijn, is de mogelijke vorming van mist. Wanneer de lucht warmer is dan de zee, dan zou dit de vorming van mist bevorderen ; (fig 98^{a-d}) op het Nederlands Continentaal Plat is dit tussen maart en augustus.

Mist kan behalve gevormd onder bovengenoemde omstandigheden, ook van het land afkomstig zijn ; direct, of indirect door afkoeling boven zee van relatief warme landlucht.

Neerslag : In de zomer is de neerslag in de verschillende delen van de Noordzee gemiddeld minder dan in de winter (fig 100).

De neerslag in de Zuidelijke Noordzee is 's zomers iets hoger dan in de Centrale Noordzee, waarschijnlijk veroorzaakt door invloed vanaf het land.

LITERATUUR

	Pagina
Stromingen	67
Beschrijving van het zeewater	
- a - Temperatuur & - b - Saliniteit	71
- c - Nutriënten & - d - Percentage opgelost zuurstof	72
- e - Gesuspendeerd materiaal	76
- f - Zware metalen	80
Sediment	83
Interstitiëel water	86
Bijlage 1 - Organische stof	87
2 - Pesticiden	88
3 - Klimatologisch omstandigheden	89

LITERATUUR

Stromingen

Bennekom A.J. van, W.W.C. Gieskes & S.B. Tijssen, 1975

Eutrophication of Dutch coastal waters

Proc. R. Soc. Lond., 189 : 359-374

Bider G.P., 1905

Account on some experiments on bottom-trailors

Rapp. P.-v. Re'un. Cons. perm. int. Explor. Mer., 4, append. F : 102-103

Bider G.P., 1906

Résultats principaux des expériences avec flotteurs de fond

Rapp. P.-v. Réunion. Cons. Explor. Mer., 6, annex C : 34-42

Bider G.P., 1911

Experimenten gedaan door Bider, beschreven door A.J. Lee 1970

Böhnecke G., 1922

Salzgehalt und Strömungen der Nordsee

Veröff. Inst. Meeresk. Univ. Berl., Neue Folge A, Geog.

Naturwiss. Reihe 10 : 1-34

Carruthers J.N., 1925

The water movements in the Southern North Sea

Part 1. the surface drift

Fishery Invest., Lond. (2), 8 (2) : 1-119

Carruthers J.N., 1926

The water movements in the Southern North Sea

Part 2. the bottom currents

Fishery Invest., Lond. (2), 9 (3) : 1-114

Carruthers J.N., 1928

The flow of water through the Straits of Dover as gauged by continuous current-meter observations at the Varne lightvessel (50°56'N, 1°17'E)

Fishery Invest., Lond. (2), 11 : 1-109

Carruthers J.N., 1935

The flow of water through the Straits of Dover as gauged by continuous current-meter observations at the Varne lightvessel (50°56'N, 1°17'E)

Part 2 second report on results obtained

Fishery Invest., Lond. (2), 14 (4) : 1-67

Cartwright D.E., 1961

A study of currents on the Strait of Dover

J. Inst. Navig. 14 : 130-151

Caston V.N.D., 1976

A wind driven near-bottom current in the Southern North Sea

Estuar. Coast. Mar. Sci., 4 : 23-32

Dam G.C. van, 1976

A two-dimensional water quality model bases upon the superposition principle

Voordracht op de conferentie "Systems and models in air and water pollution", London 1976.

Dickson R.R., 1967

Long-term changes in the hydrography of the European shelf seas since 1905, and the effects of these upon the distribution and abundance of various marine organisms

Thesis, sept. 1967

Dickson R.R., 1971

A recurrent and persistent pressure anomaly pattern as the principal cause of intermediate scale hydrographic variation in the European shelf seas

Dt. Hydrogr. Z. 24 : 91-119

Dietrich G., 1950

Die natürlichen Regionen von Nord- und Ostsee auf hydrographischer Grundlage

Kieler Meeresforsch., 7 (2) : 35-69

Dietrich G., 1953

Thermal stratification of the North Sea in august 1953

Annls. biol., Copenh., 10 : 80-82

Dietrich G., 1955

Hydrographic conditions in the southern North Sea in March 1955, based on a multiple ship survey

Annls. biol., Copenh., 12 : 74-76

Fonds M & D. Eisma, 1967

Upwelling water as a possible cause of red plankton bloom along the Dutch coast

Neth. J. Sea Res., 3 : 458-464

Fulton T.W., 1897^a

Ref. uit A.J. Lee, 1970

Scott. geogr. Mag., 13 (12) : 636-645

Fulton T.W., 1897^b

Ref. uit A.J. Lee, 1970

Scient. Invest. Fishery Bd. Scotl., 334-395

Getijtafels, 1975

Getijtafels voor Nederland

Staatsuitgeverij Den Haag

Groen P. & R. Dorrestein

In : Zeegolven

K.N.M.I.-publicatienummer : 111-11

Hill H.W., 1973

Currents and water masses

In : North Sea Science. Ed. : E.D. Goldberg M.I.T. Press. p. 17-42

Hydrogr. dienst, 1965

Some oceanographic and meteorological data of the southern North Sea

Spec. Issue, nr 1 to Hydrogr. Newsl. 1. (uitg. Kon. Marine)

Hydrogr. dienst, 1976

Stroomatlas Noordzee, zuidelijke deel

Cher der Hydrografie, Min, van Defensie, Koninklijke Marine.

Kalle K., 1949

Die natürlichen Eigenschaften der Gewässer

Handb. Seefisch. Nordeur. I (2)

Kautsky H., 1973

The distribution of the radio nuclide Caesium 137 as an indicator for North Sea watermass transport

Dt. Hydrogr. Z., 26 : 241-250

Laevastu T., 1962

Watertypes in the North Sea and their characteristics

Hawaii Inst. Geoph. Report 24

Laevastu T., 1963

Surface water types of the North Sea and their characteristics

Ser. Atlas Mar. Environm., 4 (Am. Ass. Geogr. Soc.)

Lee A.J. & J.W. Ramster, 1968

The hydrography of the North Sea. A review of our knowledge in relation to pollution problems

Helgoländer wiss. Meeresunters., 17 (1-4) : 44-63

Lee A.J., 1970

The currents and watermasses of the North Sea

Oceanogr. Mar. biol. Ann. Rev., 8 : 33-71

Maier-Reimer E., 1977

Residual circulation in the North Sea due to the M_2 -tide and mean annual wind stress

Dt. Hydrogr. Z., 30 (3) : 69-80

Mandelbaum H., 1957

Wind influence on a rotary tidal current.

Trans. Am. Geophys. Un., 38 (6) : 867-879

Mandelbaum H., 1968

Tidal currents and residual currents at Norderney, Elbe I and AussenEider lightships and their variations under influence of prevailing winds.

Pure & appl. geophys., 71 : 66- 117

Moens M., 1974

Suspended matter

In : Math. Modelsea, ICES CM. 1974/C : 1 p. 81-91

Nihoul J.C.J., 1974

The mathematical model

in ICES CM 1974/C : 1

- Nihoul J.C.J. & F.C. Runday, 1975
The influence of the "tidal stress" on the residual circulation
Tellus, 27 (5) : 484-489
- Otto L., 1964
Results of current observations at the Netherlands lightvessels over the period 1910-1939. Part 1. Tidal analysis and the mean residual currents
Meded. Verh. K.N.M.I. 85
- Otto L., 1970
The mean residual transport in the Southern North Sea
ICES, CM. 1970/C : 21
- Postma H., 1954
Hydrography of the Dutch Wadden Sea
Archs. néerl. Zool., 10 : 405-511
- Postma H., 1973
Transport and budget of organic matter
In : North Sea Science, Nato Conference Aviemore, Scotland
- Proudman, Doodson, 1924
The principal constituents of the tides of the North Sea.
Phil. Trans. R. Soc. A 224 : 185-219 (Ref. uit Nihoul 1974)
- Ramster J. W., 1965
Studies with the Woodhead sea bed drifter in the Southern North Sea
Lab. Leaflet. Fish. Lab. Lowestoft, 6 : 1-4
- Ramster J.W., 1965
The pattern of bottom currents in the Southern North Sea
ICES, Hydrogr. Comm., 98 : 1-8
- Riley J.P., J.W. Ramster, 1969
The pattern of bottom currents along the coast of East Anglia in 1968
ICES, CM. 1969/C : 15
- Rogalla E.H., 1963
Some results of hydrographic investigations in the Southern North Sea and the English Channel....
Annls. biol. Copenh., 20 : 39-47
- Riepma H.W. & L. Otto, 1976
Note on observed short-time temperature variations in the stratified waters south-east of the Dogger Bank
ICES C.M. 1976/C : 17
- Riepma H.W., 1977
Spatial variability of residual currents in an area of the Southern North Sea
ICES, CM. 1977/C : 43

Ronday F.C., 1972

Modèle mathématique pour l'étude de la circulation résiduelle dans la Mer du Nord.

Marine Science Branch., Manuscr. Rep. Ser., 27 Ottawa

Ronday F.C., 1973

Modèle mathématique pour l'étude de la circulation due à la marée en Mer du Nord

Marine Science Branch., Manuscr. Rep. Ser., 29 Ottawa

RWS, 1973

Horizontaal twee-dimensionale wiskundige modellen met betrekking tot de dispersie in turbulente wateren van opgeloste stoffen, zwevende stoffen, warmte, bacteriën, etc., in het bijzonder modellen volgens de zogenaamde superpositiemethode.

RWS- nota FA- 7302

Smed J., 1953

On the homogeneity of the water column in the Southern North Sea

Annls. biol., Copenh., 10 : 75-80

Straaten L.M.J.U. van, 1961

Directional effects of winds, waves and currents along the Dutch North Sea coast

Geologie Mijnb., 40 : 333-346 & 363-391

Talbot J.W., 1977

The dispersal of plaice eggs and larvae in the Southern Bight of the North Sea

J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 37 (3) : 221-248

Veen J. van, 1938

Water movements in the Straits of Dover

J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 13 : 7-36

Wyrski K., 1952

Der Einfluss des Windes auf die Wasserbewegungen durch die Strasse von Dover

Dt. Hydrogr. Z., 5 : 21-27

Beschrijving van het zeewater

a - Temperatuur & b - saliniteit

Dickson R.R., 1967

Long term changes in the hydrography of the European shelf seas since 1905, and the effect of these upon the distribution and abundance of various marine organisms

Thesis, sept. 1967

Dickson R.R., 1971

A recurrent and persistent pressure anomaly pattern as the principal cause of intermediate scale hydrographic variation in the European shelf seas.

Dt. Hydrogr. Z., 24 : 91-119

Dietrich G., 1950
Die natürlichen Regionen von Nord- und Ostsee auf hydrographischer Grundlage
Kieler Meeresforsch., 7 (2) : 35-69

Dietrich G., 1953
Thermal stratification of the North Sea in august 1953
Annls. biol., Copenh., 10 : 80-82

Dietrich G., 1962
Mean monthly temperature and salinity of the surface layer of the North Sea and adjacent waters from 1905-1954
Cons. perm. int. Explor. Mer, service hydrogr. 1962

Goedecke E., J. Smed & G. Tomczak, 1967
Monatskarten des Salzgehaltes der Nordsee, dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte
Dt. Hydrogr. Z., Erg. Heft, B (4) : 9

Hill H.W. & M.J. Paramore, 1971
An analysis of long term trends in the temperature and salinity at four English lightvessels
ICES, CM. 1971/C : 27

Johnston R., 1965
The trace elements
Ser. Atlas Mar. Environm., 8 (Amer. Geogr. Soc.)

Laevastu T., 1963
Surface water types of the North Sea and their characteristics
Ser. Atlas Mar. Environm., 4 (Am. Ass. Geogr. Soc.)

Lee A.J., 1970
The currents and watermasses of the North Sea
Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 8 : 33-71

Tomczak G. & E. Goedecke, 1962
Monatskarten der Temperatur der Nordsee, dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte
Dt. Hydrogr. Z., Erg. Heft, B (4) : 7

c - Nutriënten & d - Percentage opgelost zuurstof

Atkins W.R.G., 1922
The phosphate content of fresh and salt waters in its relationship to the growth of the algal plankton
J. mar. biol. Ass. U.K. 13 : 119-150

Atkins W.R.G., 1925

Seasonal changes in the phosphate content of sea water in relation to the growth of the algal plankton during 1923 and 1924

J. mar. biol. Ass. U.K. 13 : 700-720

Bennekom A.J. van, 1971

The silicon cycle in the southern bight of the North Sea

ICES CM. 1971/C : 39 ; p. 1-4

Bennekom A.J. van, 1974

Aanvoer naar en verwijdering uit de Noordzee van terrigeen materiaal

In : TEXEL - 1974, "Waterbeweging en menging in het Zuidelijk gedeelte van de Noordzee" : 15-34 MLTP -4

Bennekom A.J. van, E. Krijgsman - van Hartingsveld, G.C.M. van der Veer & H.F.J. van Voorst, 1974

The seasonal cycles of reactive silicate and suspended diatoms in the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 (2,3) : 174-207

Bennekom A.J. van, W.W.C. Gieskes & S.B. Tijssen, 1975

"Eutrophication of Dutch coastal waters"

Proc. R. Soc. Lond., 189 : 359-374

Billen G., 1978

A budget of nitrogen recycling in North Sea sediments off the Belgian coast.

In press : Estuar. Coast Mar. Sci., 1978

Carruthers J.N., 1928

The flow of water through the straits of Dover as gauged by continuous current-meter observations at the Varne light vessel (50°56' N, 1°17' E)

Fishery Invest., Lond. (2), 11 : 1-109

Cartwright D.E., 1961

A study of currents on the Strait of Dover

J. Inst. Navig., 14 : 130-151

Cooper L.H.N., 1938

Phosphate in the English Channel in 1933-1938, with a comparison with earlier years, 1916 and 1923 - 1932

J. mar. biol. Ass. U.K. 23 : 181-195 (1938)

18 : 677-728 (1933 a)

19 : 55- 62 (1933 b)

Duinker J.C., G.F.M. van Eck, R.F. Nolthing, 1974

On the behaviour of copper, zinc, iron and manganese, and the evidence for mobilisation processes in the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 (2,3) : 214-239 (1974)

Duursma E.K., 1961

Dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus in the sea
Neth. J. Sea Res. 1 (1) : 1-148

Folkard A.R. & P.G.W. Jones, 1974

Distribution of nutrient salts in the southern North Sea during
early 1974

Mar. Poll. Bull. 5 (12) : 181-185
(ICES, CM. 1974/C : 17

Gieskes W.W.C., 1972

Primary production, nutrients & size spectra of suspended particles
in the southern North Sea
Intern verslag NIOZ Texel, 1972 - 16

Gieskes W.W.C., 1973

De massale planktonsterfte op de kust bij Callantsoog, juli 1972
Wadd. Bull. 8 (1) : 36-37

Gieskes W.W.C. & G.W. Kraay, 1975

The phytoplankton springbloom in dutch coastal waters of the North
Sea.

Neth. J. Sea Res. 9 (2) : 166-196

Hattum B. van. P. de Voogt & P. van Tilburg, 1976

Saliniteit, nutriënten en plankton pigment in open zee en in de
brandingszone van de Zuidelijke Bocht in voorjaar en zomer 1974.
Intern verslag NIOZ Texel, 1976 - 2

ICES - pollution 1974

Study group on pollution of the North Sea, Southern Bight IV
Nutrients (Den Haag, april 1974)

Jager J.E., 1975

Amorf gesuspendeerd en reactief silicaat in de Zuidelijke Noordzee
gedurende de periode van 2 sept. tot 3 nov. 1973.
Intern verslag NIOZ Texel, 1975 - 10

James A. & P.C. Head, 1970

The discharge of nutrients from estuaries and their effect on primary
productivity
FAO-Technical conference on marine pollution dec. 1970, Rome

Johnston R. & Jones P.G.W., 1965

Inorganic nutrients in the North Sea
Ser. Atlas mar. envir. 11 (Am. Ass. Geogr. Soc.)

Johnston R., 1973

Nutrients and metals in the North Sea
In : North Sea Science. Ed. : E.D. Goldberg M.I.T. Press p 293-307

- Kat M., 1972
Stank aan de Noordhollandse kust, natuurlijk of onnatuurlijk
Visserij 25 (8) : 545-551
- Lindeboom H.J., 1975
Fosforverdeling en fosforbalans in de Zuidelijke Bocht van de
Noordzee (sept. en okt. 1973)
Intern verslag NIOZ Texel, 1975 - 9
- Rutgers van der Loeff M.M., 1974
Transport van reactief Si uit Waddenzee sediment naar het bovenstaande
water.
Intern verslag NIOZ Texel, 1974 - 11
- Pingree R.D. & L. Pennycuick, 1975
Transfer of heat, fresh water and nutrients through the seasonal
thermocline
J. mar. biol. Ass. U.K. 55 : 261-274
- Pomeroy L.R., E.E. Smith & C.M. Grant, 1965
The exchange of phosphate between estuarine water and sediments
Limnol. Oceanogr., 10 : 167-172 (1965)
- Postma H., 1975
The nutrient contents of North Sea water - changes in recent years
ICES Symp. on changes in the North Sea fish stocks and their causes,
nr. 4, p.1 - 9 (Århus)
- RIZA - kwartaalverslagen
Kwaliteits onderzoek in de rijkswateren
Samenstelling door RIZA - Lelystad
- Ryther J.H. & W.M. Dunstan, 1971
Nitrogen, phosphorous and eutrophication in the coastal marine
environment
Science N.Y. 171 : 1008-1013
- Salomons W. & W.G. Mook, 1977
Trace metal concentrations in estuarine sediments : mobilization,
mixing or precipitation
Neth. J. Sea Res., 11 (2) : 119-129
- Schott F., M. Ehrhardt, 1969
On fluctuatiuous and mean relations of chemical parameters in the
northwestern North Sea.
Kieler Meeresforsch., 25 : 272-279
- Tijssen S.B. (1968, 1969, 1970)
"Hydrographical and chemical observations in the southern Bight"
Annls. biol., Copenh., 24 : 52-56
25 : 51-59
26 : 73-81

Tijssen S.B., A. van Bennekom & W. Helder, 1974
Contribution of in situ production to the budget of dissolved inorganic nutrients (P,N and Si) in the eastern part of the southern Bight of the North Sea
ICES, CM 1974/C : 26

Tijssen S.B. & A.J. van Bennekom, 1976
Lage zuurstofgehaltenes in het water op the Balgzand
 H_2O 9 (2) : 28-31

Vandenborgh J.P., R. Wollast & G. Billen, 1975
Mass transfer in disturbed sediments
ICES, CM 1975/C : 21

Vandenborgh J.P., R. Wollast & G. Billen, 1977
Kinetic models of diagenesis in disturbed sediments, Part I & II
Limnol. Oceanogr., 22 (5) : 787-803

e - Gesuspendeerd materiaal

Burt W.V., 1954
Specific scattering by uniform minerogenic suspensions
Tellus 6 : 229-231

Dietrich G., 1955
Hydrographic conditions in the southern North Sea in March 1955, based on a multiple ship survey.
Annls. biol., Copenh., 12 : 74-76

Eisma D., 1976
Deeltjesgrootte van dood gesuspendeerd materiaal in de Zuidelijke bocht van de Noordzee
Intern verslag NIOZ Texel, 1976 - 19

Eisma D. & W.W.C. Gieskes, 1977
Particle size spectra of non-living suspended matter in the Southern North Sea
Intern verslag NIOZ Texel, 1977 - 7

Eisma D., 1977
The distribution of suspended matter in the North Sea
In : Sammendrag fra Kyststrømsymposiet, 17/18 maart 1977
Bergen, Norge

Folkard A.R. & D. Harding, 1971
Hydrographic investigations in the southern North Sea January - June 1971
Annls. biol., Copenh., 28 : 40-44

- Gieskes W.W.C., 1974
Phytoplankton and primary productivity studies in the southern Bight of the North Sea, eastern part, in 1972
Annls. biol., Copenh., 29 : 54-61
- Harvey J.G. & C.E. Vincent, 1977
Observations of shear in near-bed currents in the southern North Sea Estuar. Coast. Mar. Science (1977) 5 : 715-731
- Jarke J., 1956
Eine neue Bodenkarte der südlichen Nordsee
Dt. Hydrogr. Z., 9 (1) : 1-9
- Jerlov N.G. & B. Kullenberg, 1953
The Tyndall effect of uniform minerogenic suspensions
Tellus, 5 : 306-307
- Jones D. & M.S. Wills, 1956
The attenuation of light in sea and estuarine waters in relation to the concentration of suspended solid matter.
J. mar. biol. Ass. U.K. 35 : 431-444
- Joseph J., 1953
Die Trübungsverhältnisse in der südwestlichen Nordsee während der "Gauß" Fahrt im Febr/März 1952
Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. 13 : 93-103
- Joseph J., 1957
Extinction measurements to indicate distribution and transport of water masses
Proc. UNESCO symp. Phys. Oceanogr., 1955, Tokyo - 59 - 75
Unesco, Paris & Japan Soc. f. promotion of science, Tokyo 292 pp
- Kalle K., 1937
Nährstoff-Untersuchungen als hydrographisches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Wasserkörpern.
Annls. Hydrogr. Berl. 65 : 1-18
- Kalle K., 1949
Fluoreszens und Gelbstoff im Bottnischen und Finnischen Meerbusen.
Dt. Hydrogr. Z., 2 : 117-124
- Kalle K., 1956
Chemisch- Hydrographische Untersuchungen in der inneren Deutschen Bucht.
Dt. Hydrogr. Z., 9 : 55-65
- Kalle K., 1966
The problem of "gelbstoff" in the sea
In : (ed) H. Barnes, "Oceanogr. mar. biol." IV : 91-104

- Lee A.J. & A. R. Folkard, 1969
Factors affecting turbidity in the southern North Sea
J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 32 (3) : 291-302
- Lüneburg H., 1939
Hydrochemische Untersuchungen in der Elbmündung mittels Elektrokolorimeter
Arch. dt. Seewarte, 59 (5) : 1-27 (uit Postma 1967)
- Mc Cave I.N., 1973
Mud in the North Sea
In : North Sea Science, ed. E.D. Goldberg M.I.T. Press, p. 75-100
- Meade R.H., 1969
Landward Transport of bottom sediments in estuaries of the Atlantic coastal plain.
J. sedim. Petrol. 39 : 222-234
- Meade R.H., 1972
Transport and deposition of sediments in estuaries
Geol. soc. America Mem. 133 : 91-120
- Otto L., 1966
Light attenuation in the North Sea and the Dutch Wadden Sea in relation to Secchi disc visibility and suspended matter
Neth. J. Sea Res., 3 : 28-51
- Otto L., 1967
Investigations on optical properties and water-masses of the southern North Sea
Neth. J. Sea Res., 3 : 532-552
- Otto L., 1976
Problems in the application of reservoir theory to the North Sea
ICES, Hydrogr. Comm. CM. 1976/C : 18
- Postma H. & K. Kalle, 1955
Die Entstehung von Trübungszonen im Unterlauf der Flüsse, speziell im Hinblick auf die Verhältnisse in der Unterelbe
Dt. Hydrogr. Z., 8 : 137-144
- Postma H., 1961
Suspended matter and Secchi disc visibility in coastal waters
Neth. J. Sea Res., 1 : 359-390
- Postma H., 1967^a
Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment
In : G.H. Lauff (ed) ; "Estuaries" W.K. Bio. stn., Mich. State Univ., Mich. A.A.A.S. : 158-179
- Postma H., 1967^b
Marine pollution and sedimentology
In : Pollution and marine ecology, (ed) T.A. Olson, F.J. Burgess 225-234

- Prentice J.E. et al. 1968
Sediment transport in estuarine areas
Nature, Lond., 218 : 1207-1210
- Ramster J.W., 1965
The pattern of bottom currents in the southern North Sea
ICES, Hydrogr. Comm., 98 : 1-8
- R.W.S. 1976
Slib in de Delta-wateren
Rapport Rijkswaterstaat, 1976
- Salomons W., Hofman P., R. Boelens & W.G. Mook, 1975^a
The oxygen isotopic composition of the fraction less than 2 microns
(clay fraction) in recent sediments from western Europe
Mar. Geol., 18 (1975) : M23-M28
- Salomons W., 1975^b
"Chemical & isotopic composition of carbonates in recent sediments
and soils from Western Europe"
J. sedim. Petrol. 45 (2) 1975 : 440-449
- Salomons W. & W.G. Mook, 1977
Trace metal concentrations in estuarine sediments : mobilization,
mixing or precipitation
Neth. J. Sea Res. 11 (2) : 119-129
- Schubel J.R., 1969
Size distributions of suspended particles of the Chesapeake Bay
turbidity maximum
Neth. J. Sea Res. 4 (3) : 282-309
- Schubel J.R., 1971
Tidal variation of the size distribution of suspended sediment
at a station in the Chesapeake Bay turbidity maximum
Neth. J. Sea Res., 5 (2) : 252-266
- Terwindt J.H.J., 1977
Mud in the Dutch Delta area
Geologie Mijnb. 56 (3) : 203-210
- Tijssen S.B., 1968, 1969, 1970
Hydrographical and chemical observations in the southern Bight
Annls. biol. Copenh., 24 : 52-56
25 : 51-59
26 : 73-81
- Visser M.P., 1970
The turbidity of the southern North Sea
Dt Hydrogr. Z. 23 (3) : 97-117

Visser M.P., 1975

Troebelheidsmetingen in de Zuidelijke Noordzee (1972-1974)

Met nadruk op het Hollandse Kustgebied

KNMI ongepubliceerd manuscript

WL/IB, 1976

Geochemisch onderzoek aan slib

Rapport WL/IB 908/1976

f - Zware metalen

Aston S.R. & R. Chester, 1973

The influence of suspended particles on the precipitation of iron in natural waters

Estuar. Coast. Mar. Sci., 1 : 225-231

Baker C.W., 1977

Mercury in surface waters of seas around the United Kingdom

Nature, 270 : 230-232

Duinker J.C. & R.F. Nolting, 1974^a

Trace metals in water and suspended matter in the Southern Bight (Cu, Zn, Mn, Fe)

ICES CM. 1974/E : 26

Duinker J.C., G.T.M. van Eck & R.F. Nolting, 1974^b

On the behaviour of Cu, Zn, Fe and Mn and evidence for mobilization processes in the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res., 8 (2,3) : 214-239

Duinker J.C. & R.F. Nolting, 1976

Distribution model for particulate trace metals in the Rhine estuary, Southern Bight and Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res., 10 (1) : 71-102

Duinker J.C. & R.F. Nolting, 1977

Dissolved and particulate trace metals in the Rhine estuary and the Southern Bight

Mar. Pollut. Bull., 8 (3) : 65-71

Dutton J.W.R., D.F. Jefferies, A.R. Folkard & P.G.W. Jones, 1973

Trace metals in the North Sea

Mar. Pollut. Bull., 4 : 135-138

Eisma D., 1966

Iron and trace elements in Dutch coastal sands

Neth. J. Sea Res., 3 (1) : 68-94

Eisma D., 1975

Dissolved iron in the Rhine estuary and the adjacent North Sea

Neth. J. Sea Res., 9 (2) : 222-230

Eisma D., 1977

The distribution of suspended matter in the North Sea

In : Sammendrag fra Kyststrømsymposiet, 17/18 maart 1977,
Bergen, Norge

Gibbs R.J., 1973

Mechanisms of trace metal transport in rivers

Science, 180 : 71-73

Groot A.J. de, 1973

Occurrence and behaviour of heavy metals in river delta's

In : North Sea Science. Ed. E.D. Goldberg, M.I.T. Press. p. 308-325

Groot A.J. de, E. Allersma & W. van Driel, 1973

Zware metalen in fluviatiele en mariene ecosystemen

W.L. Publicatie nr. 110,N5

Groot A.J. de & E. Allersma , 1975

Field observations on the transport of heavy metals in sediments

In : "Heavy metals in aquatic environment"

Ed. P.A. Krenkel, p. 85-95

Groot A.J. de, W. Salomons & E. Allersma , 1976

Processes affecting heavy metals in Estuarine sediments

In : "Estuarine chemistry" Ed. J.R. Burton, P.S. Liss, p. 131-157

Krauskopf K.B., 1956

Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in
sea water

Geochim. cosmochim. Acta, 9 : 1-32

Marchand M., 1974

Considérations sur les formes physico-chimiques du cobalt, manganese,
zinc, chrome et fer dans une eau de mer enrichie ou non de matières
organiques

J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 35 (2) : 130-142

Martin J.M., 1971

Contribution à l'étude des apports terrigènes d'oligo-éléments stables
et radioactifs à l'océan.

Université de Paris, thèse (Ref. uit D. Eisma, 1975).

Martin J.M. & G.A. Knauer, 1973

The elemental composition of plankton

Geochim. cosmochim. Acta, 37 : 1639-1653

Müller G. & U. Förstner, 1974

In : Schwermetalle in Flüssen und Seen

Springer-Verlag ; Berlin/Heidelberg

Müller G. & U. Förstner, 1975

Heavy metals in sediments of the Rhine and Elbe estuaries, mobilization or mixing effect

Environ. Geol., 1 : 33-39

Presley B.J., Y. Kolodni, A. Nissenbaum & I.R. Kaplan, 1972

Early diagenesis in a reducing fjord, Saanich inlet, BC II

Trace element distribution in interstitial water and sediment

Geochim. cosmochim. Acta, 36 : 1073-1090

Riley J.P. & I. Roth, 1971

The distribution of trace metals in some species of phytoplankton grown in culture

J. mar. biol. Ass. U.K., 51 : 63-72

Salomons W., 1975

Chemical and isotopical composition of carbonates in recent sediments and soils from Western Europe

J. sedim. Petrol., 45 : 440-449

Salomons W., P. Hoffman, R. Boelens & W.G. Mook, 1975

The oxygen isotopic composition of the fraction less than 2 μ (clay fraction) in recent sediments from Western Europe

Mar. Geol., 18 : 23-28

Salomons W. & A.J. de Groot, 1977^a

Pollution history of trace metals in sediments, as affected by the river Rhine

Presented 3rd Int. Symp. Environm. Biogeochem., Wolfenbüttel, april 1977 (Rapport WL-13)

Salomons W. & W.G. Mook, 1977^b

Trace metal concentration in the estuarine sediments : mobilization, mixing or precipitation

Neth. J. Sea Res., 11 (2) : 119-129

Shigematsu T., Y. Nishikawa, K. Hiraki & N. Nagano, 1970

Fluorometric determination of trace amounts of aluminium in natural waters by lumogallion method ; marking of ferric with O-phenanthroline
Japan Analyst, 19 : 551-554 (Ref. uit D. Eisma, 1975).

WL/IB, 1976

Geochemisch onderzoek aan slib

Rapport 0908

WL/IB, 1977

Zware metalen in het Z.W. Deltagebied

(literatuur geraadpleegd met toestemming van RWS Deltadienst, Middelburg)

Rapport R 1051

Sediment

Belderson R.H. & A.H. Stride, 1966

Tidal current fashioned of a basal bed

Mar. Geol. 4 : 237-257

Belderson R.H. & A.H. Stride, 1969

Tidal currents and sandwave profiles in the N.E. Irish Sea

Nature 222 : 74-75

Belderson R.H., N.H. Kenyon & A.H. Stride, 1971

Holocene sediments on the continental shelf West of the British Isles

In : "The Geology of the East Atlantic Continental" Margin. Ed.

F.M. Delany (Institute of Geological Sciences, Report 70/14)

Bruun P. & O. Vollen, 1972

Sand waves on the bottom of the sea

Schiff Hafen, 24 (3)

Burton B.W., 1977

An investigation of a sandwave field at the South Western end of Sandettié bank Dover Strait

Int. Hydrogr. Rev. (Monaco) 54 (2) : 45-59

Caston V.N.D. & A.H. Stride, 1970

Tidal sand movement between some linear sand banks in the North Sea off northeast Norfolk

Mar. Geol., 9 : 38-42

Caston V.N.D., 1972

Linear sand banks in the Southern North Sea

Sedimentology, 18 : 63-78

Caston V.N.D. & A.H. Stride, 1973

Influence of older relief on the location of sand waves in a part of the Southern North Sea

Estuar. Coast. Mar. Sci. 1 (4) : 379-386

Dingle R.V., 1965

Sand waves in the North Sea

Mar. Geol. 3 : 391-400

Draper L., 1967

Wave activity at the sea bed

Mar. Geol. 5 : 133-140

Eisma D., J.H.F. Jansen & T.C.E. van Weering, 1978

Late Quaternary sedimentation and seafloor morphology of the North Sea

In : "the Quaternary history of the North Sea" Ed. : E. Oele,

R.T.E. Schüttenhelm, A.K. Wiggers Acta Univ. Ups., Symp. Univ. Ups.

Houbolt J.J.H.C., 1968

Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea

Geologie Mijnb. 47 (4) : 245-273

Jansen J.H.F., T.C.E. van Weering & D. Eisma, 1978

Late Quaternary sedimentation in the North Sea

In : "The Quaternary history of the North Sea" Ed. : E. Oele,

R.T.E. Schüttenhelm. A.J. Wiggers Acta Univ. Ups., Symp. Univ. Ups.

Jarke J., 1956

Der Boden der Südlichen Nordsee. Eine neue Bodenkarte der südlichen Nordsee

Deutsch. Hydrogr. Z., 9 : 1-9

Jones N.S., J.M. Kain & A.H. Stride, 1965

The movement of sand waves on Warts bank, Isle of Man

Mar. Geol. 3 : 329-336

Johnson M.A., A.H. Stride, 1969

Geological significance of North Sea sand transport rates.

Nature, 224 (5223) : 1016-1017

Langeraar W., 1966

Sand waves in the North Sea

Hydrogr. Newsl. 1 (5) : 243-246

Mc Cave I.N., 1971

Sand waves in the North Sea off the coast of Holland

Mar. Geol. 10 : 199-225

Nihoul J.C.J. & R.C. Roday, 1975

The influence of the tidal stress on the residual circulation

Tellus, 27 (5) : 484-489

Nio Swie-djin, 1976

Marine transgressions as a factor in the formation of sandwave complexes

Geologie Mijnb. 55 (1,2) : 18-40

Oele E., 1969

The Quaternary Geology of the Dutch part of the North Sea, North of the Frisian Islands

Geologie Mijnb. 48 (5) : 467-480

Oele E., 1971

The Quaternary Geology of the Southern area of the Dutch part of the North Sea

Geologie Mijnb. 50 (3) : 461-474

Off T., 1963

Rhythmic linear sand bodies caused by tidal currents

Bull. Ass. Petrol. Geol. 47 (2) : 324-341

Postma H., 1967

Sediment transport and sedimentation in the Estuarine environment

In : Am. Ass. Adv. Sci., Estuaries, Publ. 83 : 158-179

Sager G., 1963

Die Beziehungen zwischen den Gezeitenströmen und der Meeresbodenbedeckung in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See.

Petermanns Geogr. Mitteil., 107 (2)

Sager G. & R. Sammler, 1968

Atlas der Gezeitenströme für die Nordsee, der Kanal und die Irische See
Seehydrographischer Dienst der DDR, Rostock

Saila S.B., 1971

Container dumping in the North Sea

Mar. Poll. Bull. 2 (8) : 125-127

Samu G., 1968

Ergebnisse der Sandwanderungsuntersuchungen in der südlichen Nordsee

Mitteilungsab. Bundest. f. Wasserbau, 26 (ref. uit A.H. Stride 1973)

Stocks T., 1956

Eine neue Tiefenkarte der südlichen Nordsee

Deutsch. Hydrogr. Z. 9 (5) : 265-280

Straaten L.M.J.U. van, 1961

Directional effects of winds, waves and currents along the Dutch
North Sea coast

Geologie Mijnb. 40 : 333 - 346

Straaten L.M.J.U. van, 1963

Aspects of holocene sedimentation in the Netherlands

Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. 21 : 149

Stride A.H. & D.E. Cartwright, 1958

Sand transport at the Southern end of the North Sea

Dock Harbour Auth. 38 (447) : 323-324

Stride A.H., 1959

A pattern of sediment transport for sea floors around southern Britain

Dock Harbour Auth. 40 (467) : 145-147

Stride A.H. & M.J. Tucker, 1960

Internal waves and waves of sand

Nature, 188 (4754) : 933

Stride A.H., 1963

Current swept sea floors near the southern half of Great Britain

Qart. Journ. Geol. Soc. Lond. 119 : 175-199

Stride A.H., 1965

Preservation of some marine current-bedding

Nature, 206 : 498

Stride A.H., 1970

Shape and size trends for sand waves in a depositional zone of the North Sea

Geologie Mag. 107 : 469-477

Stride A.H., 1972

Sediment transport around the British Isles

In : "Shelf sediment transport" by Swift/Duane & Pilkey

Stride A.H., 1973

Sediment transport by the North Sea

In : North Sea Science. Ed. E.D. Goldberg. M.I.T. Press p. 101-130

Stride A.H., 1974

Indications of long term, tidal control of net sand loss or gain by European Coasts

Estuar. Coast. Mar. Sci., 2 (1) : 27-36

Terwindt J.H.J., 1967

Mud transport in the Dutch delta area and along the adjacent coast line.

Neth. J. Sea Res., 3,4 : 505-531

Terwindt J.H.J., 1971

Sand waves in the Southern Bight of the North Sea

Mar. Geol. 10 : 51-67

Veenstra H.J., 1971

Sediments of the southern North Sea

In : F.M. Delany (ed) "The geology of the East Atlantic continental margin". 3, Europe Report 70/15

Völpel F., 1959

Das Verhalten weitwanderender Flachseesande in der südlichen Nordsee

Dt. Hydrogr. Z., 12 : 64-76

Winkelmolen A.M., 1969

Experimental rollability and natural shape sorting of sand

These, universiteit Groningen

Interstitiëel water

Billen G., 1978

A budget of nitrogen recycling in North Sea sediments off the Belgian coast

In press : Estuar. Coast. Mar. Sci. (1978)

- Bodungen B. von, K. Gocke, V. Smetacek & B. Zeitschel, 1976
The effect of sediment flushing by density displacement of interstitial water on pelagic primary production and microbial activity
Kieler Meeresforsch., Sonderheft, 3 : 87-95
- Duinker J.C., G.T.M. van Eck & R.F. Nolting, 1974
On the behaviour of Cu, Zn, Fe and Mn and the evidence for mobilization processes in the Dutch Wadden Sea
Neth. J. Sea Res., 8 (2,3) : 214-239
- Folkard A.R. & P.G.W. Jones, 1974
Distribution of nutrient salts in the southern North Sea during early 1974
Mar. Poll. Bull. 5 (12) : 181-185
- Johnston R. & P.G.W. Jones, 1965
Inorganic nutrients in the North Sea
Ser. Atlas mar. envir. 11 (Am. Ass. Geogr. Soc.)
- Presley B.J., R.R. Brooks & I.R. Kaplan, 1967
Manganese and related elements in the Interstitial water of marine sediments
Science, 158 : 906-909
- Salomons W & H.A. Sissingh, 1976
Het fosforgehalte van slibafzettingen in Nederland, Duitsland en België
H₂O, 9 (1976) : 429-431
- Vandenborgh J.P., R. Wollast & G. Billen, 1975^a
Mass transfer in disturbed sediments
ICES, 1975/C : 21, blz 109-137
- Vandenborgh J.P. & G. Billen, 1975^b
Vertical distribution of nitrate in interstitial water of marine sediments with nitrification and denitrification
Limnol. Oceanogr., 20 (6) : 953-961
- Vandenborgh J.P., R. Wollast & G. Billen, 1977
Kinetic models of diagenesis in disturbed sediments, Part I & II
Limnol. Oceanogr., 22 (5) : 787-803
- Bijlage 1 : Organische stof
- Bader R.G., D.W. Hood & J.B. Smith, 1960
Recovery of dissolved organic matter in sea-water and organic sorption by particulate material
Geochim. cosmochim. Acta 19 : 236-243
- Berner R.A., 1976
The Benthic Boundary from the viewpoint of geochemist
In : The Benthic Boundary Layer, Ed. I.N. Mc Cave, p 33-55

Eisma D., 1976

Deeltjesgrootte van dood gesuspendeerd materiaal in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee

Intern verslag NIOZ Texel - 1976-7

Postma H., 1954

Hydrography of the Dutch Wadden Sea

Arch. néerl. Zool. 10 (4) : 405-511

Postma H., 1967

Marine pollution and sedimentology

In : Pollution and marine ecology. Ed. T.A. Olson, F.J. Burgess, p. 225-234

Postma H., 1973

Transport and budget of organic matter in the North Sea

In : North Sea Science. Ed. E.D. Goldberg. M;I;T; Press. p. 326-334

Roskam R.T., 1970

De verontreiniging van de zee

Chem. Weekbl., 66 : 56-61

Straaten L.M.J.U. van & PH.H. Kuenen, 1957

Accumulation of fine grained sediments in the Dutch Wadden Sea.

Geologie Mijnb., 19 : 329-354.

Bijlage 2 : Pesticiden

Berge ten W.F. & M. Hillebrand, 1974

Organochlorine compounds in several marine organisms from the North Sea and the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 (4) : 361-368

Eder G., 1976

Polychlorinated biphenils and compounds of the DDT group in sediments of the central North Sea and the Norwegian depression

Chemosphere, 5 (2) : 101-106

Elkens I., 1974

Some aspects of the dynamic behaviour of metallic and other pollutants in the water column and the associated sectors.

In : ICES, C.M. 1974/C : 1 p. 415-454

Hartung R & G.W. Klingler, 1970

Concentration of DDT by sedimented polluting oils

Environm. Sci. Technol., 4 : 407-410

Kerkhoff M., J. de Boer & R. Pronk, 1977

Polychloorbifenyl gehalten in levers van kabeljauw en heek afkomstig uit de Noordzee, de Golf van Biscaye en de Atlantische Oceaan.

Visserij 30 (8) : 488-494

Odum W.E., G.M. Woodwell & C.F. Wurster, 1969
DDT residues absorbed from organic detritus by fiddler crabs
Science, 164 : 576-577

RIVO, 1977
Onderzoek aan gechloreerde koolwaterstoffen
Intern verslag RIVO, december 1977

Schaefer R.G., W. Ernst, H. Goerke & G. Eder, 1976
Residues of chlorinated hydrocarbons in the North Sea animals in
relation to biological parameters
Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. 24 : 225-233

Bijlage 3 : Klimatologisch omstandigheden

Höhn R., 1973
On the climatology of the North Sea
In : North Sea Science ed. E.D. Goldberg M.I.T. Press p. 183-236

TABEL I

De per jaar naar de Noordzee aangevoerde volumes water
(naar Laevastu 1962)

N. Atlantisch water	20 000 km ³ /jaar
Kanaal water	4 900 km ³ /jaar (zie blz 23)
Continentaal rivierwater	120 km ³ /jaar
Brits rivierwater	5 km ³ /jaar
Baltisch water	200 km ³ /jaar

TABEL II

Frequenties in % van visueel waargenomen golfhoogten
in de Noordzee

Zeegebied	Seizoen	Golfhoogte tenminste (meters)					
		$\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4}$
Centrale Noordzee (1957 t.m. 1966)	Gehele jaar	76	39	20	9,0	4,0	1,8
	dec.+jan.+feb.	89	50	27	13	5,6	2,7
	juni+juli+aug.	69	32	11	5,1	2,5	1,1
Lichtschip Goeree (1949 t.m. 1963)	Gehele jaar	66	20	4,2	0,8	0,2	
	dec.+jan.+feb.	74	27	6,9	1,7	0,5	
	juni+juli+aug.	60	14	2,2	0,2	0,0	

TABEL III

Silicaat-afvoer door de Rijn
(van Bennekom et al. 1975)

H₄SiO₄-Si (μMol/l)

1932	139 (winter)	65 (zomer)
1955	139 (winter)	60 (zomer)
1969	131 (winter)	50 (zomer)

TABEL IV

Afvoer van water en nutriënten door enkele rivieren (en het Kanaal)

	Afvoer in km ³ /jaar	Hoeveelheden in 10 ⁶ kg/jr			Concentraties in µMol/l (1969)						
		tot.-P	tot.-N	Opgel.SiO ₂	tot.-P	PO ₄ -P	tot.-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	H ₄ SiO ₄ -Si	
Schelde	2,8	5	30	42	60	40	800	0	600	(w) 260	(z) 260
Rijnmonding	62	29	350	330	-	-	-	-	-	-	-
Maas	9	4,5	55	54	15,7	7,6	440	230	130	170	20
Rest	2,5	5	?	25	64	40 ?	?	?	?	?	?
Rijn-Lobith	71	50	415	380	15	7	420	175	140	131	50
Totaal	76	43,5	450	450							
% opgelost in de Rijn		50 %	75%	100 %							
Kanaal (1)	1800	26(3) 115	70		-	0,4	-	3,6	1,9	2,5	5,8
Kanaal (2)	8000										

(naar van Bennekom 1974 en van Bennekom et al. 1975)

(1) = Carruthers 1928
 (2) = Cartwright 1961
 (3) = James et al. 1970

w = winter
 z = zomer
 - = niet gemeten

TABEL V

Concentraties der nutriënten in de Straat van Dover
(van Bennekom et al. 1975)

	PO_4 P	NO_3 N	NH_4 N	NO_2 N	H_4SiO_4 Si	P : N : Si
1961/2 W	0,55	7,5	?	?	6	1 (14) 11
1961/2 Z	0,2	0,1	?	0,0	2	1 (0,5) 10
1972 Z	0,2	0,3	1,5	0,1	2,5	1 10 13
1974 W	0,7	6,8	2,3	0,24	5,8	1 13 8

1961/2 naar Johnston et al., 1965

1972 en 1974 ongepubl. result. van A.J. van Bennekom en W. Helder

W = winter

Z = zomer

TABEL VI

(Tijssen et al. 1974)

In situ productie van P, N en Si in het oostelijke deel van de Zuidelijke Bocht, september en oktober 1973 (in 10^6 kg in de bovenste rij, en in 10^{-3} gm^{-2} in de onderste rij)

	$\text{PO}_4\text{-P}$	tot P	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	H_4SiO_4 SiO_2
Sept.	+ 3,4 + 220	+ 4,6 + 310	+ 1,9 + 130	+ 8,7 + 580	+ 0,6 + 40	+ 31 + 2100
Oct.	+ 0,4 + 30	+ 1,4 + 90	+ 0,4 + 30	+ 13,3 + 890	- 11,3 - 750	+ 19 + 1300

TABEL VII

(Tijssen et al. 1974)

Aanvoer van nutriënten (in 10^6 kg) naar de Zuidelijke Bocht, door rivieren (Waterweg, Haringvliet en Schelde).

	$\text{PO}_4\text{-P}$	tot P	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	H_4SiO_4 SiO_2
Sept.	1,1	1,5	0,9	6,6	4,7	6,6
Oct.	1,4	1,9	0,4	8,5	6,8	11,5

TABEL VIII

(Duinker et al. 1976)

Het gehalte aan "leachable" metaal in phytoplankton monsters van 3 tochten in de Zuidelijke bocht, in $\mu\text{g/g}$ droog materiaal en als percentage van het totale metaalgehalte

Metaal	Gehalte ($\mu\text{g/g}$)	% van het totaal
Mn	200	65
Fe	10 000	17
Cu	25	100
Zn	100	70

TABEL IX

Verdeling van de concentraties der metalen in de Rijn (Lobith) gemiddeld over 1973-1977 (m.b.v. gegevens RIZA)

Metaal	Opgelost (ton/jaar)	Aan suspensie gebonden (ton/jaar)	Totaal (ton/jaar)
Koper	430	1060	1490
Nikkel	570	220	790
Zink	5710	5140	10850
Kwik	(40)	(60)	100
Cadmium	(80)	(100)	(180)
Lood	(320)	(1450)	1770
Chroom	570	2380	2950
Mangaan	(5880)	(3400)	9380

De tussen haakjes geplaatste getallen zijn gemiddeld over minder jaren dan de boven de tabel aangegeven periode.

TABEL X

De berekende en waargenomen concentraties (in $\mu\text{g/g}$) van zware metalen in het Haringvliet en bij Leerort

	Berekend	Gemeten
<u>Haringvliet</u>		
Cadmium	5,0	5,0
Chroom	195	224
Koper	82	99
Nikkel	25,8	20,8
Lood	177	213
Zink	675	870
<u>Leerort</u>		
Cadmium	0,7	0,8
Chroom	86	97
Koper	17,1	22,6
Nikkel	28,0	33,3
Lood	49,0	58,6
Zink	196	220

(Salomons et al. 1977^b)

TABEL XI

Het percentage gesuspendeerd en opgelost metaal in Rijn en Noordzeewater

Metaal	Rijn (2)	Noordzee (1)		
	%	opp. %	bodem %	
Mn susp.	37	62	86	(2) - gebaseerd op RIZA - gegevens van meetpunt Lobith (1973-1977)
Mn opl.	63	38	14	
Zn susp.	47	61	74	
Zn opl.	53	39	26	
Cd susp.	55	20	45	(1) - gebaseerd op Dutton et al. 1973.
Cd opl.	45	80	55	
Cu susp.	71	80	44	
Cu opl.	29	20	56	
Ni susp.	28	20	31	
Ni opl.	72	80	69	

TABEL XII

Stroom-gegevens, gemeten bij zandgolf- dal en kam, 70 km uit de kust
van Hoek van Holland

	Maximum stroomsnelheid 50 cm boven de bodem (m/sec)		Tijd in de getij-cyclus, dat de stroomsnelheid op 50 cm boven de bodem de kritische waarde voor zandtransport overschrijdt (min).	
	Eb	vloed	Eb	vloed
Zandgolf-dal	0,50	0,55	120	180
Zandgolf-kam	0,80	0,80	200	180

TABEL XIII

Gemiddelde waarden van monsters genomen op circa 15 cm diepte.
(M. van der Loeff mond. med.)
(cijfers in $\mu\text{Mol/l}$)

	(Kustzone) 0-3 km A	(zone 3-90 km) (uit de kust) B	(oppervlaktewater) C
NH ₄	175	40	25 (1)
NO ₃	1	1	5-45 (2)
SiO ₄	100	40	0-25 (2)
PO ₄	50	10	0- 1 (2)

(1) = Folkard et al. 1974

(2) = naar Johnston et al. 1965

TABEL XIV

Gemiddelde nutriënten-concentraties (in $\mu\text{Mol/l}$) van het interstitiëel en bovenliggende water in de Grevelingen
(J.P. Al, RWS- Deltadienst, Middelburg)

	P_{tot} gefiltr.	NO_3		NH_4		SiO_4	
		w	z	w	z	w	z
Waterlaag	9 - 19	21	0	7	0	36	7
Ox. laag	16 - 29	43	14	29	14	71 à	107
Red. laag	9 - 26	14	14	57	71	71 à	214

w = winter

z = zomer

TABEL XV

Aanvoer van organisch , gesuspendeerd materiaal
(naar Postma 1973)

Kanaal	4900 km ³		1,5.10 ⁶ ton/jr
N. Noordzee	1000 km ³		0,4.10 ⁶ ton/jr
Rivieren	(125)		2,5.10 ⁶ ton/jr
		Opgelost	Gesuspendeerd
Rijn		1,6.10 ⁶ ton/jr	0,4.10 ⁶ ton/jr

TABEL XVI

Concentraties van enkele PCB's/pesticiden in sediment
(in $\mu\text{g/kg}$ droog sediment)

	55°30' N 06°03' E	55°30' N 04°50' E
PCB (gewogen gemiddelde)	20,4 ± 3,6	14,0 ± 2,8
DDE (gewogen gemiddelde)	0,19 ± 0,009	0,12 ± 0,02
DDD (rekenkundig gemiddelde)	0,45 ± 0,18	0,074 ± 0,13
DDT (rekenkundig gemiddelde)	0,44 ± 0,45	0,30 ± 0,31

TABEL XVII

PCB en pesticiden-gehalten in kabeljauwlevers uit de Noordzee en heeklevers uit de Golf van Biscaye en de Atlantische oceaan, uitgedrukt in mg/kg op vetbasis
(Kerkhoff et al. 1977)

Monsterplaats	noordelijke Noordzee		centrale Noordzee		zuidelijke Noordzee		Golf van Biscaye	Atlan. Oceaan
	60°30' N 1° E	57°15' N 2°20' E	54°30' N 3°20' E	55° N 4°30' E	52°40' N 4°30' E	52°20' N 4°20' E	46°56' N 4°47' W	53°20' N 11° W
Jaar	74/75	76/77	74/75	76/77	74/75	76/77	74/75	76/77
Vetpercentage (%)	40,4	44,4	40,5	38,2	52,7	48,0	47,9	51,0
HCB	0,16	0,14	0,20	0,20	0,51	0,72	0,10	0,14
α-HCH	0,08	0,14	0,18	0,20	0,11	0,20	0,10	0,06
γ-HCH	0,001	0,06	0,04	0,07	0,05	0,21	0,04	0,01
Heptachloorepoxide	0,03	0,05	0,06	0,08	0,12	0,11	0,06	-
dieldrin	0,13	0,19	0,48	0,32	0,79	0,77	0,17	0,06
p,p'-DDE	0,41	0,79	1,30	1,40	0,85	1,23	0,78	0,36
p,p'-DDD	0,34	0,56	0,58	0,61	0,50	0,61	0,29	0,47
p,p'-DDT	0,31	1,12	0,17	0,49	0,54	0,74	0,59	1,55
Σp,p'-DDT	1,1	2,5	2,1	3,5	1,9	2,6	1,7	2,4
PCB	5	7	21	18	39	48	15	8
Aantal vissen	10	10	7	10	10	10	10	7

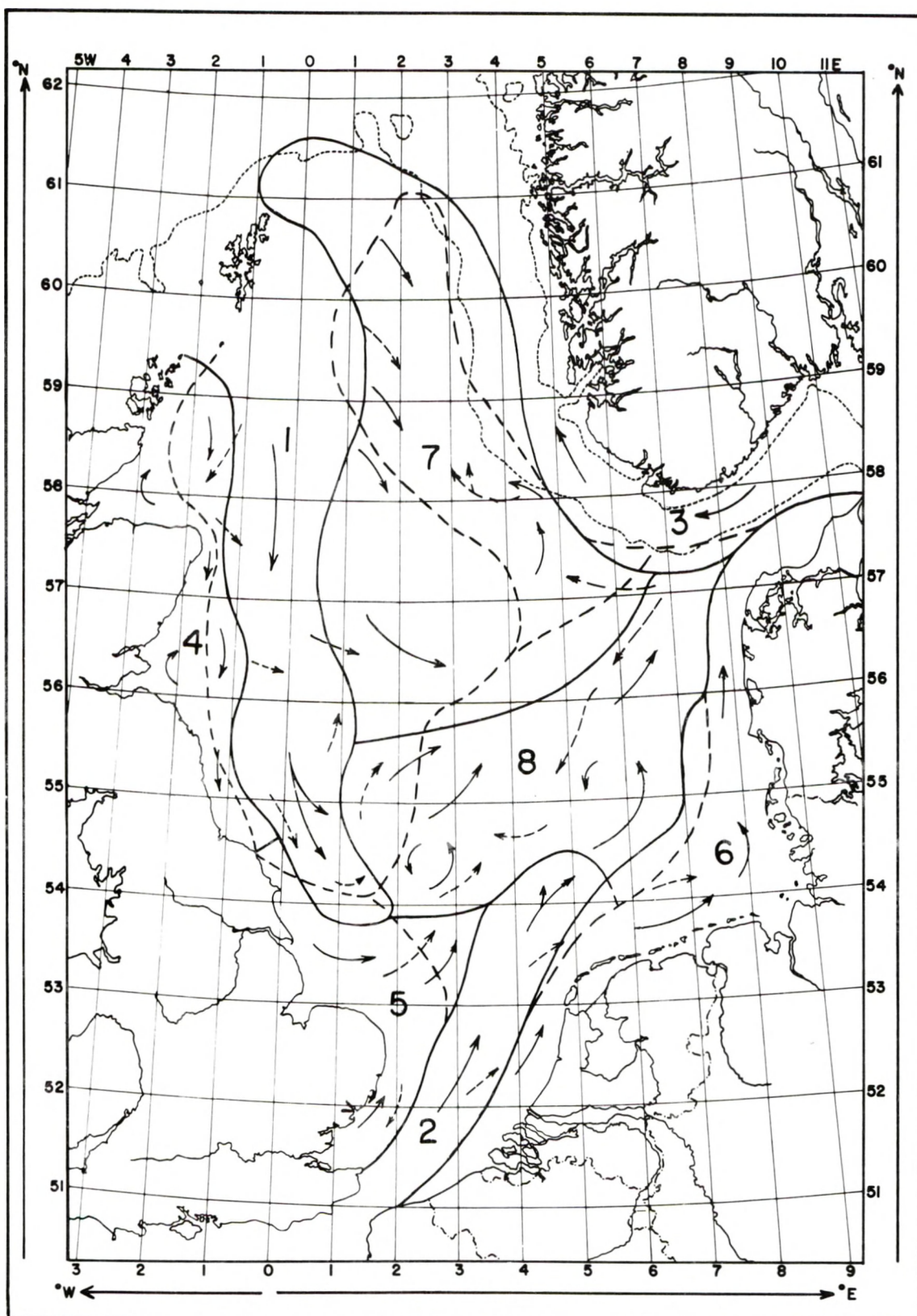


Figure 1. Summer and winter boundaries of water types and net currents at the surface and at the bottom. (For names of the water types see page 17.

- Surface net current, summer
- - -→ Bottom net current, summer
- Summer boundaries
- - - Winter boundaries

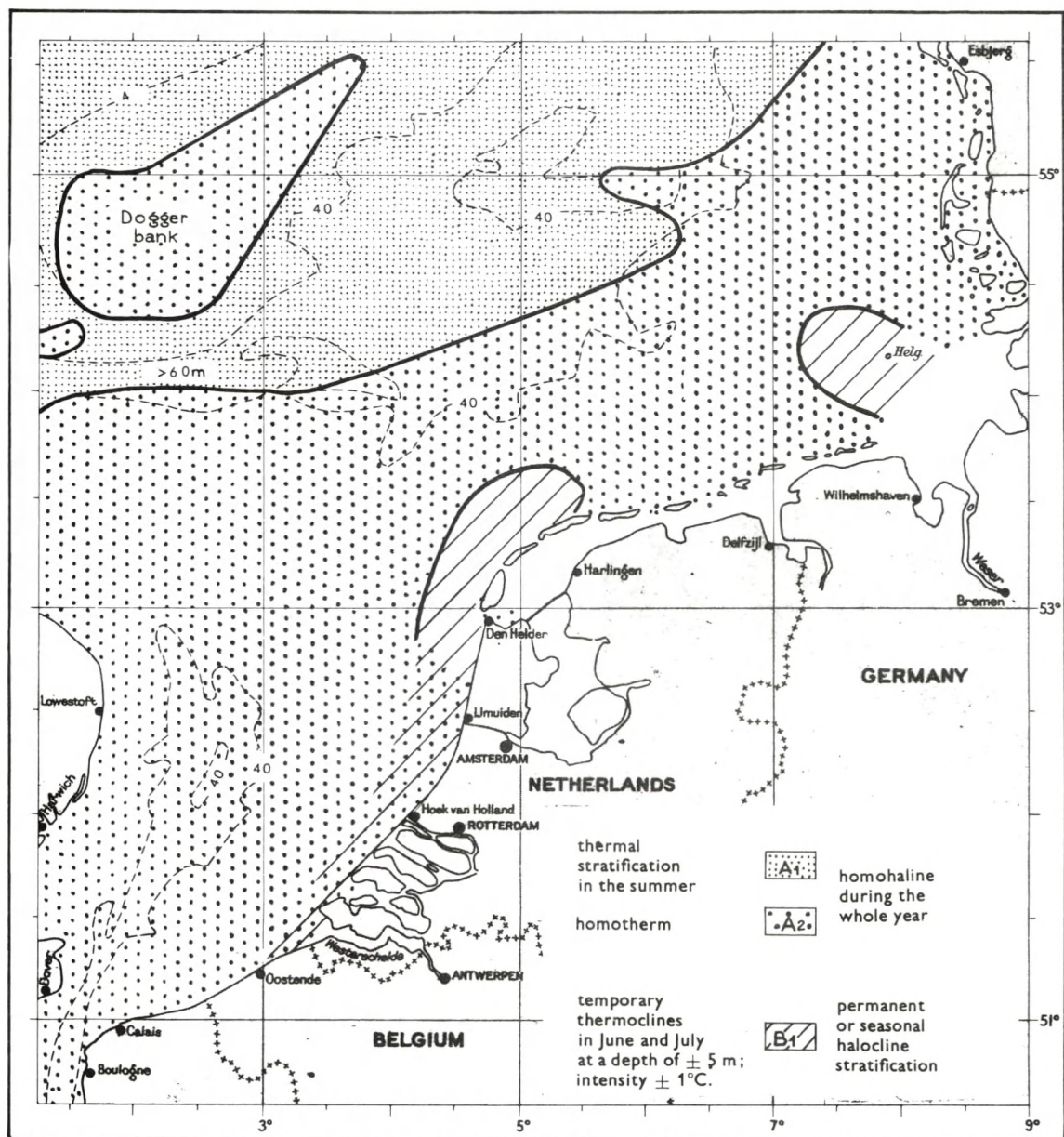


Fig 2 : Hydrografische gebieden in de Zuidelijke Noordzee
(naar Dietrich 1950,1953)

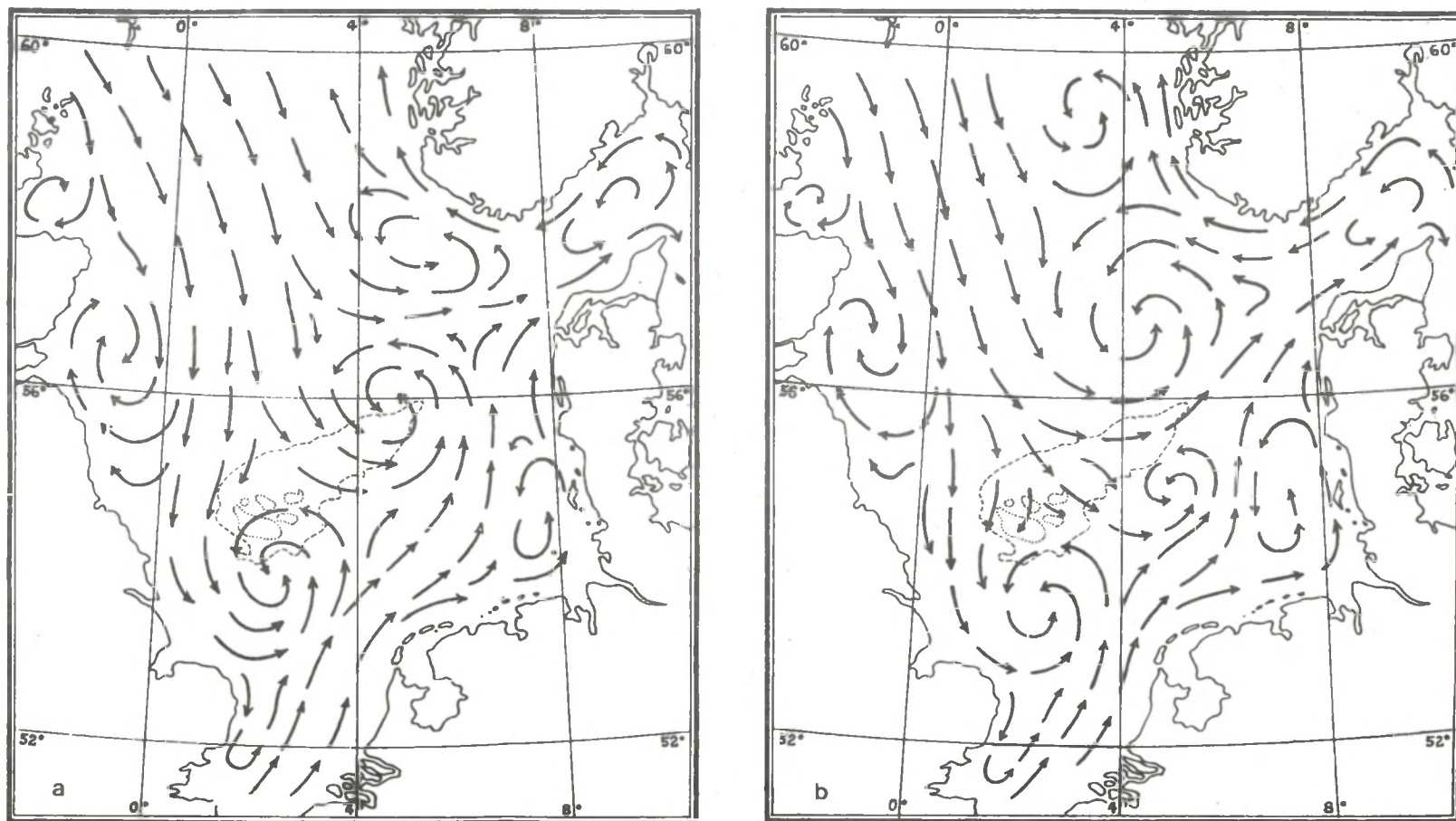


Fig 3^{a,b} : Oppervlakte-stromingen in februari (a) en augustus (b) - (naar Bönecke 1922)

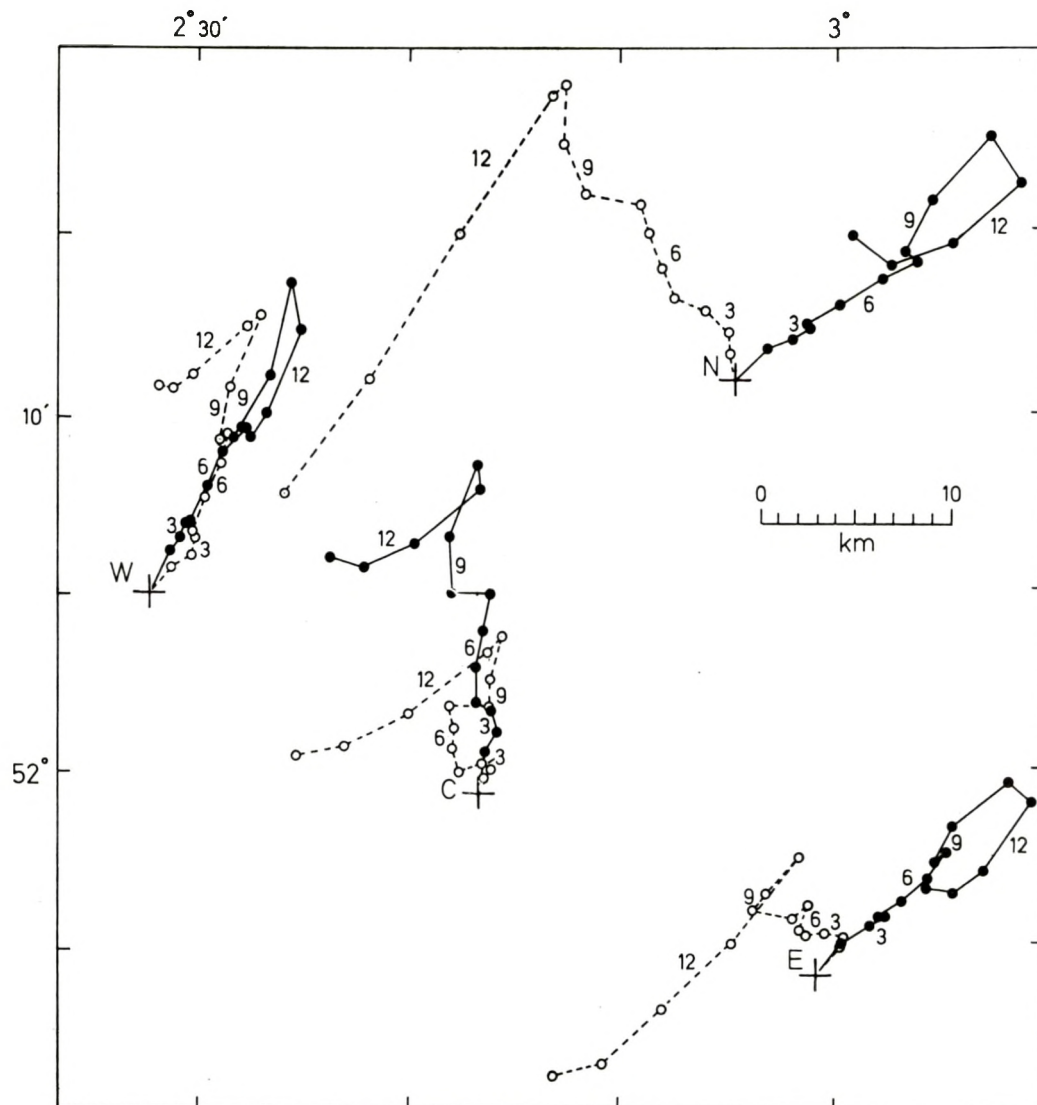


Figure 4. Residual flow deduced from current meters moored near the surface (●) and near the bottom (○) for 14 tides starting 0020 h on 28 January 1969. Numbers beside line denote respective tide. (naar Talbot 1977)

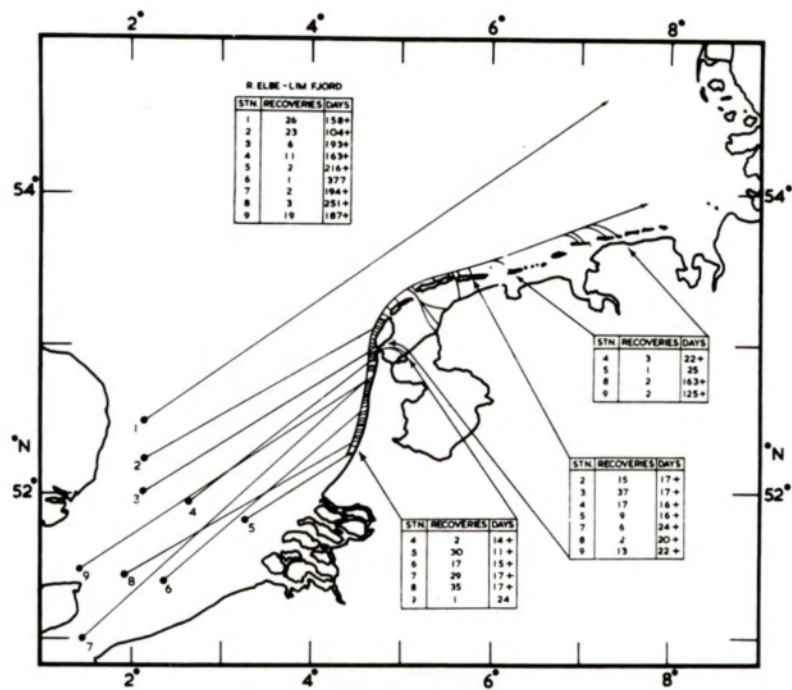


Fig.5^a.—Courses of surface drifters released at Stations 1-9; February 8-9th, 1911 (naar Lee 1970)

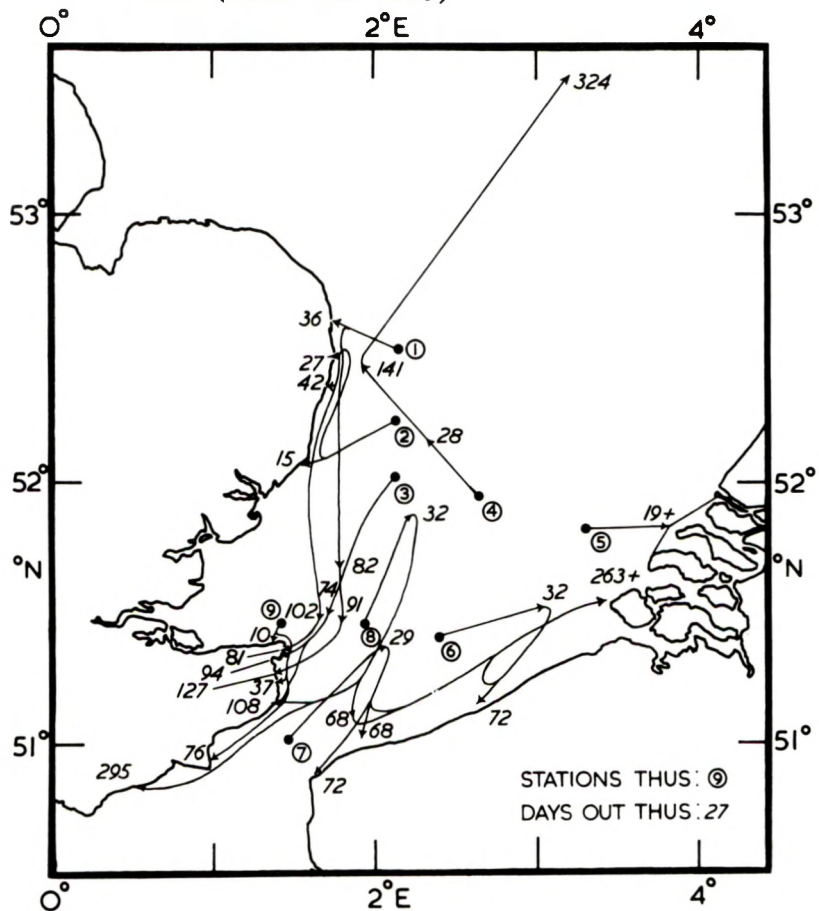
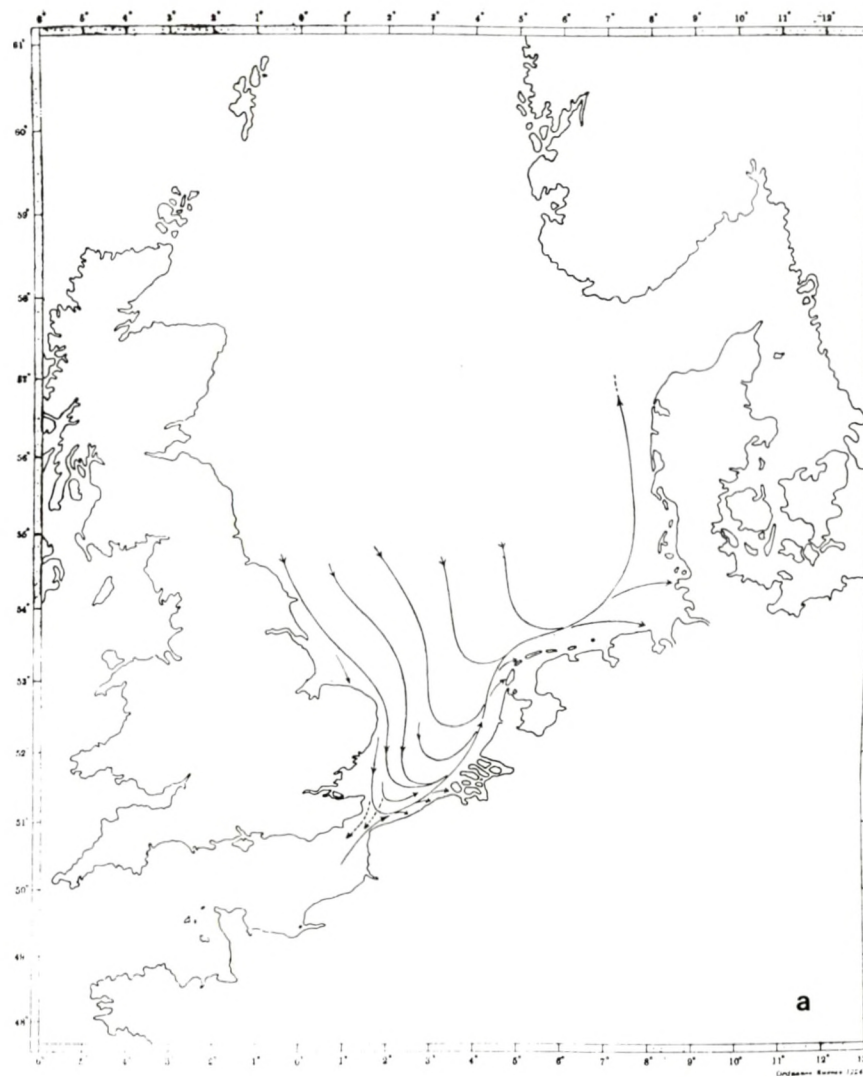
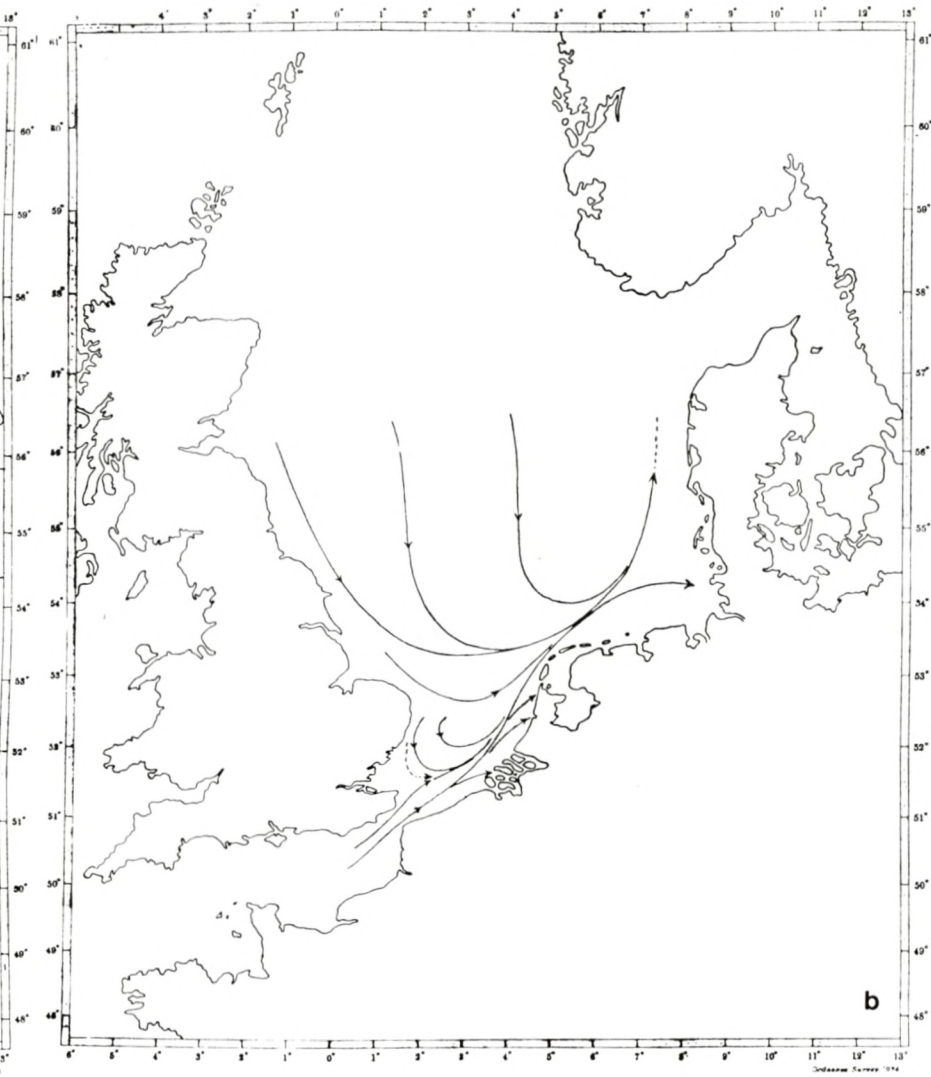


Fig.5^b.—Courses of bottom trailers released at Stations 1-9; February 8-9th, 1911 (naar Lee 1970)

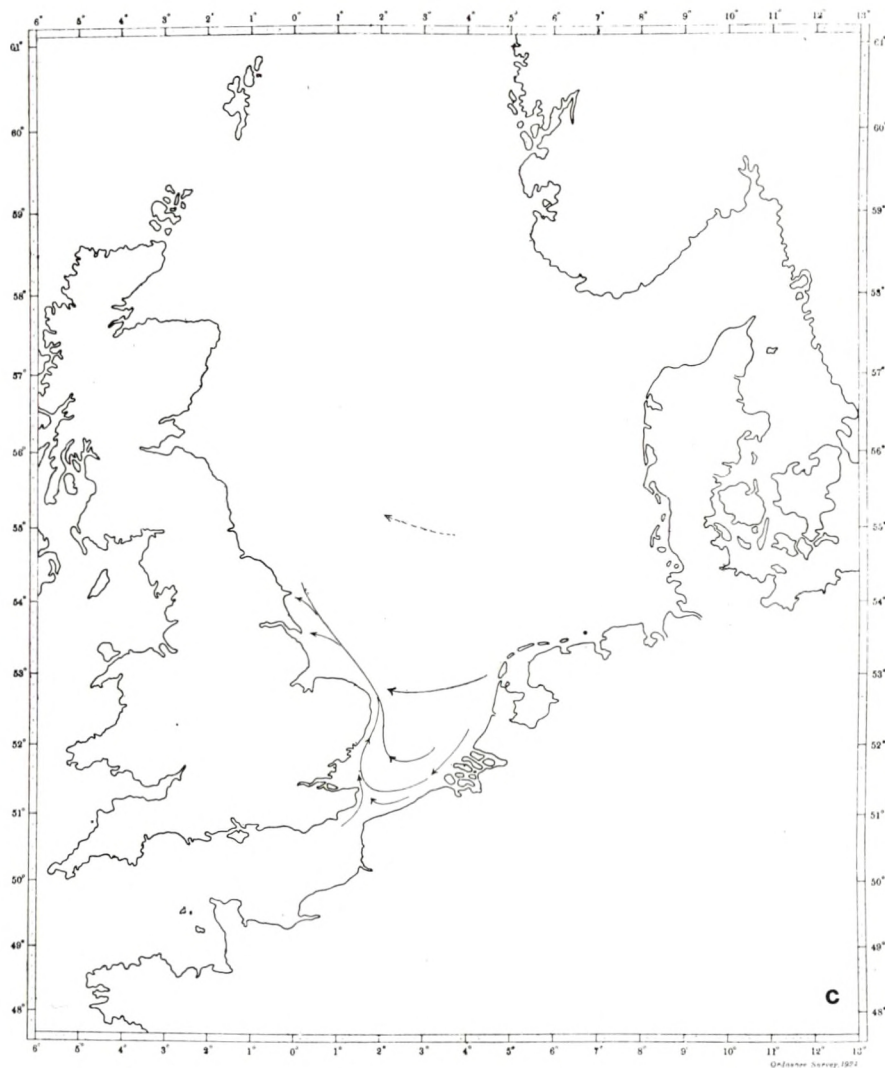


Generalised picture of the circulation associated with persistent winds from N. and W. of N.
(The spring type)



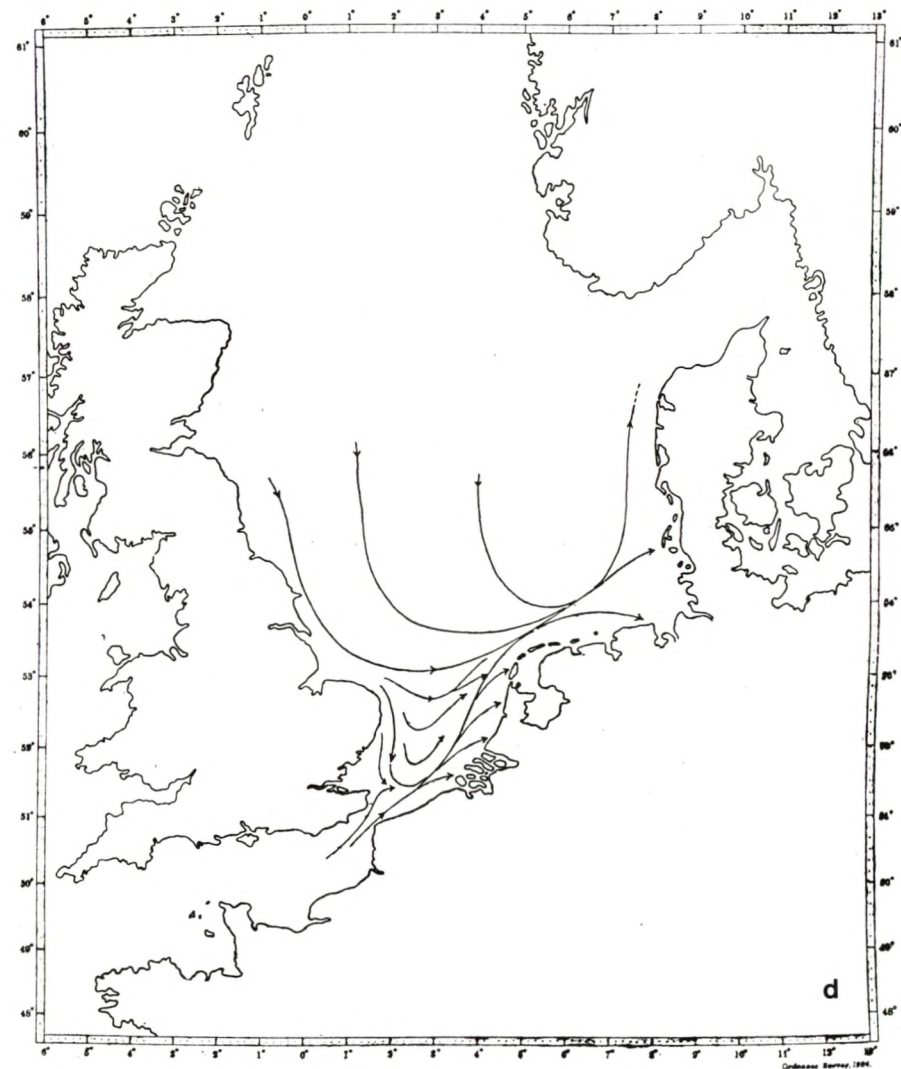
Generalised picture of the circulation associated with persistent winds from W. and W. by N.
(The Summer type)

Fig. 6^{a,b} (Carruthers 1925)



Generalised picture of the circulation of the southern North Sea during the prevalence of persistent winds from S. and S.E. This circulation existed in early Autumn, 1920, and again in early Autumn, 1921.

[Most usual in Autumn (prevalent winds—S.'ly).]



Generalised picture of the circulation associated with persistent S.W.'ly winds.

[The Winter type (Winter has predominant S.S.W.'ly winds).]

Fig. 6^{c,d} (Carruthers 1925)

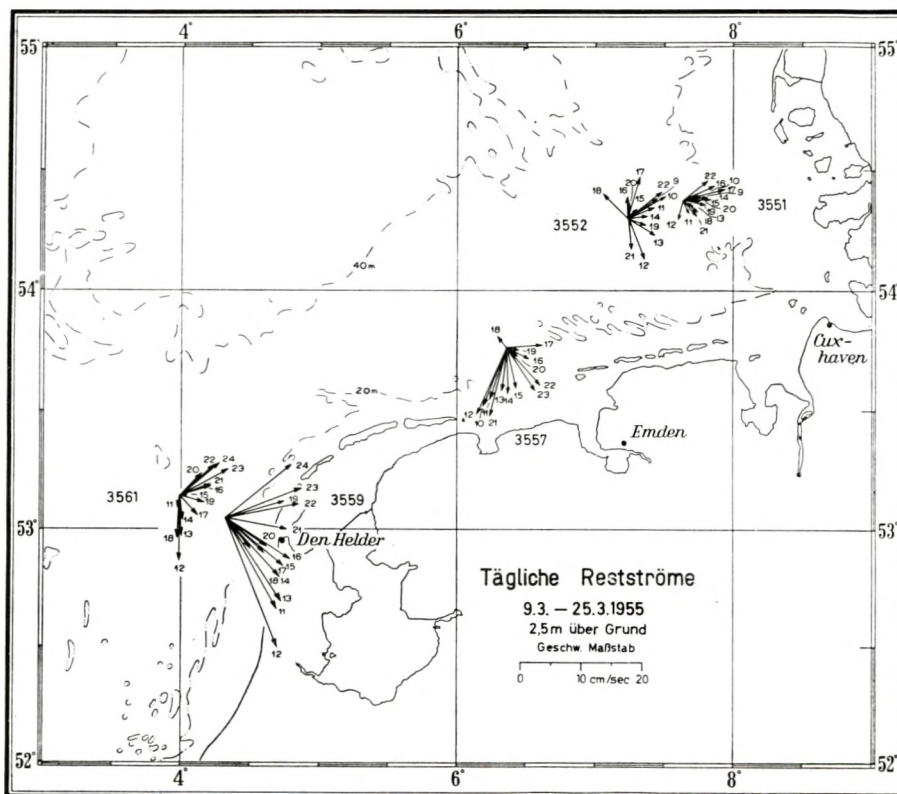


Figure 7 . Daily residual current near the bottom in March 1955, based on measurements with 6 paddle wheel current-meters.

(Dietrich 1955)

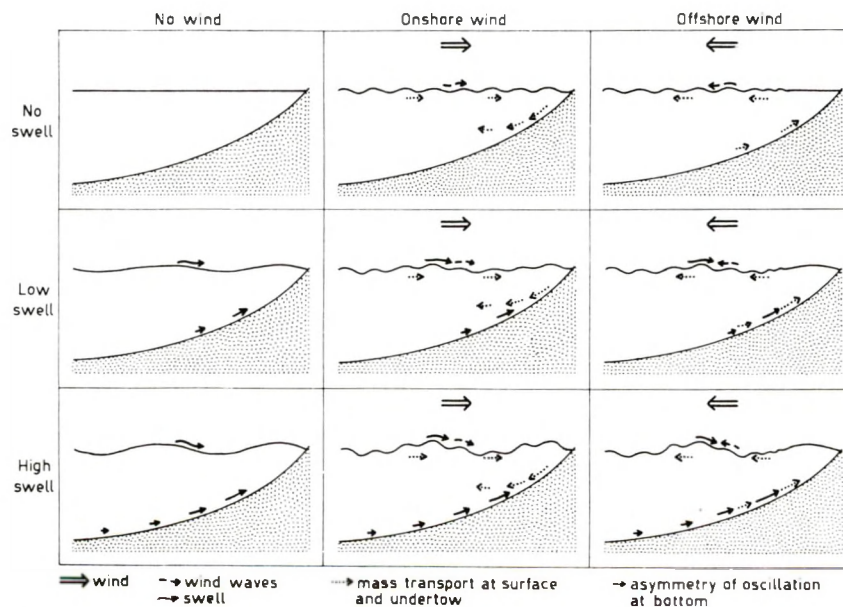


Fig. 8 — Schematic drawing of various combinations of sea and swell and the resulting flow of water.

(van Straaten 1961)

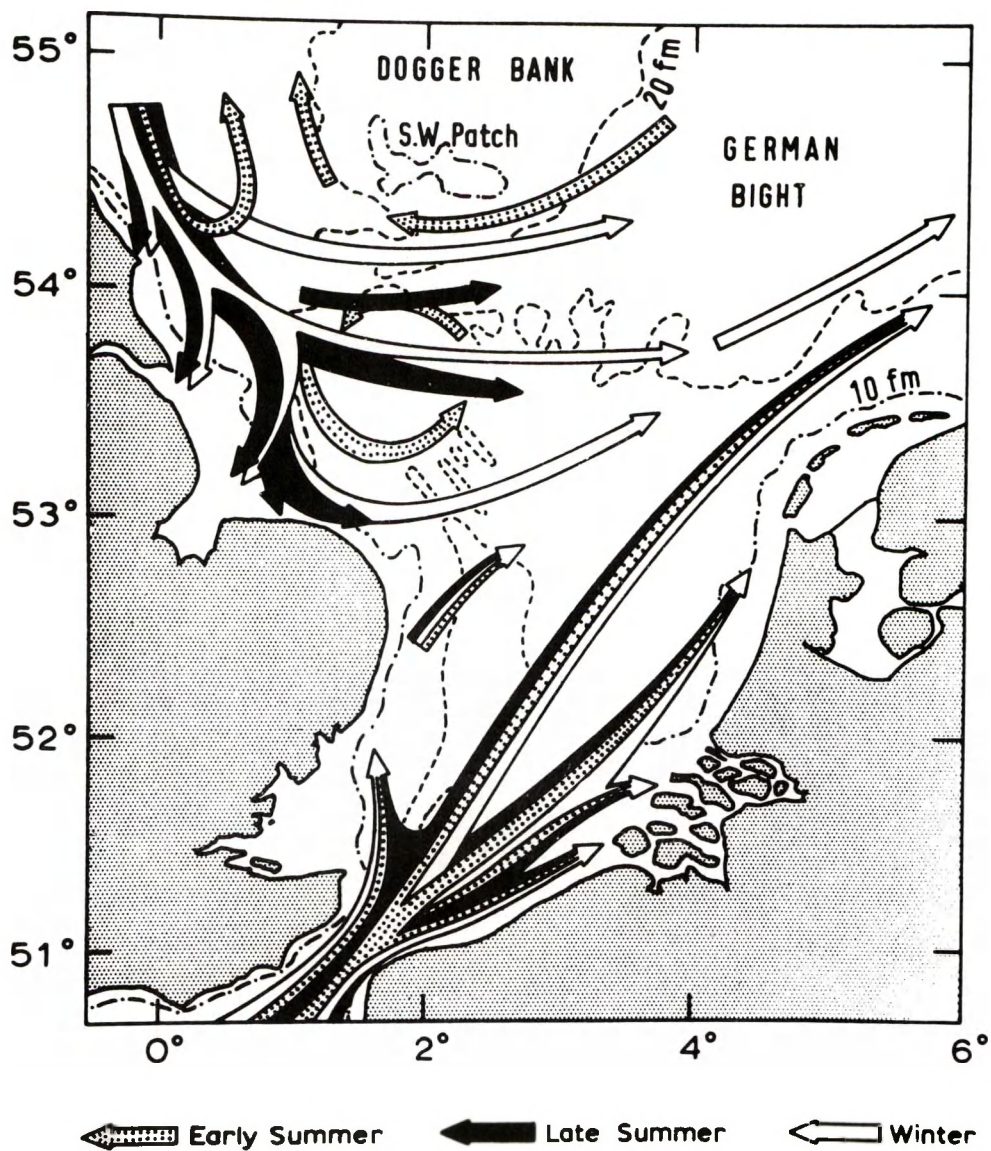


Figure 9. Bottom current residuals (after Ramster, 1965).

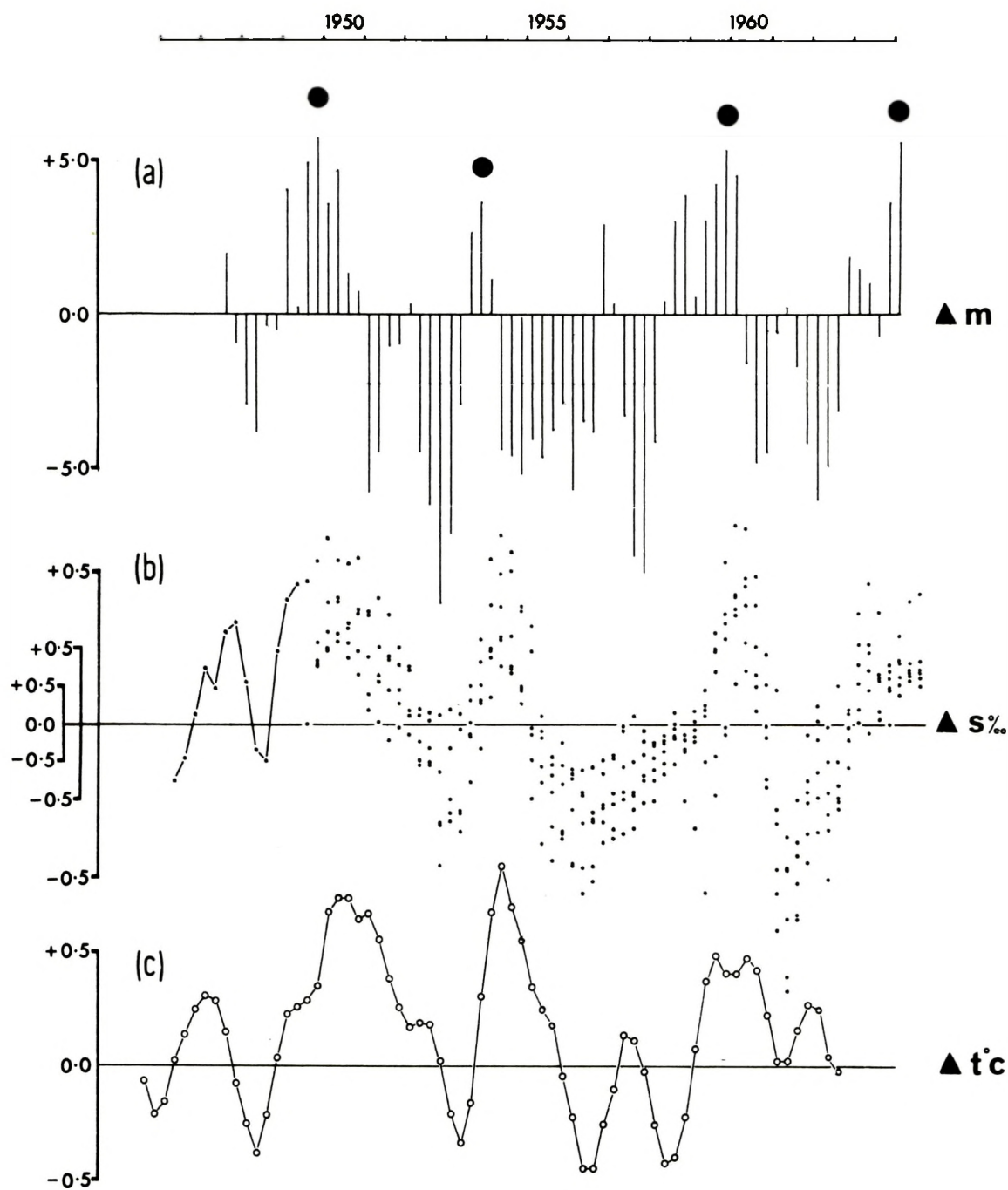


Fig.10 Running 3-quarterly means (post-war period) of:
 (a) meridional index anomaly (southerlies positive) – British Isles;
 (b) surface salinity anomaly – German Bight Group
 (c) 0-200 metre temperature anomaly – Kola Section (Dickson 1971)

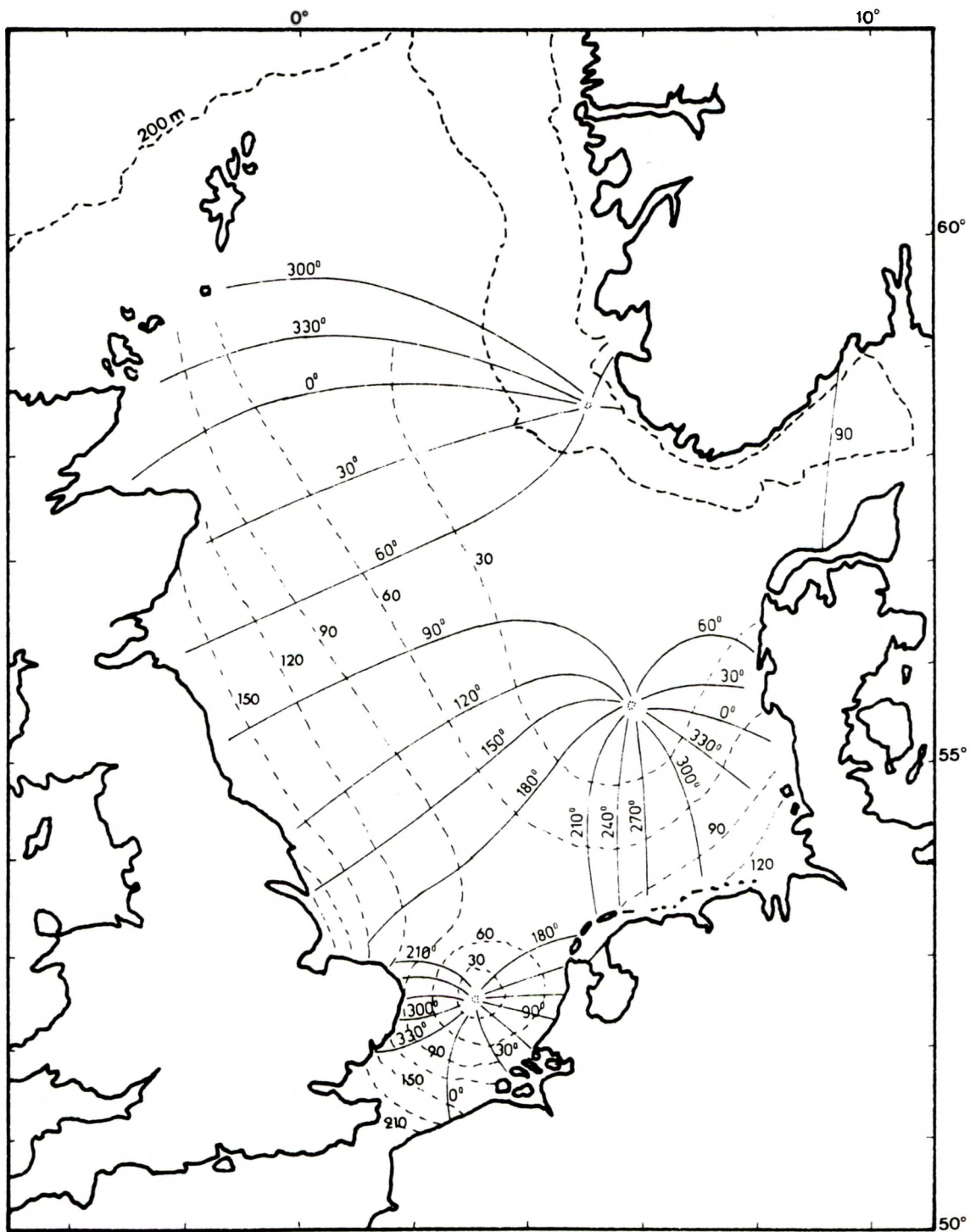


Fig 11 : Lines of equal tidal phases and amplitudes in the North Sea according to observations. (after Proudman et al. 1924).

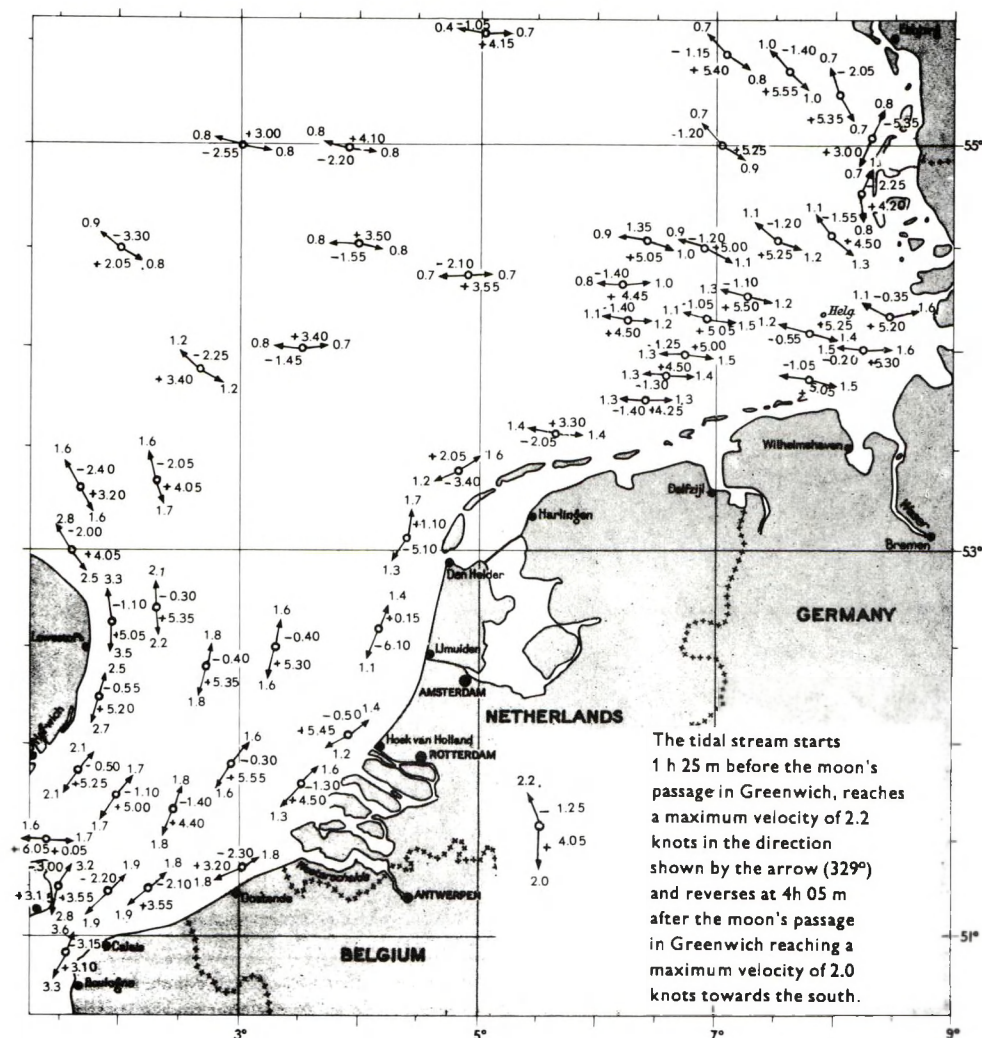


Fig 13 : Time, direction and velocity of the maximum tidal streams at the surface during spring tide (Hydrogr. dienst 1965)

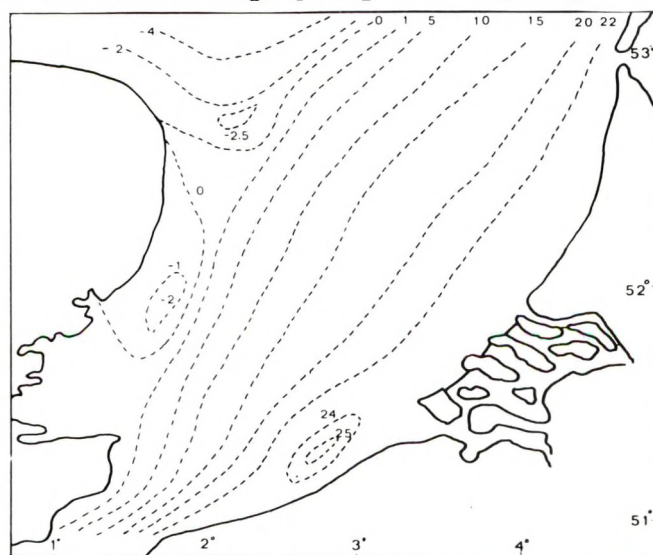
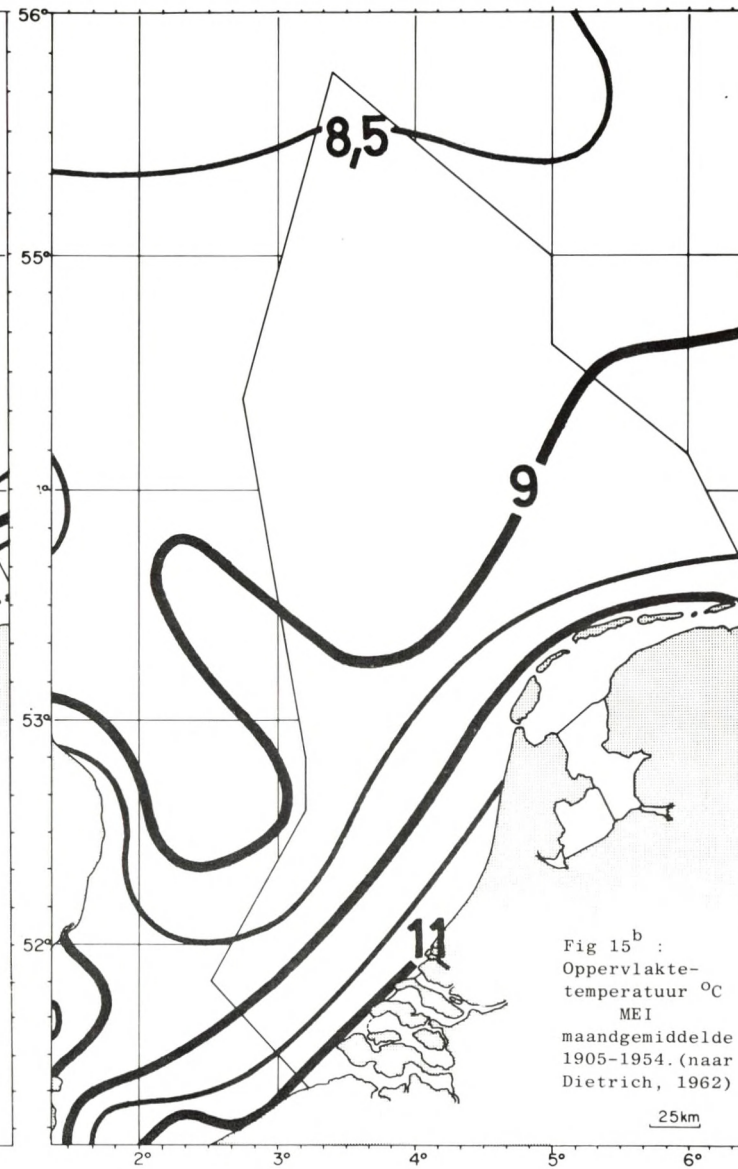
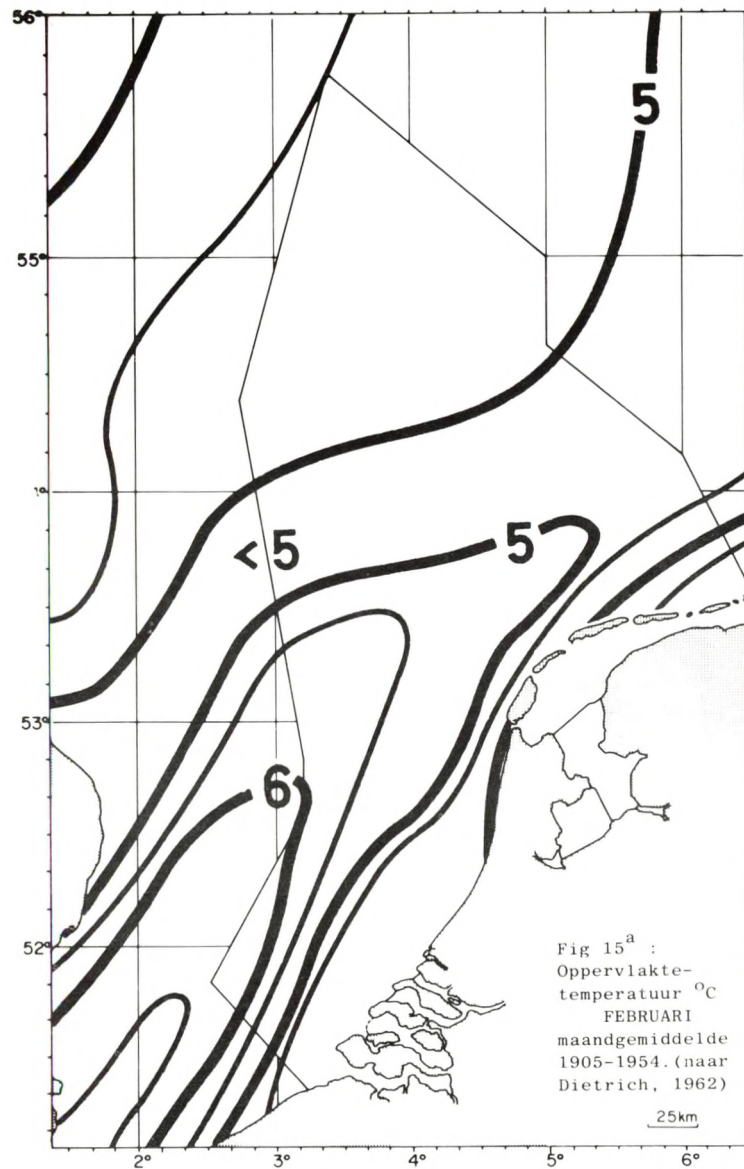
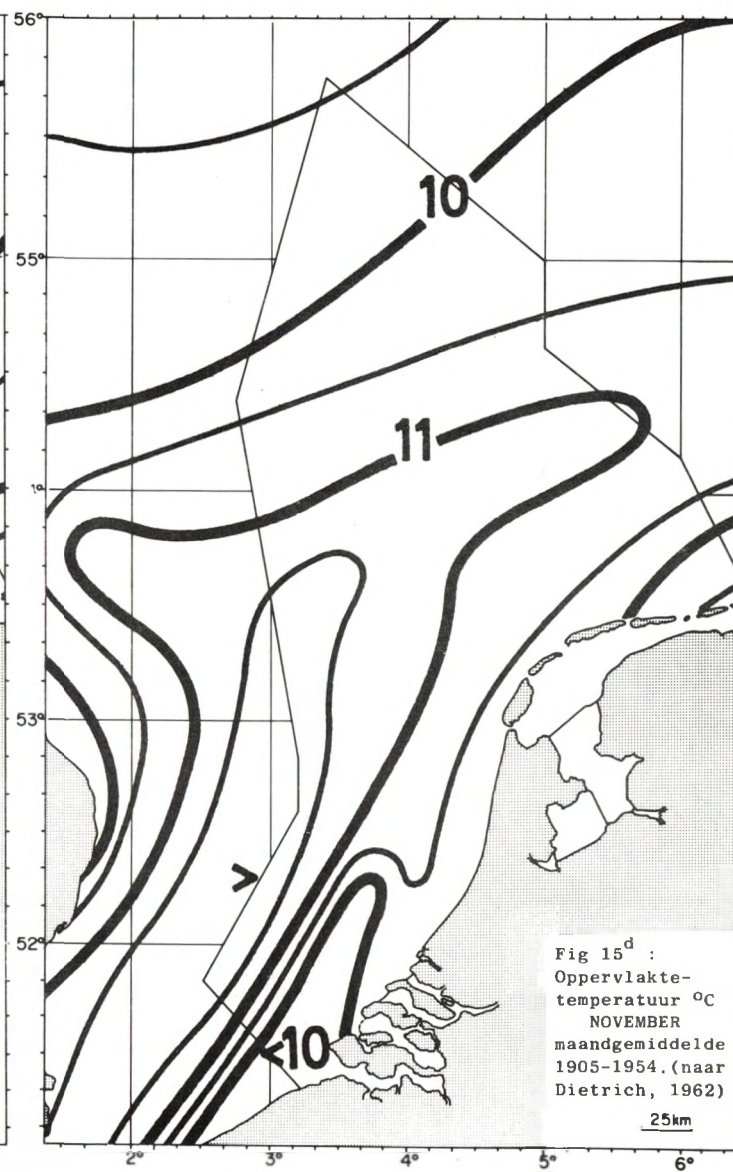
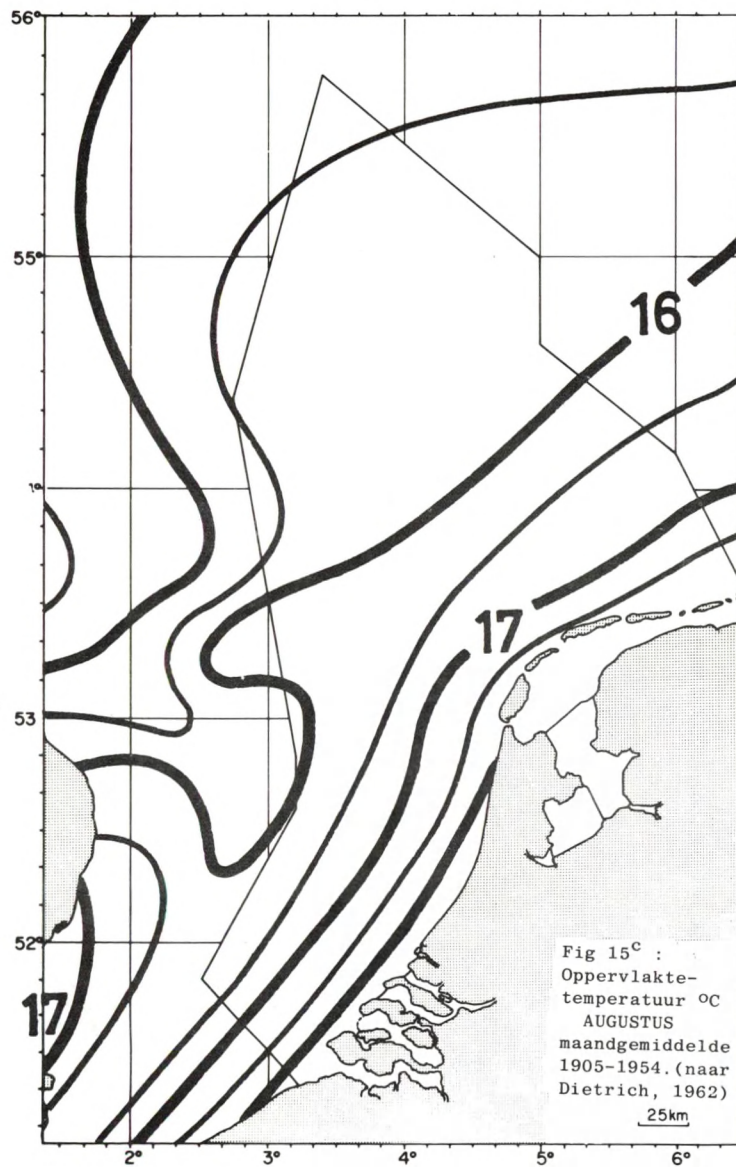


Fig 14. Residual circulation in the Southern Bight with the tidal stress. Streamlines σ const. (in $10^4 \text{ m}^2/\text{s}$). Bottom friction coefficient $K = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$. Nihoul et al. 1975





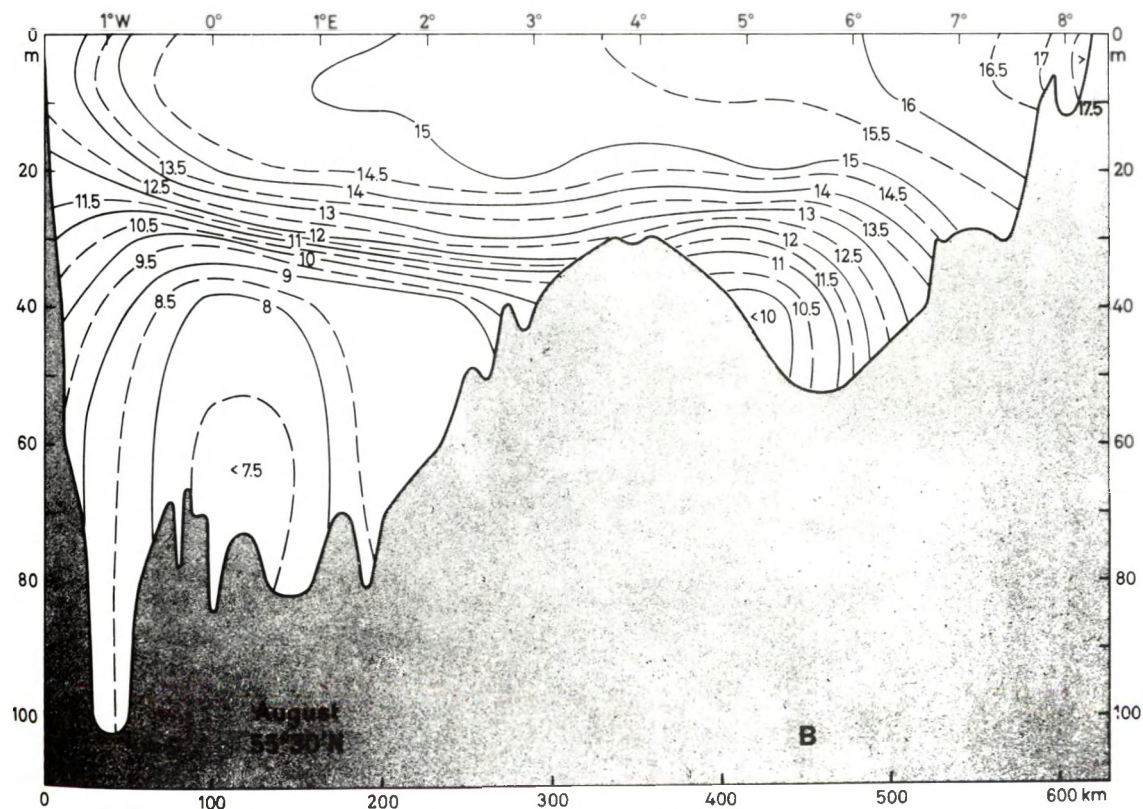
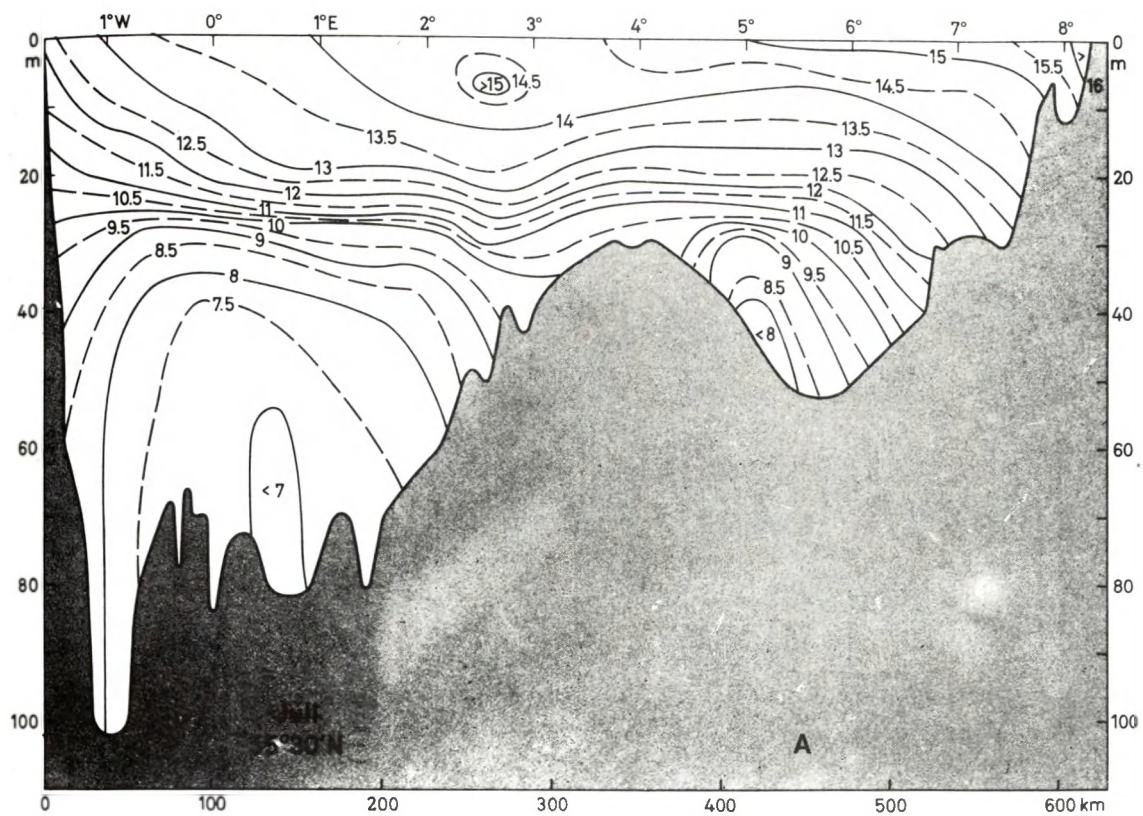


Fig 16^{a, b} : Temperatuur- stratificatie in de Centrale Noordzee (55°30' N.B.) in juli (a) en augustus (b). (Tomczak et al. 1962).

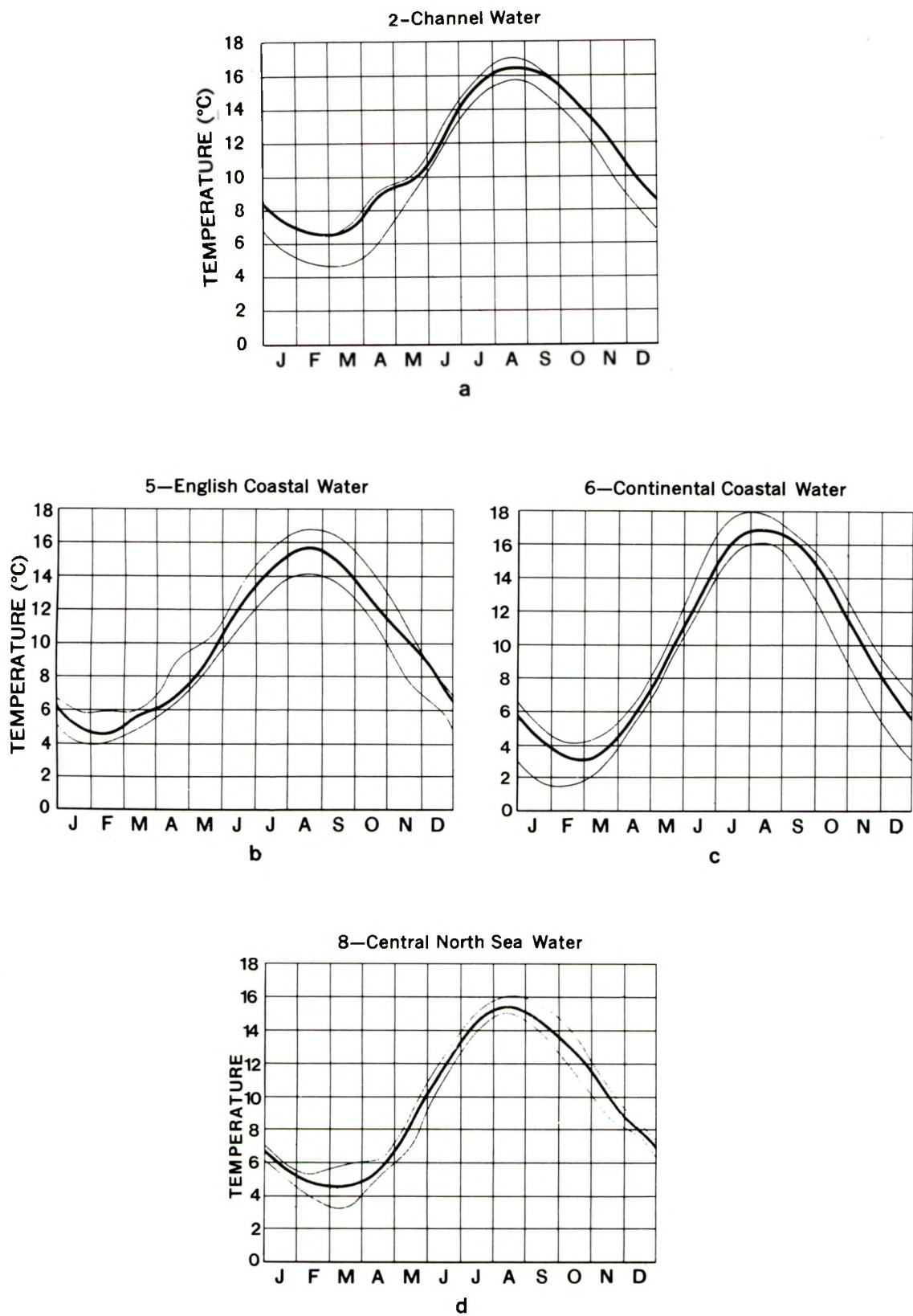
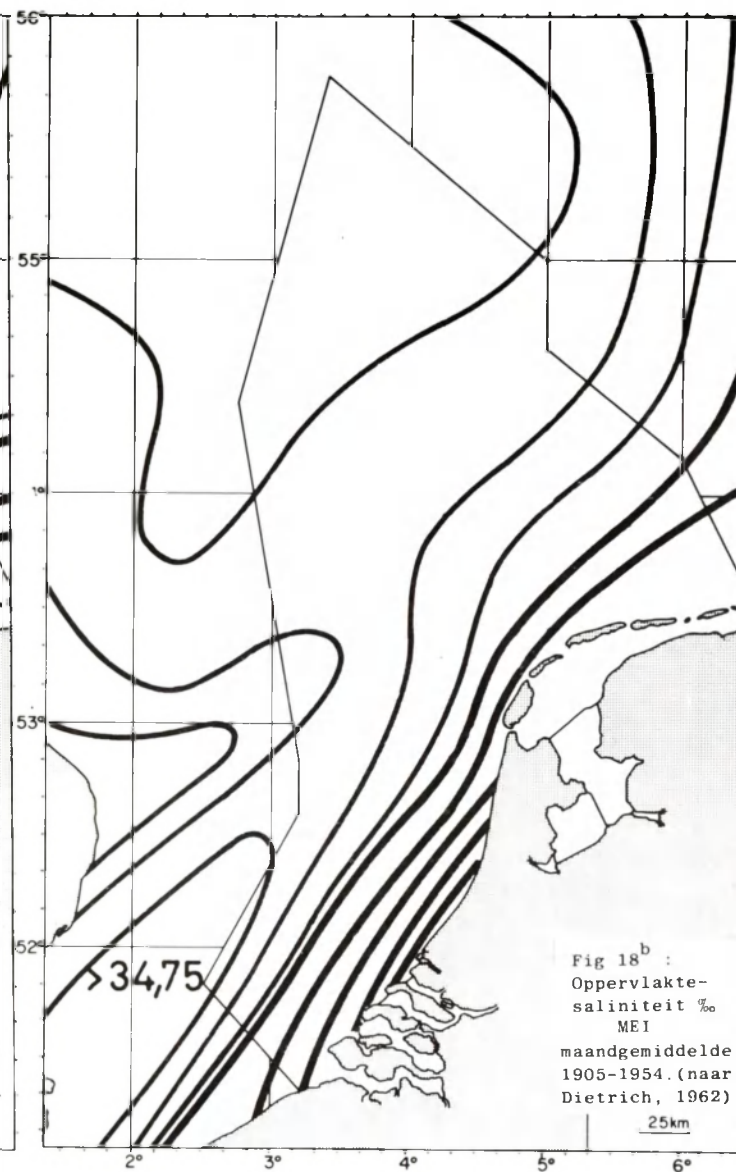
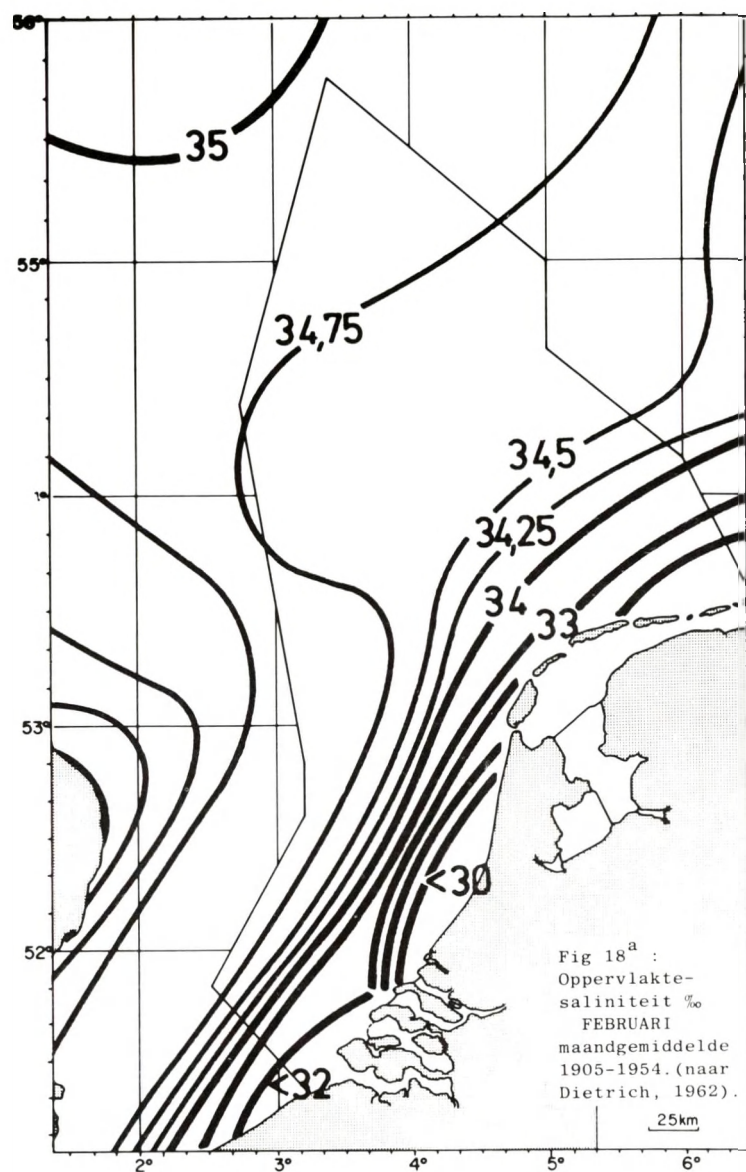
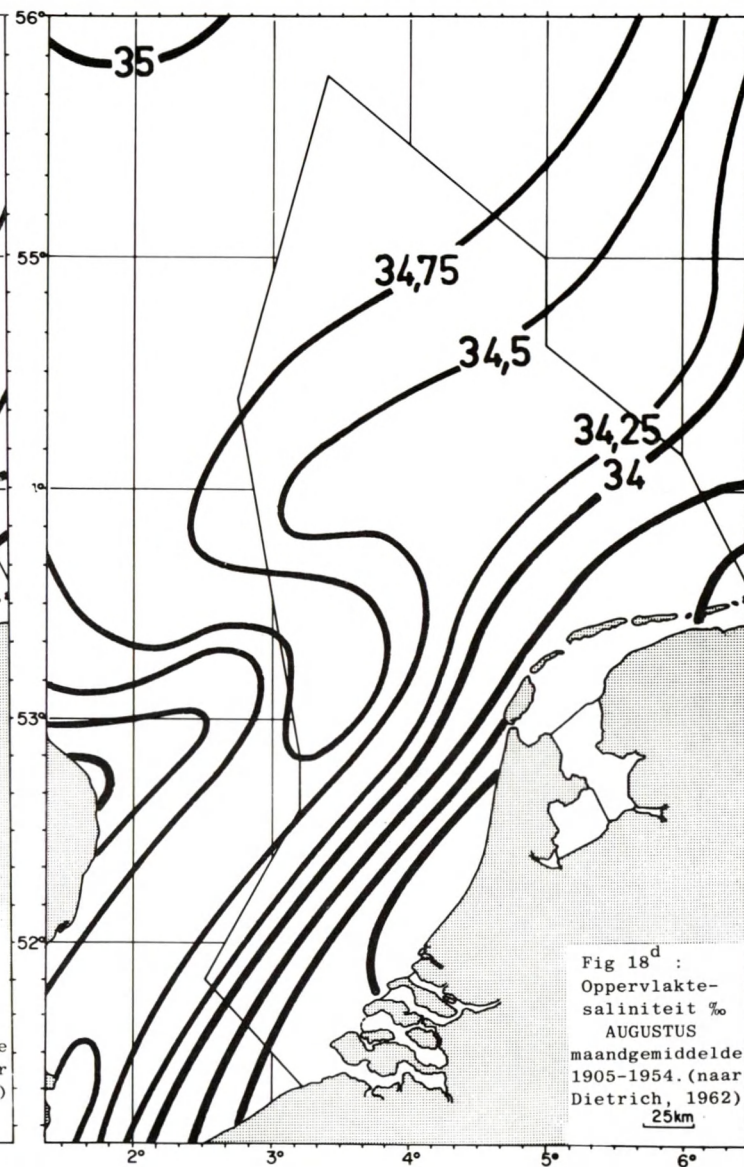
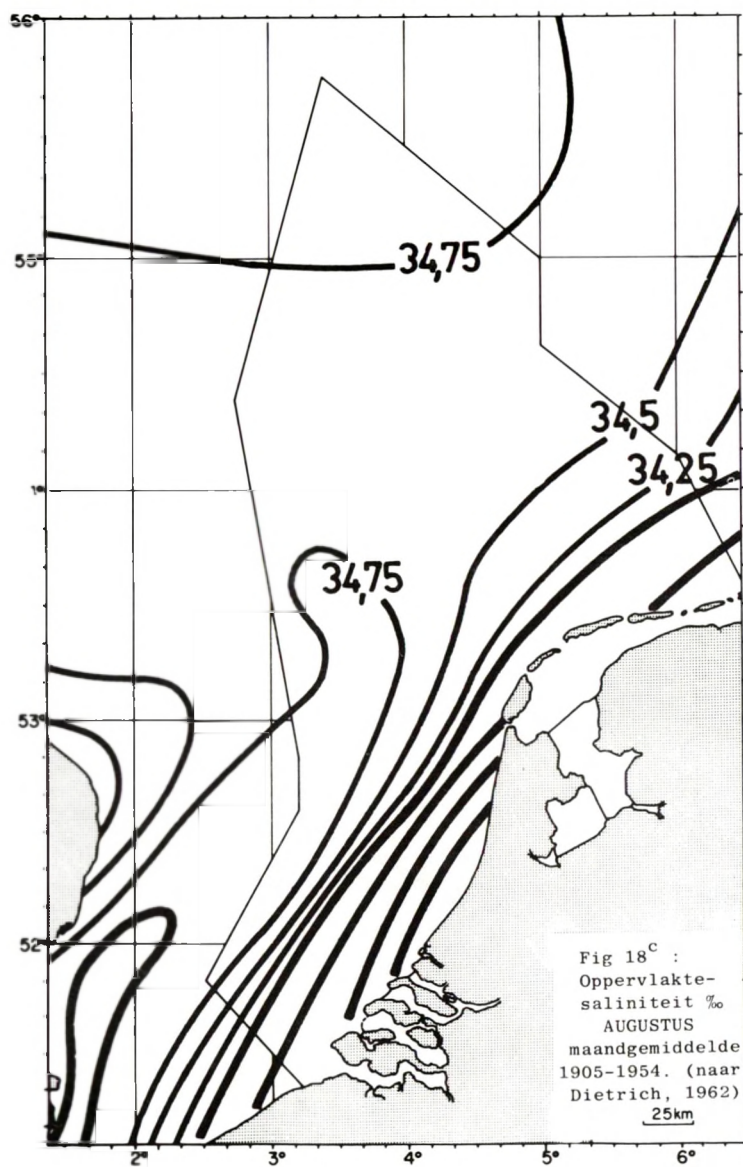
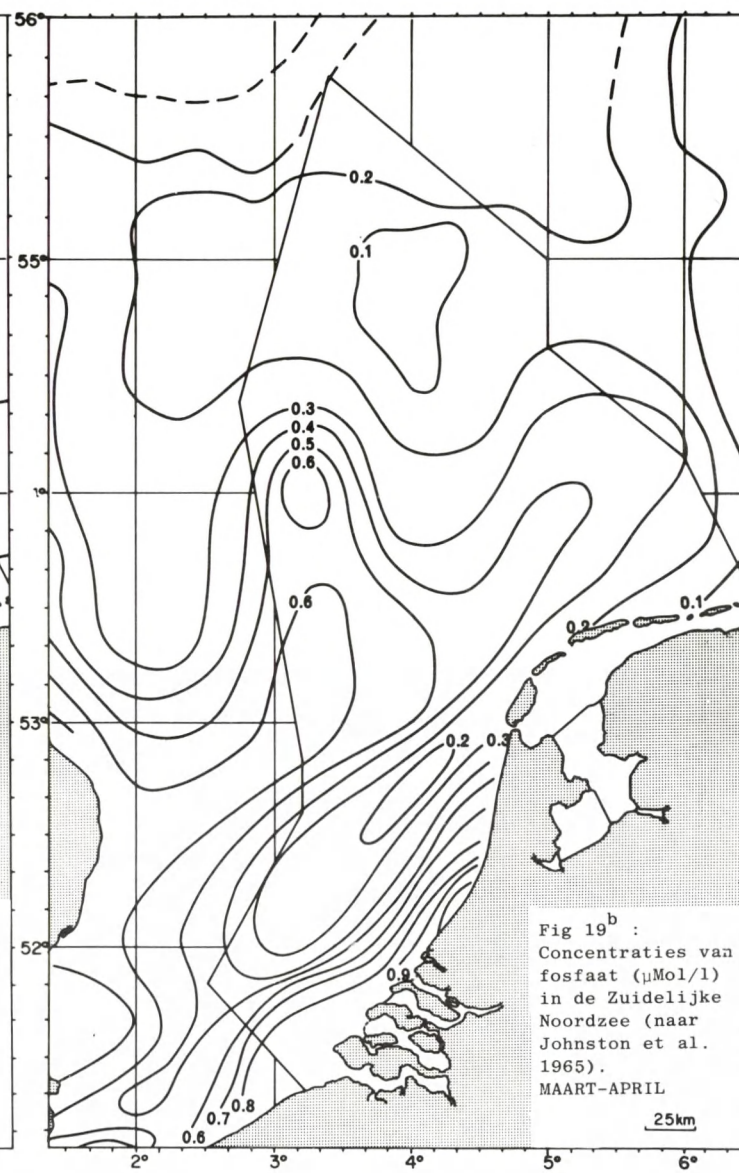
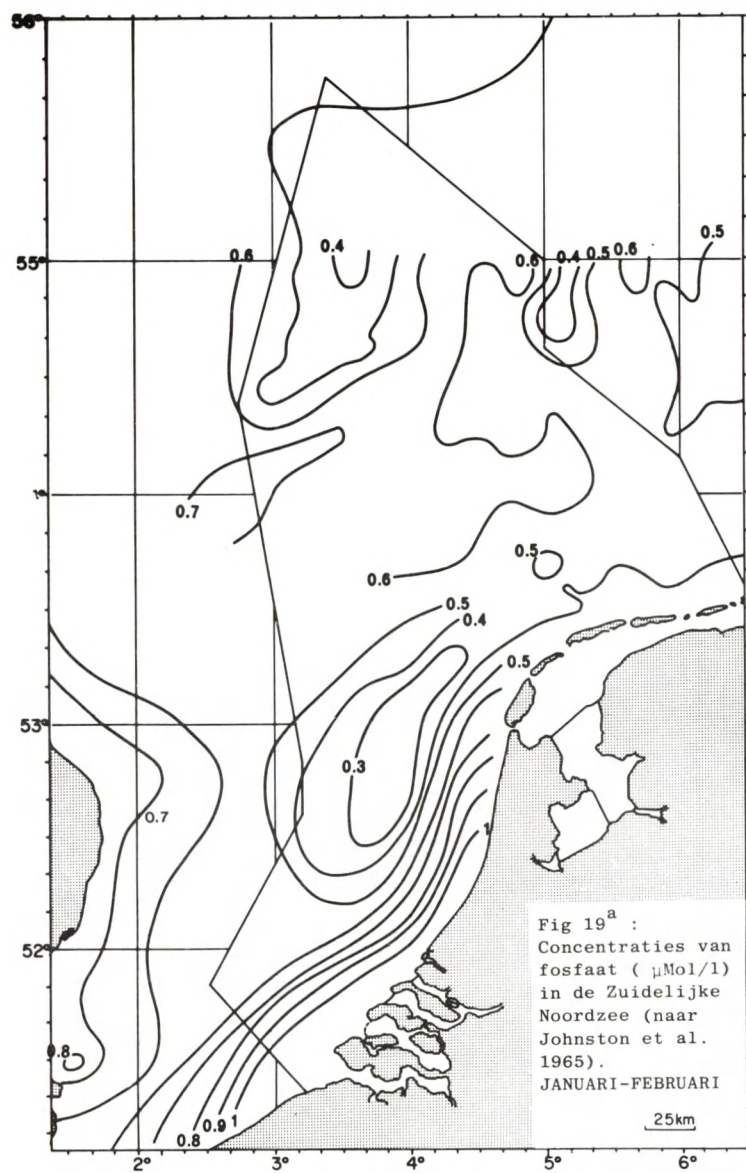
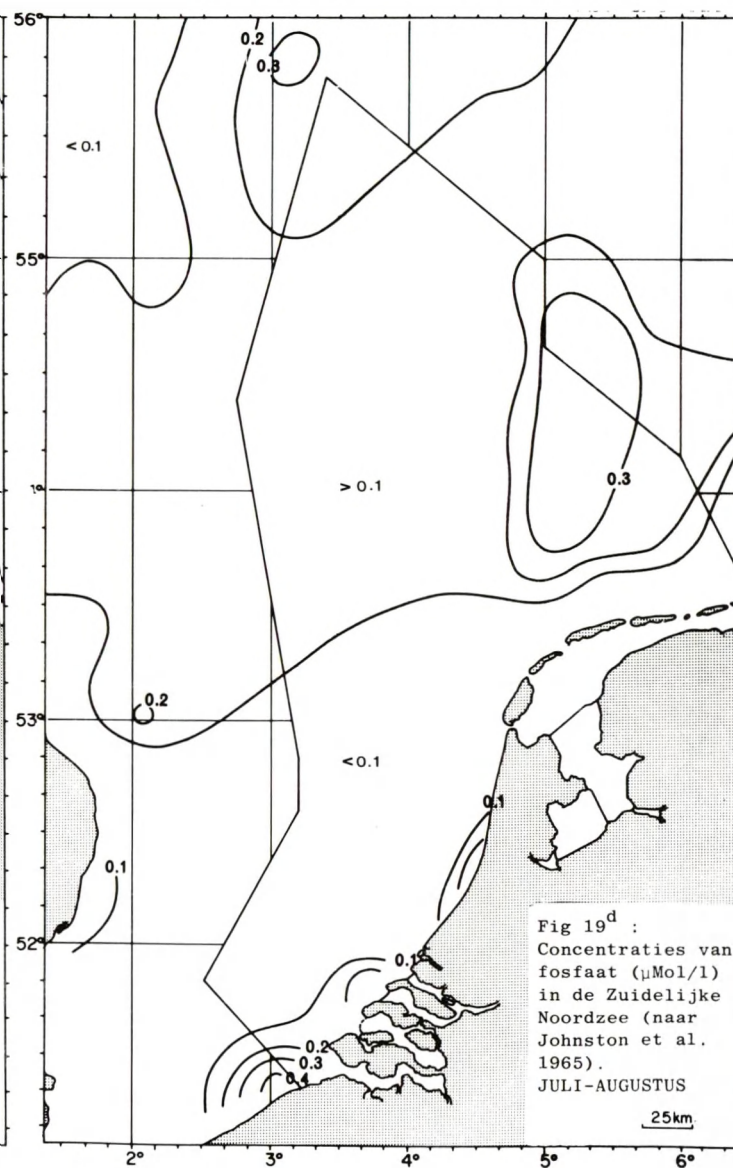
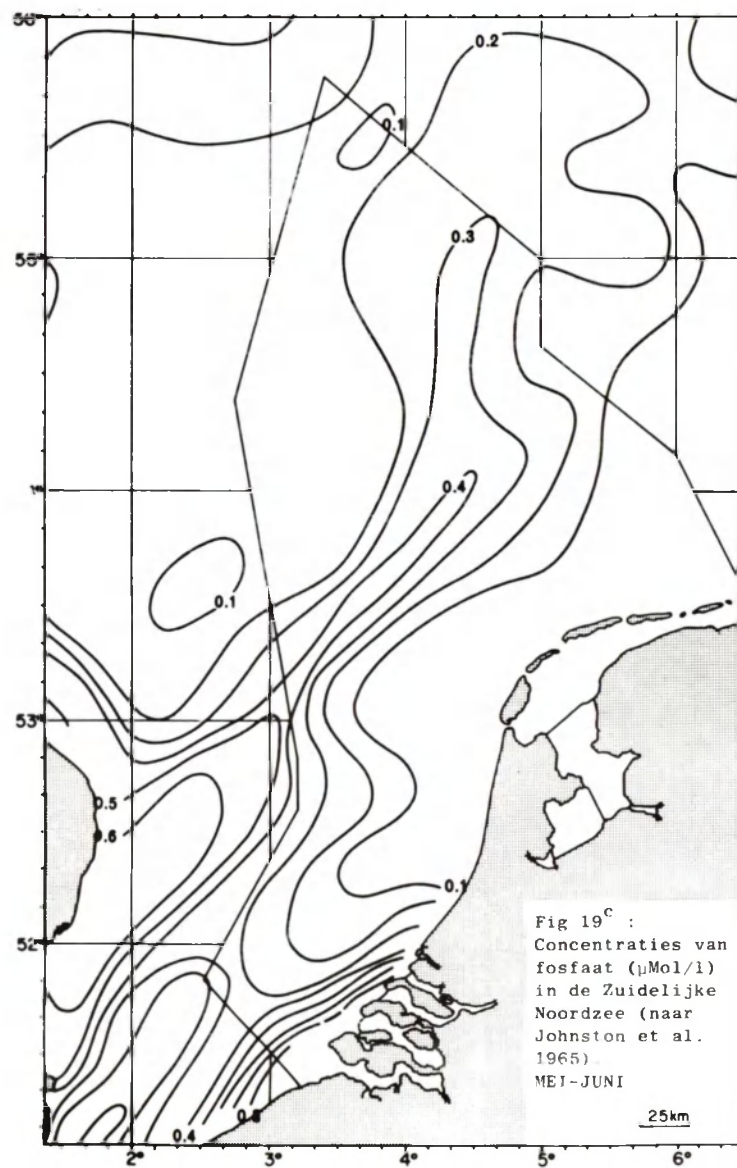


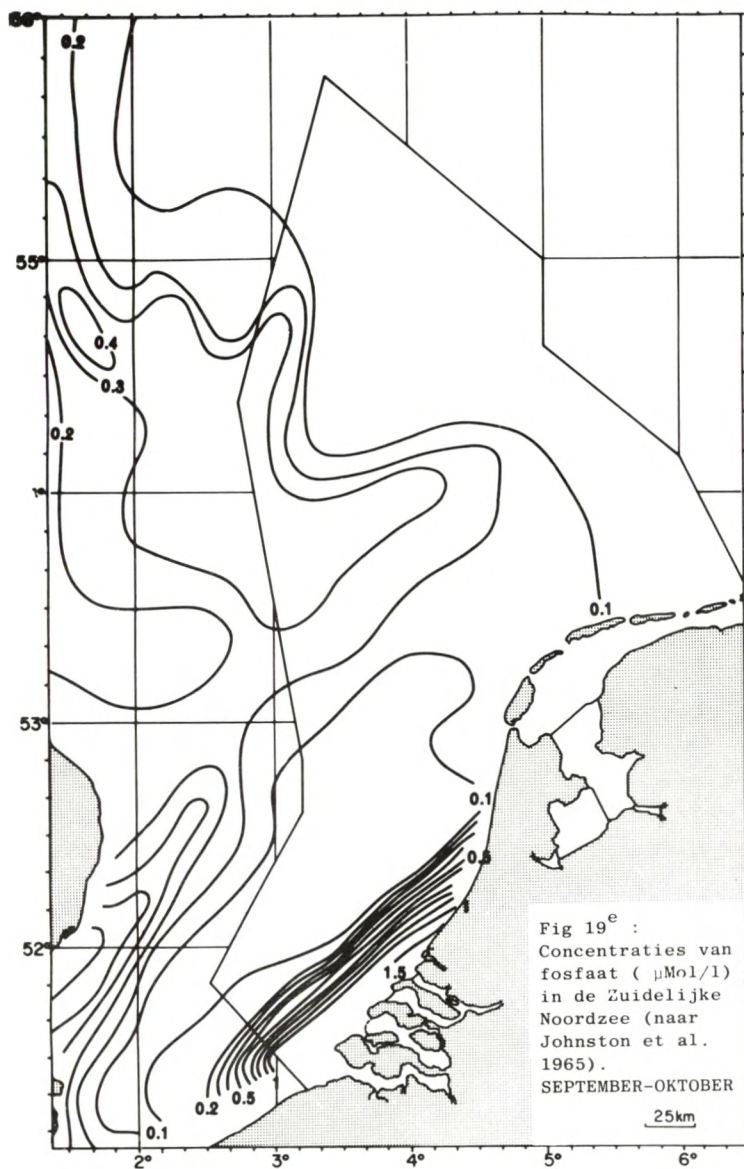
Fig. 17^{a-d} . Jaarlijkse temperatuurfluctuatie. (naar Laevastu 1963)

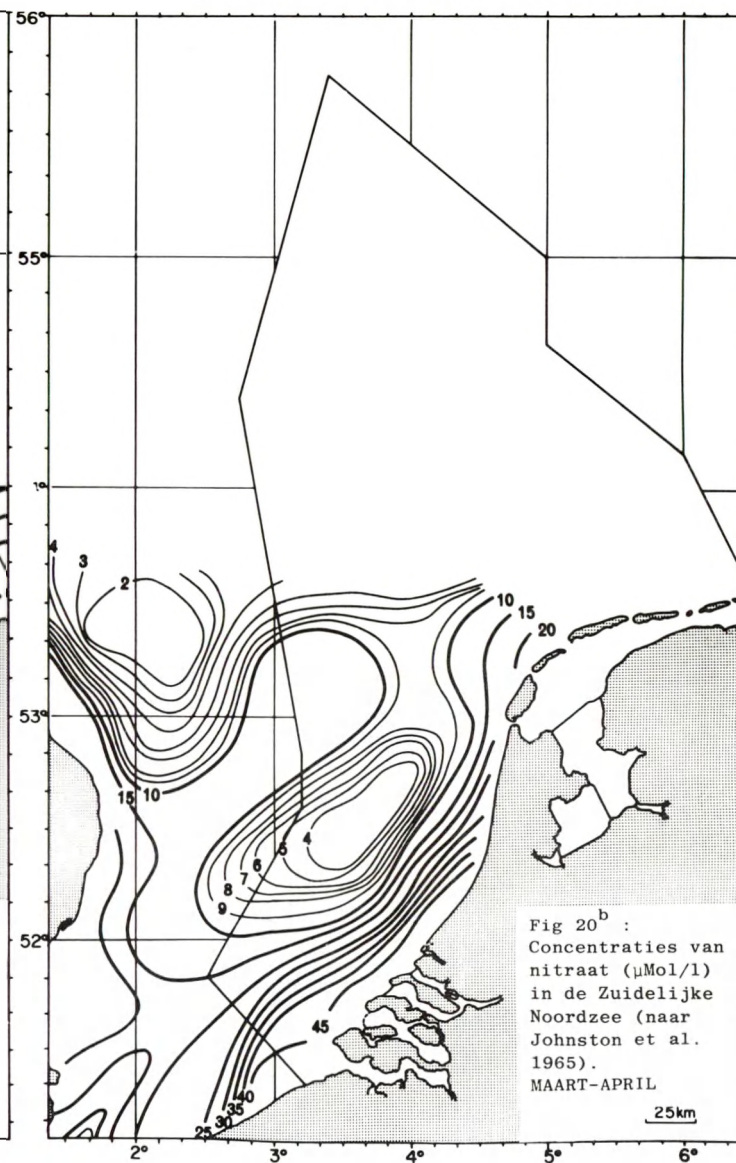
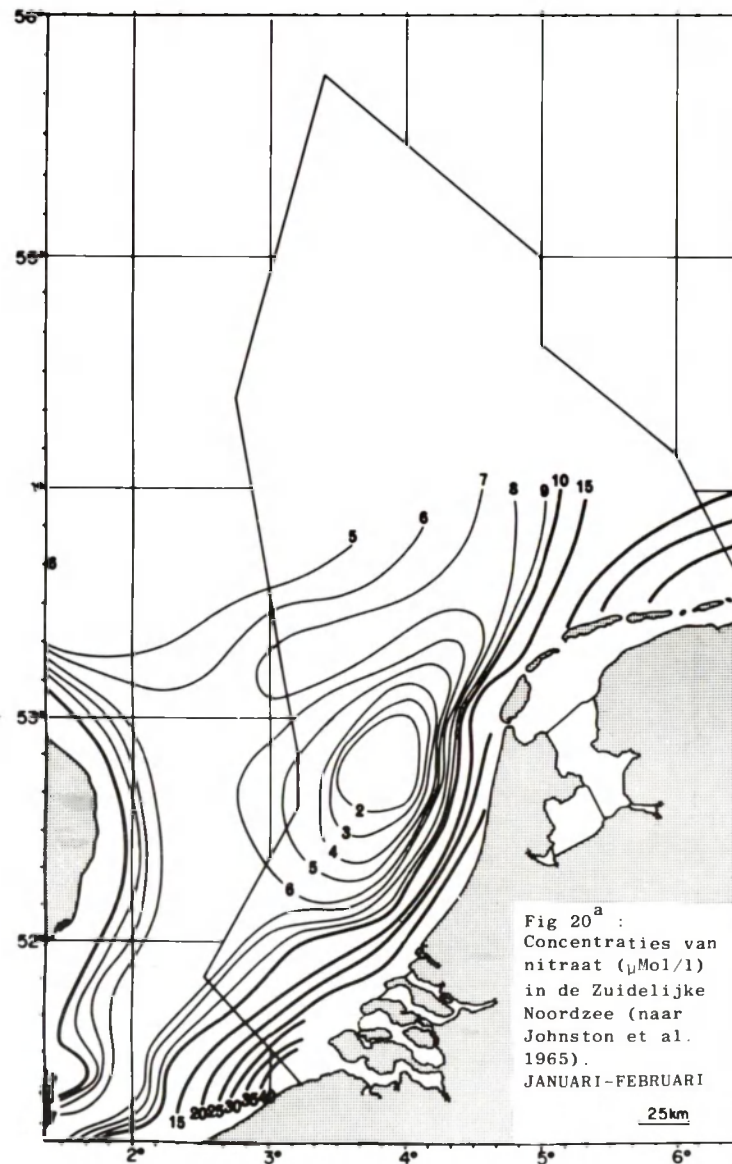


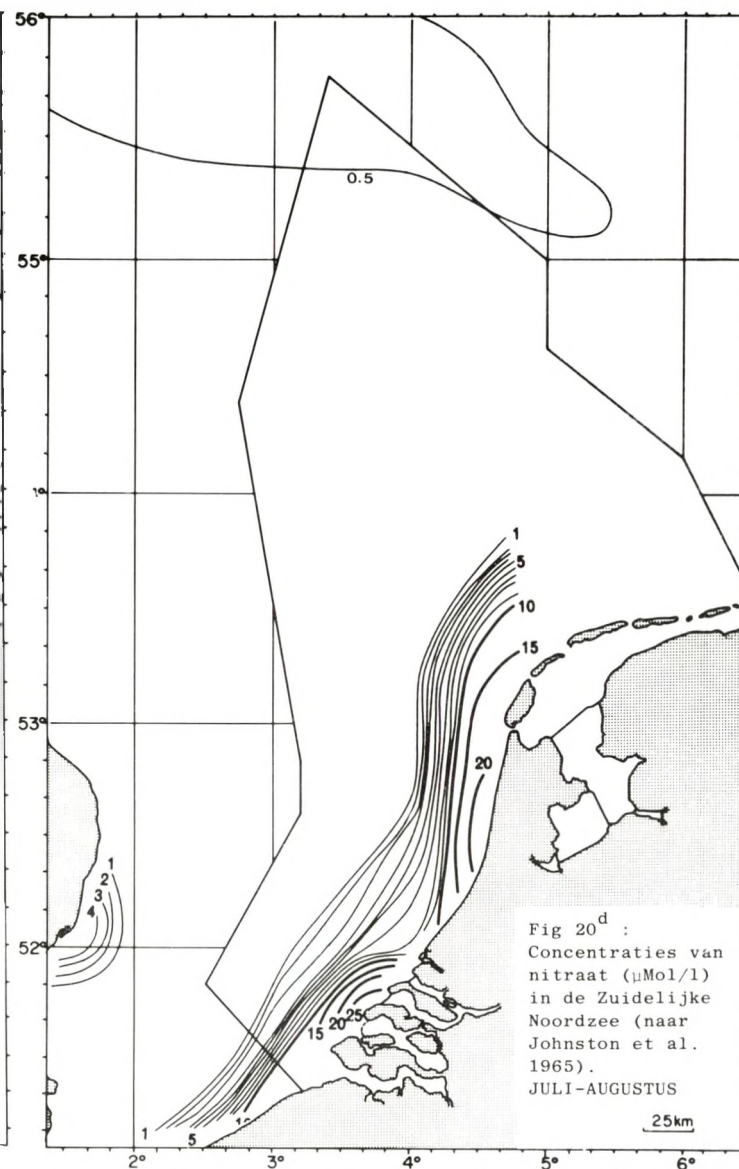
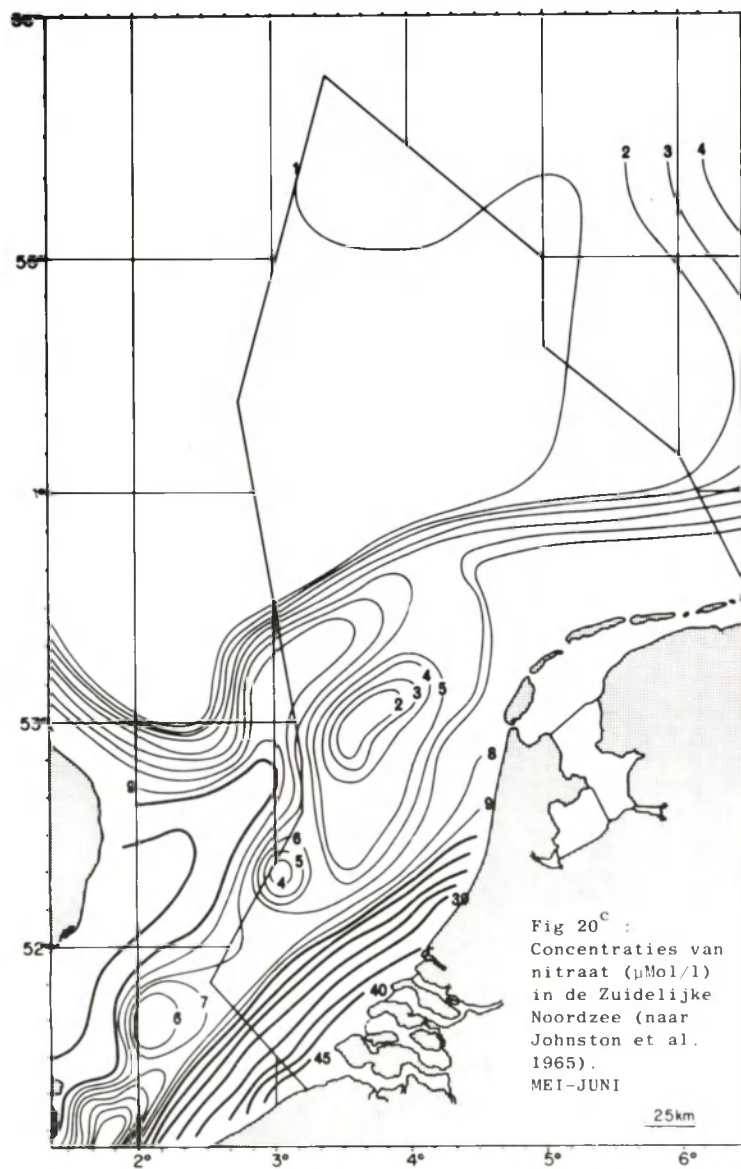


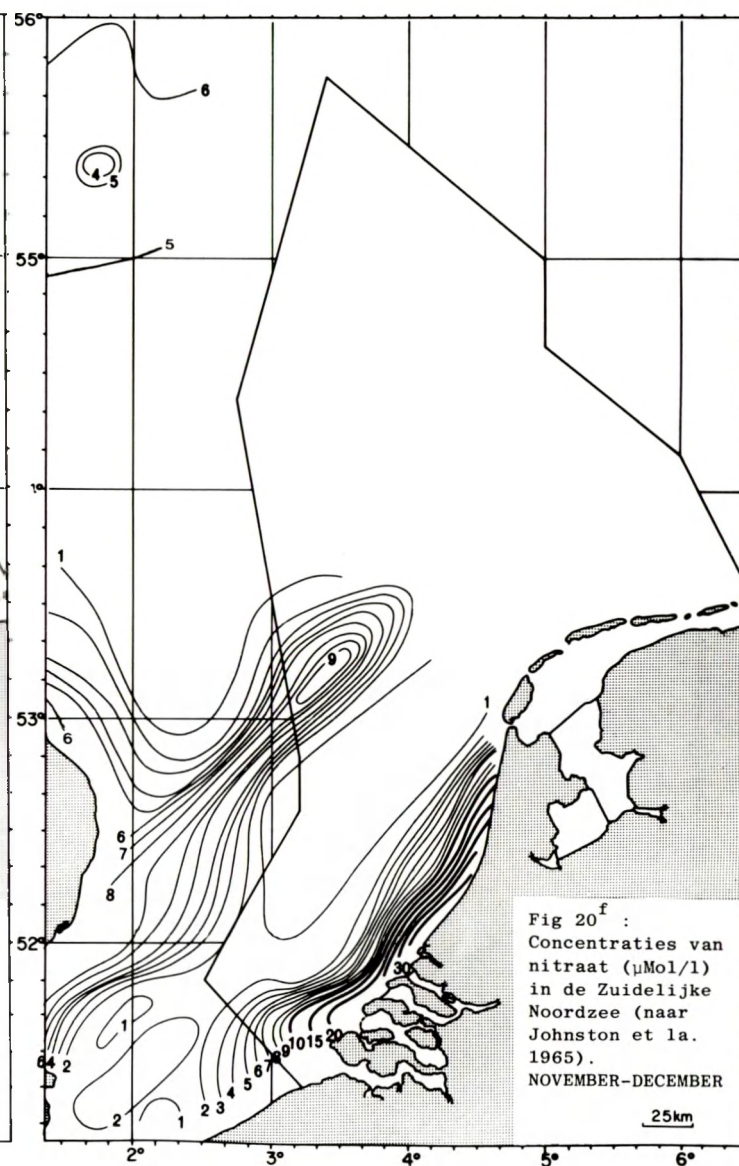
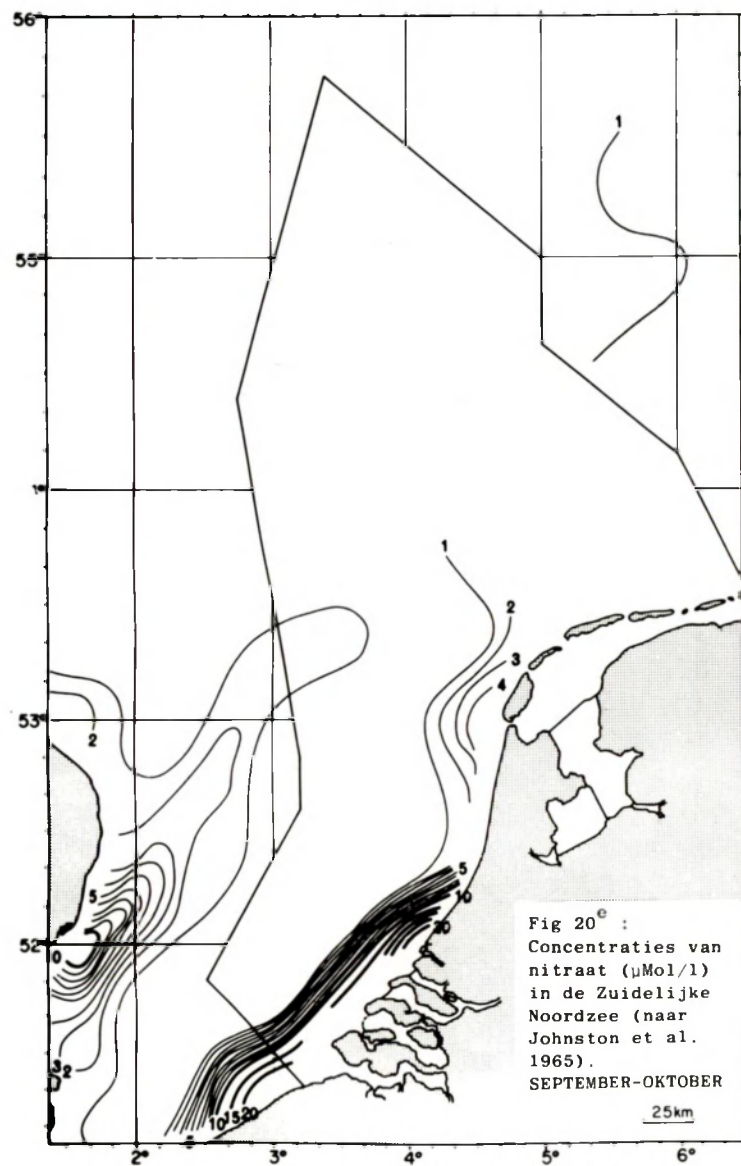


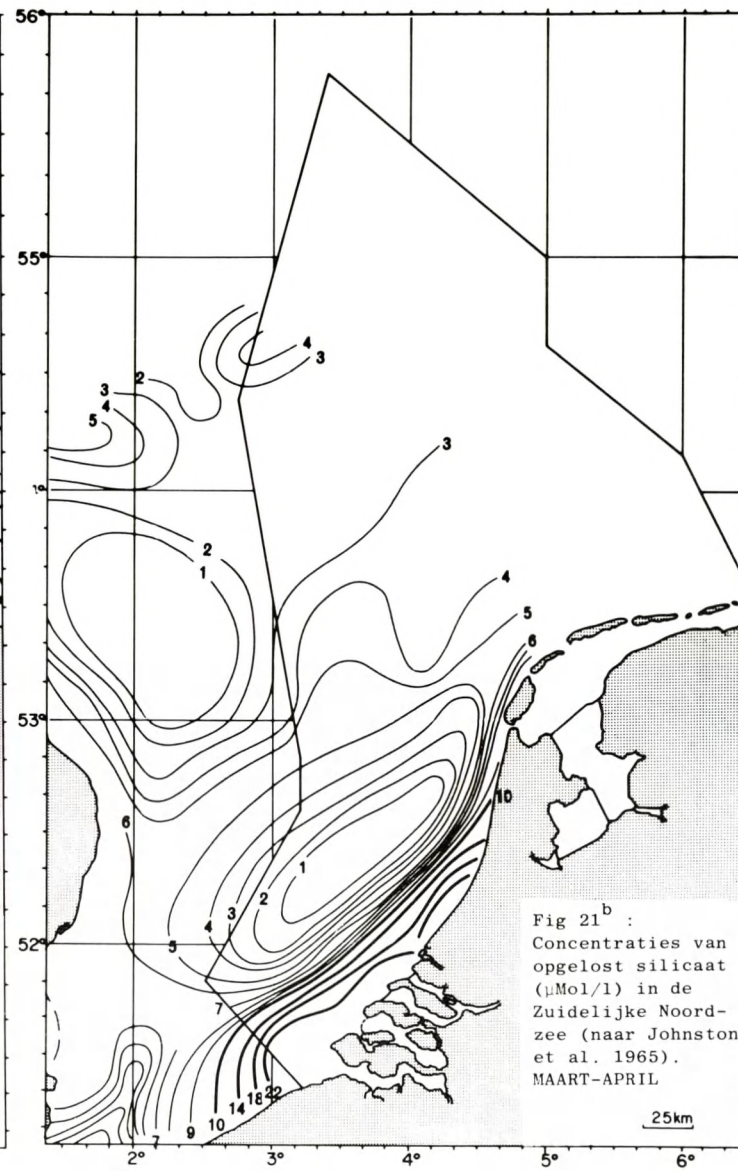
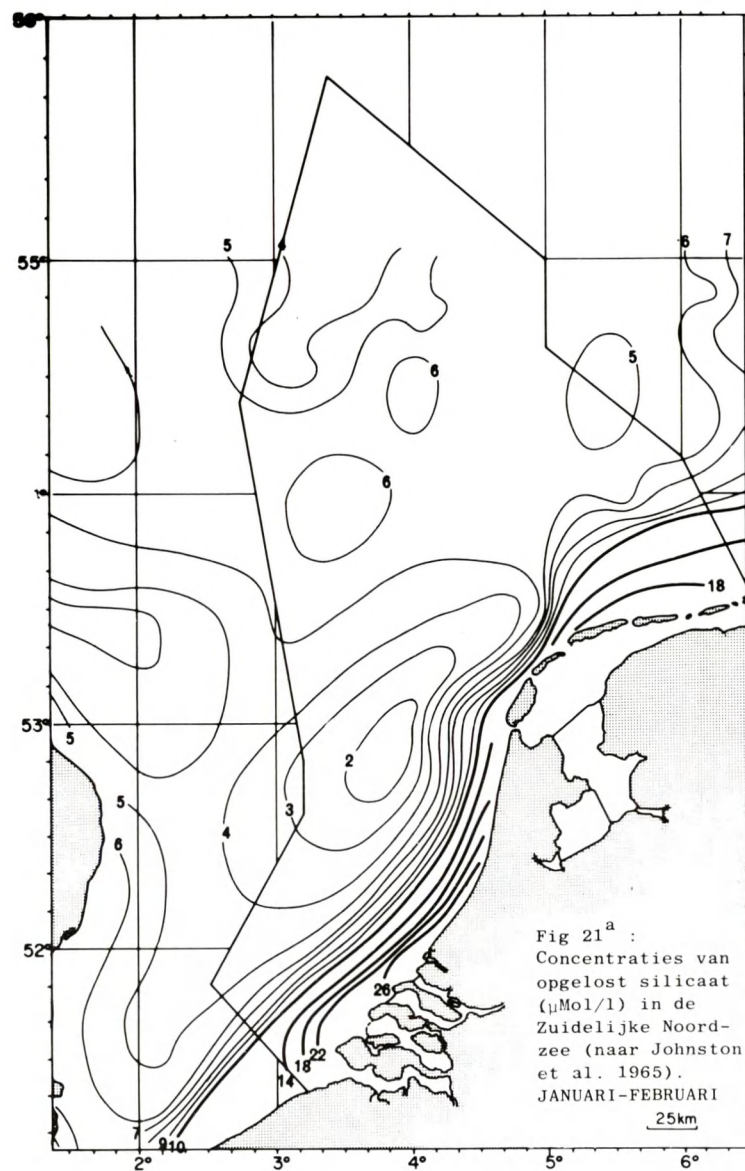


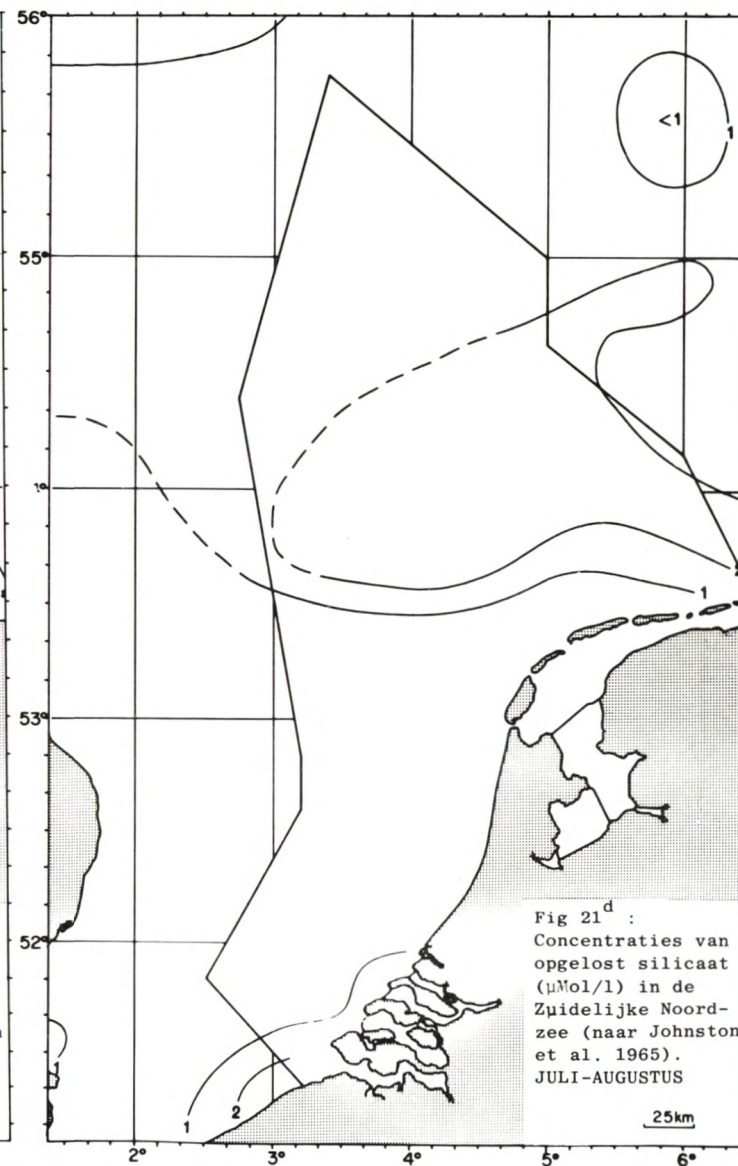
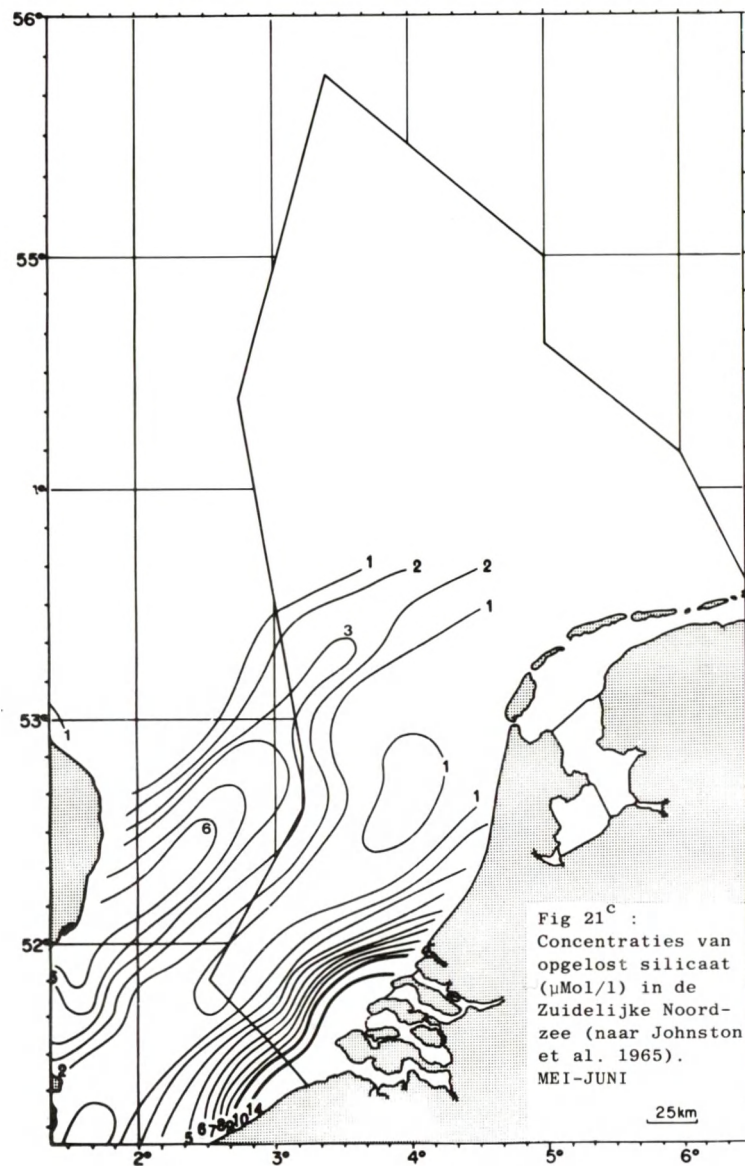


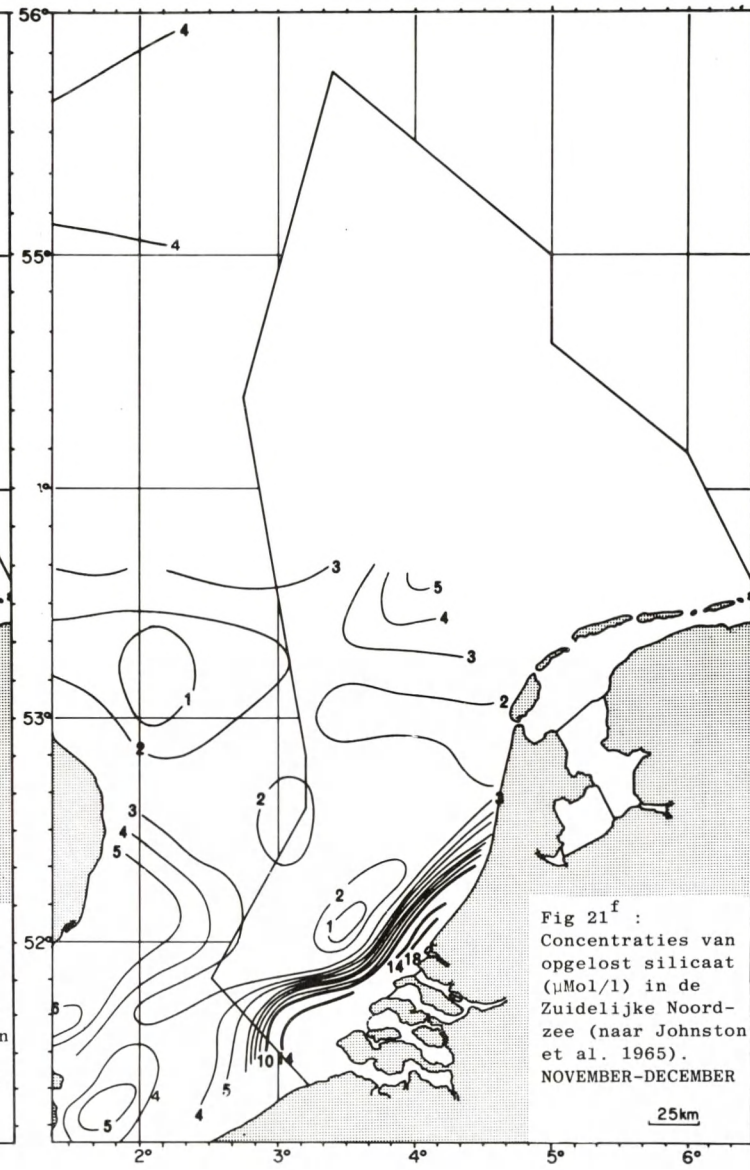
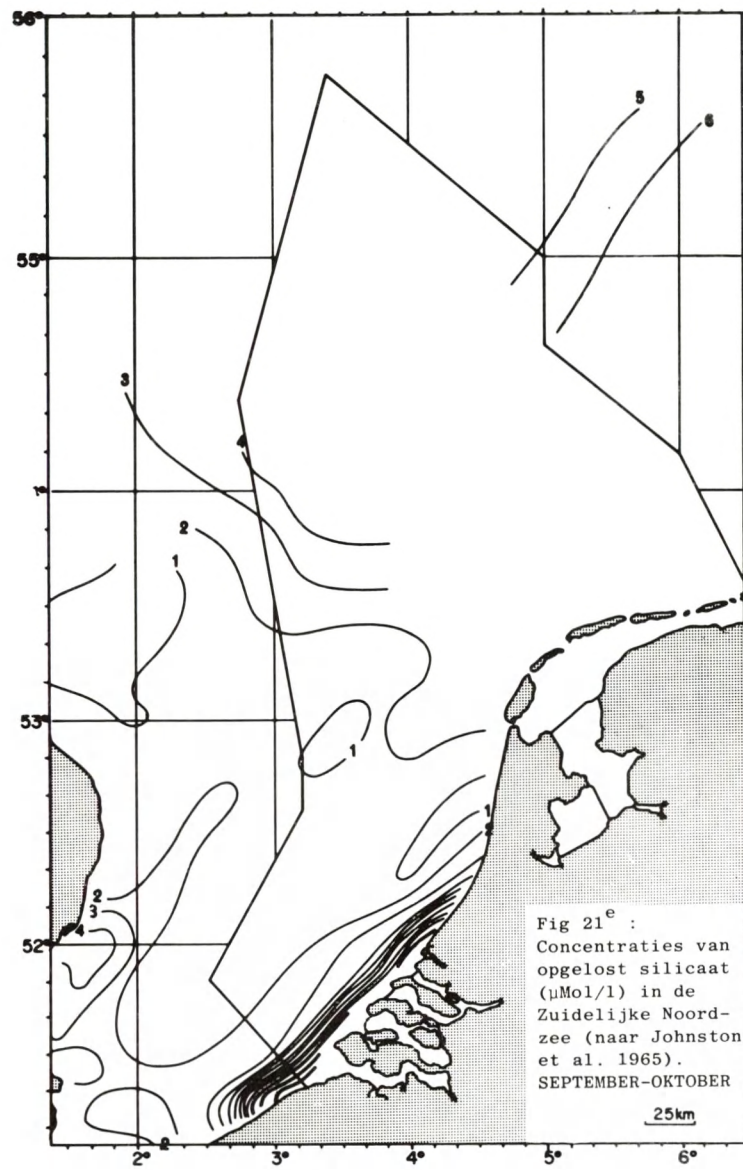


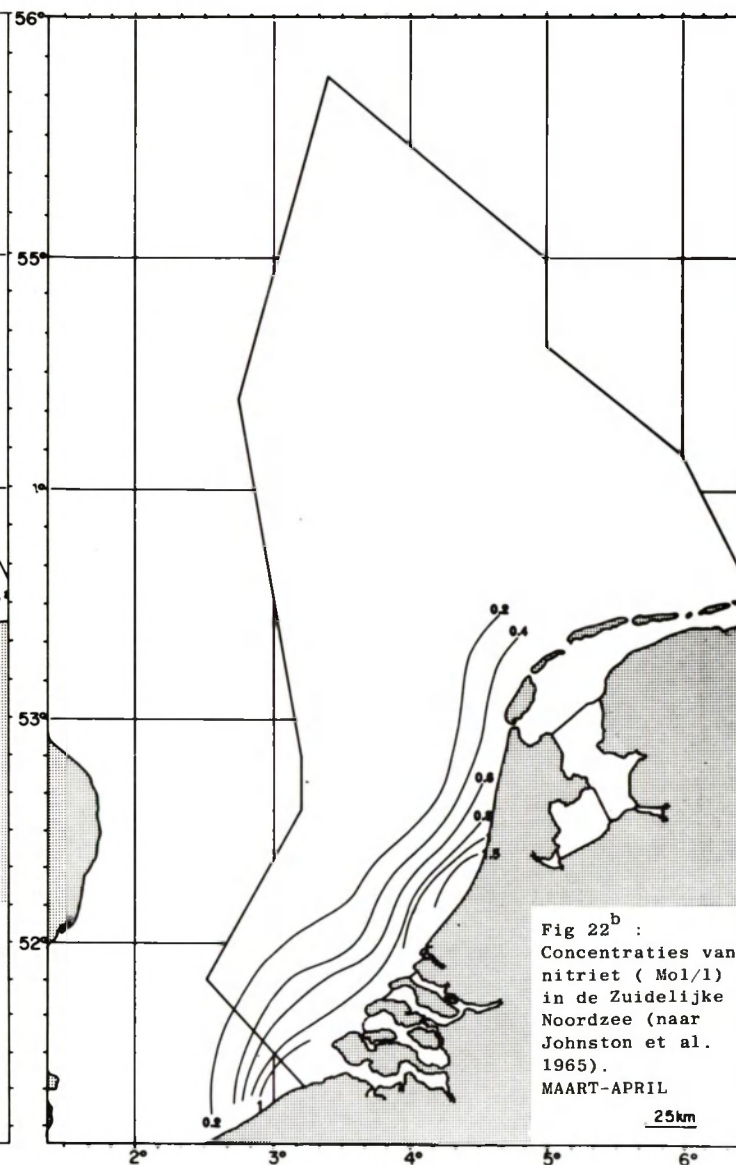
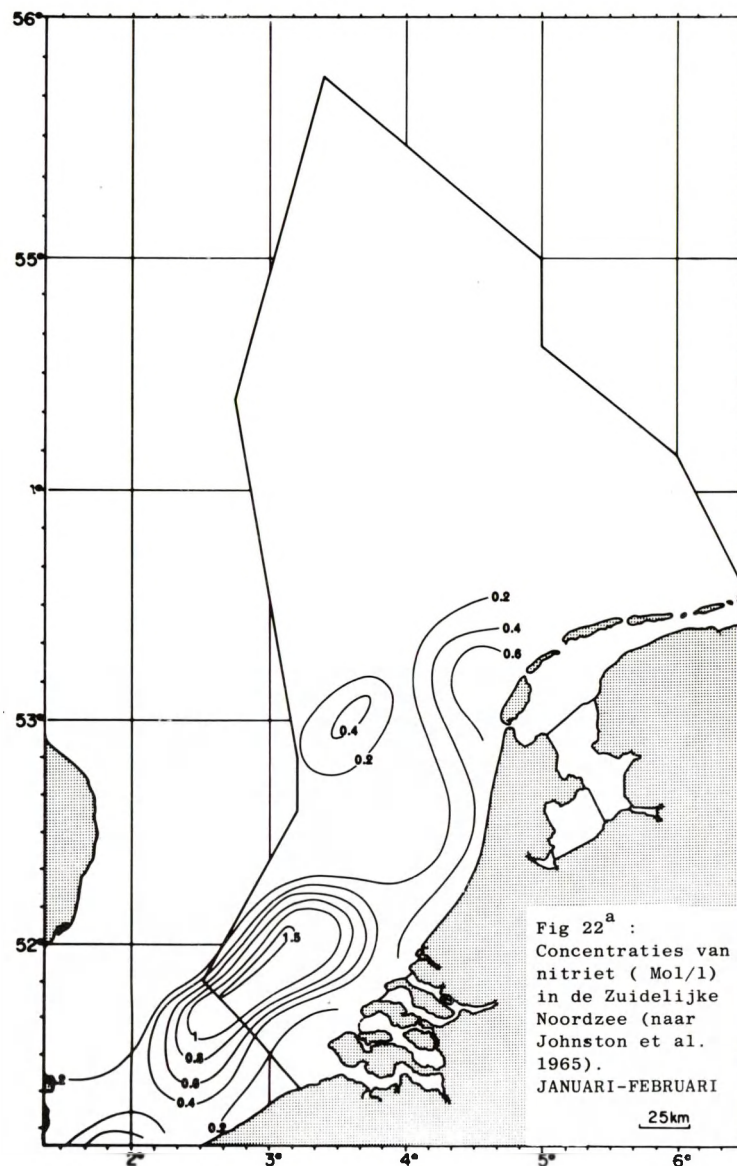


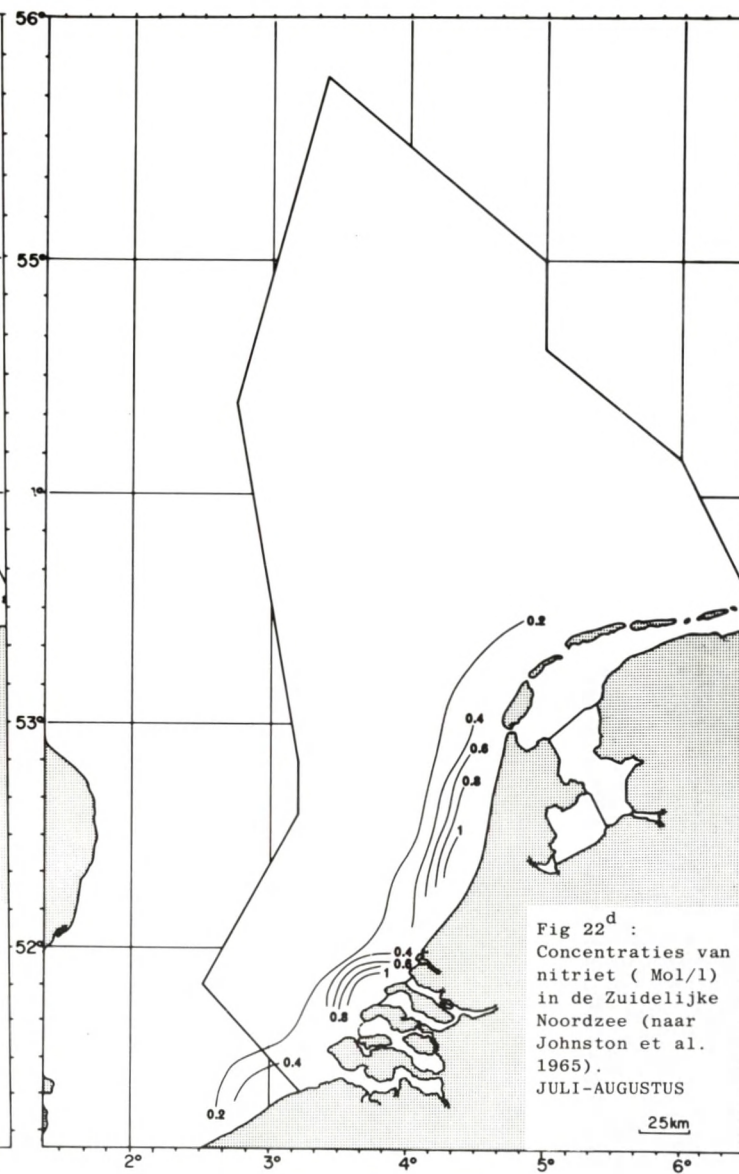
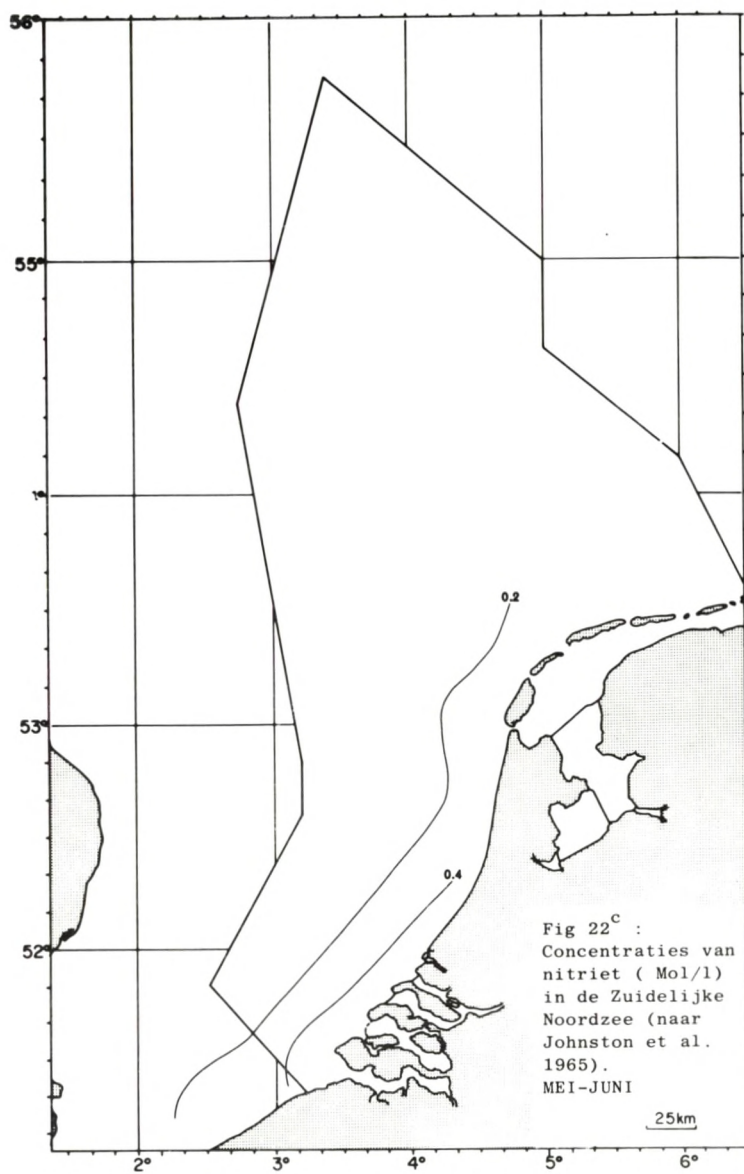


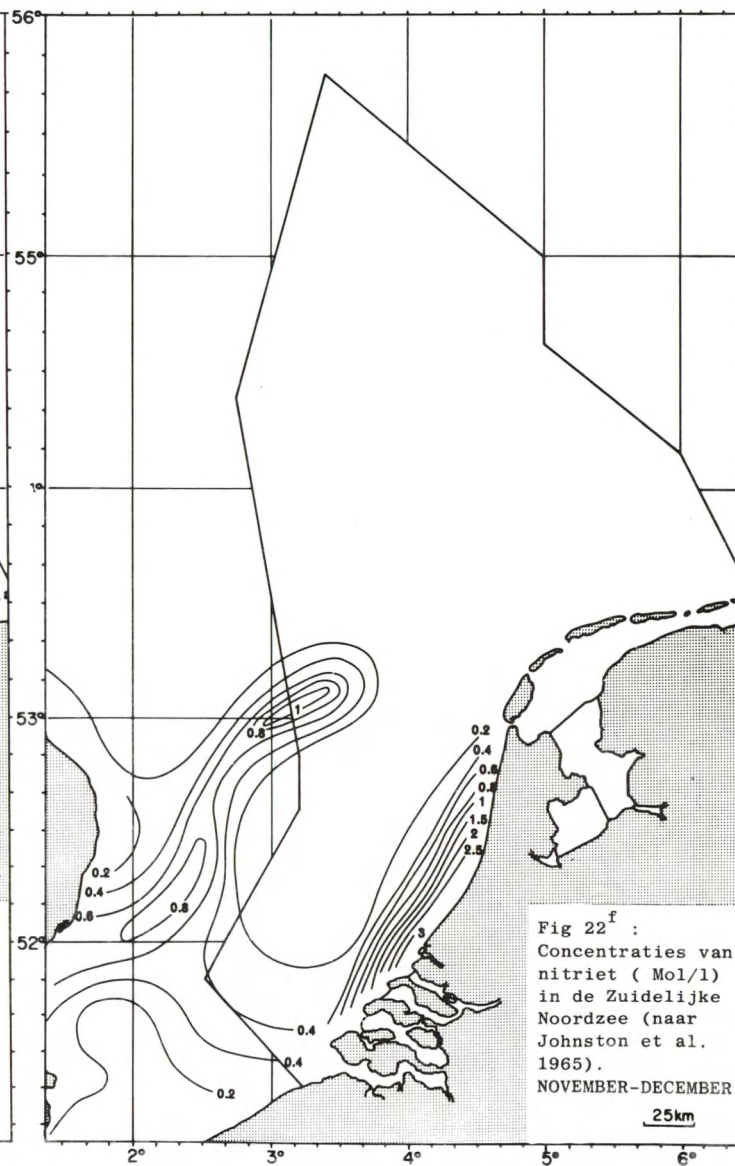
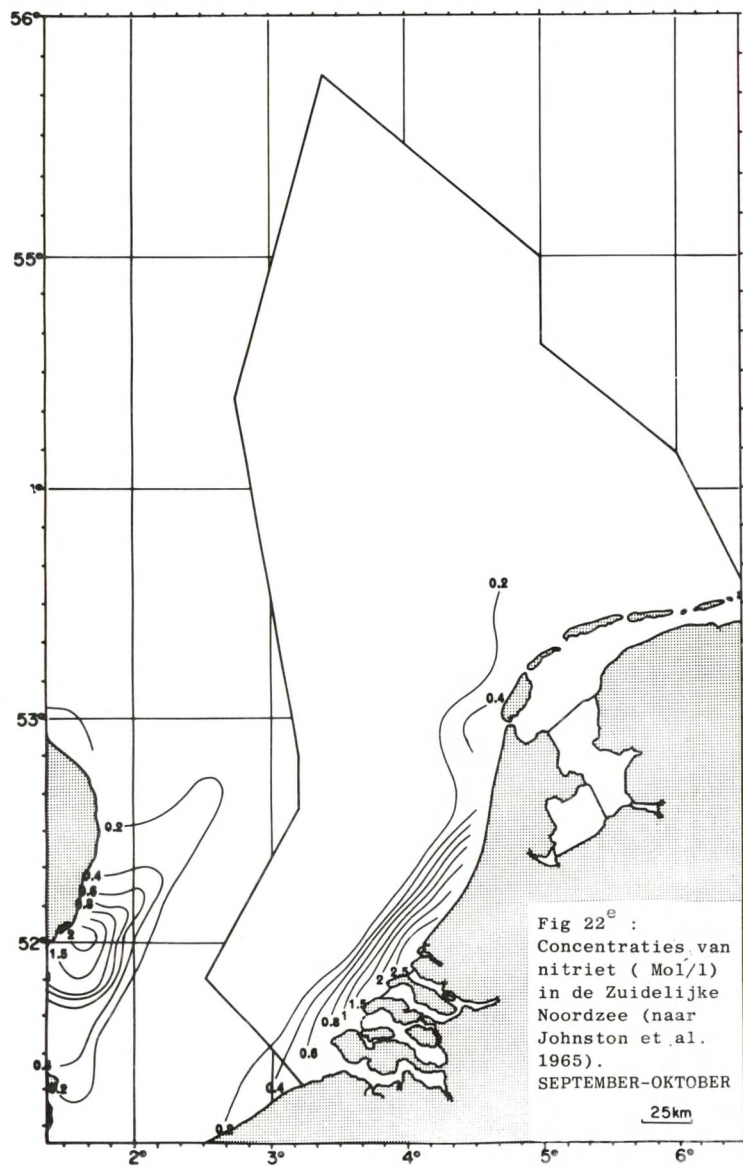


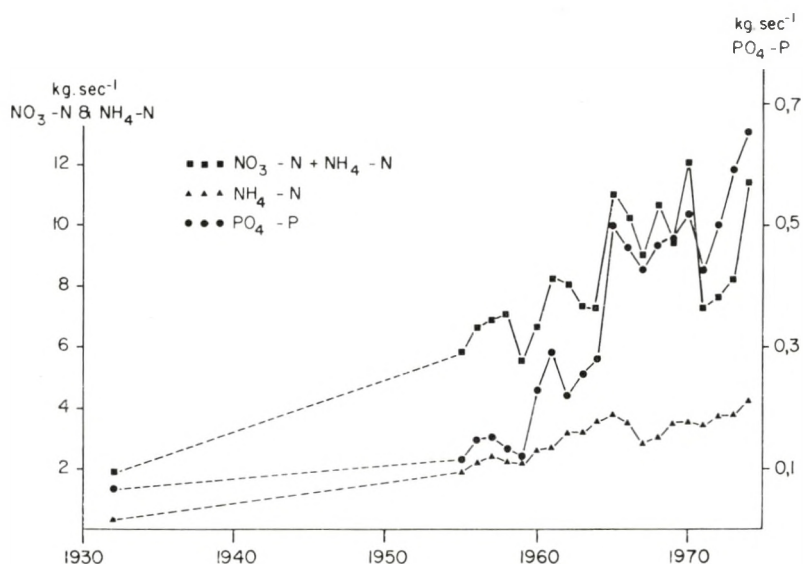












Afb.23.- De — jaarlijks gemiddelde — belasting van de Rijn te Lobith met opgeloste, anorganische voedingszouten in het tijdvak 1932-1974. Metingen RIZA. Naar gegevens uit de "Zahlentafeln der phys.-chem. Untersuchungen des Rheins sowie der Mosel". Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung, Koblenz. (Tijssen et al. 1976).

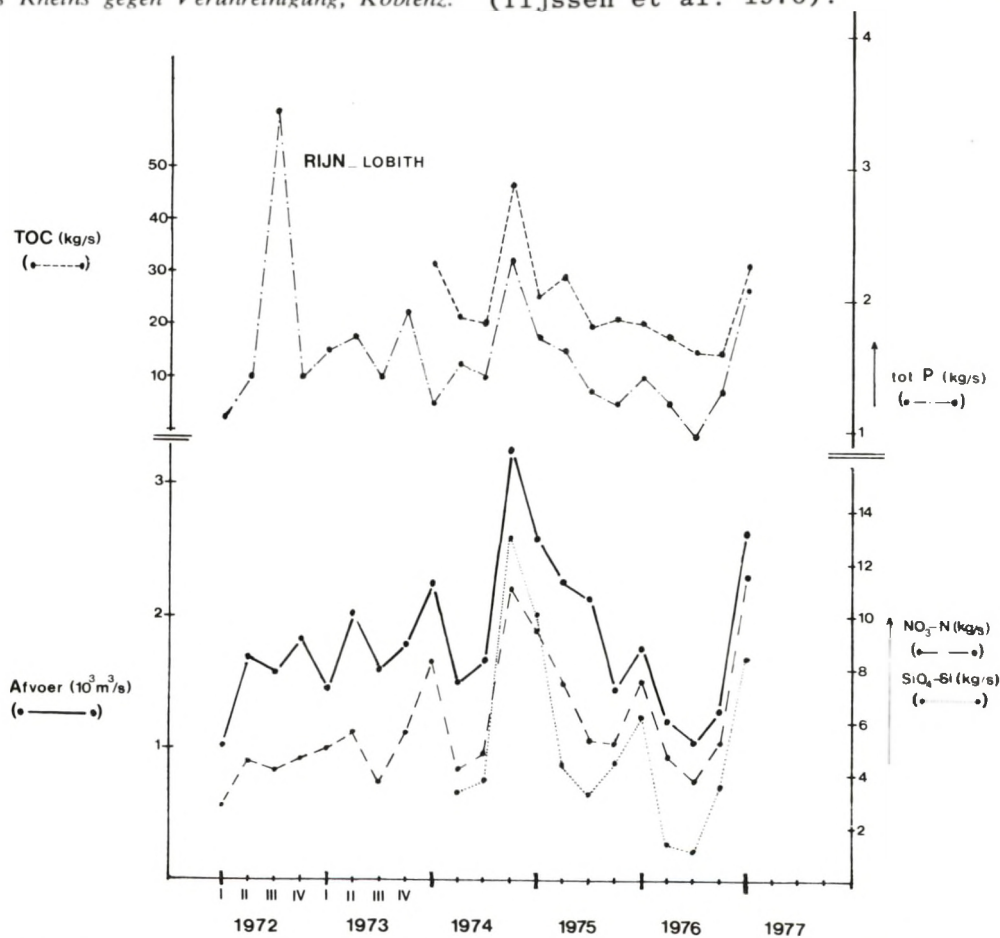


Fig 24 : De kwartaalgemiddelde fluctuatie in de waterafvoer en de afvoer van nutriënten en totale fosfor (naar RIZA-gegevens)

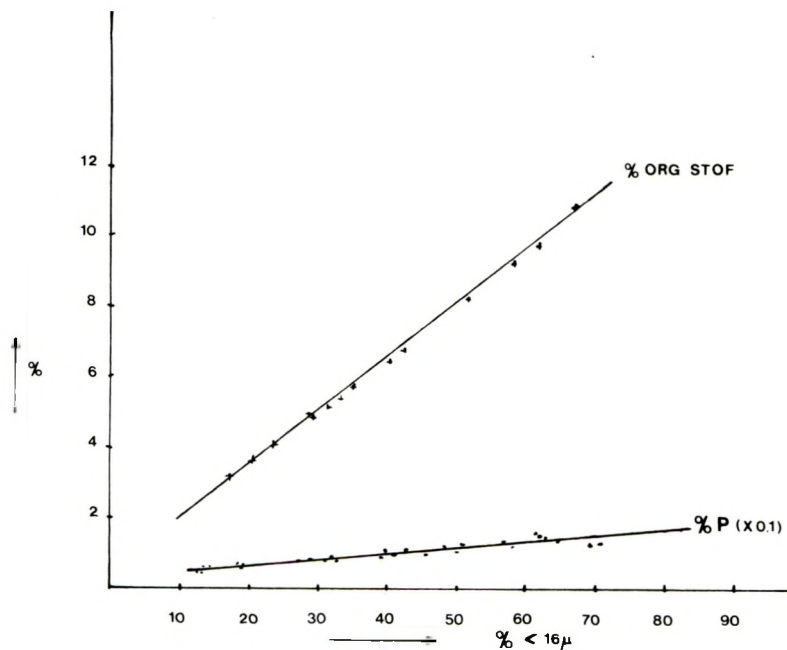


Fig 25 : De relatie tussen de hoeveelheid fijn materiaal (16) en het percentage organische stof en fosfor. (naar Salomons et al. 1977).

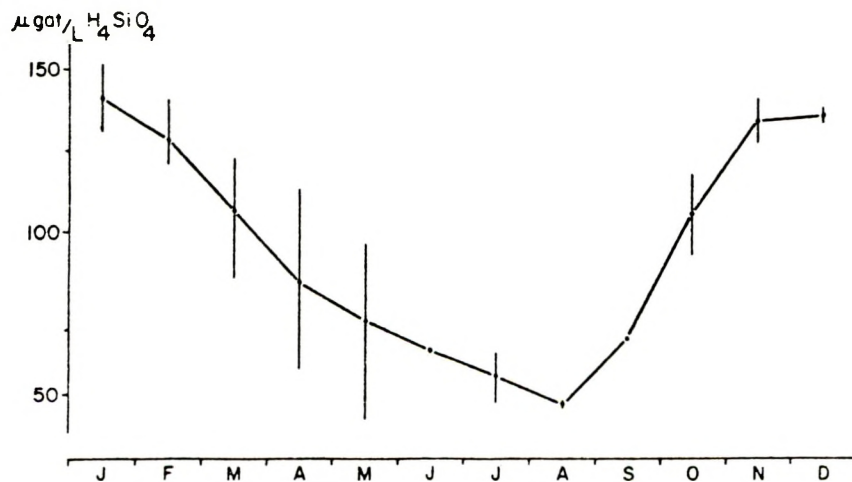


Fig.26 Monthly averages and ranges of reactive silicate in the river Rhine, irregularly sampled 1967 - 1971 (van Bennekom et al. 1974).

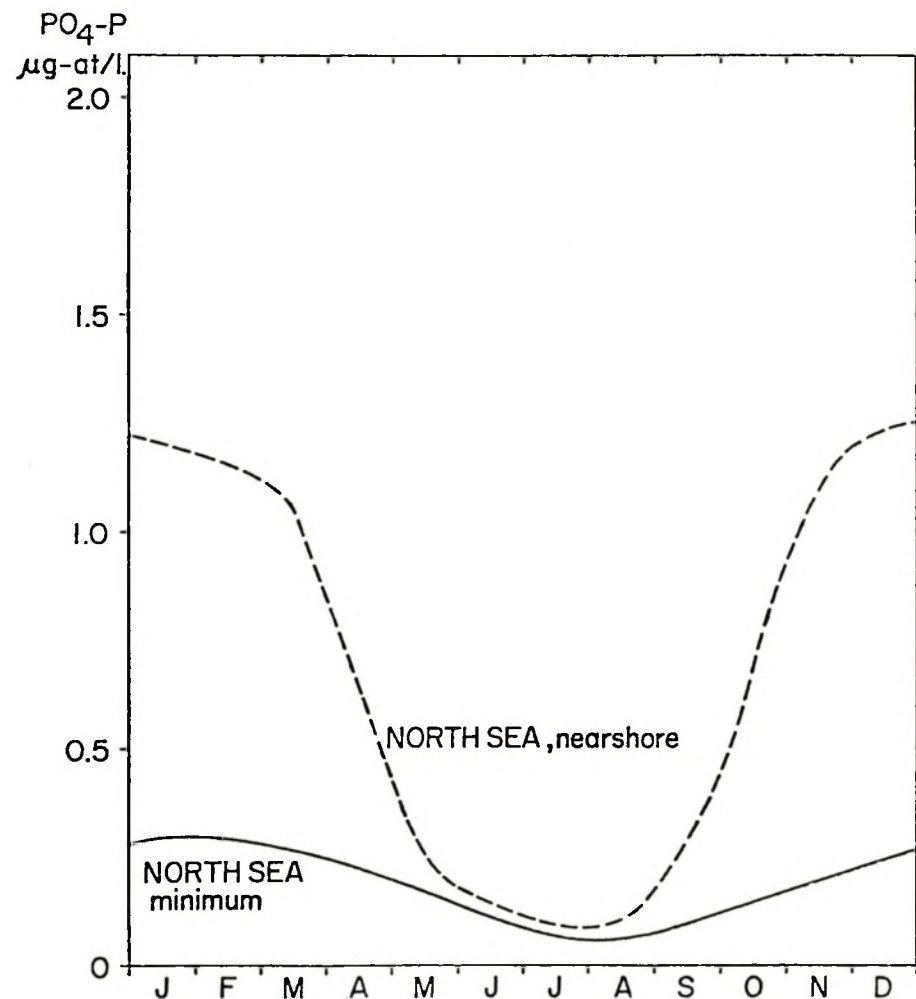
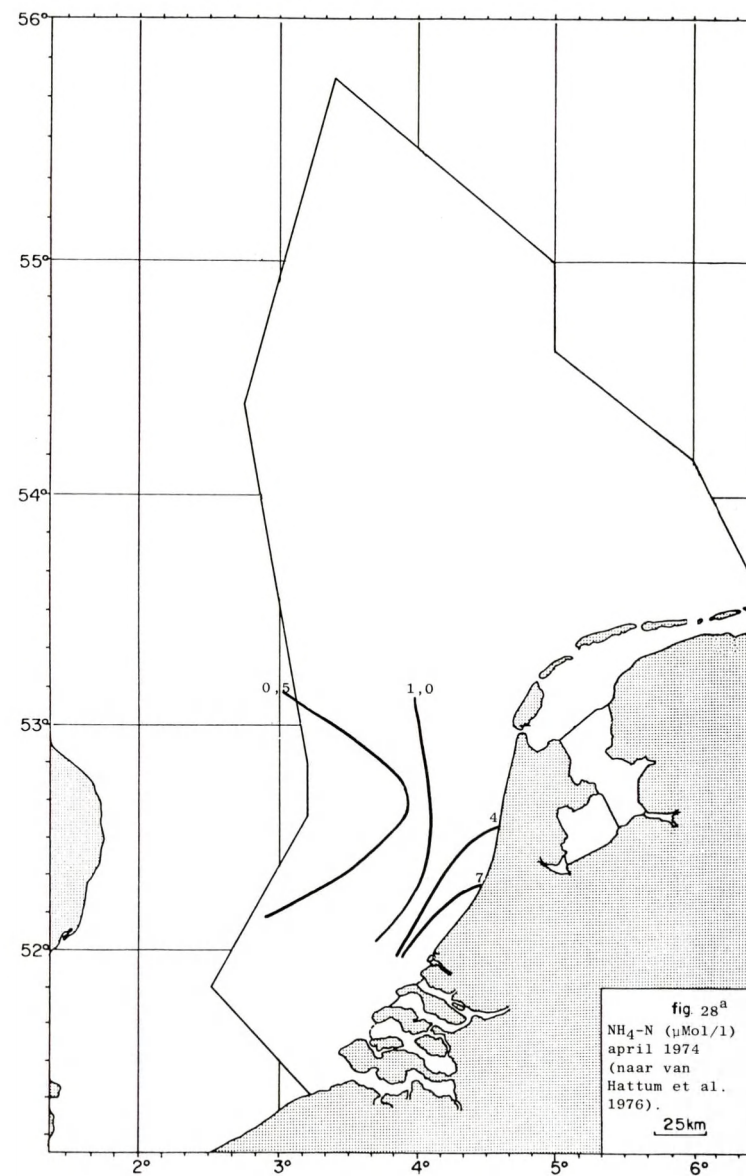
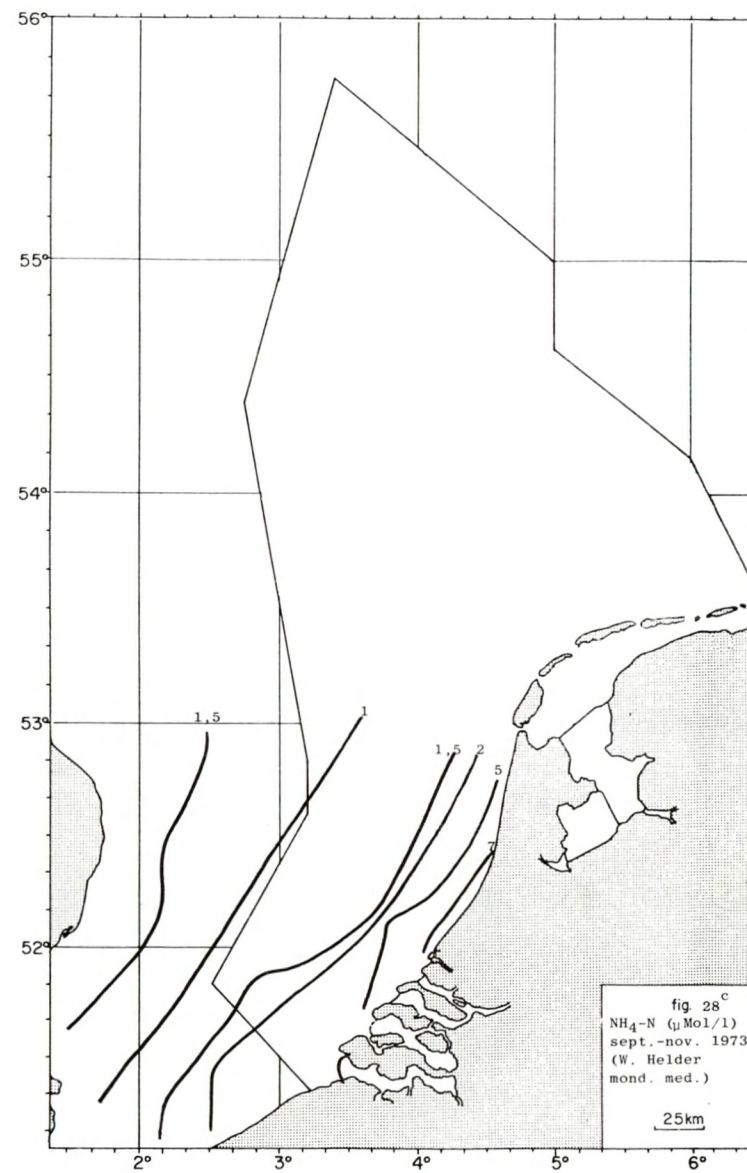
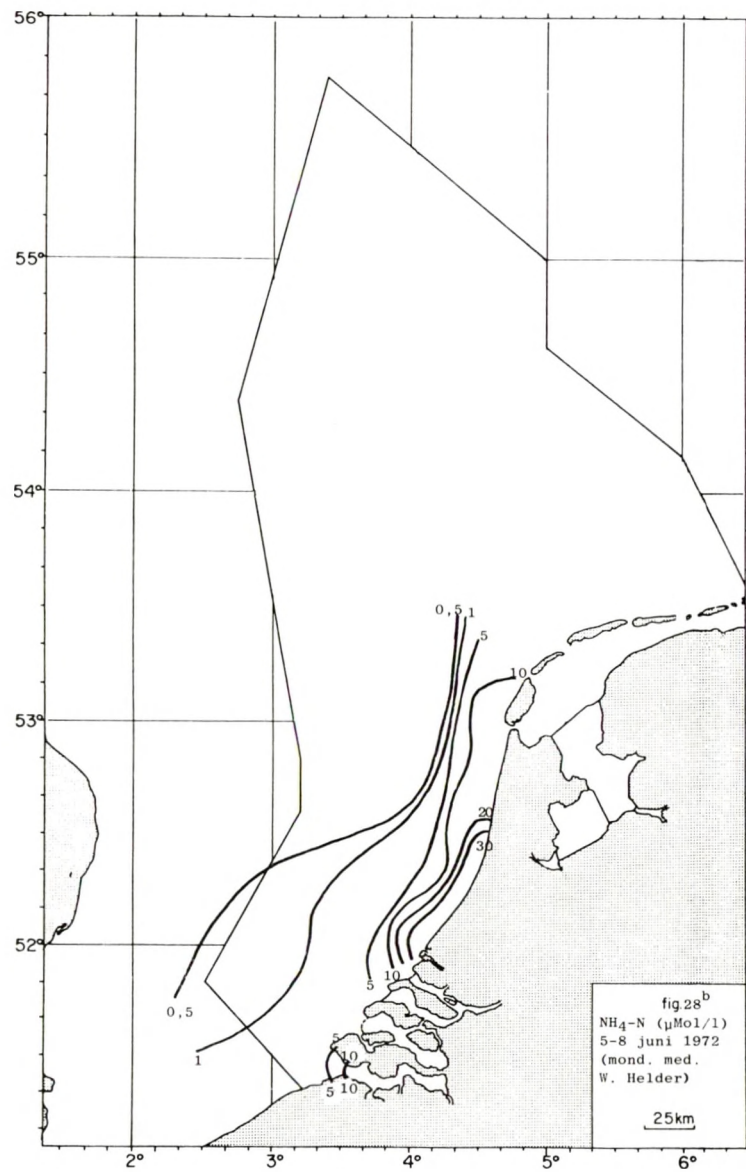


Fig. 27 De jaarlijkse fluctuatie van het fosfaatgehalte in het Kustwater en de meer zeewaarts gelegen zône.

(naar POSTMA 1975)





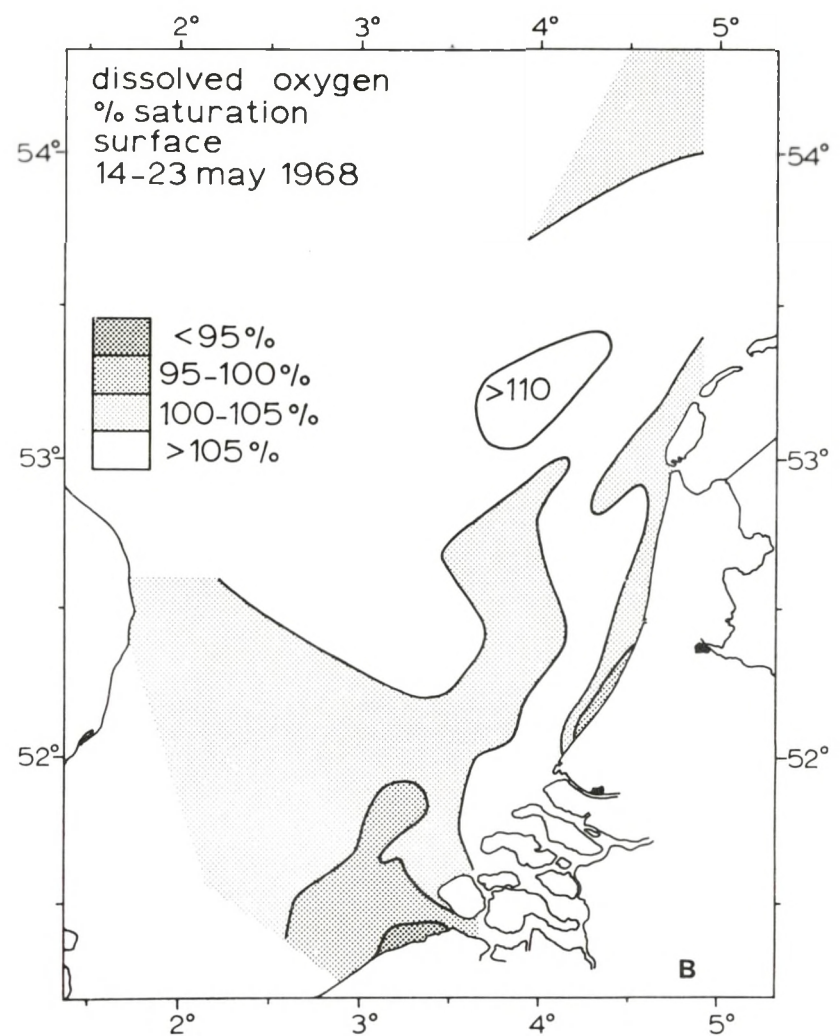
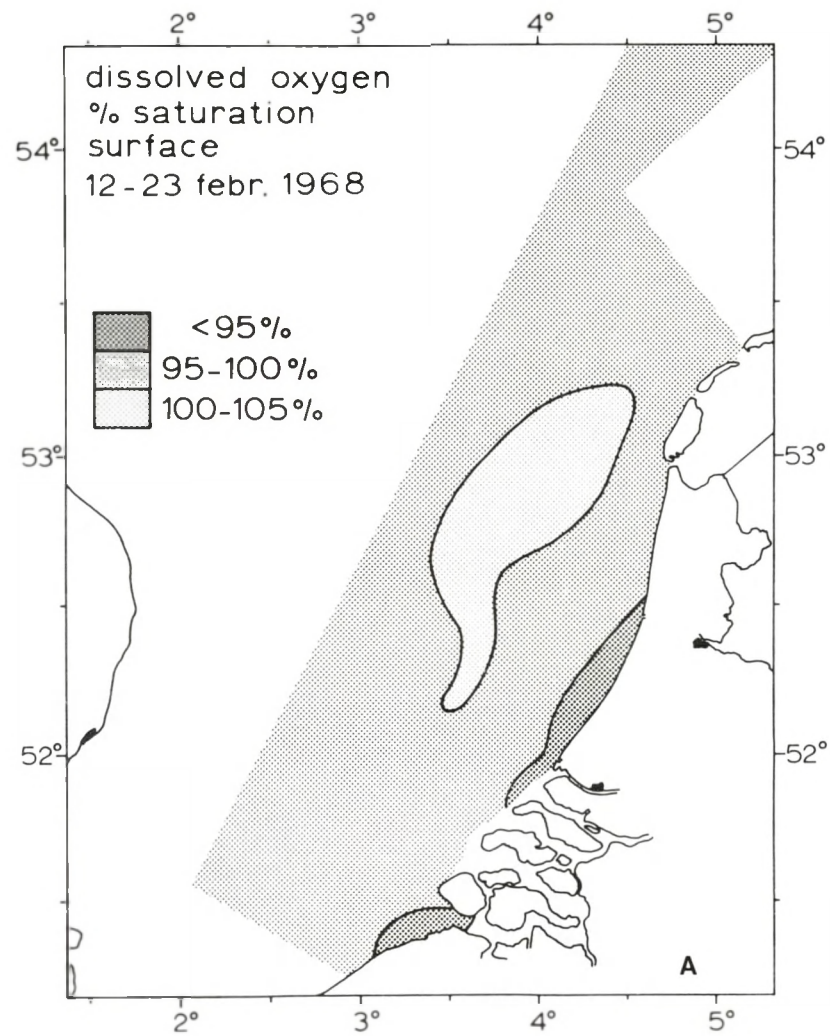


Fig 29^{a,b} : % verzadiging van opgelost zuurstof in het oppervlaktewater. (Tijssen 1969).

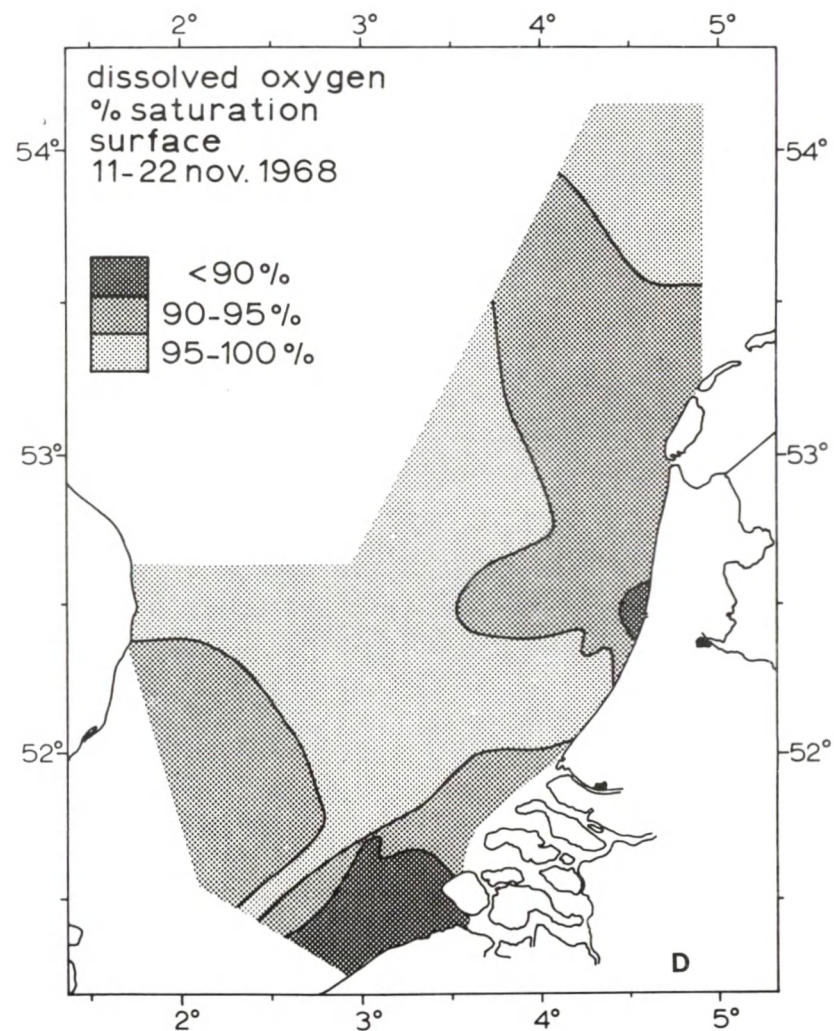
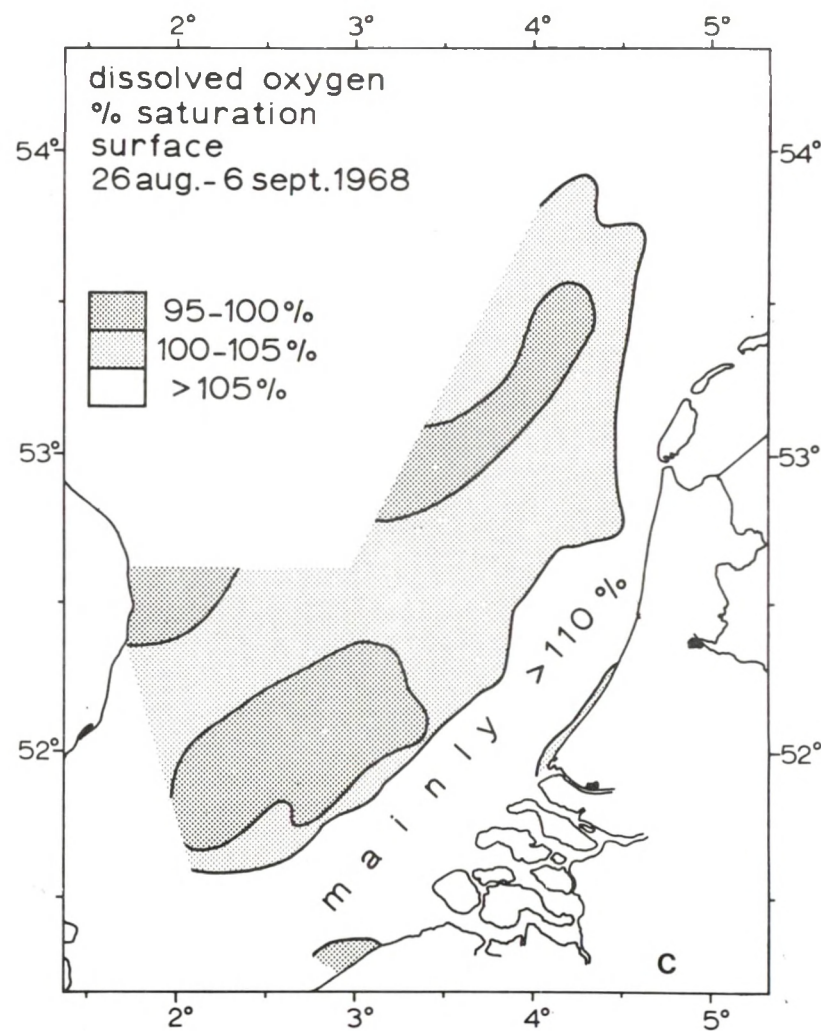


Fig 29^{c,d} : % verzadiging van opgelost zuurstof in het oppervlaktewater. (Tijssen 1969)

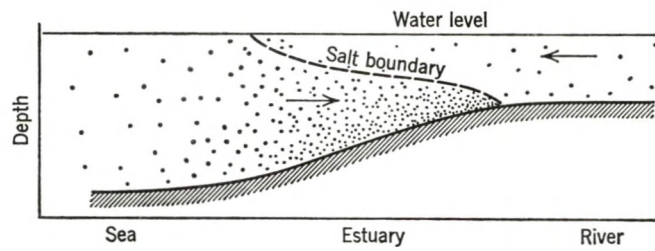


Fig.30. Estuarine turbidity maximum.
(Postma 1967^b)

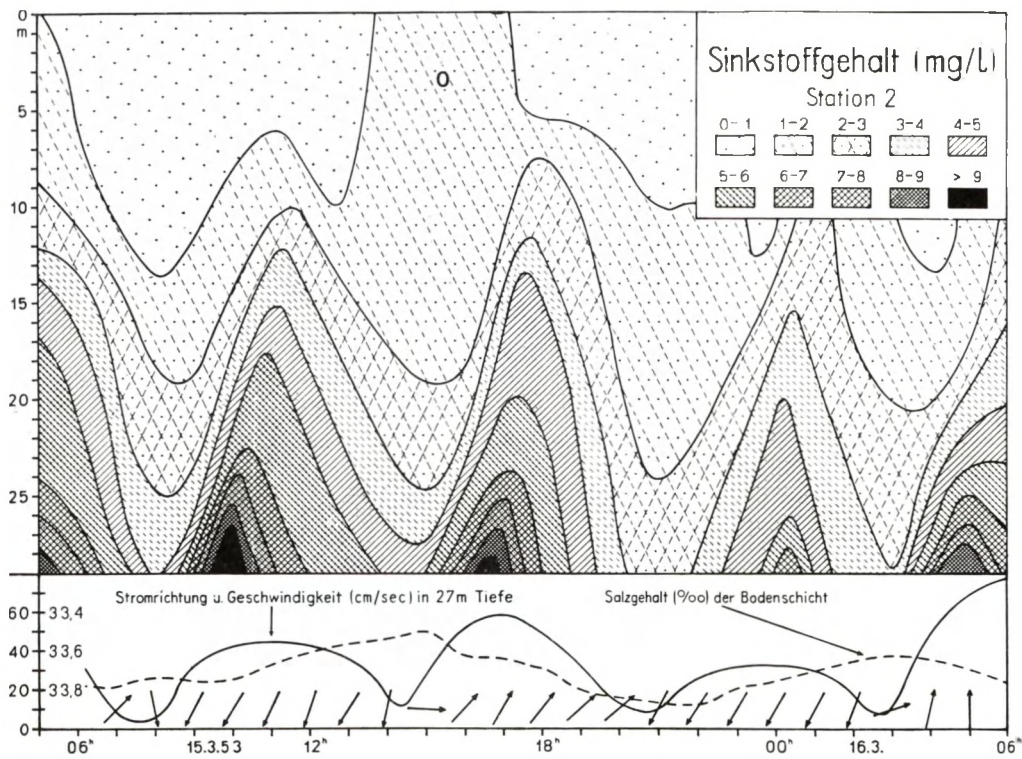


Fig 31 : Extinction measurements to indicate distribution and transport of watermasses. (Joseph 1957).

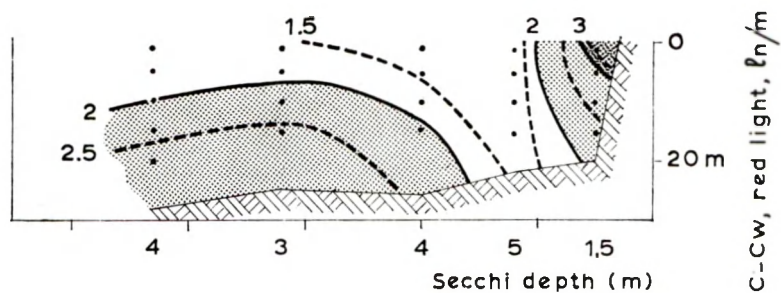


Fig.32 Effect of density stratification near the Netherlands coast (Texel) on beam attenuation readings along the vertical and visibility depth. April 23, 1963, 08-13 gmt. (Visser 1970).

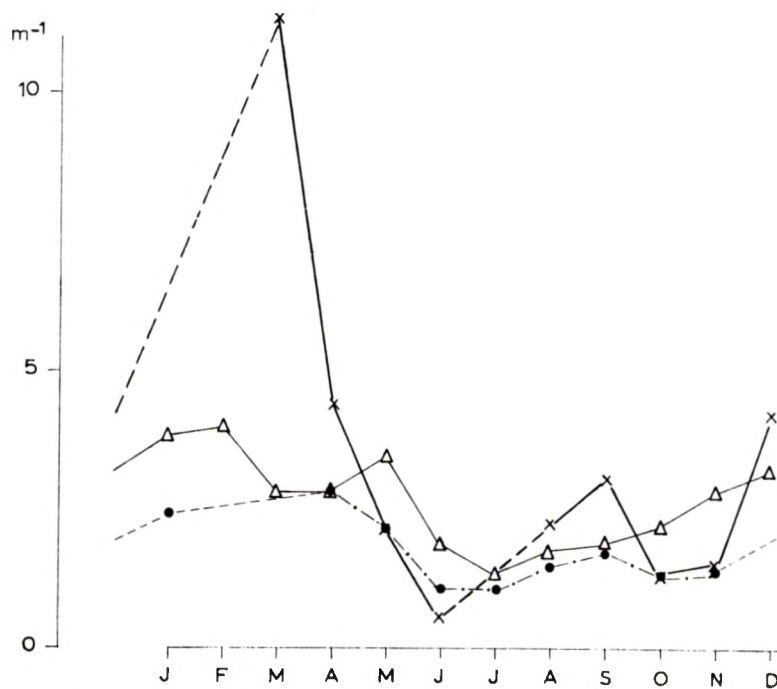
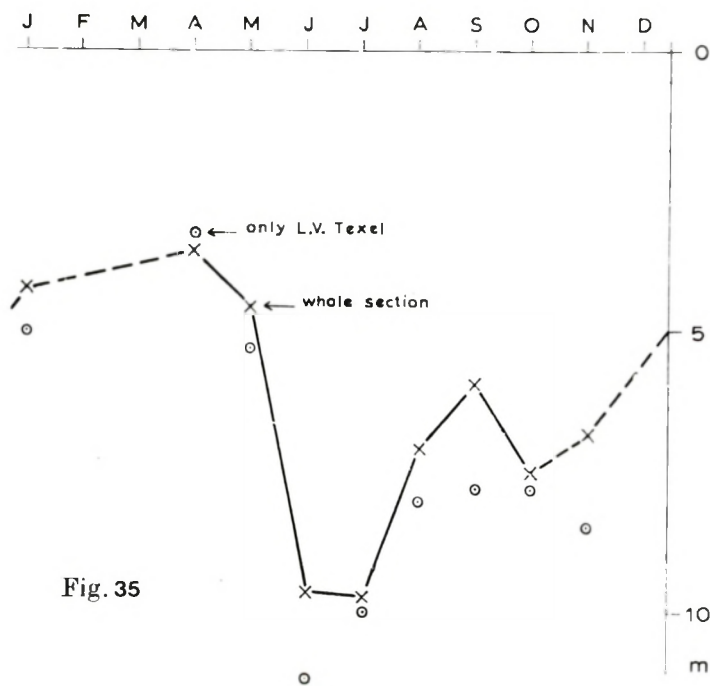
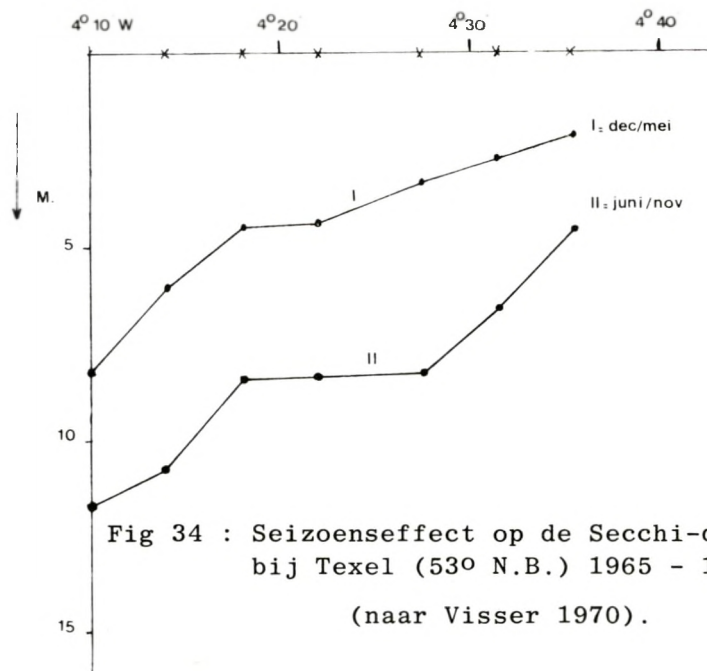


Fig.33 Effect of season on surface observation of turbidity

- $\times$ = beam attenuation ($c-c_w$, expressed as $\frac{1}{m}$) for red light near lightship "Elbe I", 1937 (H. Lüneburg [1939]).
- Δ = visibility depth (reciprocal, $\frac{10}{S}$) near Heligoland, 1903-1908 (A. C. Reichard [1913]).
- $\bullet$ = the same near lightship "Texel" (Visser 1970)



Seizoenseffect op de Secchi-diepte bij Texel, 1965-1968. (Visser 1970).

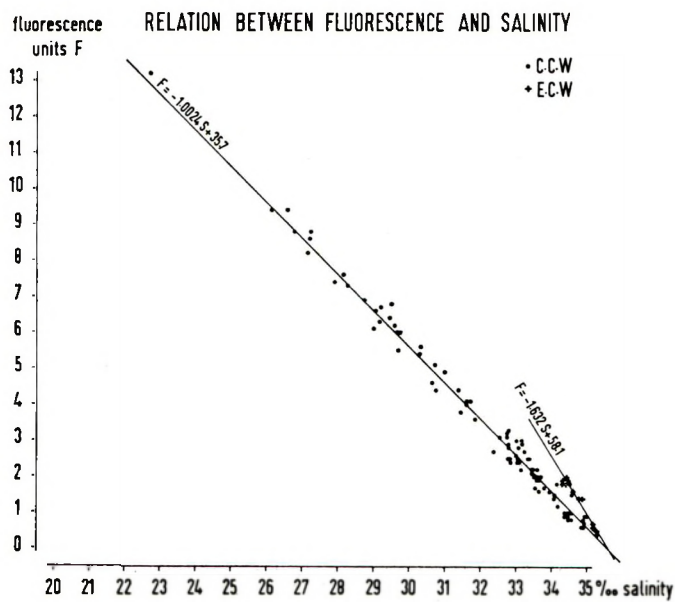


Fig.36 Fluorescence-salinity relation. Points: Continental Coastal Water; crosses: English Coastal Water. 1 fluorescence unit = 2.1 mFl.
(Otto 1967)

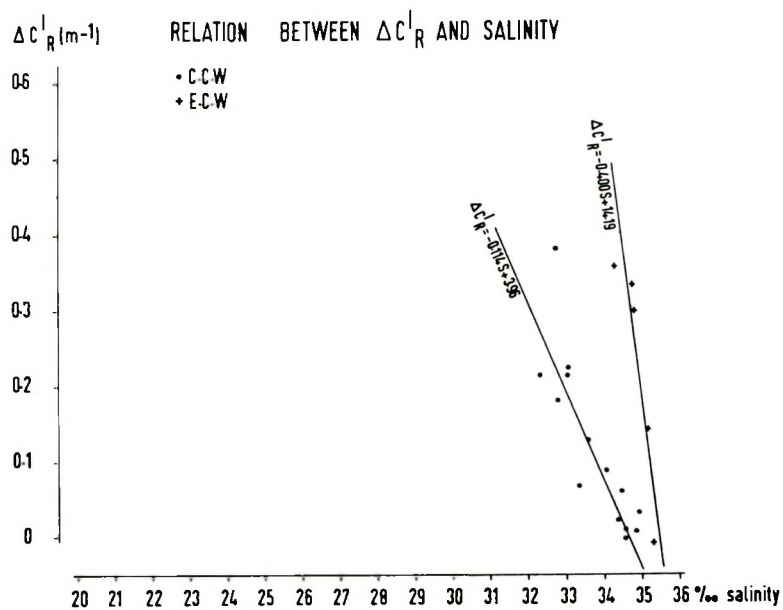


Fig.37 $\Delta C'_R$ - salinity relation. Points: Continental Coastal Water; crosses: English Coastal Water.

(Otto 1967)

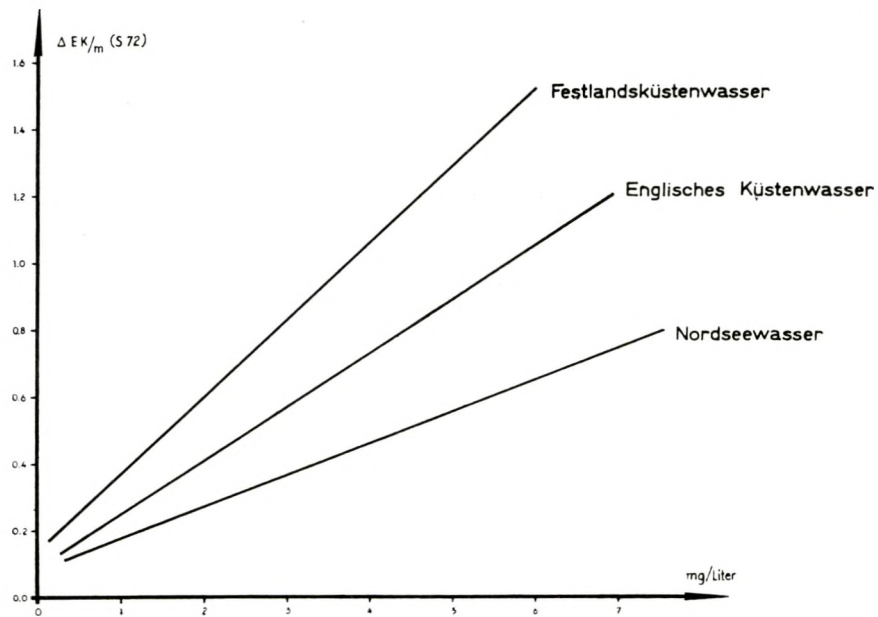


Abb.38 Vergleich der Beziehungen zwischen Extinktion und Schwebstoffgehalt für verschiedene Wasserarten.

(Joseph 1953)

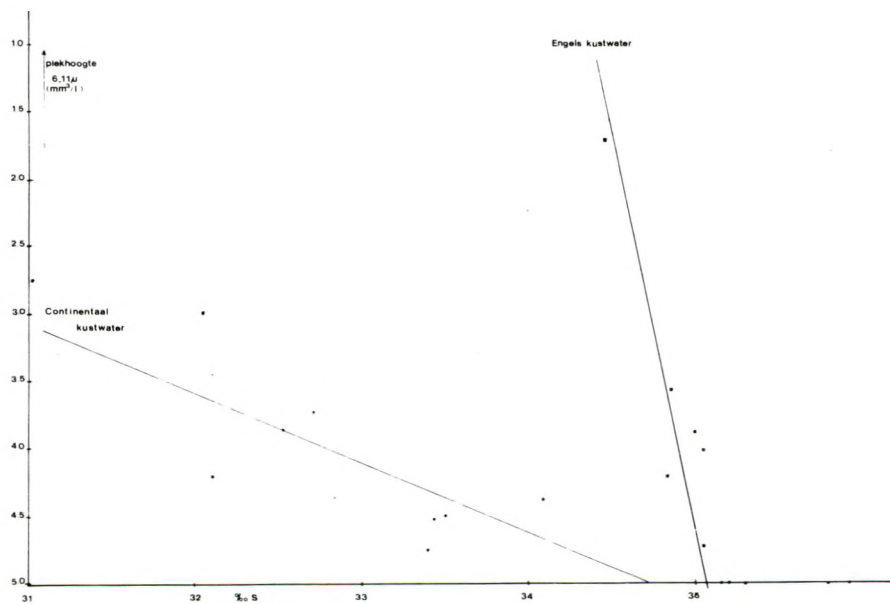


Fig 39 : De verschillen tussen Nederlands en Engels kustwater in de relatieve piekhoogte 6-11 μ /saliniteit (naar Eisma 1976).

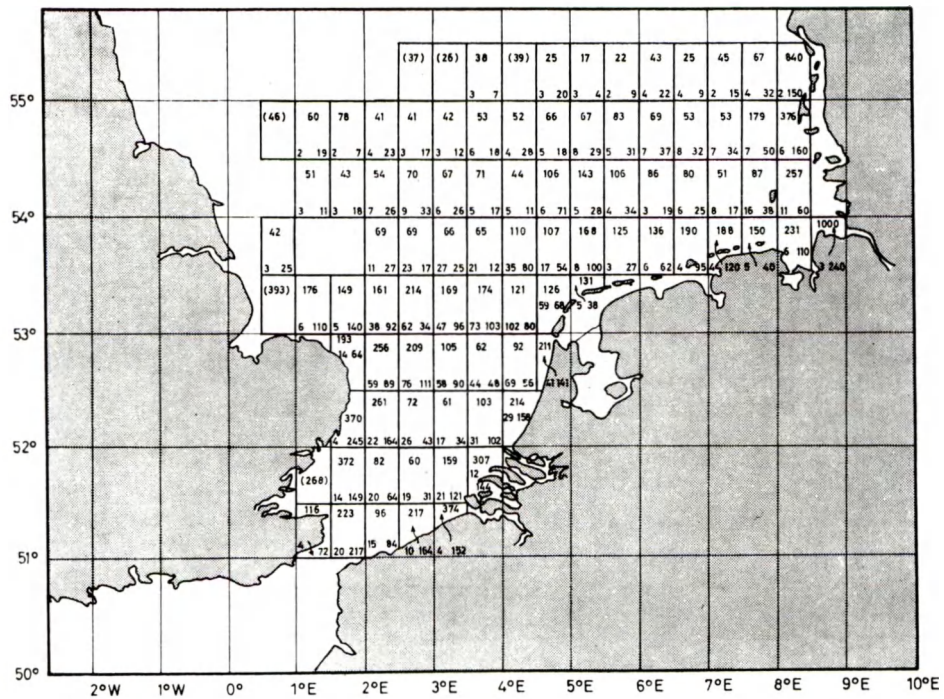


Fig.40^a. Mean surface beam attenuation of the southern North Sea in December/May, 100 (c-c_w). Red light, see text

(Visser , 1970)

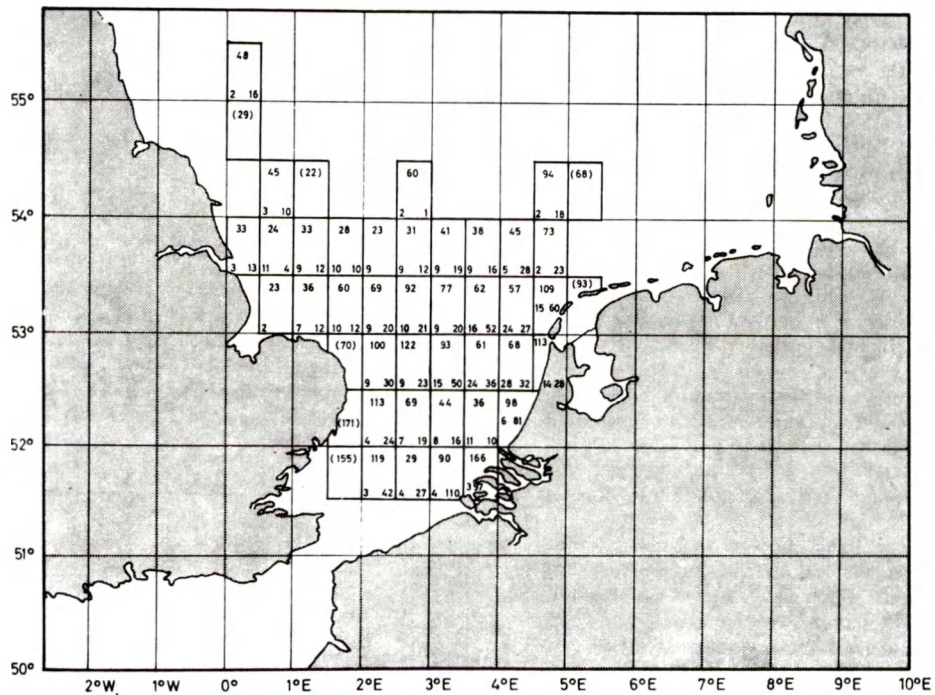


Fig.40^b. Mean surface beam attenuation, June/November, 100 (c-c_w). Red light, see text

(Visser 1970)

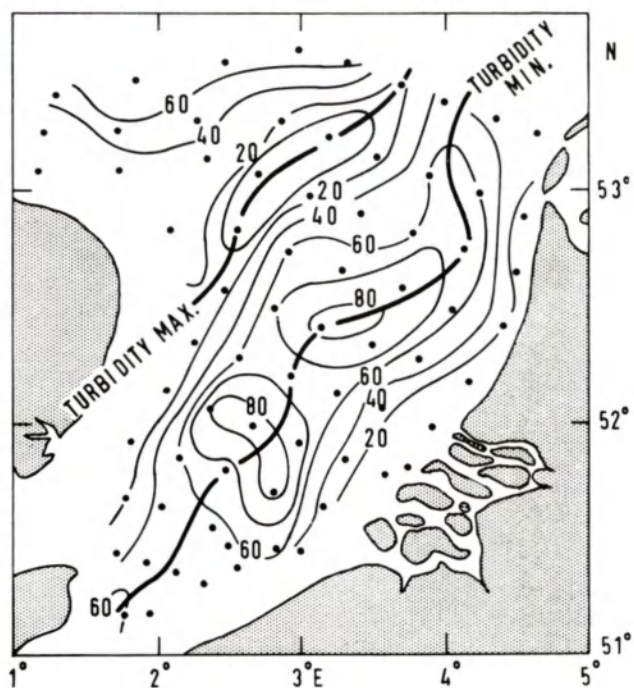


Fig 41 25 March-3 April.
Turbidity distribution at 5 m depth. (Percentage transmission per metre).
(Lee et al. 1969)

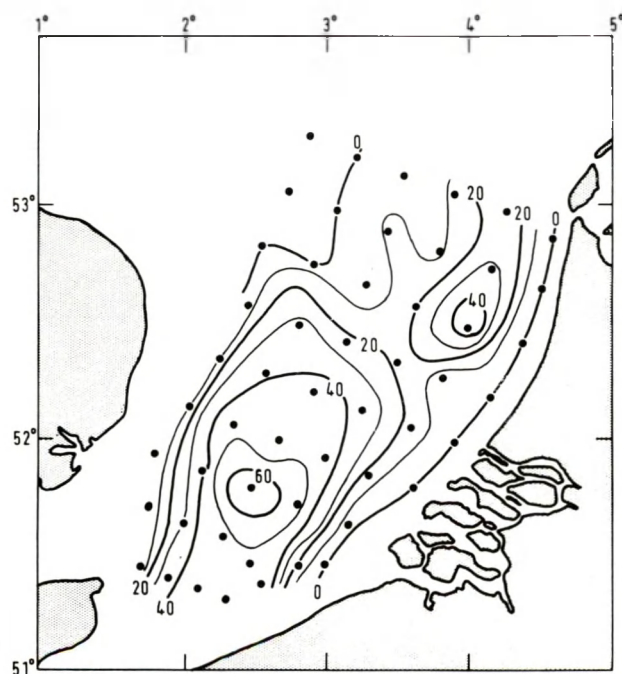


Fig 42 R. V. "Sir Lancelot", Cruise 1/1957: 8-16 January. Turbidity distribution at 5 m depth. (Percentage transmission per metre).
(Lee et al. 1969)

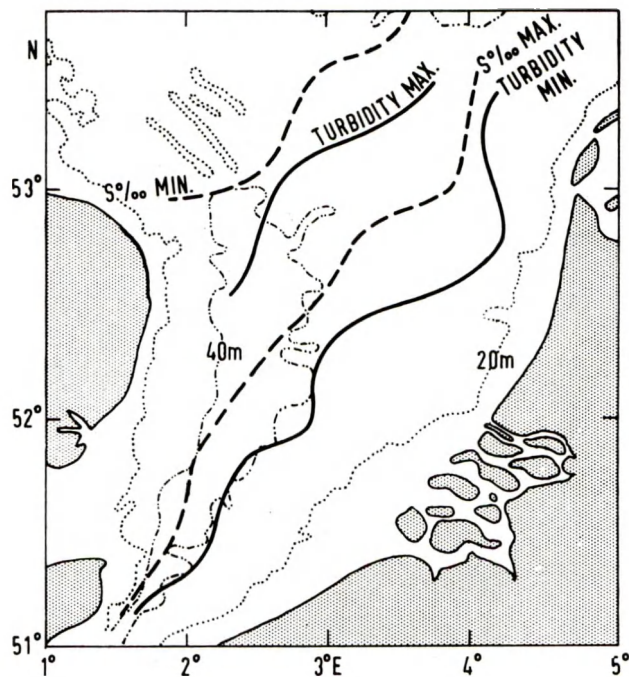


Fig 43 . R. V. "Sir Lancelot", Cruise 5/1957: 25 March-3 April. Axes of maximal and minimal salinity and of maximal and minimal turbidity.
(Lee et al. 1969)

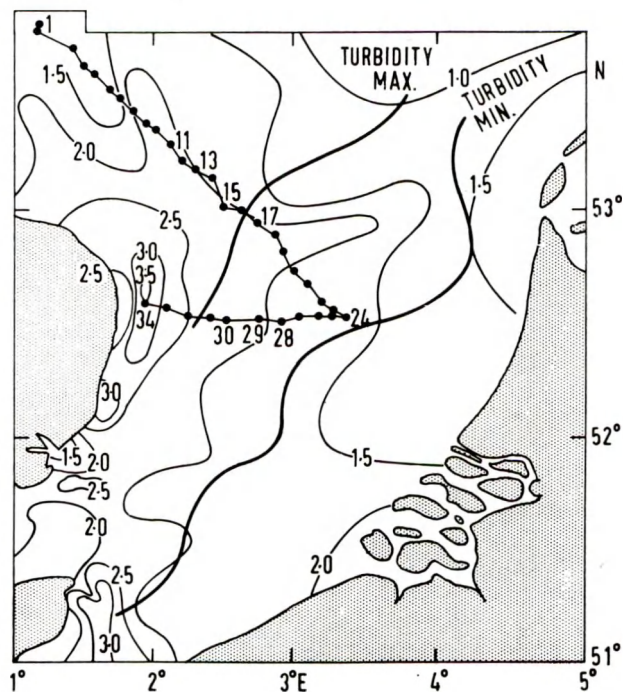


Fig 44 . Maximal rate of tidal streams at mean spring tides in the southern North Sea (in knots) in relation to the axes of maximal and minimal turbidity.
(Lee et al. 1969).

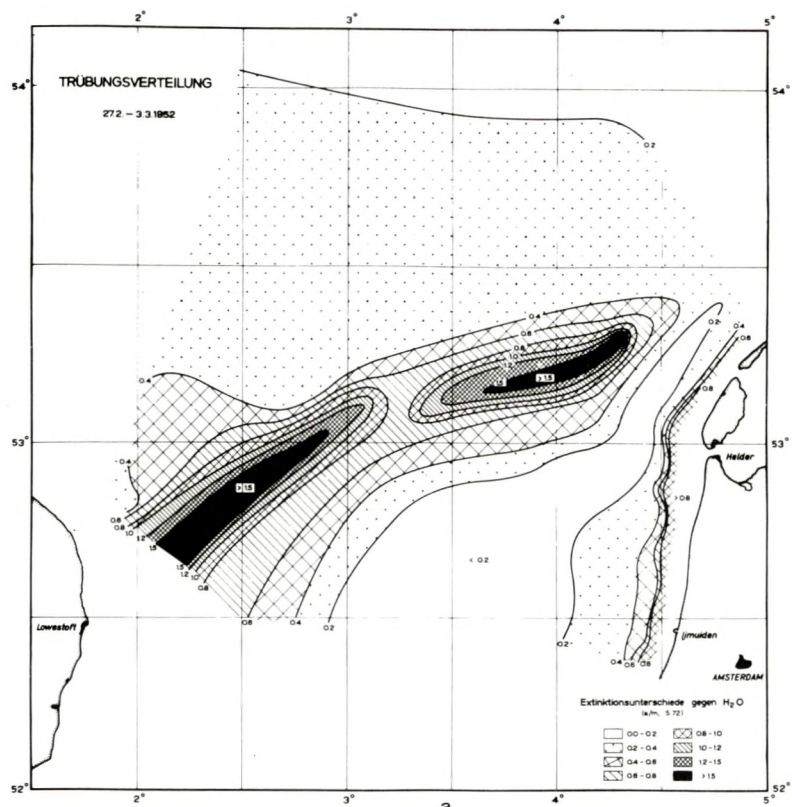


Abb. 45^a

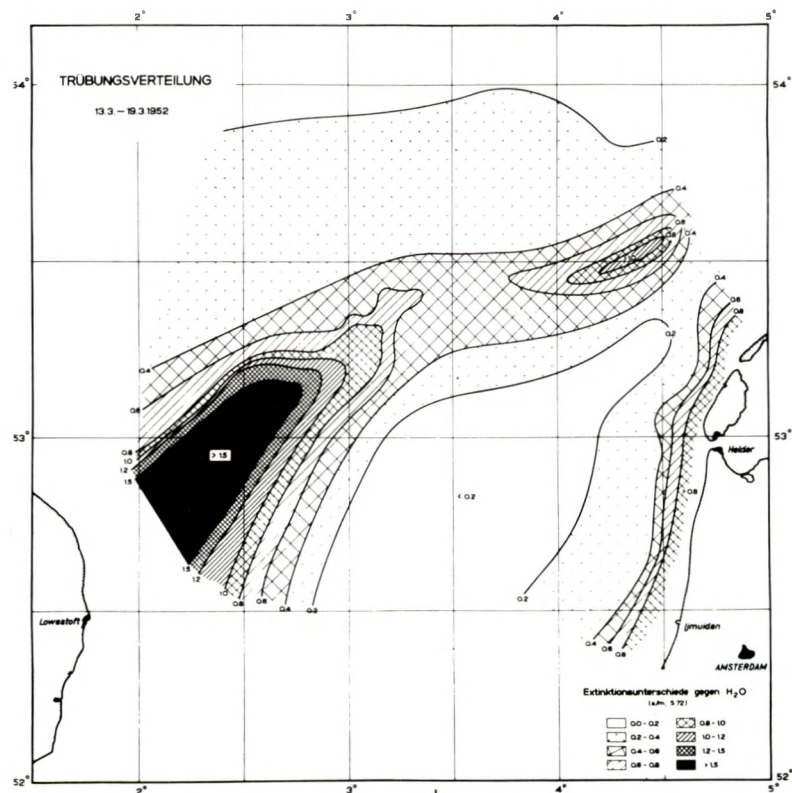


Abb. 45^b

J. Joseph: Die Trübungsverhältnisse in der südwestl. Nordsee etc.
(1953)

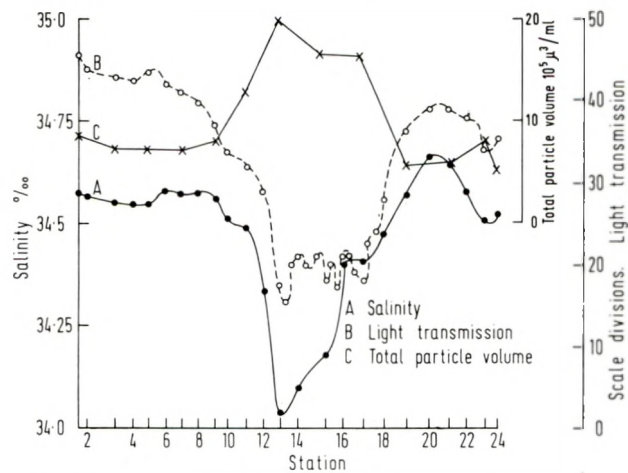


Figure 46 Cruise 2/1967: 26 January: Stations 2-24. Distributions of salinity, turbidity and total particle volume. (Lee et al. 1969)

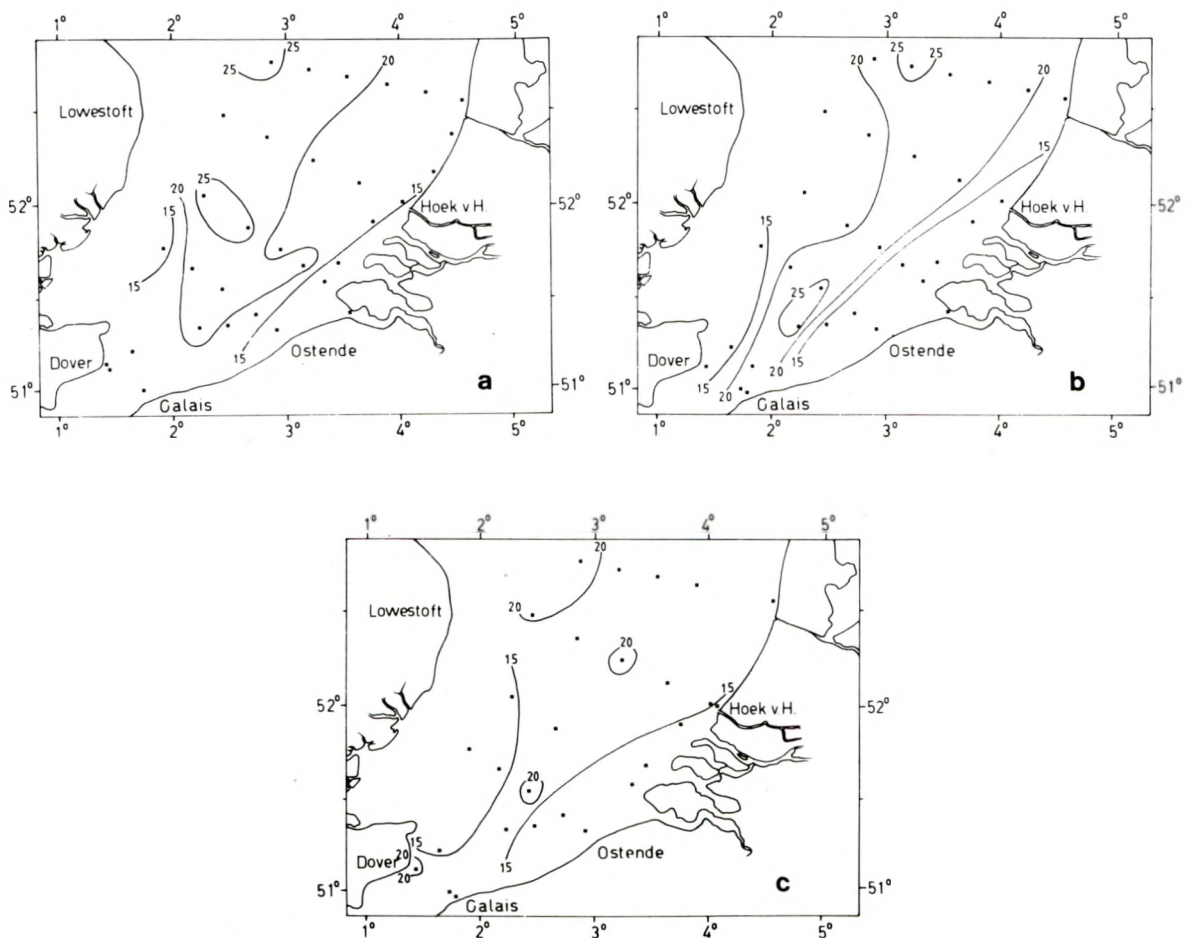


Fig. 47^{a-c}. Mean diameter (in μm) of non-living suspended particles (size range: 3-120 μm), JONSDAP cruises 1973. 1. 3-7 Sept. 1973. 2. 1-5 Oct. 1973. 3. 29 Oct - 3 Nov. 1973. (Eisma et al. 1977)

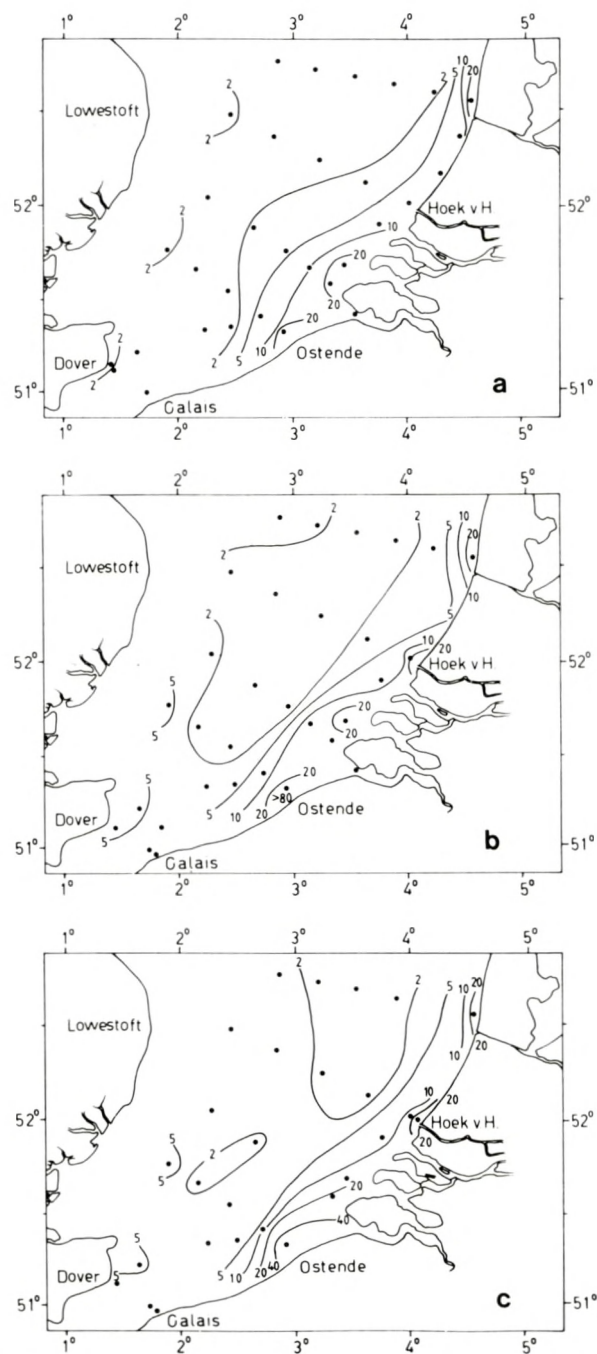


Fig.48^{a-c} . Distribution of total suspended matter in the size range 3-120 μm , in ppm (by volume; 1 ppm is 1 mm^3 per liter) during JONSDAP cruises 1973. a. 3-7 Sept. 1975. b. 1-5 Oct. 1973. c. 29 Oct. - 3 Nov. 1973.

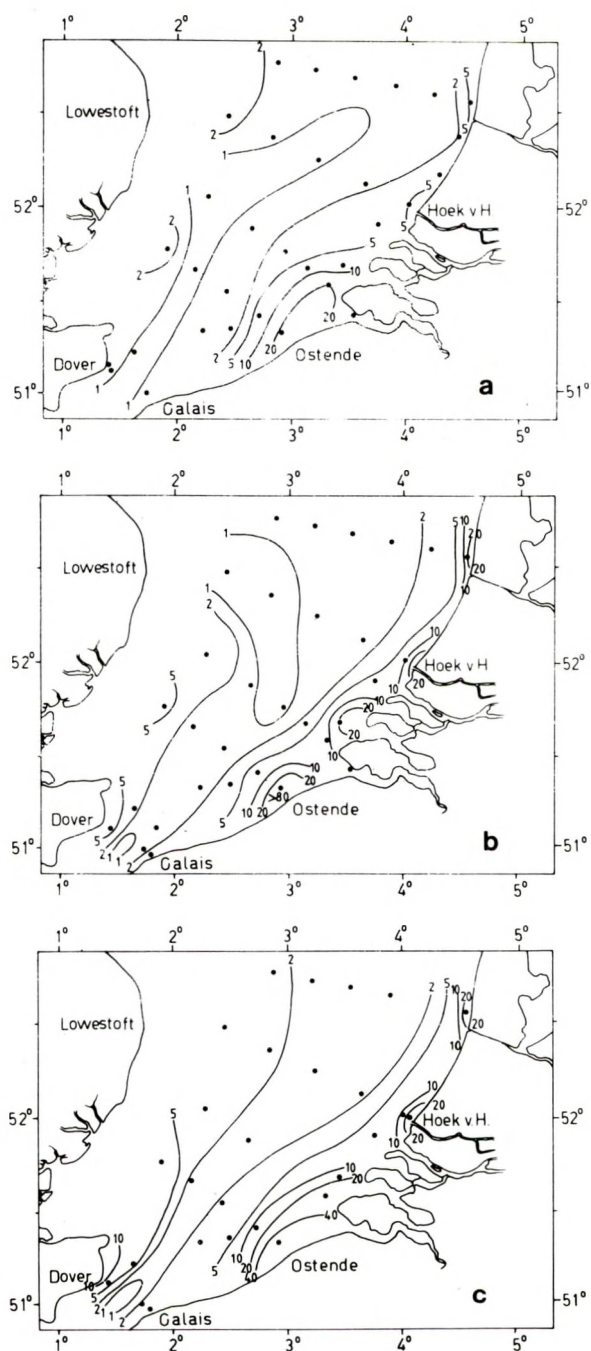


Fig.49^{a-c}. Distribution of non-living suspended matter in the size range 3-120 μm , in ppm (by volume; 1 ppm = 1 mm^3 per liter), JONSDAP cruises 1973. a. 3-7 Sept. 1973 b. 1-5 Oct 1973. c. 29 Oct. - 3 Nov. 1973. (Eisma et al. 1977)

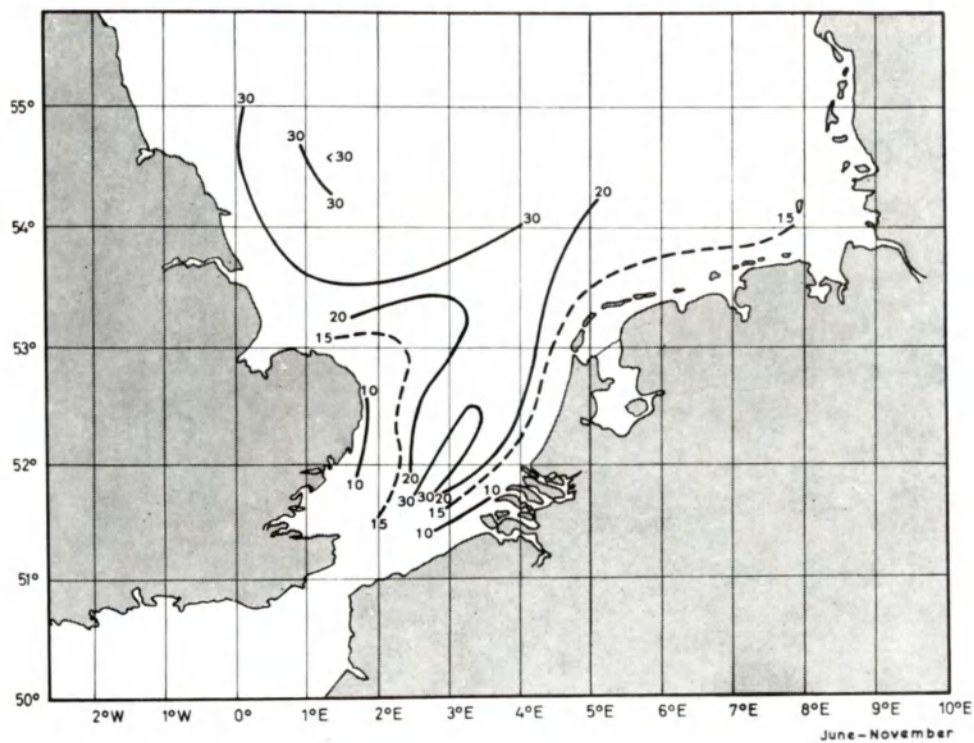


Fig. 50^a. Estimated depth of the 1% level of daylight penetration in June/November
(Visser 1970)

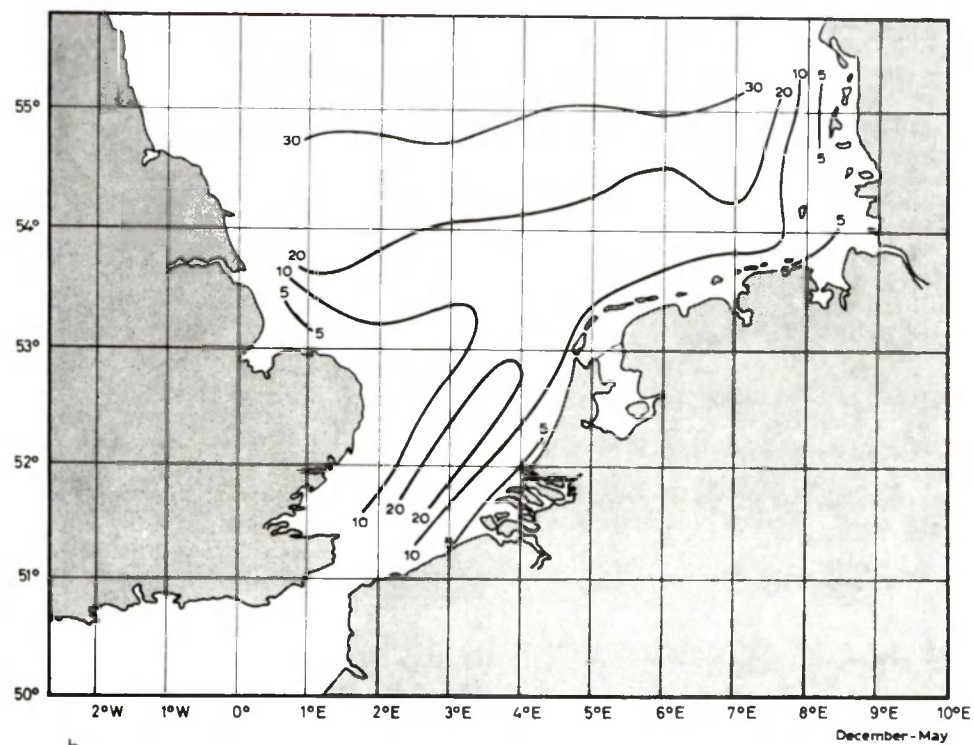
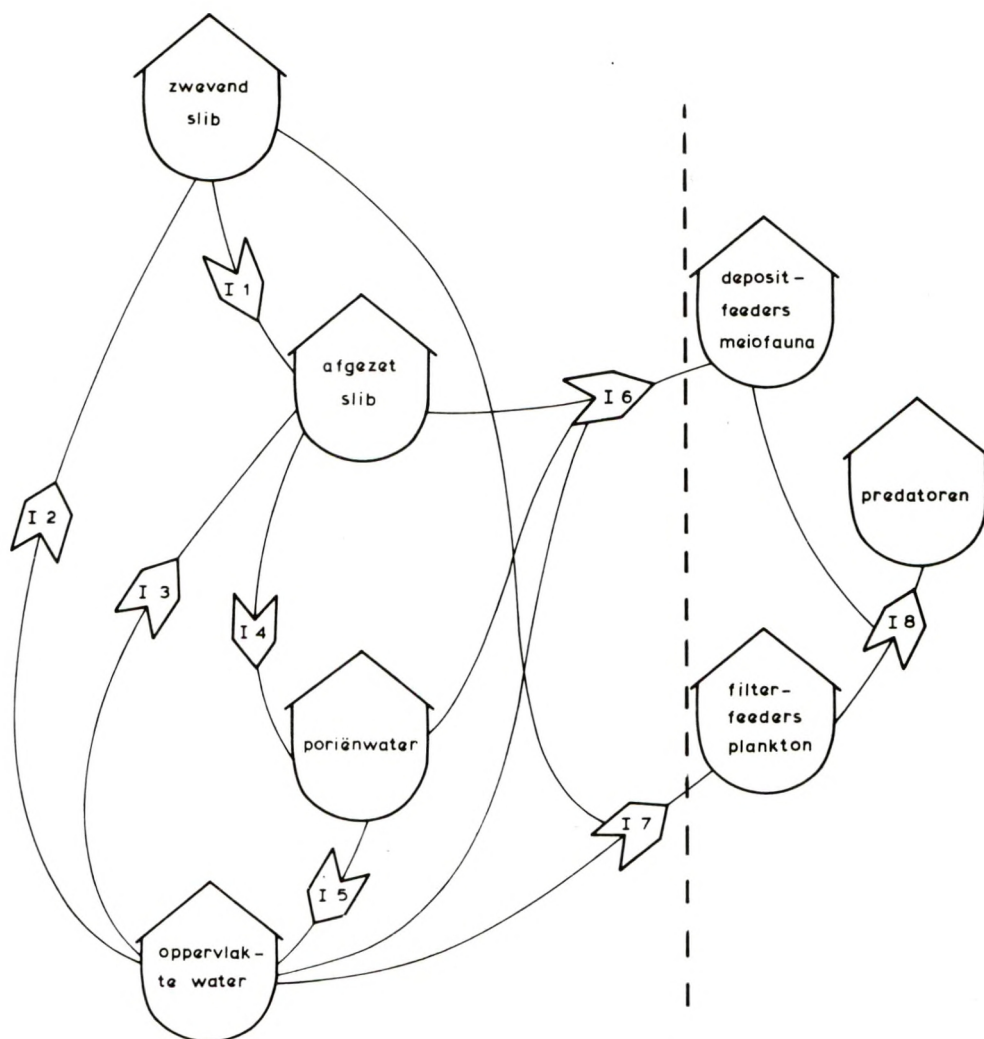


Fig. 50^b. Estimated depth of the 1% level of daylight penetration in December/May
(Visser 1970)



I 1 Sedimentatie, transport, erosie

I 2 Absorptie van metalen aan
zwepend slib. Precipitatie
van opgeloste bestanddelen

I 3 Idem I 2, alleen in dit geval
aan het afgezette slib

I 4 Afgifte van metalen vanuit
het slib aan het poriënwater

I 5 Afgifte van metalen vanuit
het poriënwater aan het
oppervlakte water

I 6 } Opname van zware metalen
I 7 } door organismen

I 8 Accumulatie in de voedsel-
keten

Fig 51 : De verschillende reservoirs met mogelijk overgangen
(naar WL/IB 1977).

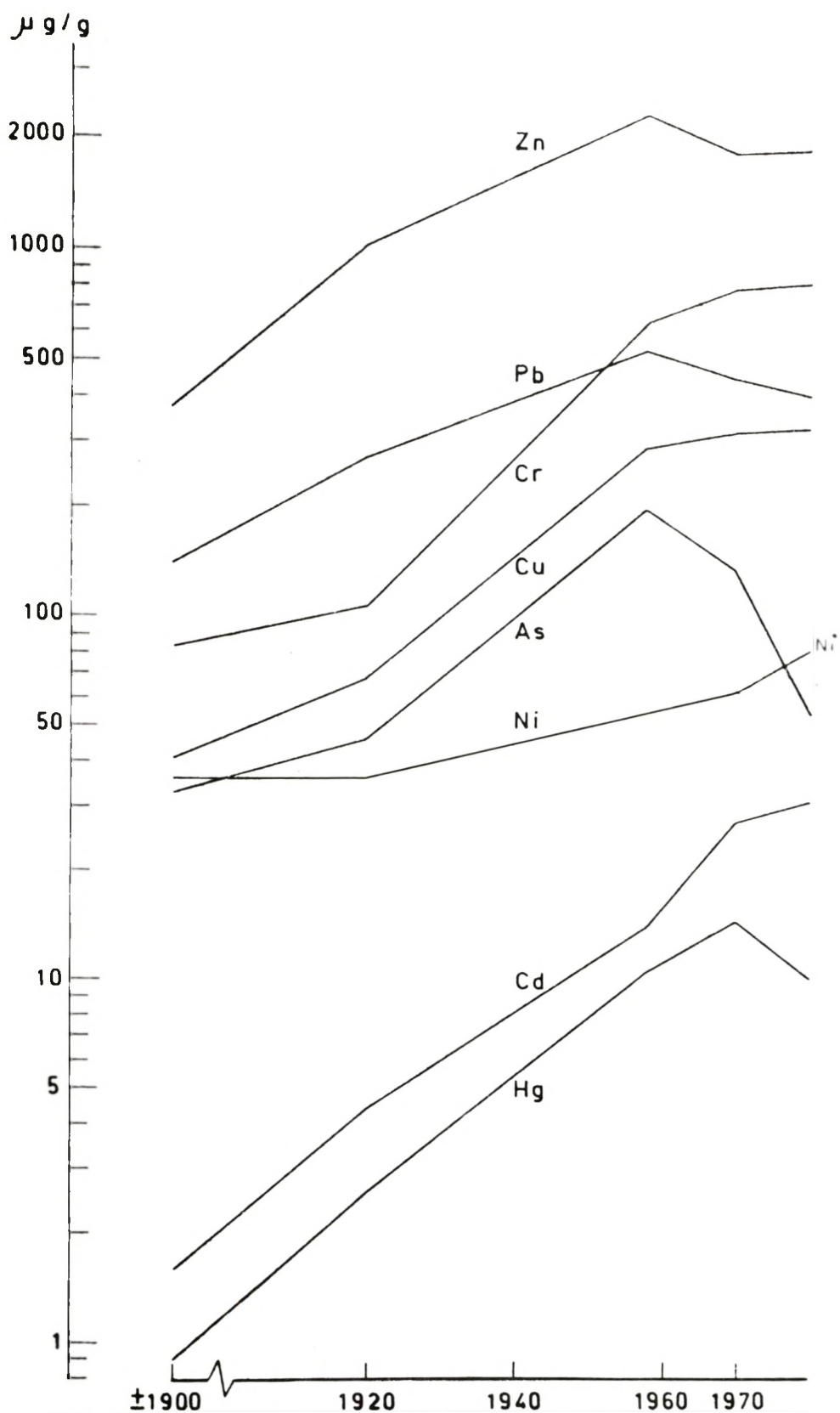


Fig 52 : Belasting met zware metalen, van het Rijnslib.
(Salomons et al. 1977^a).

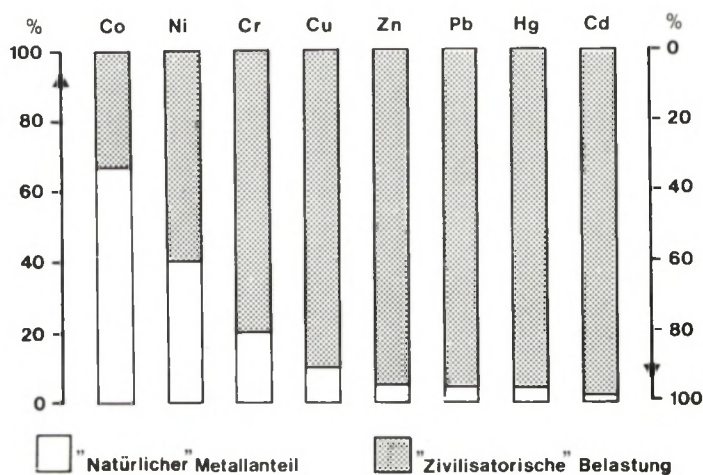


Abb.53 . Natürlicher und zivilisatorischer Anteil der Schwermetall-Gehalte in der Tonfraktion von Sedimenten des Niederrheins (Mittelwert aus 3 Stationen) (Müller et al. 1974)

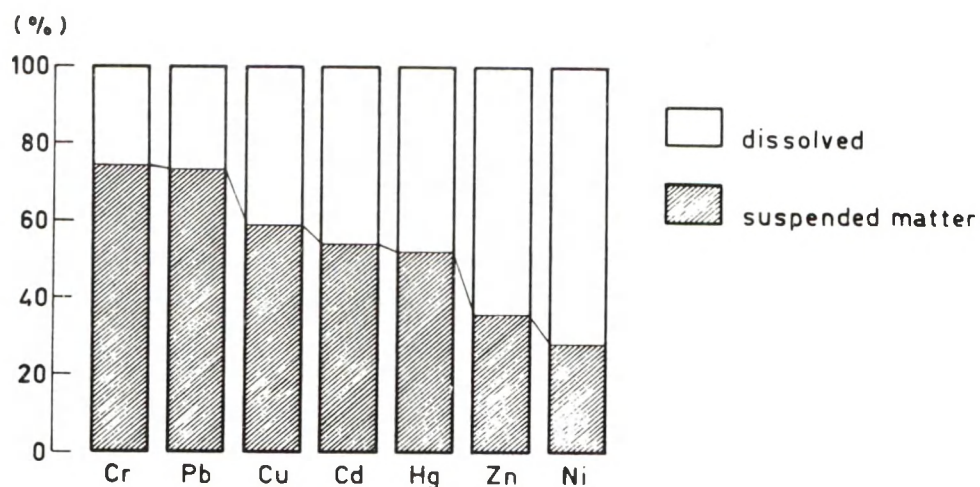


Fig.54. De verdeling van de zware metalen over de opgeloste en vaste toestand voor de Rijn 1973-1975. Op basis van gegevens van het RIZA. (WL/IB 1976)

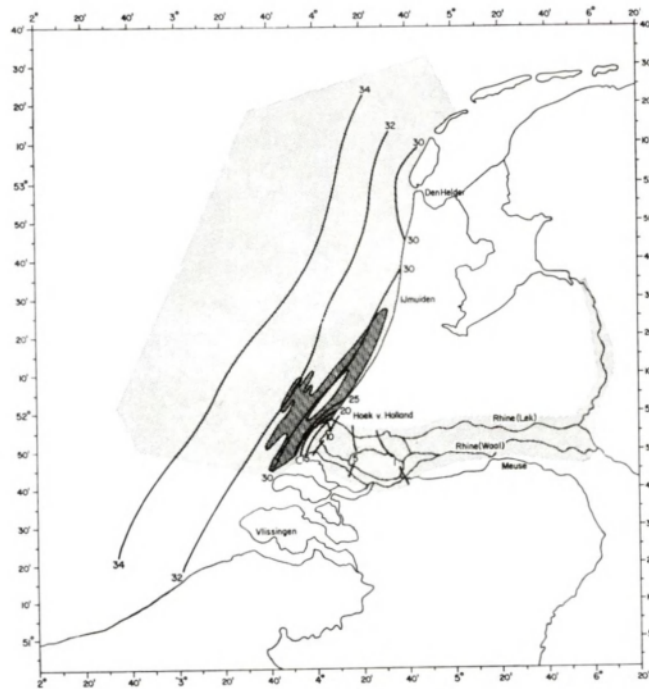


Fig.55 Sampling area (dotted), salinity distribution (‰ S) and distribution of sands with relatively high iron content (more than 0.40% in the 250 to 315 μm fraction) off the Dutch coast (shaded).
(Eisma 1975)

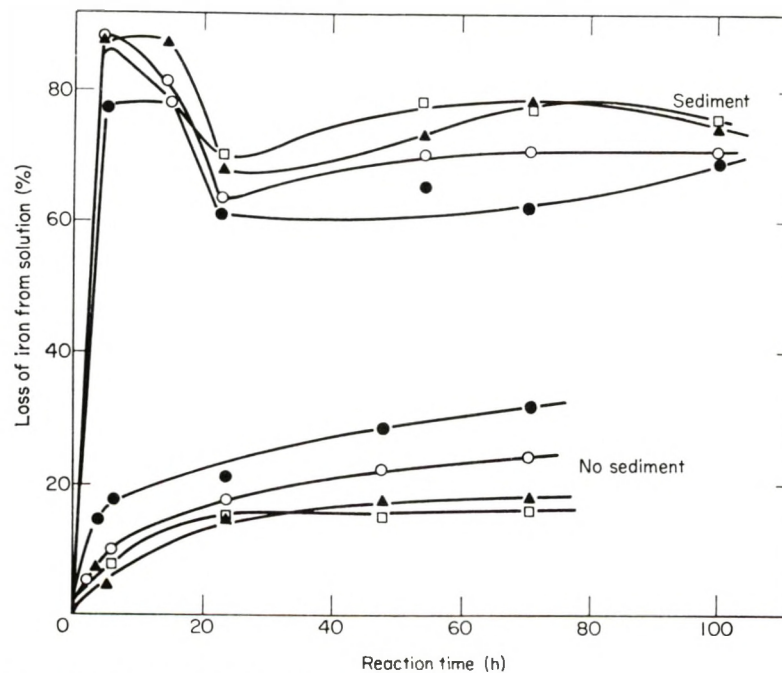


Figure 56. The precipitation of iron in waters of various salinities.
—●—●—, 34.2‰, pH 7.90; —○—○—, 23.7‰, pH 7.90; —▲—▲—, 17.1‰, pH 7.85; —□—□—, 8.6‰, pH 7.15. (Aston et al. 1973)

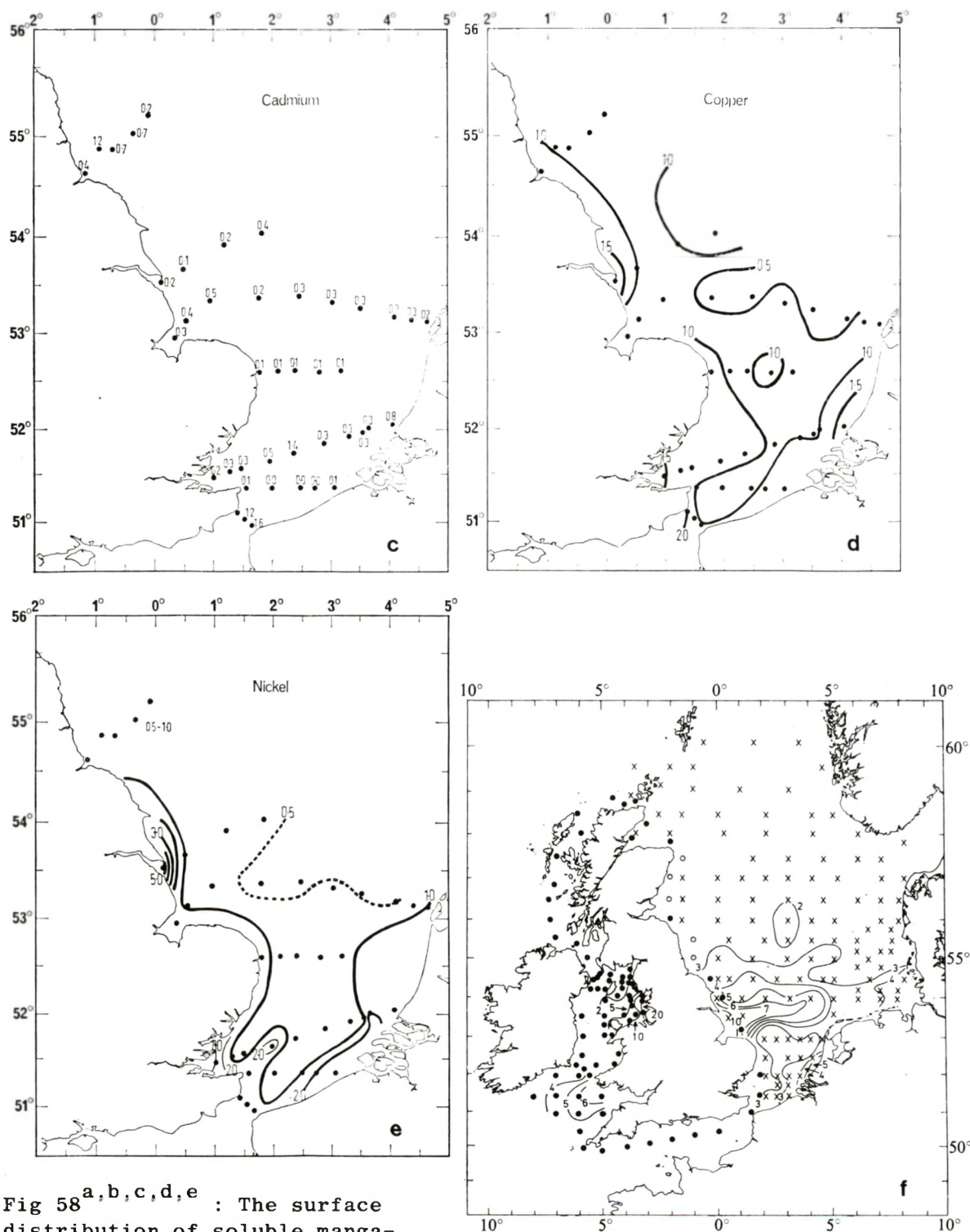


Fig 58^{a,b,c,d,e} : The surface distribution of soluble manganese (a), zinc (b), cadmium (c), copper (d) and nickel (e) ($\mu\text{g/l}$) in the North Sea survey of May-June 1971. (naar Dutton et al. 1973).

Fig 58†. Reactive mercury (ng l^{-1}). Contoured concentration from two surveys
 ●, positions from January 1976 cruise;
 ×, from May-June 1976 cruise.
 (Baker 1977)

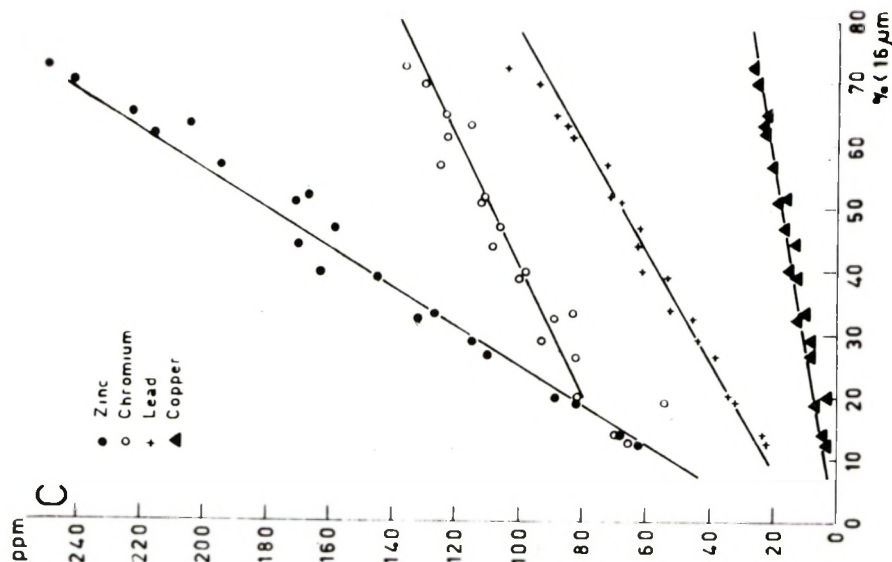


Fig. 60 : Correlatie van het percentage fijn materiaal met de hoeveelheid zware metalen in het sediment (naar Salomons et al. 1977a).

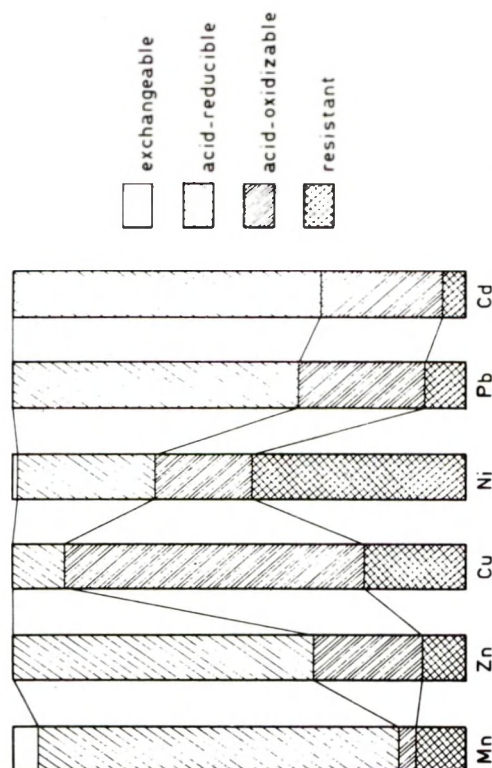


Fig.59. De wijze van voorkomen van zware metalen in slib van de Rijn.
 Exchangeable = metalen die overwegend geadsorbeerd zijn aan het slib.
 Acid-reducible = metalen die overwegend als hydroxiden carbonaten en sulfiden voorkomen.
 Acid-oxidizable = metalen die geassocieerd zijn met de organische stof.
 Resistant = Totaalgehalte minus de drie voorafgaande fracties.
 (WL/IB 1976)

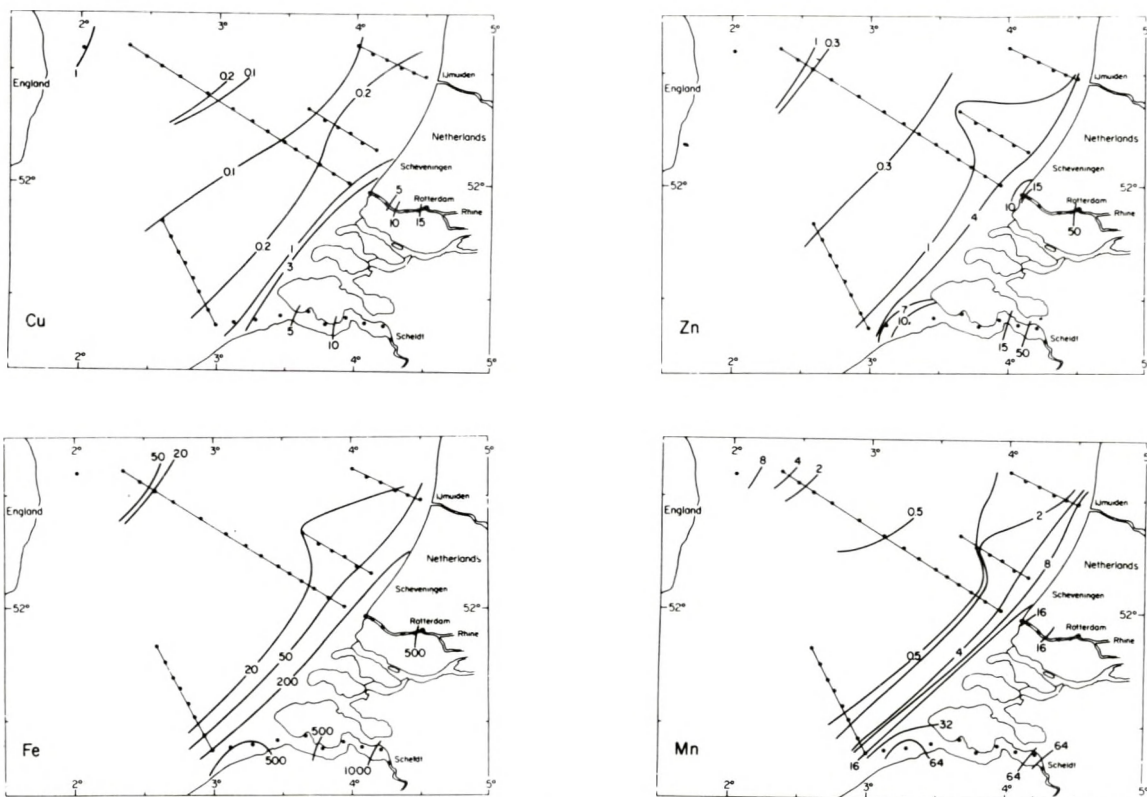


Fig 61 : Distribution of leached trace elements in $\mu\text{g/l}$.
(Duinker et al. 1977)

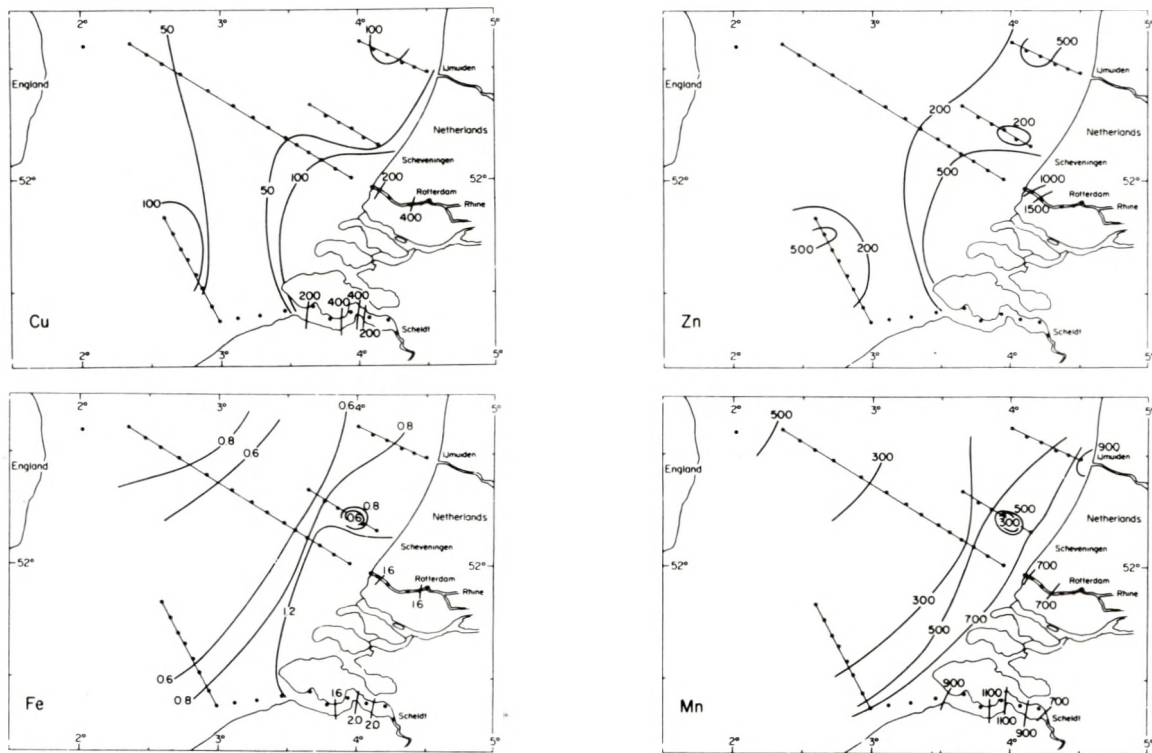


Fig 62 Distribution of particulate trace elements, leached from unit amount of suspended matter, in $\mu\text{g/g}$ for copper, zinc, and manganese and in % for iron (Duinker et al. 1977).

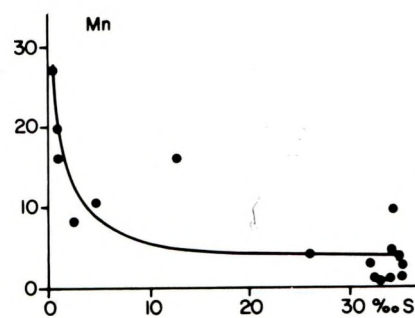
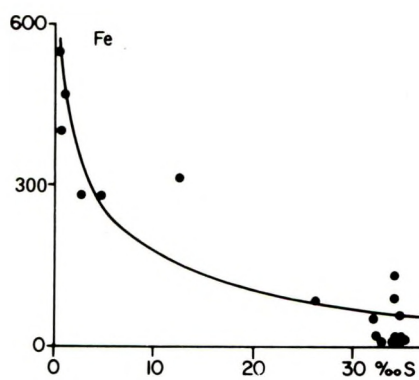
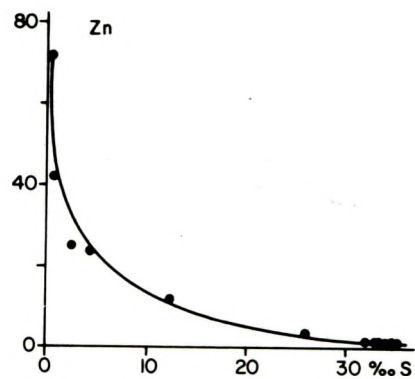
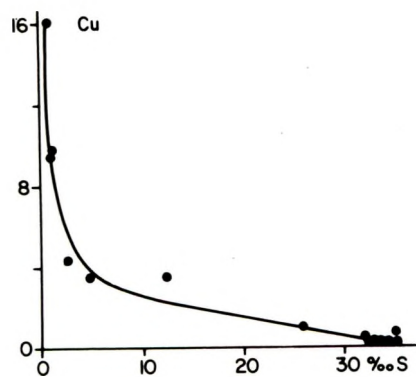


Fig 63 :

Concentration of particulate leached trace elements in $\mu\text{g/l}$ as function of salinity

(Duinker et al. 1977)

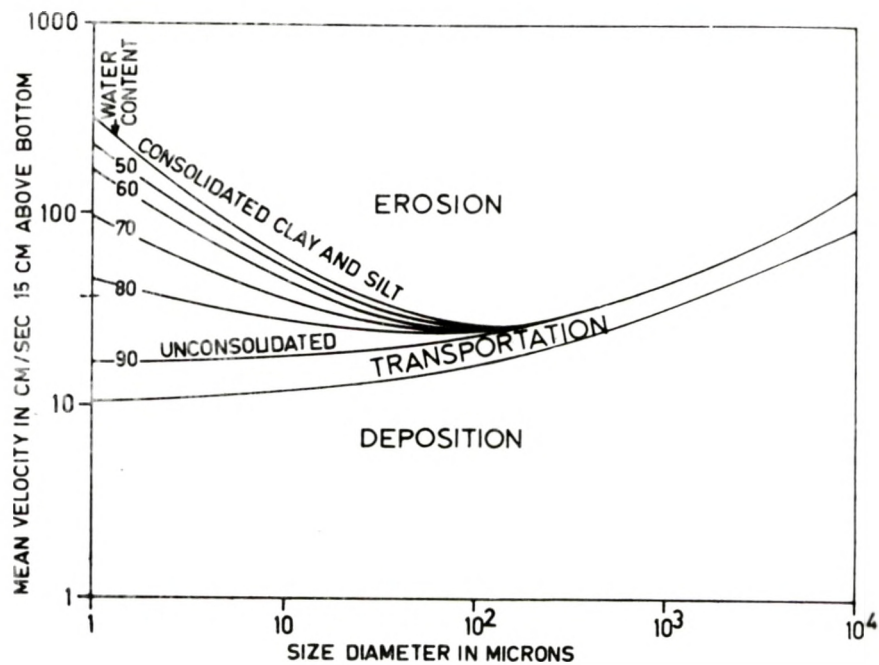


Fig 64 : Erosion, transportation, and deposition velocities for different grain sizes. The diagram indicates possible values for various stages of consolidation. (Data from various authors in Sundborg (1956) and observations of the author). (Postma 1967).

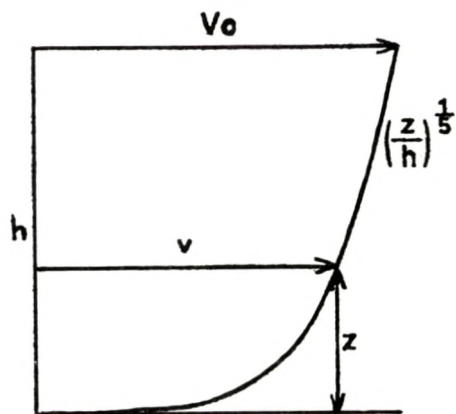


Fig 65 : Afname van de getijstroom snelheid met de diepte (naar Sager et al. 1963).

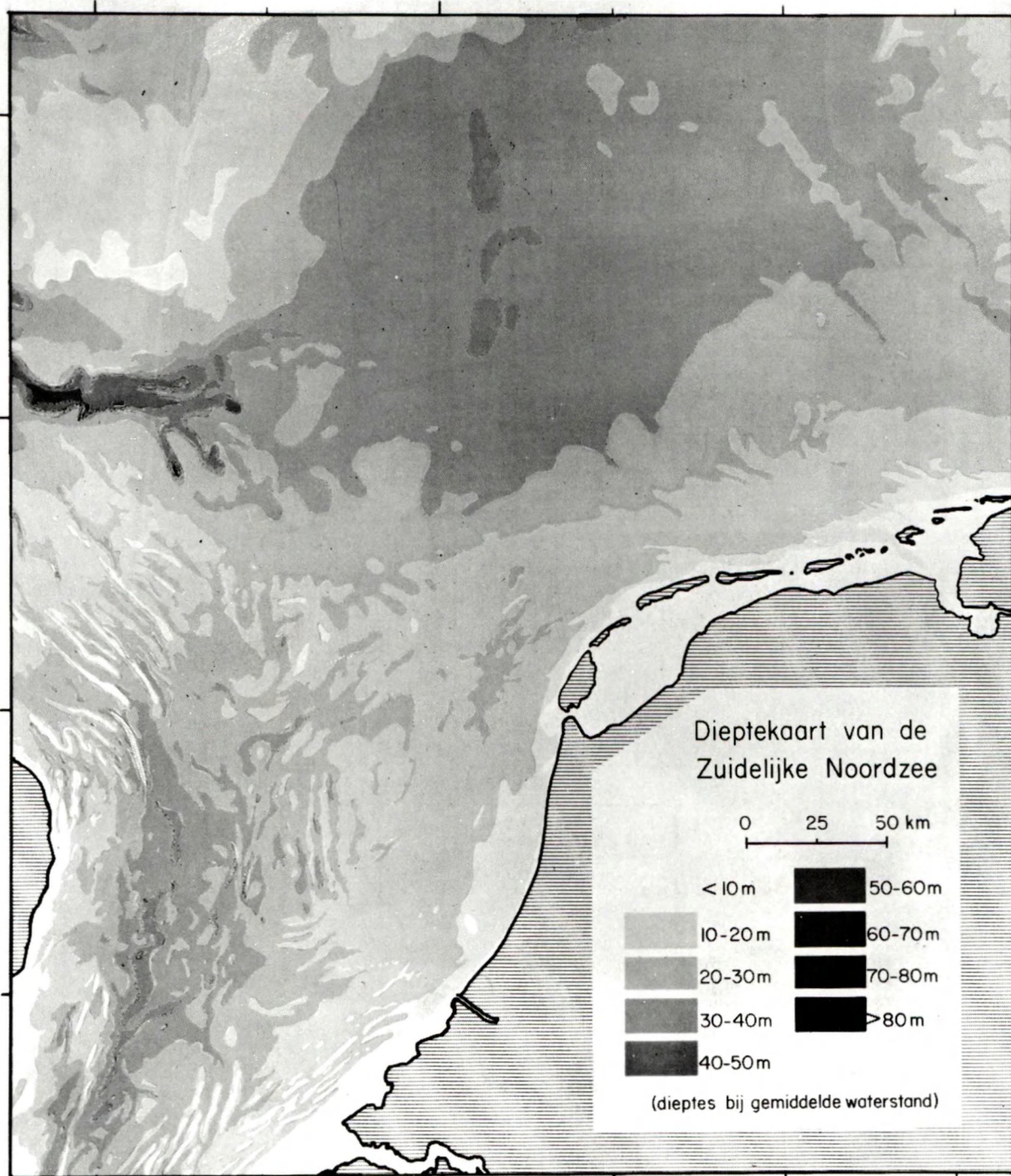


Fig. 66

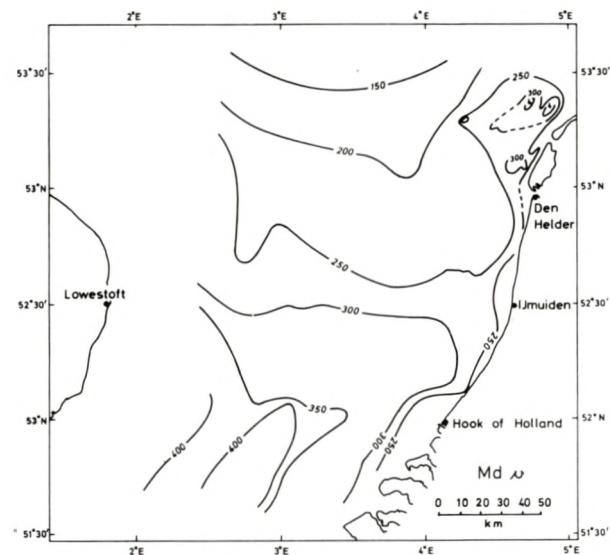
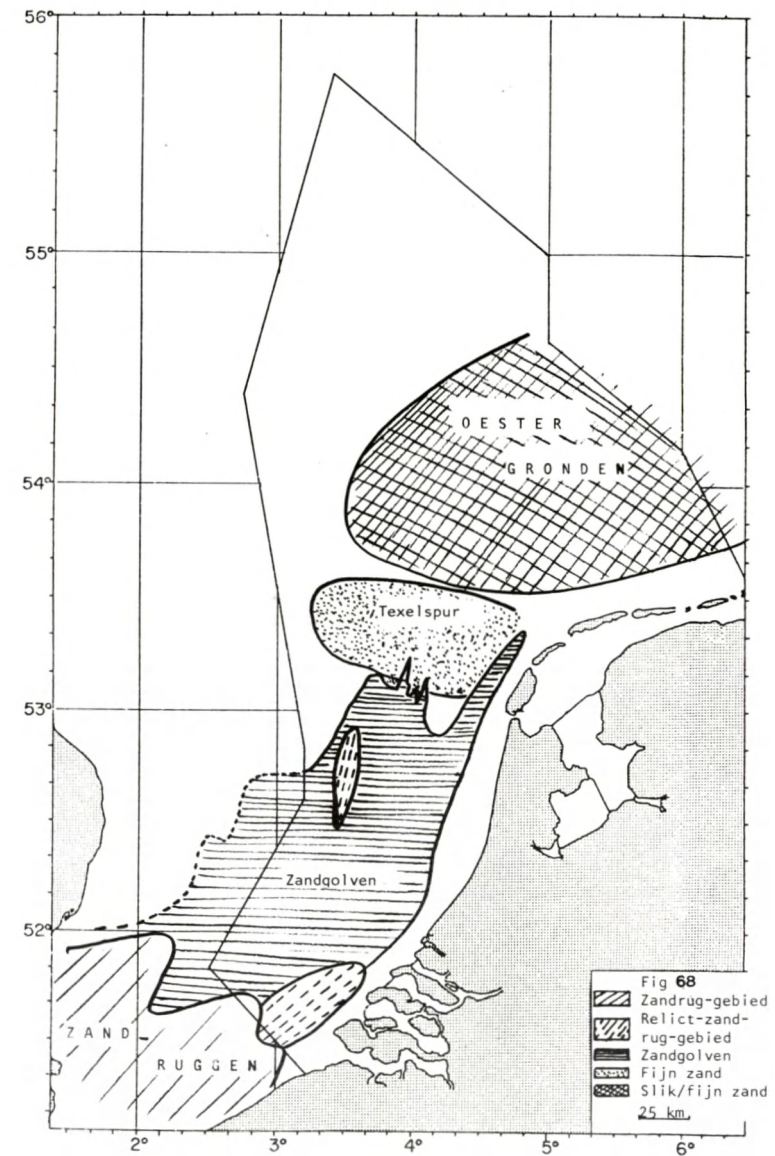
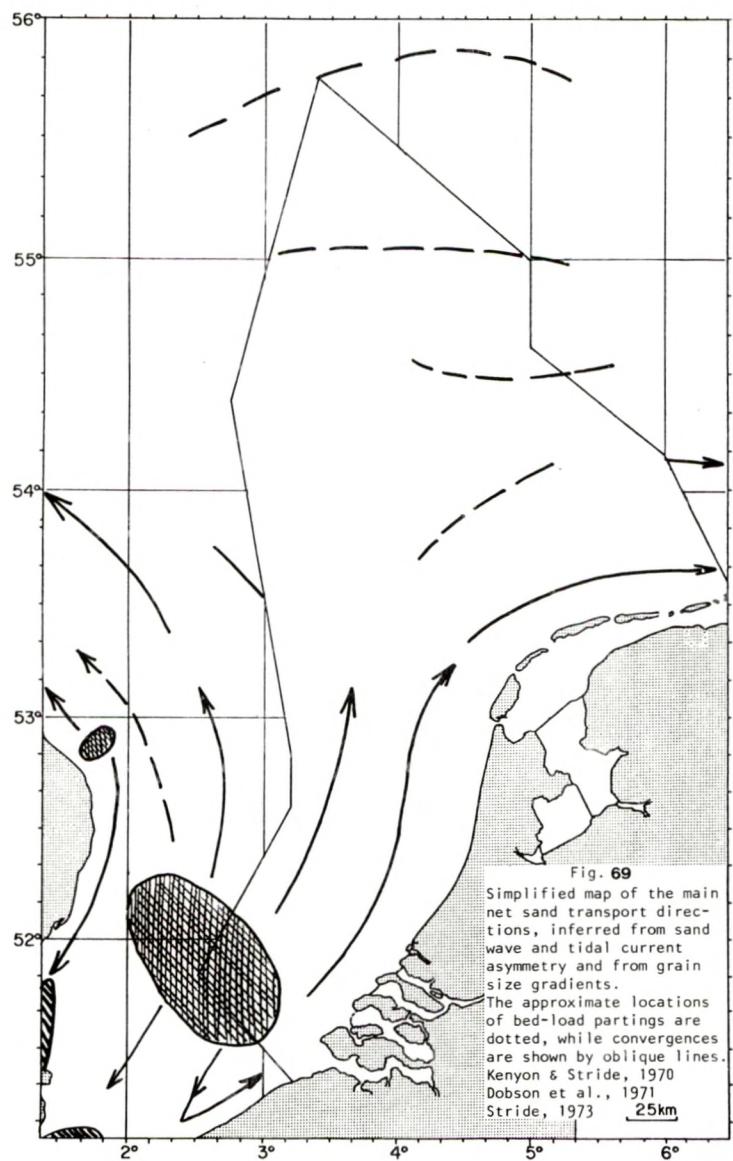


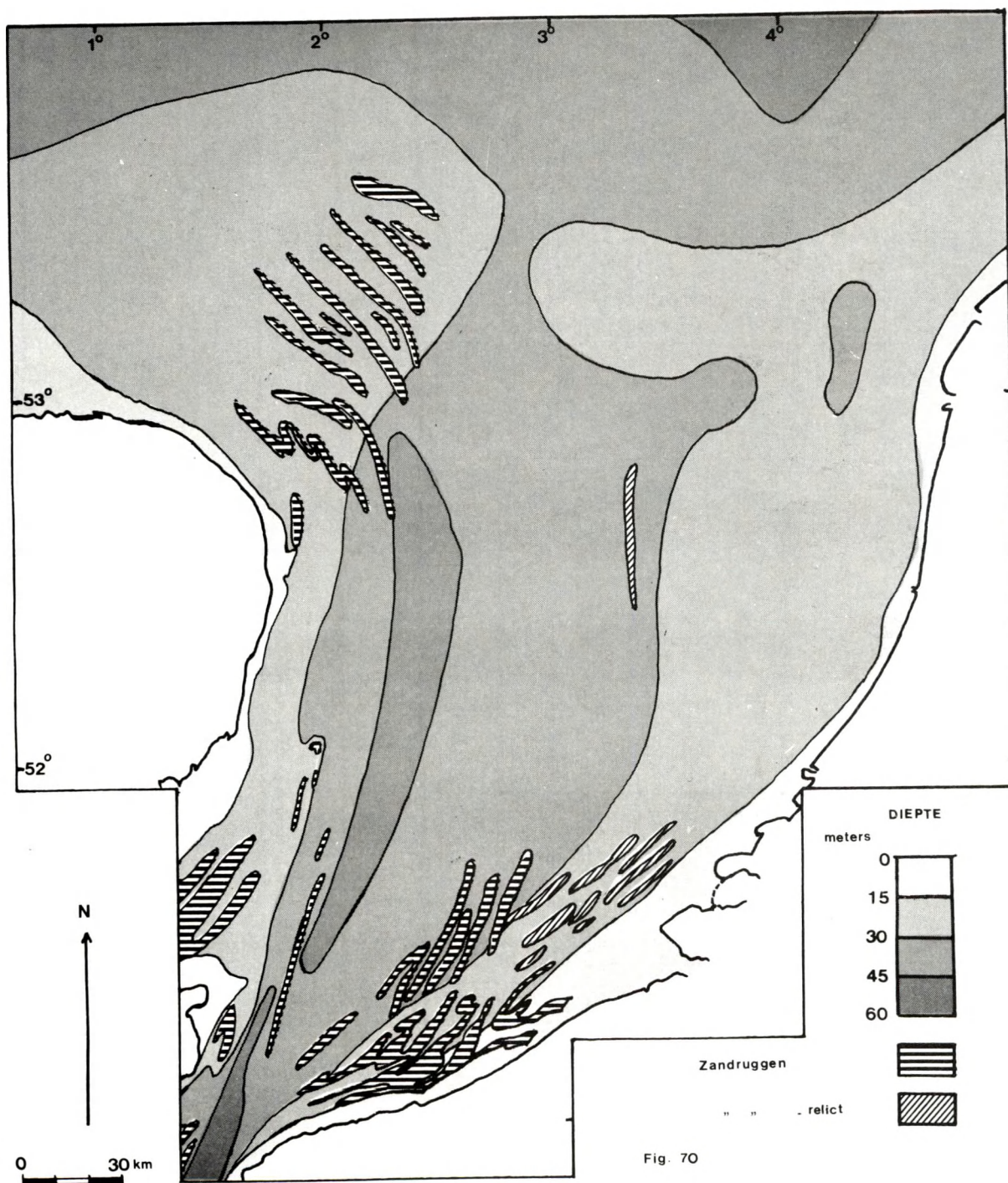
Fig 67 Median grain size of bed material in microns.

(Mc Cave 1971)

Fig 68 : Schematische voorstelling van het bodemrelief in de Zuidelijke Bocht.







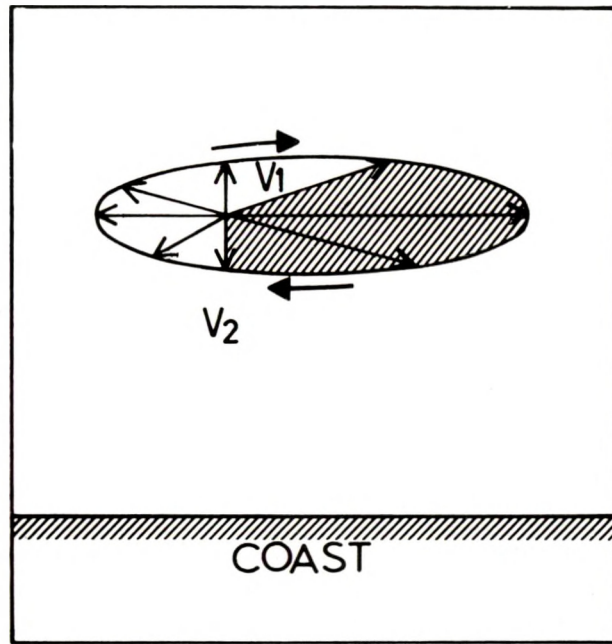
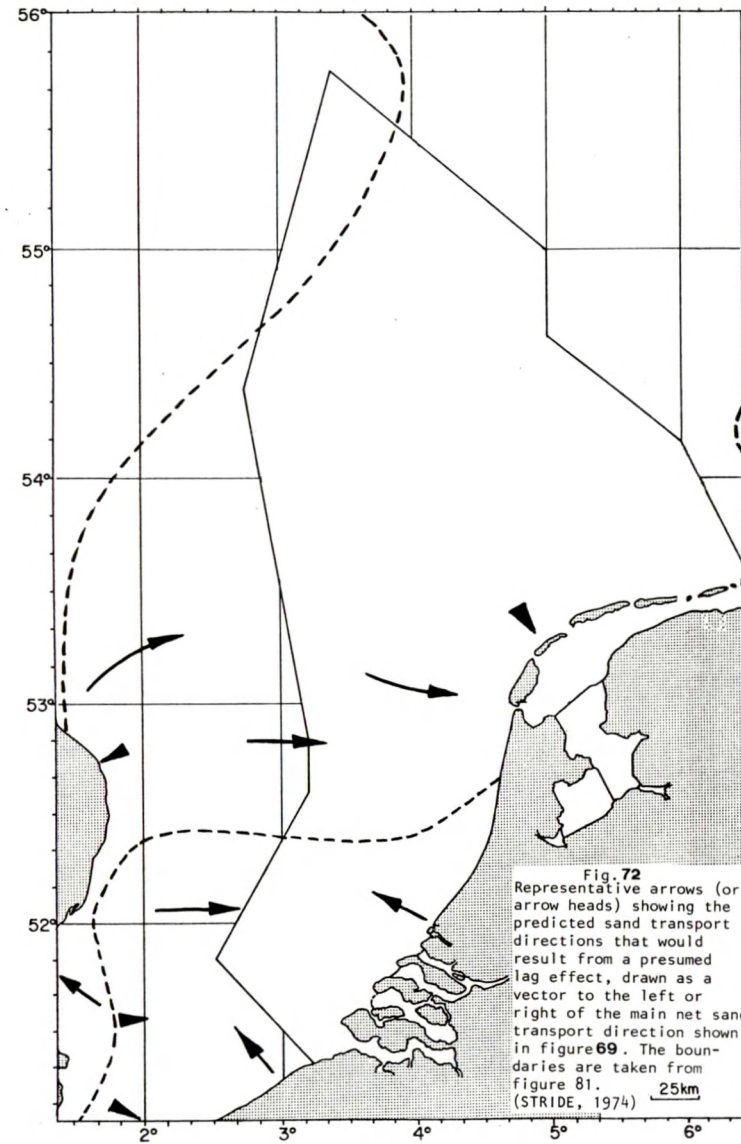


Fig.71 . Lag effects in a rotating tide.
(Postma 1967).



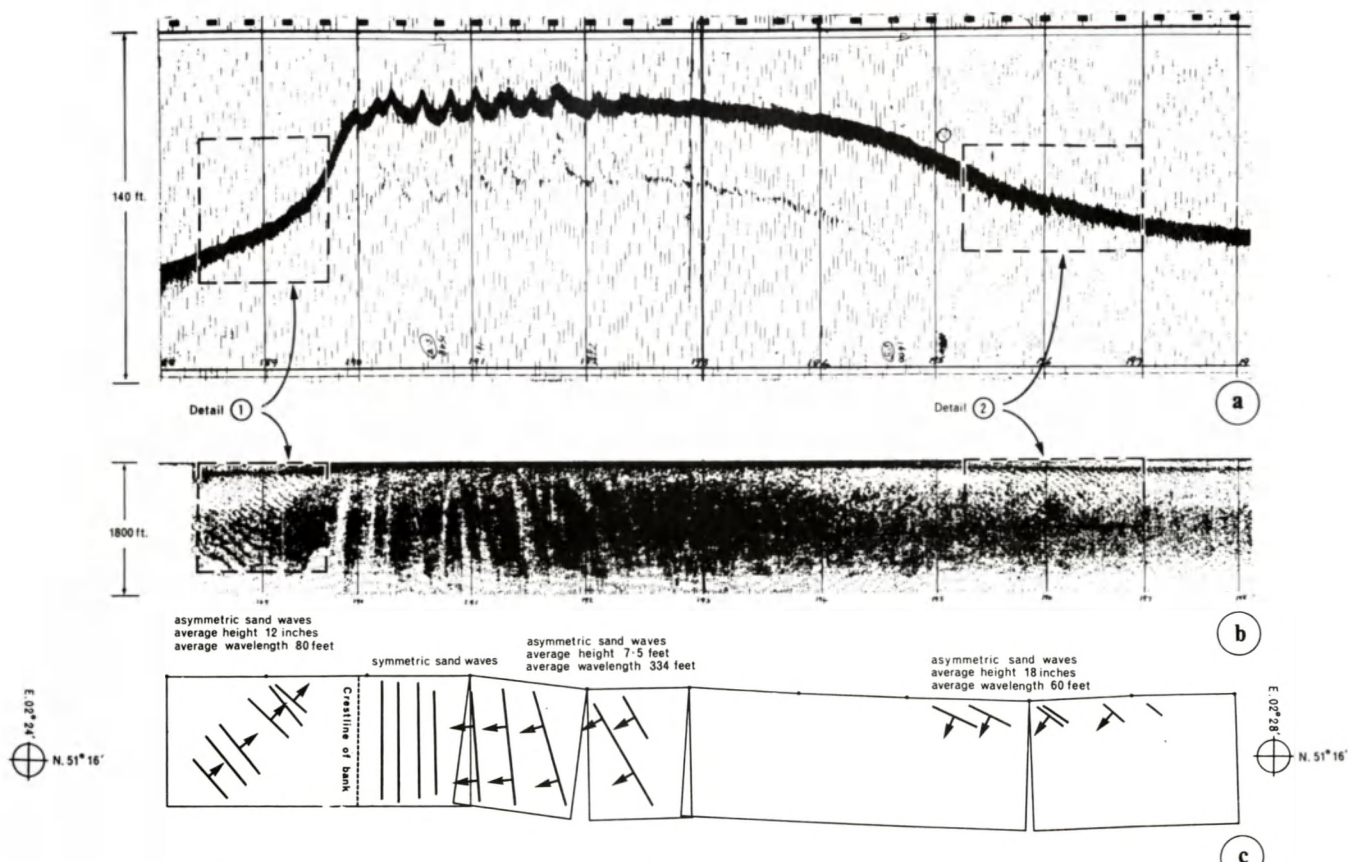


Fig 73 : Combined echo-sounder profile (a), transit sonar record (b) and true-scale diagrammatic plan of the sonar record (c), of a survey traverse normal to the crest of East Dyck Bank. Sand-wave orientations given in (c) have been interpreted from the sonar record, and the height, together with the direction of movement as indicated by arrows, from the echo-sounder profile. "Segmented" nature of (c) is a result of the sonar beam's coverage having been plotted relative to the ship's track. This has been drawn as the upper line of the diagram, with the dots representing navigational fix points. The overall length of the section is approximately 2.5 miles ; other dimensions are given in the Figure. (Caston 1972).

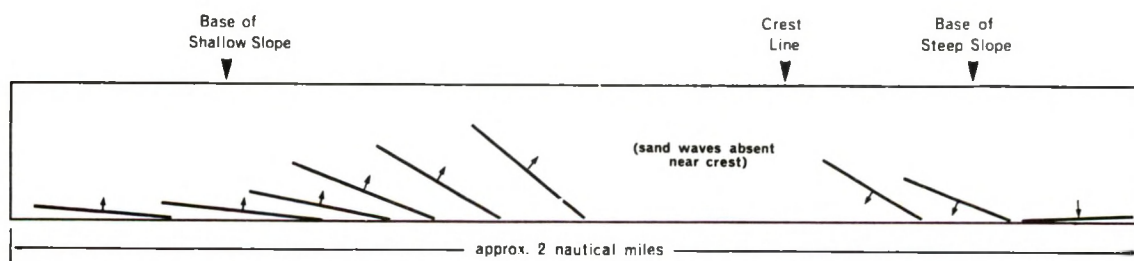


Fig74. Diagrammatic plan of sand-wave orientations as seen on the records of an EG and G side-scan sonar traverse normal to the crestline of Leman Bank. Thick lines represent position and orientation of selected sand waves seen on the record; arrows indicate their inferred direction of movement as interpreted from the record and associated echo-sounder profiles.

(Caston 1972)

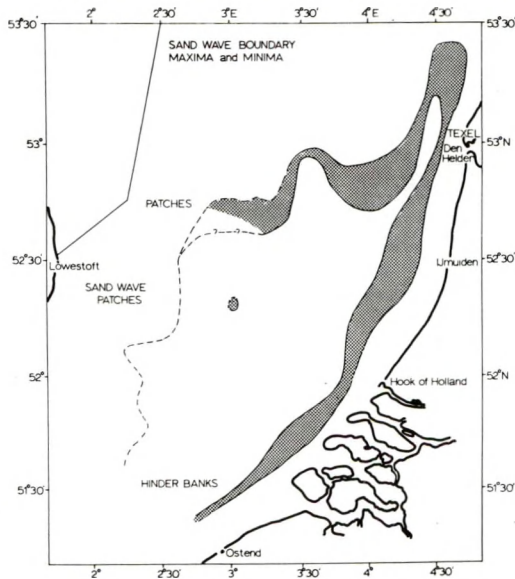


Fig 75 : Maximum and minimum limits to the sand wave field encountered on surveys. The western and north-western boundary is shown as a dashed line because the field does not end abruptly and because only a few survey lines have crossed it. (naar Mc Cave 1971).

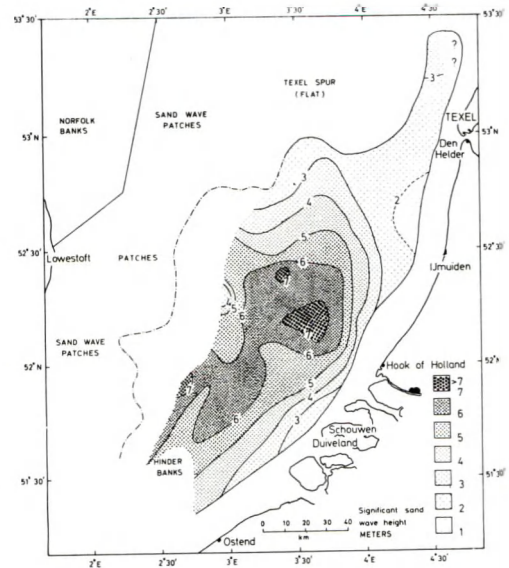


Fig 77 : Significant sand-wave height averaged over the period August 1968 to May 1969. (Mc Cave 1971).

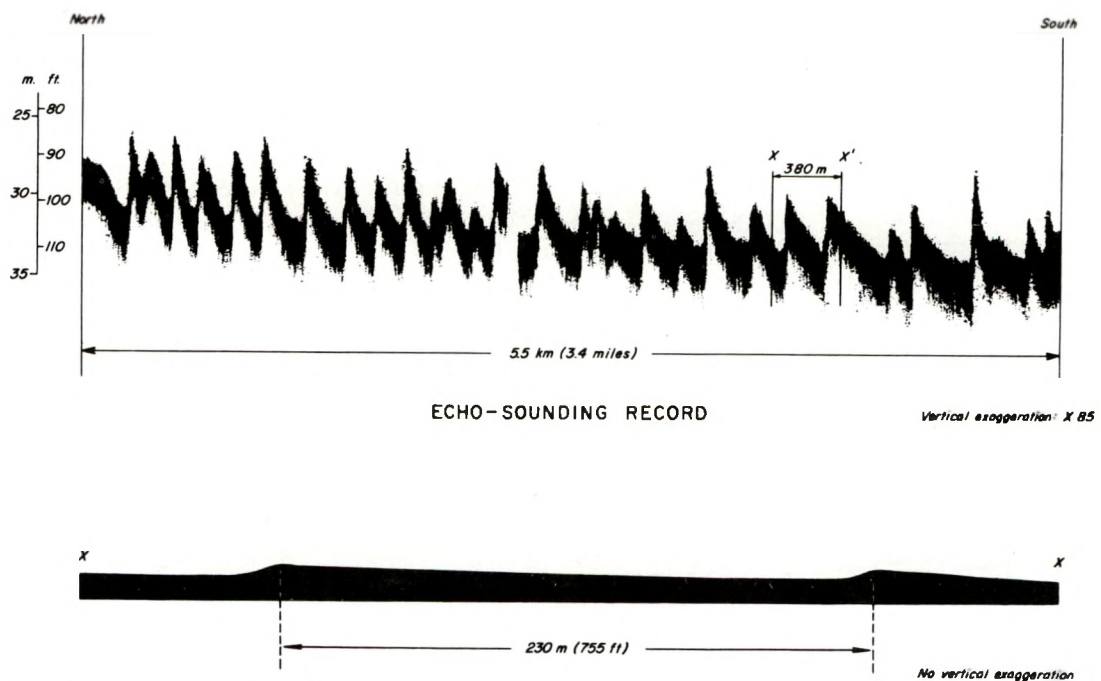


Fig. 76 - Mega-ripples West of IJmuiden. (Houbolt 1968)

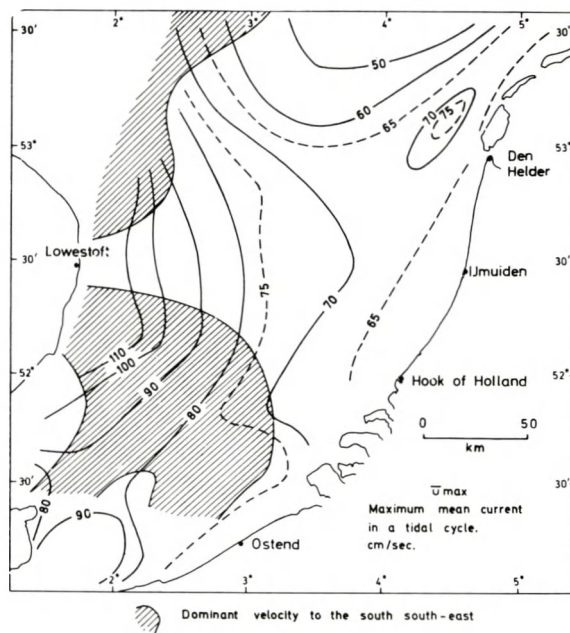


Fig.78 Maximum value of the depth-mean velocity attained in a 12,5 h tidal cycle at mean spring tide. Calculated from data of DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT (1963). In the shaded area the maximum is directed between southeast and southwest; in the clear areas it is to north or northeast.

(Mc Cave 1971).

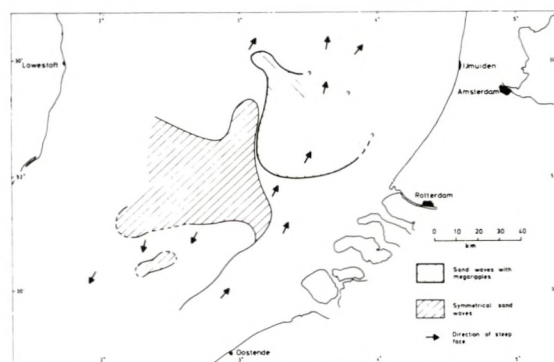


Fig. 79 : Area of occurrence of symmetrical sand waves and sand waves with superimposed megaripples. Partly after Stride (1959) and Houbolt (1968). Arrows showing direction of steep face of sand waves from Houbolt. (Mc Cave 1971).

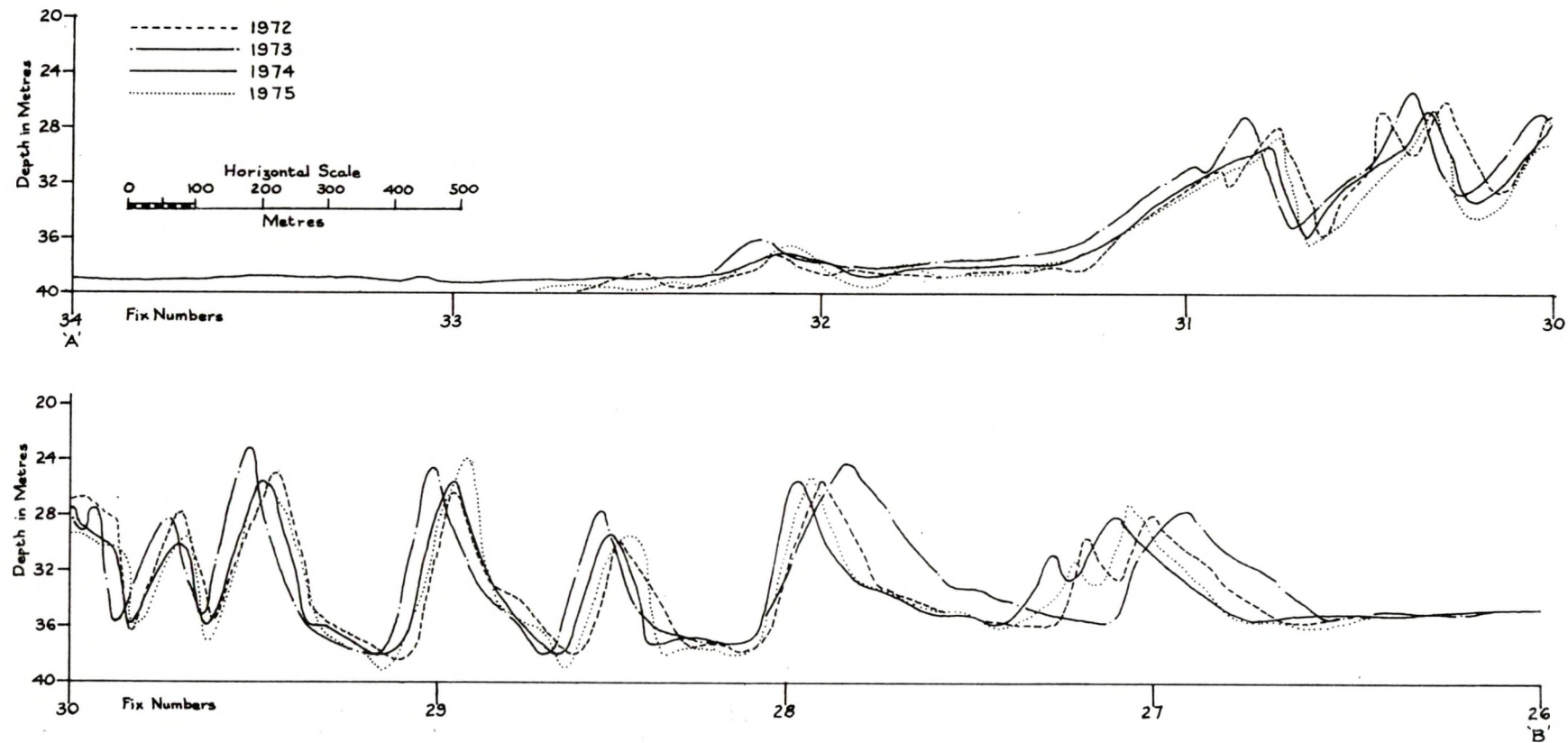


Fig 80 : Profiel van een zandgolfveld bij de sandettie bank in vier achter een volgende jaren
(naar Burton 1977).

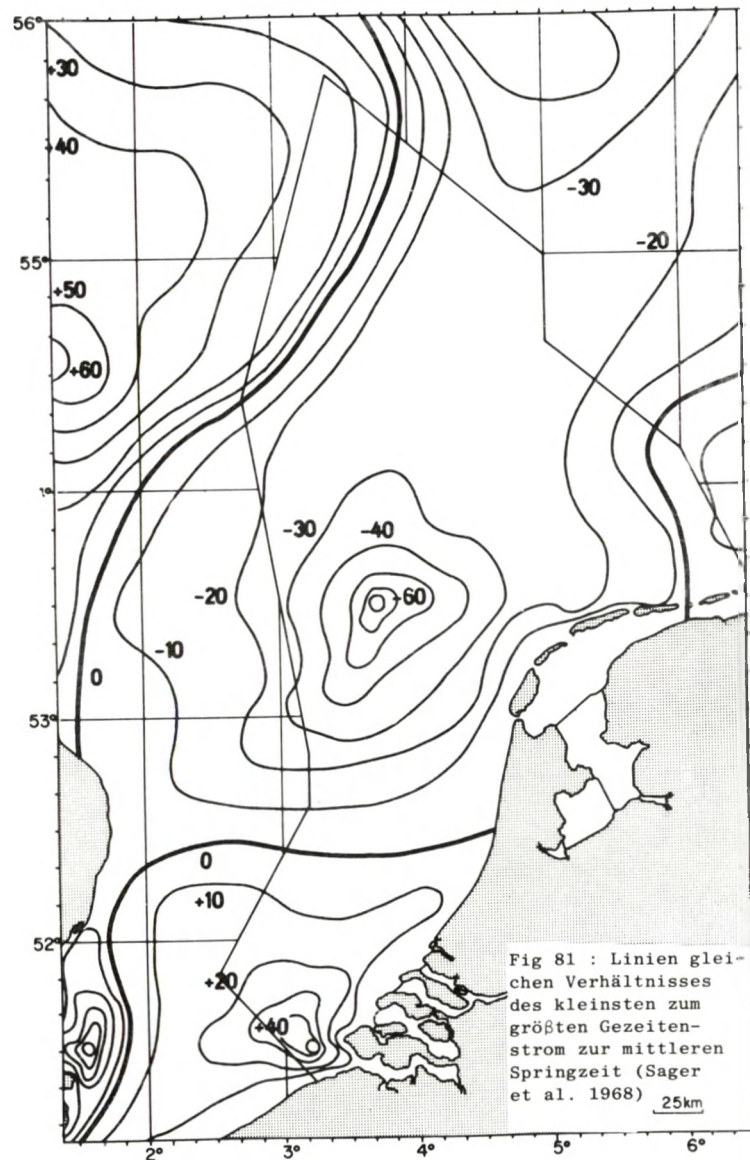


Fig 82 : A plot of sand wave heights (h) versus length (l) off Flamborough Head, Yorkshire, England (Bruun et al. 1972).

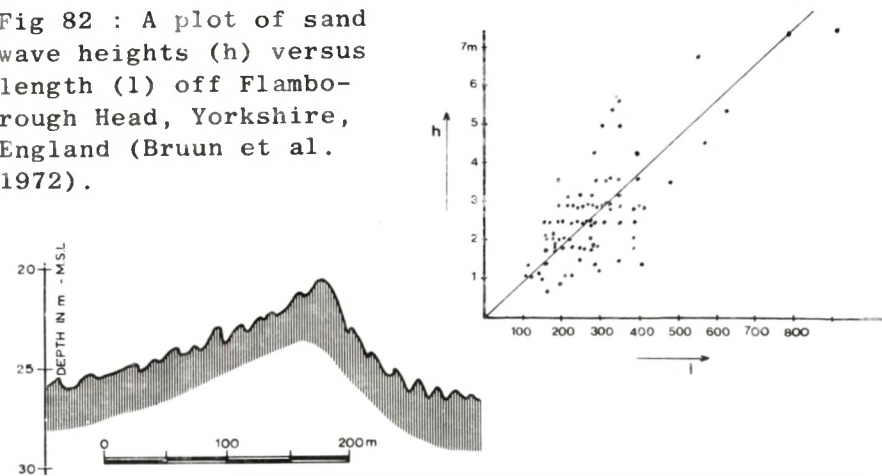


Fig 83 a Profile of sand wave showing asymmetric ripples on both sides of the sand wave. Stoss sides of these ripples point to sand wave crest. (Taken from echo sounding records.)

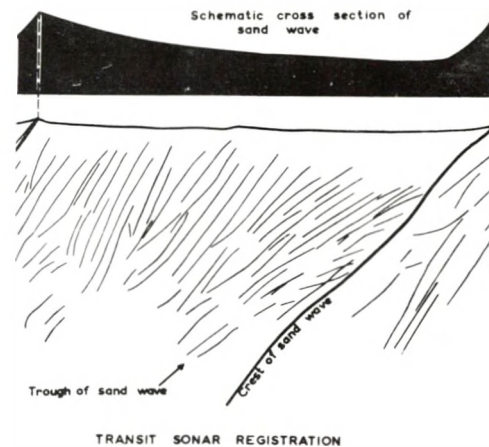


Fig 83b Orientation of ripples from trough to crest. (Taken from transit sonar records.) (Terwindt 1971)

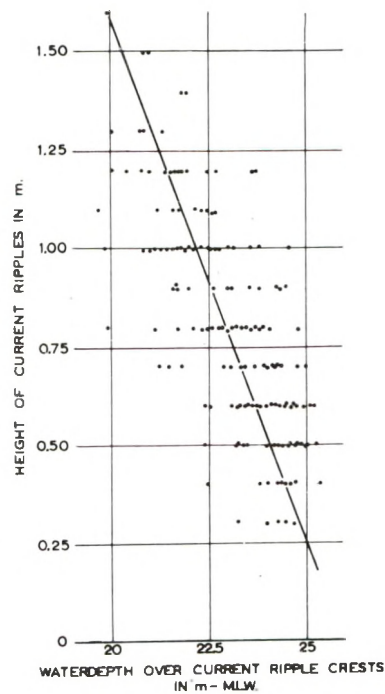


Fig.84.Variation of ripple height with water depth for ripples on side of sand waves.
(Terwindt 1971)

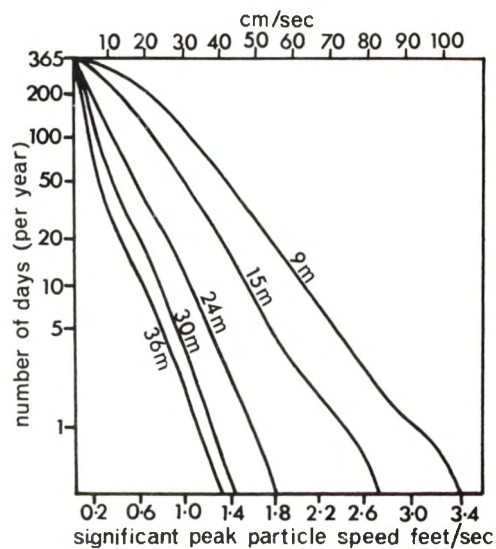


Figure 85. The percentage of time during which water particle speeds near the sea floor exceed given values for five water depths. The graph is based on instrumental wave records at Smiths Knoll lightvessel, but can probably be used to indicate oscillatory current strength for much of the Southern Bight during moderate storms (after Draper 1967).



Fig 86. Theoretical wave effectiveness at the bed from calculations based on the data of DRAPER (1967) by McCave (1971).

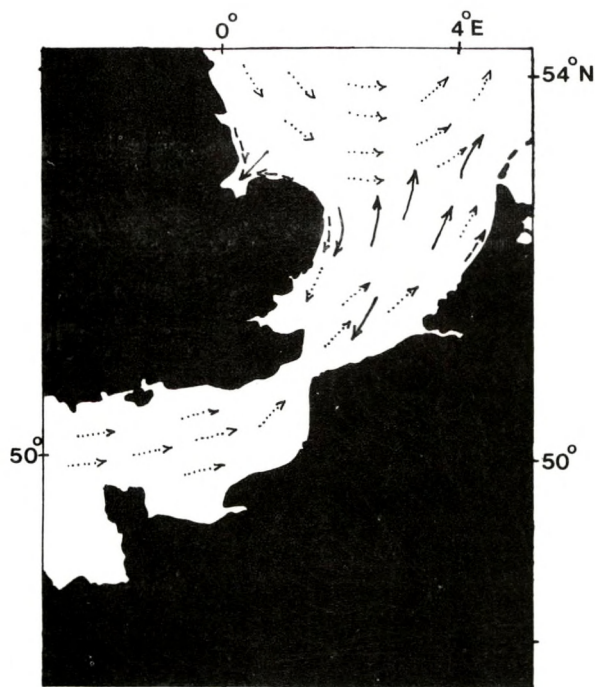


Fig 87 : Present-day sediment transport paths in the southern bight of the North Sea. Suspensions : dotted arrows ; bed transport in littoral zone : dashed arrows ; in open sea : entire arrows.

(Stride et al. 1963).

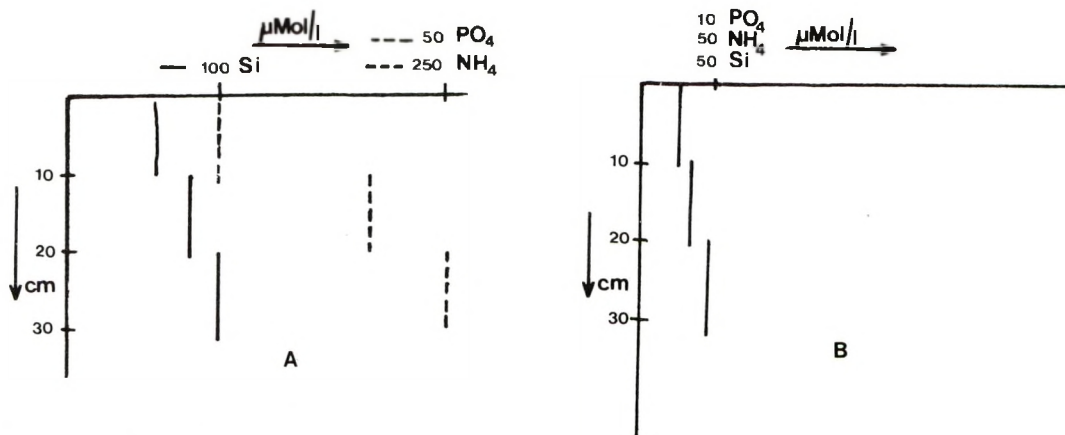


Fig 88^{a,b} : Gemiddelde profielvorm van enkele nutriënten in het interstitiële water (A) = kustwone 0-3 km
(B) = zone 3-90 km
(van der Loeff mond. med.)

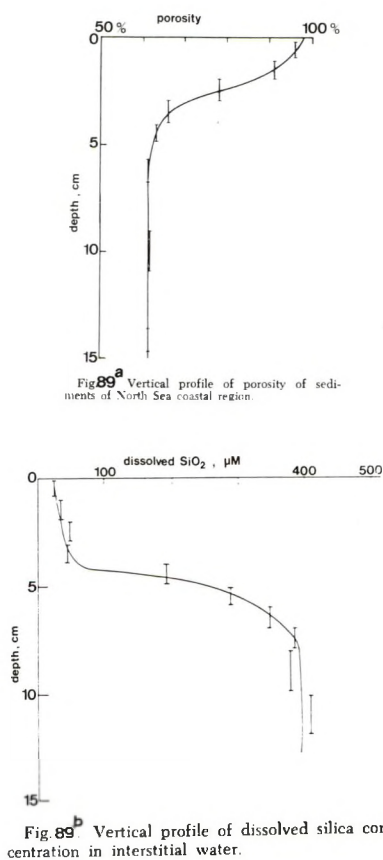


Fig.89^a Vertical profile of porosity of sediments of North Sea coastal region.

Fig.89^b Vertical profile of dissolved silica concentration in interstitial water.

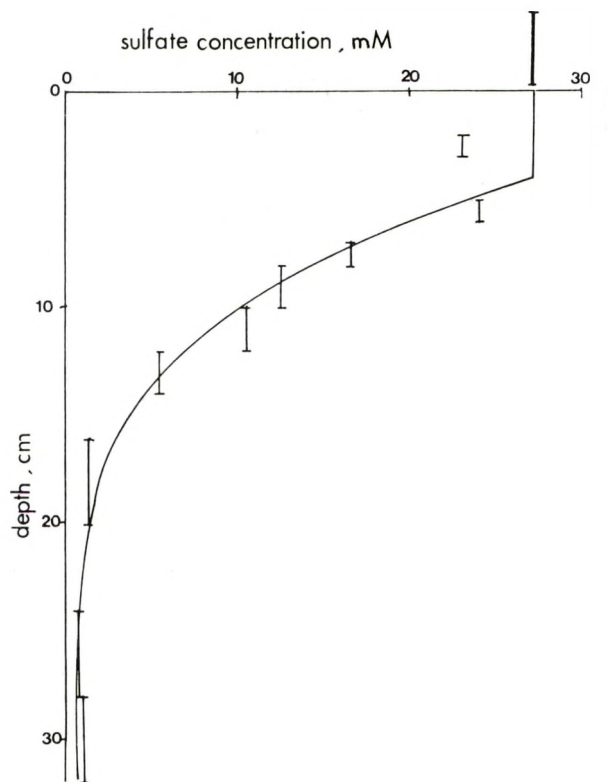


Fig.89^c Vertical profile of sulfate concentration in interstitial water.

Fig 89^{a,b,c} : (Vandenborgh et al. 1977)

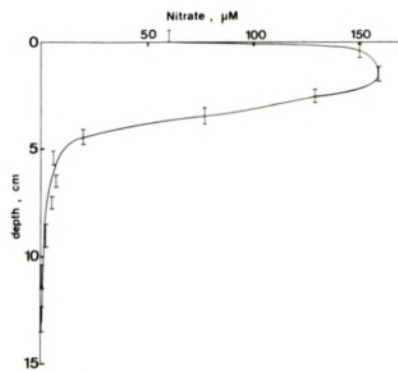


Fig.89^d Vertical profile of nitrate concentration in interstitial water.

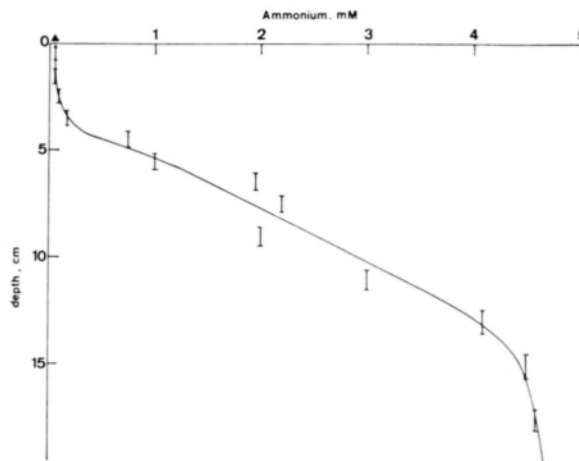


Fig.89^e Vertical profile of ammonium concentration in interstitial water.

Fig 89^{d,e}: (Vandenborgh et al. 1977).

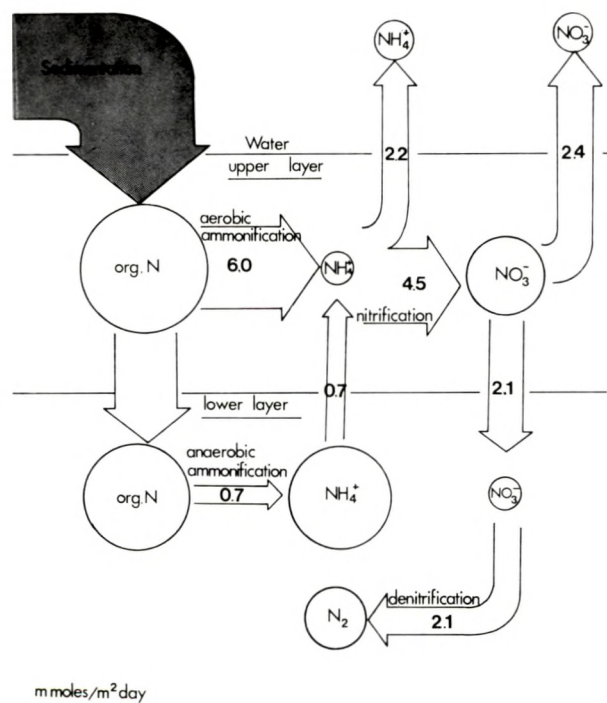


Fig 90 : Schematic representation of nitrogen transformations within the two layers of sediment and its fluxes across boundary between the two layers and sediment-water interface. (Vanderborgh et al.1977).

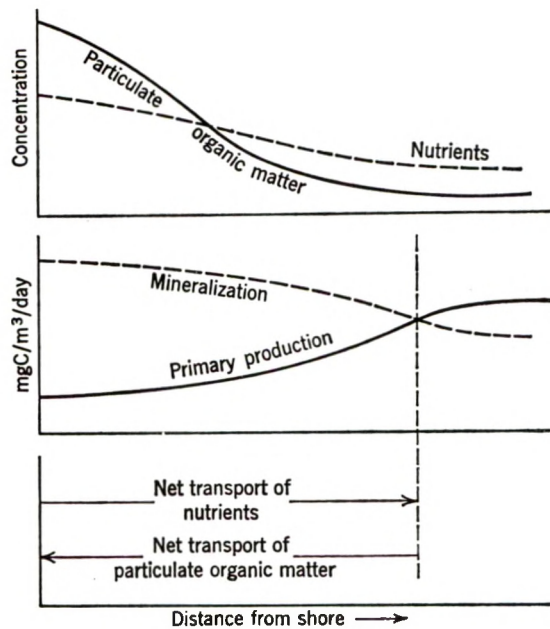


Fig.91. Cycle of organic matter and nutrients in nearshore waters.
(Postma 1967)

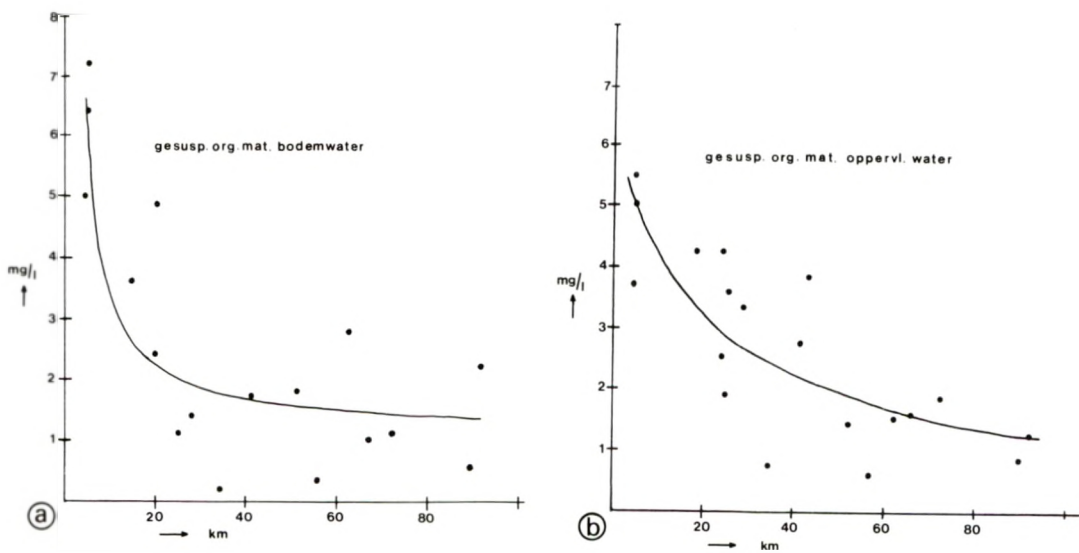
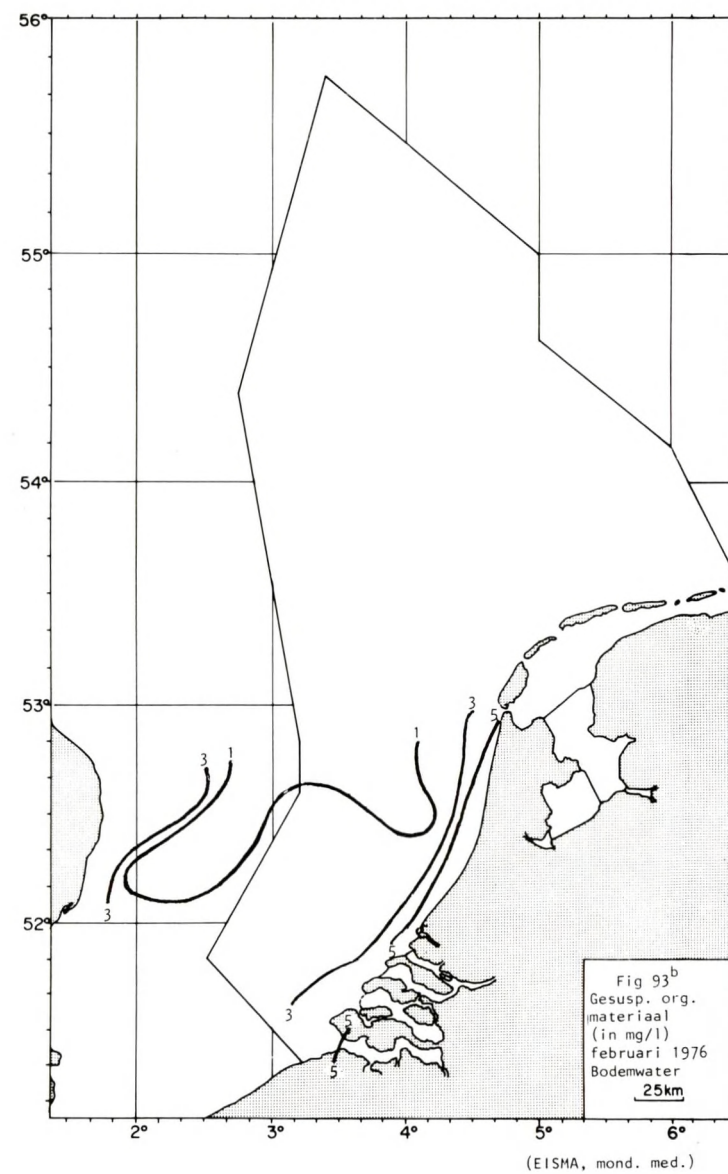
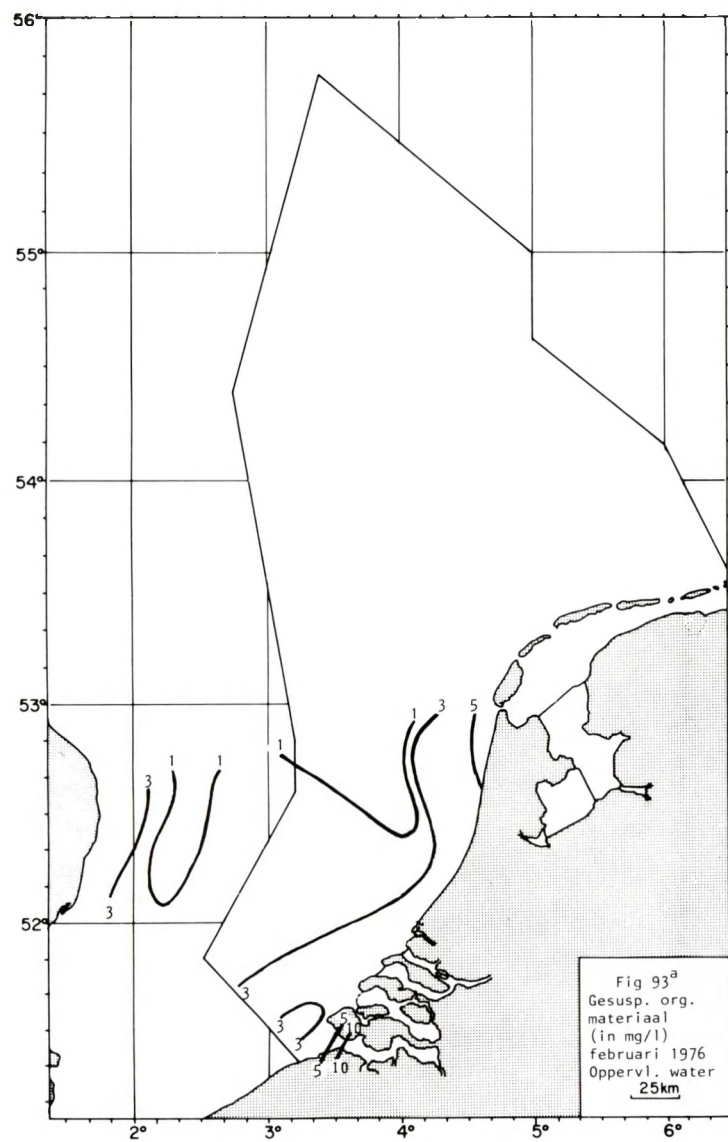


Fig 92 : Concentraties gesuspendeerd organisch materiaal in bodem (a) en oppervlakte water (b) als functie van de afstand tot de Nederlandse kust (naar Eisma mond. med.).



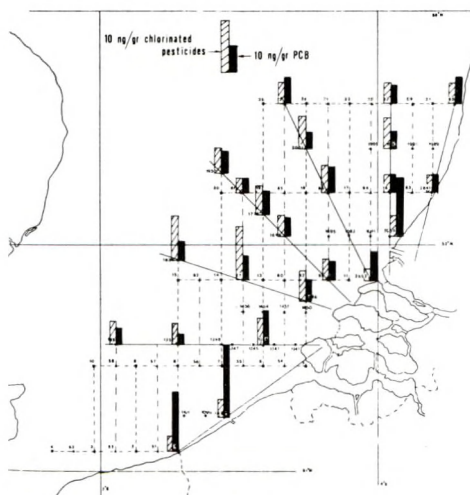


Fig 94^a : Pesticiden in het sediment
(naar Elskens 1974).

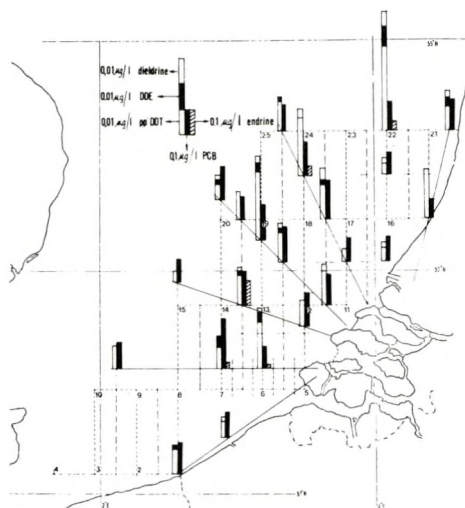


Fig 94^b : Pesticiden in zeewater
(naar Elskens 1974)

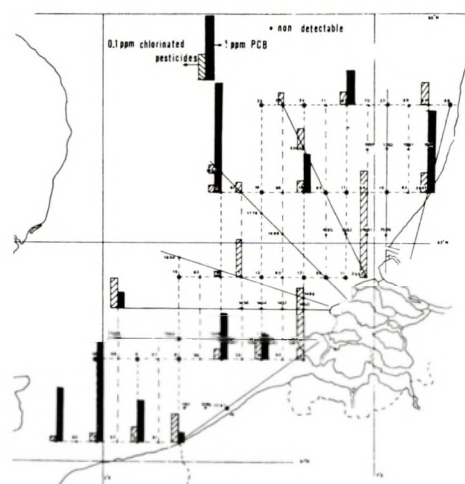


Fig 94^c : Pesticiden in plankton
(naar Elskens 1974).

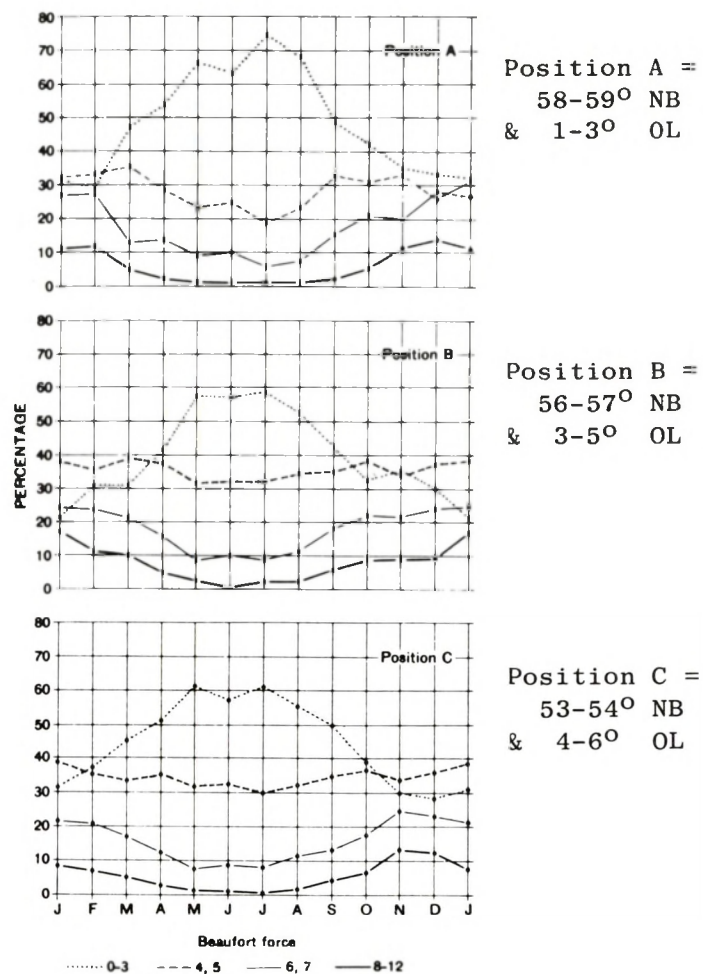


Figure 95. Frequency of wind forces in the three test fields of the northern (A), central (B), and southern (C) North Sea (see Map 7).

(Höhn 1973).

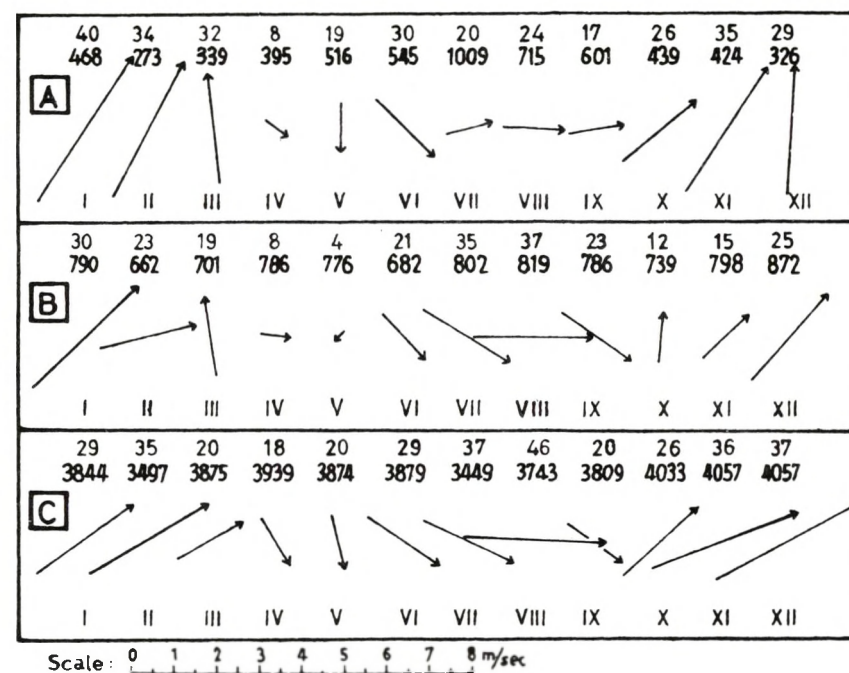
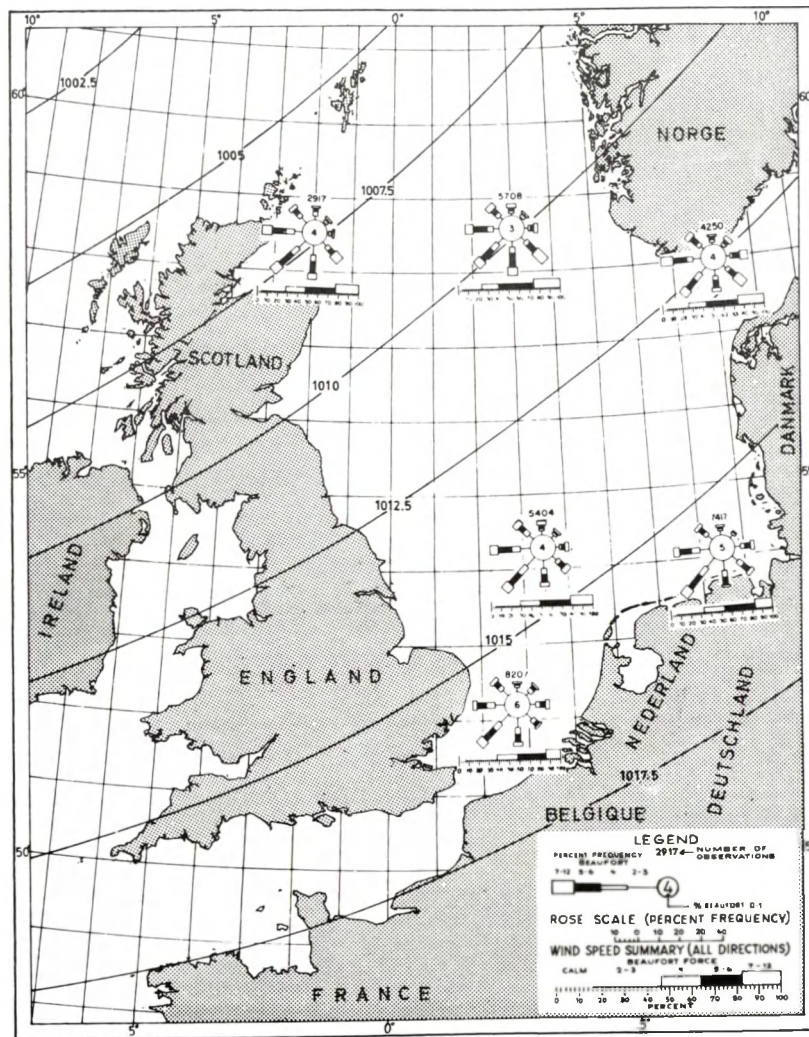


Figure 96. Annual course of the vectorial average (arrows) and constancy (upper figures) in the three test fields (lower figures: number of observations).

(Höhn 1973).



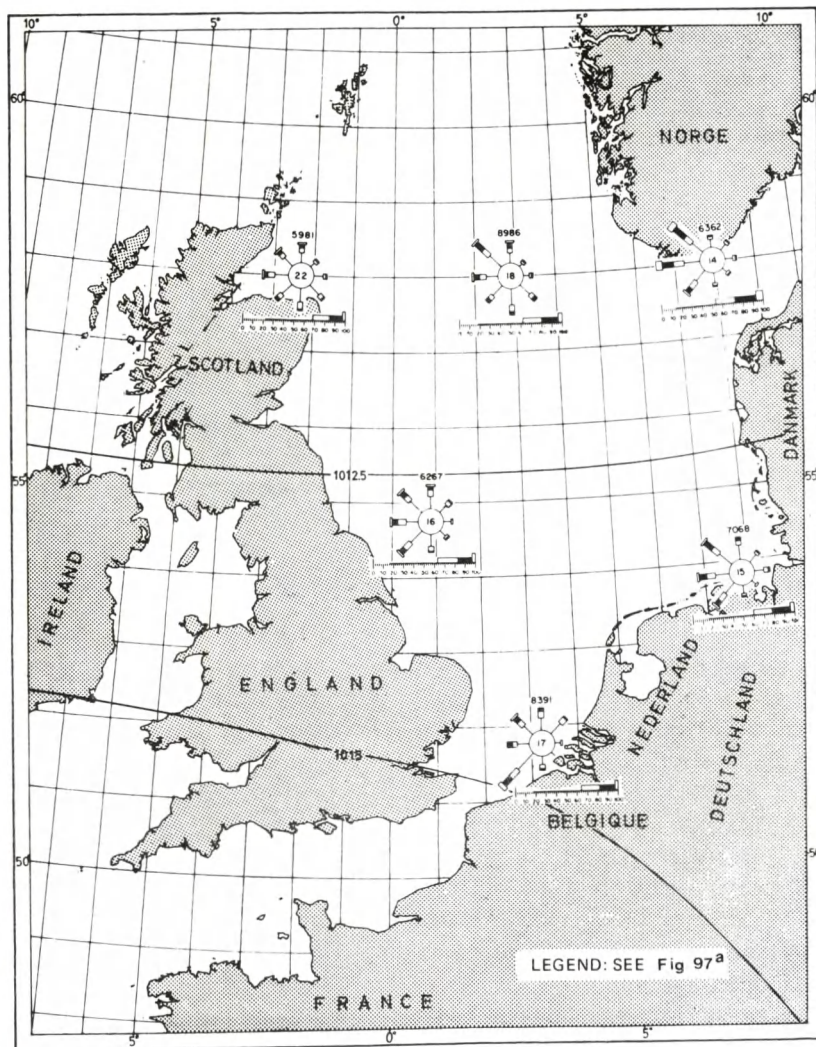


Fig 97^c Average air pressure (mb) and surface wind roses over the North Sea, July.

(Höhn 1973)

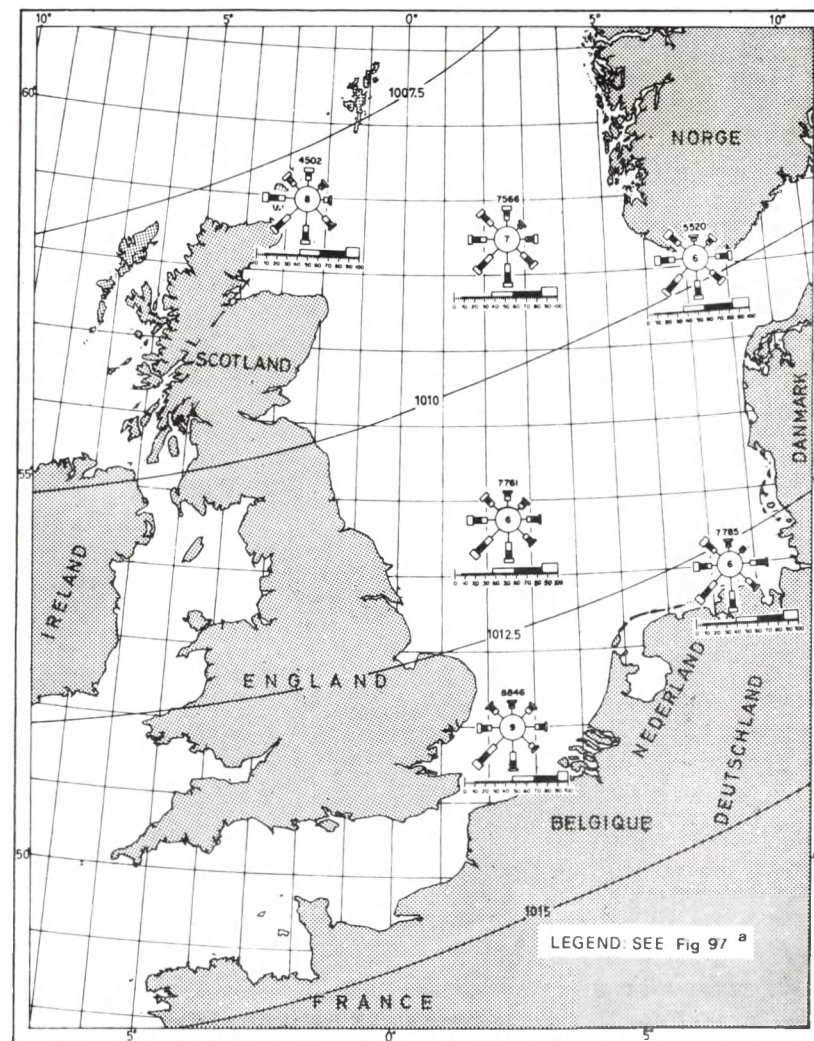


Fig 97^d Average air pressure (mb) and surface wind roses over the North Sea, October.

(Höhn 1973)

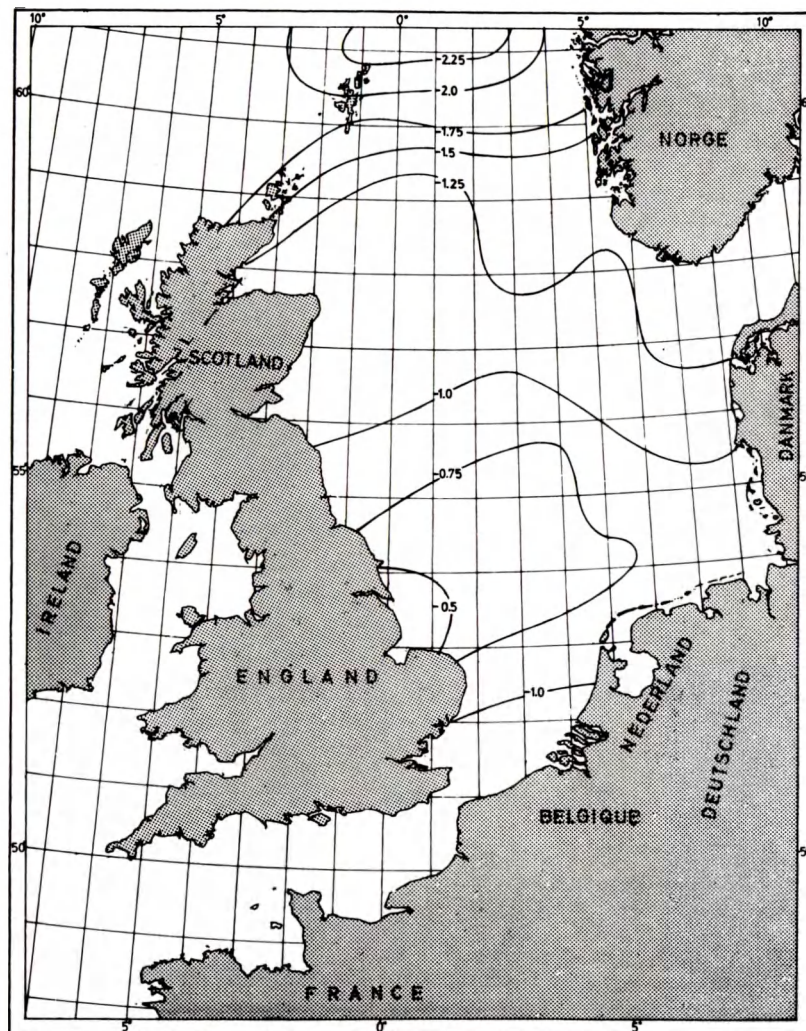


Fig 98^a. Difference between average air and sea temperatures (°C) ($T_{air} - T_{sea}$), December-February.

(Höhn 1973)

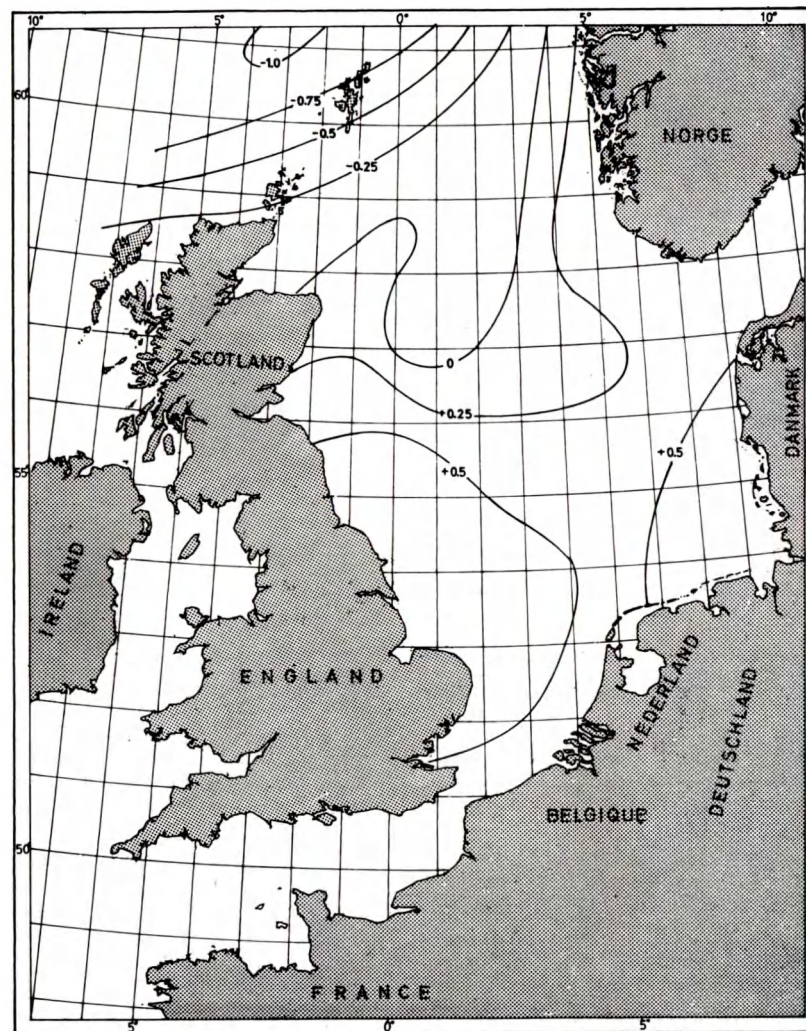


Fig 98^b. Difference between average air and sea temperatures (°C) ($T_{air} - T_{sea}$), March-May.

(Höhn 1973)

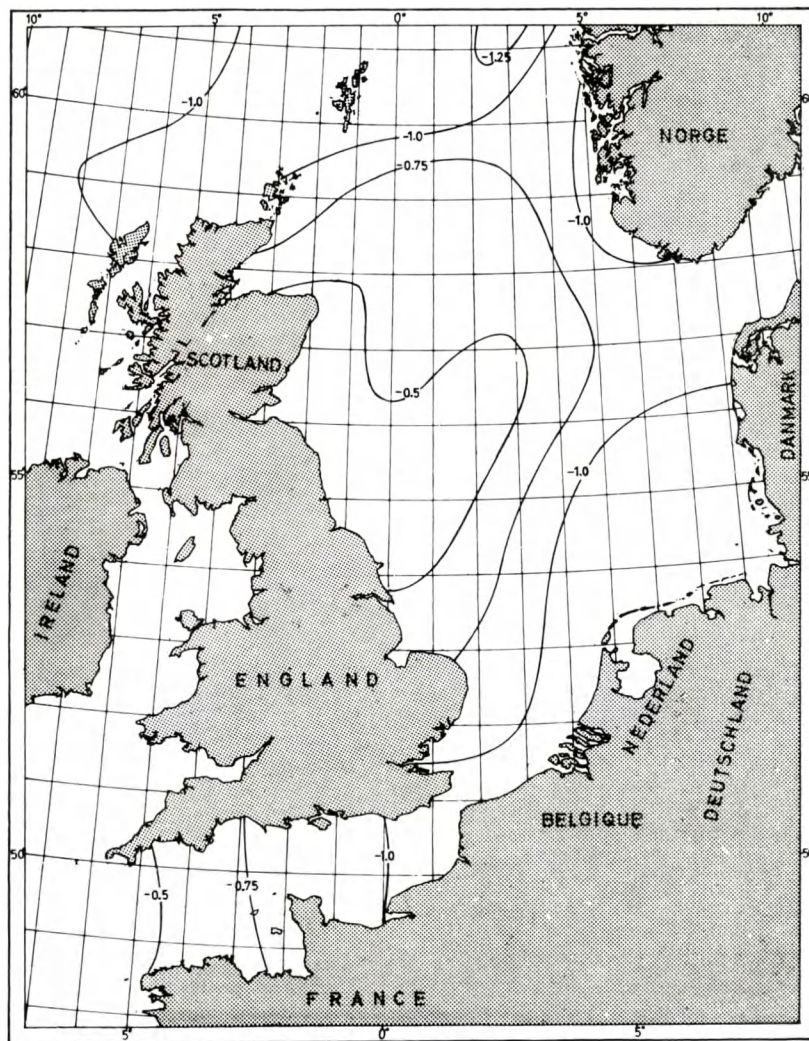


Fig 98^c Difference between average air and sea temperatures (°C) ($T_{air} - T_{sea}$). Sep-
tember–November.
(Höhn 1973)

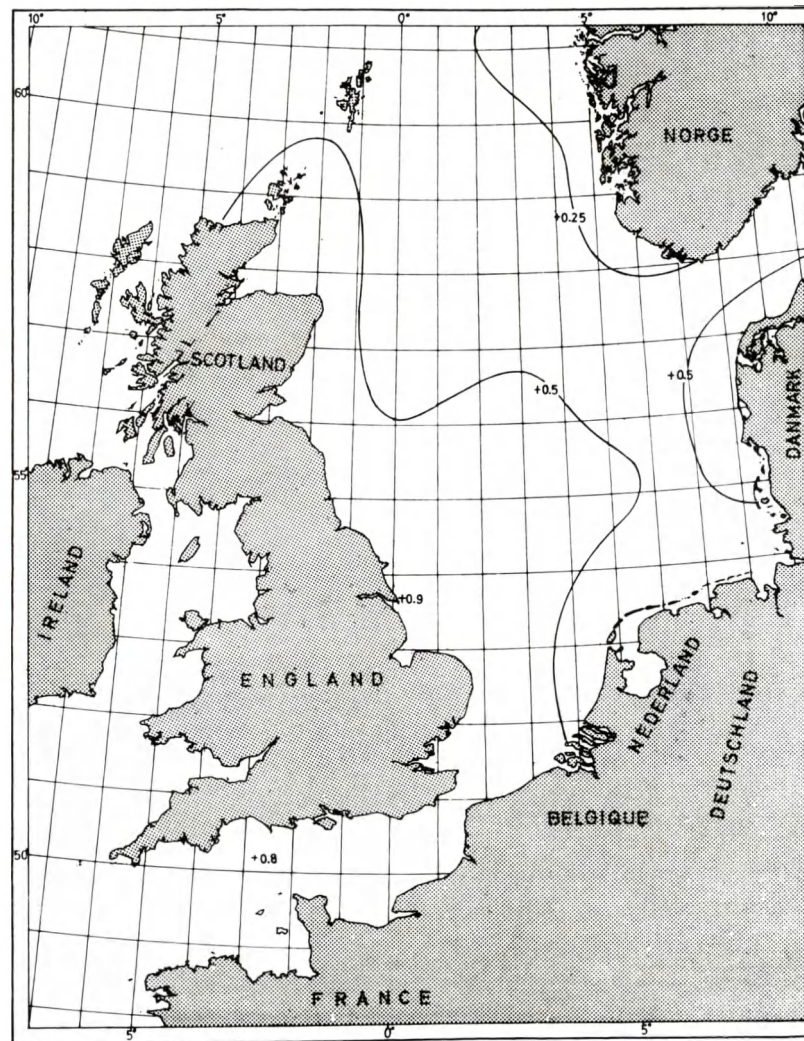


Fig 98^d Difference between average air and sea temperatures (°C) ($T_{air} - T_{sea}$). June–
August.
(Höhn 1973).

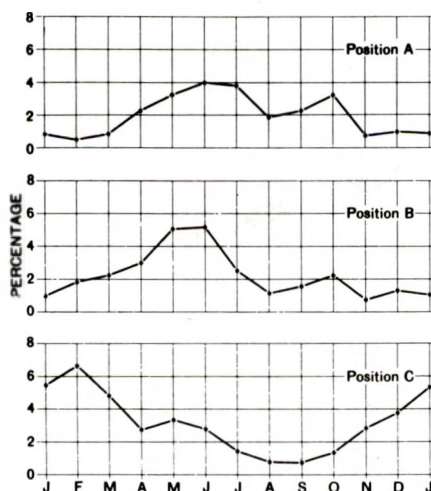


Fig 99 : Annual course of the average frequency of log in the northern (A), central (B) and southern (C) North Sea - for positions see fig 95. (Höhn 1973).

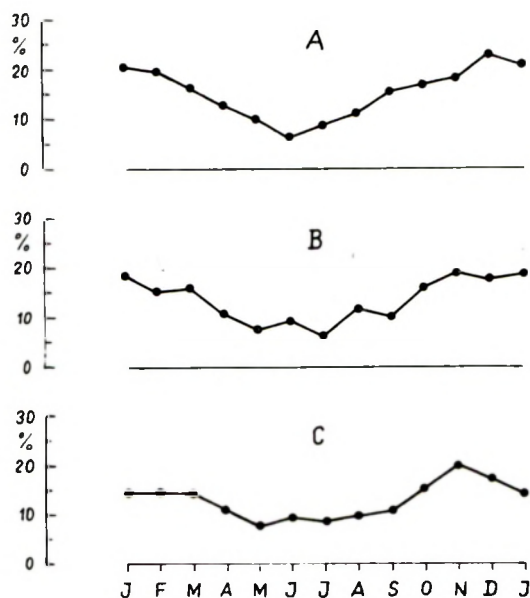


Fig 100 : Annual course of the average monthly frequency of precipitation in the northern (A), central (B), and southern (C) North Sea - for positions see fig 95. (Höhn 1973).

DEEL ***D***

BESCHRIJVING

van het

BIOTISCH MILIEU

(Drs H. Hummel)

INLEIDING

Een beschrijving van het biologische systeem van het Nederlands Continentaal Plat zou kunnen bestaan uit een inventarisatie van de soorten die er worden aangetroffen. Een dergelijke beschrijving, die overigens onvolledig zou zijn, geeft geen inzicht in de samenhang in het systeem en de invloed van de abiotische factoren hierop. Daarom is gekozen voor een opzet gebaseerd op de voedselketen, waarin via de kringloop van voedingsstoffen en de energiestroom het biologische systeem wordt benaderd.

Een voedselketen geeft de overdracht van energie aan vanuit planten naar een reeks van groepen van organismen (Odum 1971). Een voorbeeld van een voedselketen is gegeven in figuur 1. In deze figuur staan zeer schematisch de relaties tussen de in dit verslag besproken biotische eenheden uitgewerkt. De eenheden, hier gekozen, zijn deels door hun leefwijze bepaald, bv. plankton zwevend in het water, benthos levend in of op de bodem. Deels ook zijn het taxonomisch bepaalde groepen (bv. vissen, vogels) die echter wel functionele eenheden in de voedselketen vormen. Hierbij zetten de micro-organismen voornamelijk dood organisch materiaal om waarbij nutriënten vrijkomen, terwijl vissen en vogels carnivoren zijn levend van het vooral herbivore zoöplankton en het benthos. Het opgeloste organische materiaal en een deel van het detritus zijn strikt genomen niet levend, maar zijn wel een product van levende organismen en worden gebruikt door levende organismen.

De relaties tussen organismen zijn echter ingewikkelder en uitgebreider dan in figuur 1 is aangegeven, zodat in plaats van een voedselketen een voedselweb ontstaat.

Om een overzichtelijk geheel te verkrijgen zijn de biotische elementen in een aantal eenheden verdeeld. De eenheden zijn :

- a - phytoplankton
- b - zoöplankton
- c - benthos

- 99 -

- d - vissen
- e - vogels
- f - micro-organismen
- g - organische stof

In de hierna volgende hoofdstukken worden de termen open zee en kustzone gebruikt. Ze betekenen in dit verslag het volgende :

open zee : het gebied meer dan dertig kilometer van de kust

kustzone : het gebied minder dan dertig kilometer van de kust.

I - PHYTOPLANKTON

De pelagische algen, het phytoplankton, zijn in de Noordzee de voornaamste producenten van organische stof. Van de geproduceerde organische stof leven primair de herbivoren en de detritivoren, onder anderen respectievelijk zoöplankton en bacteriën.

De productie en soortsamenvatting van het phytoplankton vertonen een jaarcyclus. Onderstaande jaarcyclus is gebaseerd op gegevens van van Bennekom et al. 1975 ; Gieskes 1972, 1974, 1977 en Gieskes et al. 1975, 1977^b.

In de winter zijn er zeer weinig algen en is de productie gering of afwezig.

In het voorjaar treedt een sterke bloei van algen op zodra de gemiddelde hoeveelheid licht in de waterkolom de $0,03 \text{ gcal/cm}^2/\text{min}$ overschrijdt.

In open zee begint de bloei eind februari.

Omdat in de kustzone het water veel troebeler is (Eisma et al. 1977) begint de bloei daar weken later dan in open zee. In de meest troebele zone nabij de Rijnmond begint de bloei pas eind maart (zie figuur 2). In de beginperiode overheersen de diatomeeën. Eind maart vermindert in open zee de rol van de diatomeeën door een lage Si-concentratie ($< 0,5 \text{ } \mu\text{gat/l}$).

De flagellaat *Phaeocystis poucheti* wordt dan het meest talrijk.

Eind april kan door de *Phaeocystis*-bloei in open zee een P-tekort ontstaan, dat de algengroei remt. Aan de kust treedt, vermoedelijk door de lichtbeperkte groei en een verrijking (eutrofiëring) door de rivieren, geen nutriënten-tekort op.

Vanaf juni worden zowel in open zee als aan de kust de Dinoflagellaten, voornamelijk *Ceratium sp.*, talrijk. De diatomeeën blijven in het algemeen overheersen.

In september vindt in open zee een tweede bloei van diatomeeën plaats. De bloei wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het afnemen van de begrazing door het zoöplankton en het opnieuw vrijkomen van de nutriënten.

Nabij de kust is het water te troebel en de lichtintensiteit in het water daardoor te zwak om een tweede bloei te geven. Evenzeer als in het voorjaar komt aan de kust in het najaar het effect van eutrofiëring niet tot uitdrukking.

De productie en soortsamstelling staan onder invloed van het ingestraalde zonlicht, de temperatuur, de aanwezigheid van nutriënten (P, N en Si), de troebeling van het water en de diepte. Gevolg hiervan is dat de productie en soortsamstelling van plaats tot plaats en van week tot week sterk kunnen fluctueren.

Door de sterke variatie in tijd en ruimte is het nu nog niet mogelijk om een overzichtelijke eenduidige soortenlijst op te stellen. Een uitgebreide opsomming van algensoorten gevonden aan de nederlandse kust in opeenvolgende maanden op meerdere monsterplaatsen is gegeven door Kat (1974, 1977).

Op grond van verschillen in primaire productie en soortsamstelling komen Gieskes et al. (1975) tot de indeling van het Nederlands Continentaal Plat afgebeeld in figuur 3. Voor het Noordelijk deel van het Continentaal Plat zijn geen gegevens.

We zien in figuur 3 dat de laagste productiecijfers optreden langs de kust. Dit is te wijten aan het door troebelheid verkorte groeiseizoen (Gieskes et al., 1975). Ondanks het verkorte groeiseizoen is de productie aan de kust door de hogere productie in de zomermaanden niet veel lager dan de productie in de omringende gebieden (zie tabel I).

De consumptie van phytoplankton door het zoöplankton evenals de consumptie van organisch materiaal door heterotrofen komt in het algemeen vertraagd achter de productie van phytoplankton aan (Fransz 1977, Gieskes et al., 1977^b). De vertraging is vooral duidelijk in het

voorjaar (zie figuur 2a). De heterotrofen zijn o.a. bacteriën, zoöplankton en bodemdieren.

Een uitzondering vormt het gebied rond de Rijnmond waar vermoedelijk door de aanvoer van dood organisch materiaal (detritus) de consumptie in maart hoger is dan de productie aldaar (Gieskes 1977 ; zie fig. 2b). Oorzaken van de vertraging van de consumptie ten opzichte van de productie kunnen zijn :

- Snellere groei van het phytoplankton dan van de consumenten, zodat er niet-opgegeten algenpopulaties overblijven.
- Belemmering van de bacteriele activiteit door toxische stoffen, afgescheiden door het phytoplankton ; o.a. bekend van *Phaeocystis* (Gieskes et al. 1977^b).
- De late opkomst van het zoöplankton (zie pag.104).

In de literatuur wordt vaak melding gemaakt van het feit dat een deel van de primaire productie omgezet wordt in opgeloste organische stof, door excretie uit de levende algencel. Sharp (1977) wijt deze waarnemingen aan methodologische fouten in de monster- en bewerkingsprocedure. Volgens Sharp zijn afbraakproducten van oud en dood phytoplankton de voornaamste bron van het opgeloste organische materiaal in zee.

Gieskes et al. (1977^a) constateren dat er vanaf 1950 een toename van de hoeveelheid plankton in de Zuidelijke Noordzee is die in verband gebracht kan worden met grootschalige veranderingen in het milieu zoals windrichtingen, zeestroompatronen etc... De toename is voor het Nederlands kustgebied sterker dan voor de rest van de Zuidelijke Noordzee. De natuurlijke variatie door de grootschalige veranderingen is echter nog zeer duidelijk te herkennen zodat niet met zekerheid is te zeggen of de toename aan eutrofiëring door de rivieren te wijten is (Gieskes 1977, Gieskes et al. 1977^a).

De toename van de hoeveelheid plankton is ook in verband te brengen met de verdubbeling van de nutriënten in het kustwater van de Zuidelijke Noordzee vanaf 1950 tot 1970 (Jonge et al, 1974, Postma 1975^a).

Postma (1975^b) neemt aan, dat momenteel 30 % van de primaire productie in de Zuidelijke Noordzee te wijten is aan eutrofiëring door de rivieren.

Te verwachten is dat de toename het meest merkbaar is in de open zee waar de productie niet beperkt wordt door een door troebeling verminderde lichtintensiteit in de waterkolom, zoals in de kustzone, maar door een nutriëntentekort (zie pag.100,101).

II - ZOÖPLANKTON

Tot het zoöplankton in de Noordzee behoort een groot deel van de primaire consumenten : het herbivore zoöplankton. Het herbivore zoöplankton bestaat voornamelijk uit holoplankton (dieren die hun hele leven in het water doorbrengen). Negentig procent van het holoplankton wordt gevormd door : (Fransz 1975, 1977 ; Podamo 1974 ; Polk 1972)

- 1 - De Copepoden : *Temora longicornis*, *Pseudocalanus elongatus*, *Acartia clausi*, *Centropagus hamatus* en in mindere mate *Centropagus typicus*, *Calanus helgolandicus*, *Paracalanus parvus* en *Parapontella brevicornis*

- 2 - De Tunicaten : *Oikopleura dioica* en *Fritillaria borealis*.

Het meroplankton (dieren die alleen gedurende een deel van hun leven planktonisch zijn), voornamelijk gevormd door larvale stadia van anneliden en bivalven die zich tot benthos ontwikkelen, kan soms in een strook van 10 kilometer breed langs de kust het holoplankton domineren (Polk, 1972).

Het carnivore zoöplankton is qua biomassa en aantallen van minder belang. Het zoöplankton is van groot belang als voedsel voor vissen, carnivore zoöplanktonten en vermoedelijk in mindere mate voor het benthos.

Aan de hand van de literatuur is de volgende jaarcyclus voor biomassa en productie van het zoöplankton in de Noordzee op te stellen (Fransz 1975, 1977 ; Podamo, 1974 ; Polk, 1972).

Van december tot maart worden van het zoöplankton geringe concentraties gevonden. Zodra de temperatuur van het water hoger dan 5 à 6 °C is, begint het zoöplankton zich sterk te vermeerderen. Dit is ongeveer halverwege maart. Voordat de biomassa van het zoöplankton in april aanzienlijk kan stijgen is in open zee de phytoplanktonbloei al voorbij (zie pag.100). Aan de kust lopen phytoplankton-en zoöplanktonbloei meer synchroon.

De hoogste biomassa en productie wordt in de maanden mei tot juli bereikt. In deze tijd is de biomassa-verdeling van het zoöplankton identiek aan die van het phytoplankton ; nabij de kust het hoogst en gaande van de kust lager. Van 1000 mgC/m³ naar minder dan 200 mgC/m³.

In de zomer is de productie van het zoöplankton in open zee niet hoog door de zo nu en dan optredende voedsel (= phytoplankton) tekorten.

In de herfst neemt de biomassa geleidelijk weer af.

De biomassa en productie van het zoöplankton is buitengaats lager dan aan de kust door een in het voorjaar niet synchroon lopende en in de zomer soms geremde phytoplankton-productie (zie tabel II) (Fransz 1977).

Uit tabel II blijkt dat er een grote spreiding is in de opgegeven waarden voor de productie van en consumptie door het zoöplankton.

Opvallend hierbij is dat de consumptie nabij de kust volgens Fransz ($225 \text{ gC/m}^2/\text{j}$) hoger is dan de productie van organisch materiaal in die zone (Gieskes 1977 ; $150\text{--}200 \text{ gC/m}^2/\text{j}$). De hogere consumptie kan verklaard worden door aanvoer van organisch materiaal van elders. Mogelijk draagt het, door zoöplankton in het voorjaar onbenut, primair geproduceerd materiaal uit de open zee bij tot de aanvoer.

III - BENTHOS

De organismen die in of op de bodem leven vormen tezamen het benthos. We onderscheiden het phyto (plantaardige)- en zoö (dierlijke) benthos. Het phytobenthos is in de Noordzee van geen belang daar op de zeebodem geen of nauwelijks licht doordringt.

Het zoöbenthos is te verdelen in de epifauna en de infauna. De infauna omvat de dieren die in de bodem leven. De dieren die op het sedimentoppervlak leven behoren tot de epifauna. De epifauna kan weer verdeeld worden in sessiele en bewegende organismen.

De grens tussen infauna, epifauna en pelagische dieren is niet scherp te trekken. Bovendien hebben veel soorten zowel pelagische als benthische fasen in hun leven. Zo zijn de eieren en larven van de meeste bodemdieren pelagisch.

Gevolg hiervan is dat een aantal soorten die deels bij de epifauna behoren bij de infauna zijn ingedeeld, en dat enkele gedeeltelijk pelagisch levende soorten bij de epifauna zijn gerekend.

De benthische dieren verkrijgen hun voedsel op zeer verschillende wijzen. De beste indeling op grond van eettypes lijkt te zijn (Wolff, 1973) :

- 1 - de "suspension feeders", die zich voeden met fijn organisch materiaal dat in het water zweeft
- 2 - de "deposit feeders", die zich voeden met organisch materiaal dat fijn verdeeld op of in de bodem aanwezig is.
- 3 - de herbivoren die op grover plantaardig materiaal grazen.
- 4 - de carnivoren, die levende dieren eten.
- 5 - de omnivoren die meerdere van de hier genoemde eet-technieken hanteren.
- 6 - de aaseters die de overblijfselen van dode dieren eten.
- 7 - de micro-organismen die door middel van fagocytose het voedsel opnemen.

Waaruit het voedsel van het benthos bestaat wordt hieronder nader behandeld. Door de graaf- en eetactiviteiten heeft het benthos een grote invloed op de structuur en textuur van de bovenste laag van het sediment (bioturbatie).

De dieren worden behalve door de bovengenoemde criteria ook wel onderscheiden op grond van hun grootte. De verdeling is in micro-, meio- en macrobenthos. De grenzen zijn arbitrair maar worden veelal gelegd bij resp. 100 μ en 1 mm. De scheiding is hieronder alleen voor de infauna uitgewerkt, omdat van de andere benthische groepen de gegevens schaars zijn.

- Microbenthos : Van het microbenthos in de Noordzee is zeer weinig bekend. Protozoa en bacteriën vormen de belangrijkste groepen. Het asvrij organisch drooggewicht van de bacteriën bedraagt voor de oostelijke Zuidelijke Noordzee ongeveer 0,08-1,4 mg per m^2 (Billen 1976, Hickel et al., 1968). Zie ook het Hoofdstuk Micro-organismen. Het voedsel bestaat uit organisch afval (detritus) en de Protozoa en bacteriën zelf. Het microbenthos dient als voedsel voor alle benthos-groepen.

- Meiobenthos : Het meiobenthos is eveneens weinig onderzocht. Het bestaat voornamelijk uit nematoden, kleine crustaceeën en Protozoa. De dieren komen in zeer hoge dichtheden voor : 81.000 - 12.000.000 per m^2 (McIntyre 1961, 1964, 1975 ; Stripp 1969^b). De biomassa (in asvrij drooggewicht) is vergeleken met het macrobenthos laag : 0,25-2,0 g per m^2 . (zie ook pag 113).

Op het Belgische en zuid Nederlandse Continentale Plat vormen de nematoden, met een gemiddelde van 1147.10^3 per m^2 , 90 % van het totaal aantal meiobenthische organismen (Heip. mond. med.)

Het voedsel van het meiobenthos bestaat uit algen, micro- en meiobenthossoorten. Het meiobenthos dient als voedsel voor vislarven, juveniele vis, Hydrozoa, Nematoda en het macrobenthos.

- Macrobenthos : Het macrobenthos bestaat voornamelijk uit polychaeten, mollusken, echinodermen en crustaceeën. De aantallen variëren van 200 tot 3900 per m^2 (zie Tabel III^c). De biomassa van het macrobenthos vormt het grootste deel van de bodemfauna-biomassa : 0,3-27 g asvrij organisch drooggewicht per m^2 .

Het voedsel wordt gevormt door het phytoplankton, detritus en alle groepen van het benthos. Het macrobenthos is voedsel voor vissen, vogels en carnivore dieren van het macrobenthos.

Bij de behandeling van het benthos wordt de Noordzee veelal in een aantal gebieden, ieder met een eigen typische benthische fauna, ingedeeld. De volgende indelingen worden het meest gebruikt.

1) Onderverdeling in associaties aan de hand van de aanwezigheid van een aantal soorten die steeds naast elkaar voorkomen. De soorten behoren steeds tot het macrobenthos. De associaties worden genoemd naar en gekarakteriseerd door de soorten die dominant zijn op basis van aantallen en/of biomassa. De eerste indelingen zijn van de hand van Blegvad (1915), Petersen (1918) en Hagmeier (1923).

Voor de Noordzee komen de onderzoekers tot vier algemene associaties :

- A - *Macoma balthica* Ass.
- B - *Abra alba* Ass.
- C - *Venus gallina* Ass.
- D - *Echinocardium-filiiformis* Ass.

Sommige Deense en Duitse onderzoekers werken heden ten dage nog op basis van deze indeling.

2) Onderverdeling op grond van fysisch-chemische milieufactoren. De meest gebruikte criteria zijn sedimentstype en diepte : twee criteria die veelal in samenhang met bovengenoemde indeling zijn gebruikt.

3) Bij de derde wijze van indelen vormen populatie-dynamische criteria het hoofddoel. De aantallen en de soorten worden door een samenspel van abiotische en biotische factoren bepaald en behoeven niet in associaties voor te komen. Het centrale idee is samengevat in de "Stability-Time" hypothese van Sanders (1968). Deze houdt in dat in een fysisch stabiel milieu biologische processen zoals predatie, competitie etc. de boventoon voeren. Waar fysische stress "historisch" laag is geweest zullen veel soorten aanwezig zijn. Bij toenemende instabiliteit van het fysische milieu (=toenemende stress) neemt de invloed van biologische processen relatief af en zullen steeds minder soorten in staat zijn om in het betreffende milieu duurzaam te leven.

In de studie van de Noordzee zijn het vooral de engelse en nederlandse onderzoekers die geen associaties onderscheiden. Het onderzoek op basis van de "Stability-Time" hypothese verkeert echter nog in een te jong stadium om een overzicht voor de Noordzee te kunnen geven.

De Infauna

Op het Continentaal Plat zijn volgens Eisma (1966) en Kristensen (1959) geen associaties in de zin van Petersen (1918) aan te duiden.

Govaere (1978) komt tot de conclusie dat het bestaan van associaties tussen soorten niet ontkend kan worden.

Op grond van gegevens uit de bestaande literatuur kan het macrobenthos op het Nederlands Continentaal Plat in vier hoofdzones verdeeld worden (fig. 4). De gegevens voor het micro- en meiobenthos zijn te schaars om deze ook in de verdeling te betrekken.

De vier hoofdzones zijn :

- O : de Littorale zone
- I : de Kust zone
- II : de Offshore zone
- III : de Diepe zone

O : de Littorale zone : Tot deze zone behoren

- a - de estuaria en
- b - het strand en de brandingszone.

Deze zone is niet dieper dan 1,5 meter.

In Tabel III^a staan de literatuurgegevens samengevat.

a - De estuaria hebben een vrij hoge biomassa van gemiddeld ongeveer 25 gram asvrij droog organisch materiaal per m² (Tabel III^a). De hoofdmoot van de biomassa wordt gevormd door lamellibranchiaten en polychaeten. De aantallen variëren sterk.

b - De stranden hebben een schaarse benthische fauna. Op stranden die sterk aan de golfwerking blootgesteld staan komen bijna alleen crustaceeën voor. De biomassa is er laag en er zijn zeer weinig soorten. Op de beschutte stranden komen ook polychaeten voor en pas op de meest beschutte stranden zijn de lamellibranchiaten in belangrijke mate aanwezig.

Voor de nederlandse kust zijn er weinig gepubliceerde gegevens beschikbaar over de soort- en aantal samenstelling van het benthos op het strand. In het algemeen komen er crustaceeën en enkele soorten wormen voor (Swennen 1952).

I : de Kust zone

Deze zone gaat tot een diepte van 10 à 20 meter. Ze onderscheidt zich van de strandzone door de geringere rol van de crustaceeën en een grotere diversiteit.

De belangrijkste soorten in deze zone zijn (Dörjes 1976, Eisma 1966, Govaere 1978, Winkelman mond. med.) :

<i>Abra alba</i>	L	B1	
<i>Anaitides mucosa</i>	P		
<i>Cistena cylindraria</i>	P	A5	
<i>Eumida sanguinea</i>	P		
<i>Lanice conchilega</i>	P	A1	
<i>Macoma balthica</i>	L		
<i>Magelona papillicornis</i>	P	A4	
<i>Mysella bidentata</i>	L		
<i>Nephtys cirrosa</i>	P	A2	B4
<i>Nephtys hombergii</i>	P		B3
<i>Ophelia limacina</i>	P		
<i>Pectinaria koreni</i>	P		
<i>Scoloplos armiger</i>	P		
<i>Spiophanes bombyx</i>	P	A3	
<i>Spisula sp.</i>	L		
<i>Tellina fabula</i>	L		B2
<i>Tellina tenuis</i>	L		
<i>Cerastoderma edule</i>	L		

Legenda :

L = lamellibranchiaat

P = polychaet

A1,2... = volgorde van de belangrijkste soorten op grond van het gemiddelde aantal per monster

B1,2... = volgorde van de belangrijkste soorten op grond van de gemiddelde biomassa per monster (naar Govaere 1978).

Voorlopig zijn de gegevens van Govaere (1978) voor de biomassa en aantallen aangehouden (zie tabel III^b) ; binnenkort verschijnen van Winkelman ook cijfers voor het gebied ter hoogte van de lijn Hoek van Holland- Den Helder. De soortsamenvatting van deze zone komt deels overeen met een gemengde *Abra alba*-*Macoma balthica* Associatie. De gegevens van Govaere zijn daarom vergeleken met de beschikbare gegevens over *M. balthica* en *A. alba* Associaties in de Noordzee (zie Tabel III^b). Op grond van de biomassa vormen de lamellibranchiaten het grootste deel (> 60 %) ; op grond van de aantallen vormen de polychaeten het grootste deel (> 60 %). Op het Nederlands Continentaal Plat heeft deze

De polychaeten vormen meer dan 60 % van de aantallen en ongeveer 50 % van de biomassa, de echinodermen resp. 15 en 20 % en de crustaceeën resp. 10 en 15 %. De mollusken zijn van weinig belang. Deze zone is qua biomassa, behalve zone 0, de armste zone in de Noordzee (asvrij drooggewicht = $2,1 \text{ g/m}^2$; tabel III^d).

III : de Diepe zone

Deze zone omvat de zeebodems dieper dan 35 à 40 meter en niet dieper dan 50 meter. Hierbij is de Doggersbank op grond van de soortstelling opgenomen (zone IIb = Doggersbank).

Het verschil met de Offshore zone is de grotere rol van de echinodermen in de biomassa en de geringere rol van de polychaeten.

De volgende soorten zijn het belangrijkste (Dörjes 1976, Kirkegaard 1969, Petersen 1977, Ursin 1960) :

IIIa	<i>Amphiura filiformis</i>	E	IIIb	<i>Amphiura filiformis</i>	E
	<i>Cultellus pellucidus</i>	L		<i>Cultellus pellucidus</i>	L
	<i>Echinocardium</i> sp.	E		<i>Echinocardium</i> sp.	E
	<i>Echinocyamus pusillus</i>	E		<i>Echinocyamus pusillus</i>	E
	<i>Montacuta ferruginosa</i>	L		<i>Ensis ensis</i>	L
	<i>Ophiura albida</i>	E		<i>Macra corallina</i>	L
weinig	<i>Abra nitida</i>	L		<i>Ophiura albida</i>	E
	<i>Abra prismatica</i>	L		<i>Spisula elliptica</i>	L
	<i>Arctica islandica</i>	L		<i>Spisula subtruncata</i>	L
	<i>Mysella bidentata</i>	L		<i>Tellina fabula</i>	L
	<i>Nucula turgida</i>	L	weinig	<i>Abra prismatica</i>	L
	<i>Thracia papyracea</i>	L		<i>Arctica islandica</i>	L
	<i>Chone infundibuliformis</i>	P		<i>Donax vittatus</i>	L
	<i>Goniada maculata</i>	P		<i>Montacuta ferruginosa</i>	L
	<i>Myriochele oculata</i>	P		<i>Amphictene auricon</i>	P
	<i>Nephtys hombergii</i>	P		<i>Goniada maculata</i>	P
	<i>Nephtys longosetosa</i>	P		<i>Myriochele oculata</i>	P
	<i>Ophelia limacina</i>	P		<i>Nephtys hombergii</i>	P
	<i>Owenia fusiformis</i>	P		<i>Owenia fusiformis</i>	P
	<i>Sigalion mathildae</i>	P			

E = echinodermen
L = lamellibranchen
P = polychaeten

De soortssamenstelling vertoont gelijkenis met de *Echinocardium-filiiformis* Associatie. De gegevens van Petersen (1977, zie tabel III^c) zijn moeilijk met de beschikbare gegevens van gebieden met een *Echinocardium-filiiformis* Ass. te vergelijken door de toepassing van vers-gewicht.

Aangenomen dat 10 gram nat organisch materiaal gelijk is aan 1 gram asvrij droog kunnen we stellen dat de biomassa in de orde van 3 à 5 gram asvrij droog organisch materiaal ligt. De biomassa is op de Doggersbank hoger dan in de omgeving van de bank.

De biomassa wordt in zone IIIa voornamelijk door de echinodermen gevormd, met als belangrijkste vertegenwoordiger *Echinocardium cordatum*. Op de Doggersbank (IIIb) is de biomassa van de lamellibranchen gelijk aan die der echinodermen.

De overige gebieden van de Noordzee kunnen grofweg ingedeeld worden in de door Glémarec (1973) gegeven etage's.

A - De "coastal etage" met een diepte van ongeveer 50 tot 100 meter. Er is een biomassa van ongeveer 3-7 gram asvrij droog organisch materiaal gevonden, waarvan de polychaeten de hoofdmoot vormen, gevolgd door de lamellibranchen (McIntyre 1975, Buchanan et al., 1974). De aantallen bedroegen er 750-1300 per m².

B - De "open sea etage" die dieper dan 100 meter is. Er werd een biomassa van het macrobenthos van 6,4 gram asvrij droog organisch materiaal gevonden bij 2784 individuen per m² (McIntyre 1961, 1964, 1975).

Verhouding tussen macro- en meiobenthos : Uit de literatuur blijkt dat de biomassa van het macrobenthos steeds hoger is dan die van het meiobenthos ; de aantallen daarentegen zijn veel lager (zie de tabel hieronder) :

Tabel a : Verhouding van het macro- en meiobenthos

Gebied (auteur)	Macrobenthos : Meiobenthos		
	aantallen	biomassa	Productie
Helgoländer Bucht (Stripp 1969 ^b)	1:196 tot 1:943	24:1 tot 90:1	
Fladen (McIntyre 1961, 1975)	1:700	3:1 tot 7:1	1:1,6

Het aandeel van het meiobenthos in de totale biomassa van het benthos is gering te noemen maar door een hoge reproductie- en groeisnelheid kan de productie van het meiobenthos aanzienlijk zijn (zie tabel a). Het is daarom mogelijk dat de rol van het meiobenthos in de Noordzee onderschat is en derhalve aan te bevelen nader onderzoek aan het meiobenthos te verrichten.

Fluctuaties van de biomassa en de aantallen : Door de jaren heen kunnen de soortsaamenstelling, de aantallen individuen en de biomassa op een bepaalde plaats sterk veranderen (Buchanan et al., 1974 ; Winkelman mond. med.) De oorzaken zijn niet bekend, hoewel in ondiep kustwater de invloed van zware stormen waarschijnlijk lijkt. Gegevens voor aantals- en biomassaveranderingen binnen een jaar zijn in beperkte mate beschikbaar en zijn samengevat in Tabel b hieronder :

Tabel b : Zomer en winter verhoudingen van de aantallen en biomassa voor het macrobenthos.

Gebied (auteur)	Zomer : Winter	
	biomassa	aantallen
Zone I (Govaere et al. 1977)	1,7 : 1	1,8 : 1
Zone IIa (Govaere et al. 1977)	2,1 : 1	2,8 : 1
Waddenzee (Beukema 1974)	2 : 1	
N.O. Engeland, 80 m diep (Buchanan et al. 1974)	1,2 : 1	

Afname van de biomassa in de winter is te wijten aan een afname van de aantallen (sterfte en predatie) en individueel gewichtsverlies.

Relatie met zand-slib verhoudingen : Over het algemeen vindt men de hoogste biomassa en aantallen individuen per m^2 bij een slibgehalte groter dan 1 %; Bij een laag slibgehalte en zeer hoog slibgehalte (resp. kleiner dan 1 % en groter dan 25 %) nemen de biomassa en aantallen per m^2 af (Beukema 1976, Davis 1925, Eisma 1966, Kay et al. 1975, Stripp 1969^b)

Verklaringen voor de dichtheidsverschillen zijn :

- a - De stromingen zijn in bepaalde gebieden te sterk voor de afzetting van larven (Baggerman 1953).
- b - In rustige gebieden kunnen de larven afgezet worden en kunnen grotere hoeveelheden voedsel bezinken.
- c - In slibrijke gebieden zit meer organische stof in de bodem.
- d - Te slibrijke gebieden zijn vermoedelijk te slap voor vestiging van de meeste benthische soorten.

Samenvatting

In Tabel III^d zijn de belangrijkste gegevens samengevat.

Bij het interpreteren van de vermelde gegevens moeten we voorzichtig te werk gaan daar de onderzoekers verschillende methoden voor monstern en uitwerken gebruiken. Zo liggen de grenzen tussen macro- en meiobenthos bij verschillende afmetingen en waren niet steeds asvrij drooggewichten beschikbaar.

Alleen de grote lijn zal besproken worden.

De hoogste biomassa is te vinden op de bij laagwater droogvallende delen van de estuaria ; ongeveer 25 gram asvrij droog organisch materiaal. Het gehele Nederlandse Continentale Plat heeft een lagere biomassa namelijk ongeveer 0,3 tot 5 gram per m².

De hoogste biomassa en aantallen zijn te vinden in de gebieden met een relatief hoog slibgehalte (meer dan 1 % van de fractie < 50µ). De biomassa is in de zomer hoger dan in de winter.

Het strand (zone Ob) is het meest arm ; de rijkste zones in het Nederlands deel van de Noordzee zijn zone I (zie figuur 4) en de Doggersbank (IIIb). De aantallen individuen variëren van 200 tot 4000 en lijken voor iedere zone vrijwel gelijk te zijn.

De diergroepen die het meest tot de biomassa en de aantallen bijdragen zijn de lamellibranchen en polychaeten. In zone Ob(strand) echter komen bijna geen schelpdieren en wormen voor maar overheersen de crustaceeën en in zone III zijn de echinodermen ook van groot belang.

De gegevens van andere vergelijkbare gebieden (Tabellen IIIa + b + c) stemmen qua biomassa, aantallen en soort-samenstelling vrij goed overeen. De diversiteit, gemeten als het aantal soorten in een monster van $0,2 \text{ m}^2$, is in zone 0 zeer laag en neemt gaande naar zone III steeds meer toe. In het licht van de "Stability-Time" hypothese van Sanders (1968) kan gezegd worden dat gaande van zone 0 naar zone III de stabiliteit van het fysisch-chemisch milieu steeds meer toeneemt. In zone 0 zijn maar weinig soorten in staat om zich te handhaven door de sterk wisselende temperatuur op een dag of door het jaar heen, de sterke golfwerking, etc...

Deze instabiliteit zou een verklaring kunnen zijn voor de grote variatie in tijd en ruimte van de aantallen en biomassa van het benthos die waargenomen is door Eisma (mond. med.) en Winkelman (mond. med.) voor zone 0, I en II.

De Epifauna

Voor de op de bodem levende en bewegende dieren in de Noordzee zijn, behalve voor de garnaal, zeer weinig gegevens aanwezig. Creutzberg brengt binnen afzienbare tijd enige artikelen uit over de epifauna van de Centrale en Zuidelijke Noordzee. Voorlopig wordt onderstaande opsomming, gebaseerd op Boer (1974, 1975), aangehouden. De door Boer als meest algemeen aangeduide soorten voor een gebied ten westen van Texel zijn :

<i>Asterias rubens</i>	E	
<i>Crangon crangon</i>	C	
<i>Echinocardium cordatum</i>	E	C = crustacee
<i>Echinocyamus pusillus</i>	E	E = echinoderm
<i>Macropipus holsatus</i>	C	
<i>Ophiotrix fragilis</i>	E	
<i>Ophiura</i> sp.	E	
<i>Pagurus bernhardus</i>	C	

De demersale vissen die in principe ook bij de epifauna behoren worden behandeld onder het Hoofdstuk Vissen.

De garnaal : *Crangon crangon* : De garnaal komt voor in de estuaria en de kustzone. In gebieden met een sterke eutroficatie door rivieren komt de garnaal in hogere dichtheden voor (Boddeke 1975^b). Bij de Rijnmond is in september de dichtheid ongeveer 2000 garnalen per 1000 m². De dichtheid neemt af tot nul op een afstand van 50 kilometer van de kust. Boven Terschelling en Ameland is de dichtheid aan de kust 1000 garnalen per 1000 m² en komen ze tot op 15 kilometer uit de kust. In de herfst migreren de garnalen uit de estuaria naar de open zee (Boddeke 1975^a, 1976). Het mechanisme dat de migratie op gang brengt is waarschijnlijk de mate van temperatuurfluctuaties waar de garnaal aan blootgesteld is. Dieren die meer aan vervellen toe zijn, zijn gevoeliger voor temperatuurfluctuaties, evenals sexueel rijpere dieren t.o.v. minder rijpe dieren.

In een zachte winter is het mogelijk dat de minst rijpe garnalen overblijven in de diepe geulen tussen de wadplaten.

De garnalen trekken niet verder dan 50 à 70 kilometer uit de kust. In het voorjaar trekken de garnalen gebruikmakend van de getijdenstromingen weer naar de kust en estuaria.

De garnalen paaien in een periode van tien maanden, van november tot en met september (de Veen 1977). De larven groeien binnen een jaar op tot volwassen garnalen.

Een lage watertemperatuur in het voorjaar wordt gevolgd door een hoge biomassa voor de garnalen in het daaropvolgende najaar (Boddeke 1975^b). De oorzaak hiervan is waarschijnlijk de langzame ontwikkeling van de eieren bij een lage temperatuur zodat de larven later in het voorjaar in de kustwateren komen en daar betere levensvoorwaarden, d.w.z. meer voedsel vinden. Het voedsel van de garnaal-larven bestaat uit zoöplankton, dat van de grotere garnalen uit onder meer wormen, mollusken, detritus en soms kleine vissen en vislarven. (Havinga, 1930).

Belangrijke predatoren op de garnaal zijn schar, kabeljauw, wijting en horsmakreel.

IV - VISSEN

Het grootste deel van de gegevens over vissen in de Noordzee heeft betrekking op commerciële belangrijke soorten. Deze vissoorten nemen waarschijnlijk ook het grootste deel in van de biomassa, en vermoedelijk tevens van de productie, van de gehele visstapel in de Noordzee. In de periode 1964-1969 is door een verhoogde visserij-intensiteit en vangstcapaciteit de totale visvangst in de Noordzee toegenomen van circa 1,5 tot 3 miljoen ton (Holden 1975).

Ruim 90 % van de vangst wordt bepaald door een elftal vissoorten : haring, sprot, kever, kabeljauw, koolvis, schelvis, wijting, zandspiering, makreel, schol en tong (Bulletin statistique 1975)(Tabel IV). De haring, makreel en tong zijn sterk overbevist. Gevolg van de sterke overbevissing zijn kleinere jaarklassen en de laatste jaren afnemende visvangsten voor deze soorten (Cole et al. 1973, Holden 1975, de Veen mond. med.).

De visvangst bedroeg in de jaren 1970 tot en met 1974 voor de Zuidelijke Noordzee (ICES zone IVc) gemiddeld 2,4 ton per km² en voor de Centrale en Noordelijke Noordzee resp. 4,6 en 5,8 ton per km² (Bulletin Statistique 1970-1974). Voor de gehele Noordzee bedroeg de visvangst 5,1 ton per km².

Acht van de elf belangrijkste soorten zijn algemeen op het Nederlands Continentaal Plat (Tabel IV). Voor de schol en de tong geldt dat een groot deel van het Noordzee-bestand, namelijk ongeveer een derde op grond van de biomassa, op het Nederlands Continentaal Plat leeft (de Veen mond. med.). De acht soorten hebben belangrijke paaigebieden op het Nederlands Continentaal Plat (figuren 5 t/m 12). Een figuur voor de wijting ontbreekt, de gegevens staan in tabel V.

Opvallend is dat in de wintermaanden en het vroege voorjaar van een viertal vissoorten belangrijke paaigebieden samenvallen in het zuidelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat (figuur 13). Vermoedelijk kan de wijting ook bij deze groep ingedeeld worden.

De eieren van de meeste vissoorten zijn pelagisch (tabel V). De haring en zandspiering zetten de eitjes af op een zandbodem met grind en/of schelpen. De larven van alle acht op het Nederlands Continentaal Plat algemene soorten zijn pelagisch (Tabel V).

De stromingen voeren de pelagische eieren en larven mee, zodat de eieren en larven van de in de Zuidelijke Noordzee paaiende vissen naar het Noordoosten drijven. Sommige soorten lijken over een mechanisme te beschikken om zich als larve naar de kust te laten transporteren. De Nederlandse kustzone en de Waddenzee vervullen een belangrijke rol als "Kinderkamer" voor de schol, tong, haring en mogelijk ook voor de kabeljauw en wijting (ICES 1971, 1974^c, 1975 ; Klimaj et al. 1957 ; Postuma et al. 1975 ; Zijlstra 1968, 1972, 1975). Voor de andere soorten is dit niet bekend. In figuur 14 is het "Kinderkamer-gebied" afgebeeld. Doorgaans verlaten de juveniele vissen de kustzone laat in de herfst. Alleen de schol en de tong komen in de daaropvolgende twee jaren nog voor een groot deel in het "Kinderkamer-gebied" terug (Corten 1977 ; Daan 1975^b ; ICES 1965, 1974^{abc} ; de Veen 1973 ; Zijlstra 1972, 1975).

Van de rondvis (kabeljauw, wijting) is bekend dat ze als juveniel pelagisch leven, maar als adult in de nabijheid van de bodem voorkomen. Zandspiering leeft overdag ingegraven in de bodem en gedurende de nacht pelagisch. De adulte platvissen brengen hun gehele leven op of nabij de bodem door. De overige soorten (haring, sprout, makreel) hebben geen wezenlijke binding met de bodem en leven pelagisch.

Het voedsel (Tabel V) : Het voedsel van de larvale vissen bestaat uit planktonische organismen, voornamelijk copepoden en diatomeeën.

De juveniele stadia van de haring, sprout, zandspiering en makreel eten voornamelijk copepoden. De adulte exemplaren, behalve sprout, eten daarenboven kleine vissen.

Juveniele en adulte platvissen eten benthische dieren, zoals mollusken, polychaeten en crustaceeën.

De juveniel kabeljauwachtigen eten veel crustaceeën (o.a. *Crangon crangon*) en bij het ouder worden steeds meer vis. De adulte vis eet veel vis.

Organismen belangrijk als prooidier zijn :

- 1 - de copepoden
- 2 - benthische dieren
- 3 - zandspiering

Biomassa en productie : Op het Nederlands Continentaal Plat is door sterke jaarlijkse fluctuaties van het visbestand en de uitgebreide migratie de productie en biomassa van de meeste vissoorten niet exact te berekenen.

De Veen (mond. med.) schat voor het Nederlandse deel van de Noordzee de biomassa van de schol op ongeveer 116.500 ton (versgewicht), en van de tong op ongeveer 11.800 ton. Dit is voor beide vissoorten 31 % van de totale "Noordzee-biomassa".

Steele (1974) geeft een schatting van de productie in de gehele Noordzee. Hij neemt aan dat de visvangst 80 % van de totale sterfte onder demersale en 50 % bij de pelagische vissen veroorzaakt. Hieruit berekent Steele dat de bodemvissen 0,26 en de pelagische vissen 0,80 gC/m²/j produceren. Een eigen schatting van de visproductie staat in onderstaande tabel.

Tabel c : De gemiddelde visproductie in de Noordzee (gC/m²/j)

Gebied (N=Noordzee (ICES-zone))	Zuidelijke N (IVc)	Centrale N (IVb)	Noordelijke N (IVa)
Platvissen	0,07	0,04	0,003
Kabeljauwachtigen	0,13	0,20	0,34
Overige vissen	0,08	0,37	0,42
TOTAAL	0,28	0,61	0,76

(Aangenomen dat a : $\frac{\text{Productie}}{\text{Visvangst}} = 1,25$ voor Platvissen ; $\frac{P}{V} = 1,33$ voor Kabeljauwachtigen en $\frac{P}{V} = 2$ voor de overige vissen.
b : 12,5 gram natgewicht = 1 gC.)

Voor al in de Zuidelijke Noordzee is de productie zeer laag. Bereken als percentage van de primaire productie is de visproductie in de Noordelijke Noordzee ongeveer 1 %, in de Zuidelijke Noordzee slechts iets meer dan 1 % (Tabel VIII). Oorzaken voor de lage productie in de Zuidelijke Noordzee zouden kunnen zijn :

1 - De aanwezigheid van kleiner zoöplankton, zodat de voedselketen langer en "minder efficient" wordt.

2 - De lage biomassa van het macrobenthos (Tabel III^d).

V - VOGELS

De gegevens voor de vogels die op de Noordzee fourageren zijn te fragmentarisch en te onvolledig om een juist beeld te geven van de aantallen en de plaatsen waar ze verblijven. Voorbeelden hiervan zijn de gegevens van Boer 1971, von Goethe 1970 en Joiris 1972.

Schattingen van het totaal aantal vogels dat op de Noordzee fourageert liggen in de orde van 700.000 tot 20.000.000 (Evans 1973, Swennen mond.med.). Voor de Zuidelijke Noordzee schat Swennen (1975) het aantal vogels binnen tien kilometer uit de kust op gemiddeld 11 per km² en daarbuiten op 2,8. Voor de Centrale Noordzee ligt de schatting op 3,4 per km².

Een overzicht van de soorten die op de Noordzee fourageren is gegeven door Bellamy et al. (1973).

Het voedsel van de zeevogels bestaat voornamelijk uit pelagische dieren : kleine vis, crustaceeën en cephalopoden. Duikeenden kunnen in de kustzone ook bentische dieren eten, zoals mollusken, wormen en stekelhuidigen (Swennen mond. med.).

De vogeltrek (Swennen mond.med.)

Van vrijwel alle Noord- en Midden-Europese vogelsoorten trekken er individuen over de Noordzee. De voornaamste trekroutes zijn :

van (broedgebied)	naar (overwinteringsgebied), vice versa
I Groenland en IJsland	Zuid Europa en Afrika
II Noord Europa	Zuid Europa en Afrika
III West en Midden Europa	Groot Britannië en Ierland

De vliegroutes van de vogels binnen een groep gaan over een breed front nagenoeg parallel aan elkaar.

Bij slecht weer is het mogelijk dat de vogels die van het Europese vasteland naar Engeland of Schotland willen vliegen eerst langs de kust naar het zuiden trekken om pas bij goed weer en anders pas bij het Nauw van Calais over te steken ; dit is gestuwde trek.

Over zee trekkende vogels worden door eilanden aangetrokken ; de parallelle trek-lijnen komen dan in één punt te zamen. Een voorbeeld hiervan is Helgoland. De trekkende vogels worden tot uit een ontrek van 40 à 50 km. aangetrokken. De vogels rusten op het eiland uit.

Van meeuwen is bekend dat ze door eilanden in voedselrijke gebieden worden "aangetrokken" (Swennen mond. med.).

VI - MICRO-ORGANISMEN

Aan de micro-organismen van de zeebodem en het zeewater van de Noordzee is tot nu toe ten aanzien van de biomassa, productie en activiteit weinig onderzoek in het veld verricht.

Het onderzoek heeft zich veelal beperkt tot het tellen van de aantallen bacteriën zonder onderscheid te maken tussen de soorten en zonder zich rekenschap te geven van de rol der soorten in het ecosysteem.

In het algemeen worden de micro-organismen op één hoop geveegd en als belangrijk bestempeld voor de afbraak van organische stof en het "recyclen" van de nutriënten (mineralisatie).

In Tabel VI zijn de gegevens voor de aantallen en biomassa van micro-organismen voor de Noordzee samengevat.

In het zeewater als ook in de bodem zijn de hoogste aantallen en biomassa nabij de kust te vinden. Polk (1972) vindt een positieve correlatie tussen de aantallen bacteriën en het gesuspendeerd organisch materiaal in het zeewater. Voorts is even na de phytoplanktonbloei de concentratie bacteriën in het zeewater het hoogst (Joiris 1974), zodat het lijkt of phytoplanktoncellen de voornaamste voedselbron voor micro-organismen zijn.

In de bodem worden veel hogere aantallen per ml. gevonden dan in het zeewater.

De biomassa van de micro-organismen is van weinig betekenis. Door hun snelle "Turn-over rate" zou de productie echter wel hoog kunnen zijn, waarbij ze mogelijk een aanzienlijke voedselbron voor het benthos en het zoöplankton zijn. Onderzoek naar de productie van de micro-organismen is dan ook hard nodig.

VII - ORGANISCHE STOF IN HET ZEEWATER EN DE BODEM

Voor de Zuidelijke Noordzee (hier ten zuiden van 54° N.B.) komt Postma (1973) tot de conclusie dat de organische stof voornamelijk ter plaatse geproduceerd wordt (minimaal 35×10^6 ton/jaar). Een kleine hoeveelheid, ongeveer $3,5 \times 10^6$ ton/jaar, wordt door de rivieren en vanuit het Kanaal en de Noordelijke Noordzee aangevoerd.

De voornaamste bron van het opgeloste en gesuspendeerde organische materiaal is het phytoplankton (Riley 1970). De verdeling in "levend" en "dood" organisch materiaal is voor de Noordzee niet goed bekend. Krey (1961) geeft een overzicht voor de Noordzee waaruit blijkt dat in de kustzone van de Zuidelijke Noordzee het gesuspendeerd materiaal uit meer dan 90 % "dood" materiaal bestaat. In open zee en de Centrale Noordzee varieert het percentage "dood" materiaal van 50 tot 90 %. Tijdens een phytoplanktonbloei bestaat waarschijnlijk een groot deel van de organische stof uit phytoplankton en bacteriën.

De verdeling van de organische stof over de bodem en het zeewater in de Zuidelijke Noordzee is samengevat in Tabel VII. Voor de Centrale Noordzee zijn er geen gegevens.

De concentratie gesuspendeerd organisch materiaal bereikt in de kustzone de hoogste waarden en is aldaar ongeveer gelijk aan de concentratie in de Waddenzee. In open zee worden zeer lage, de oceaan gelijkende, concentraties gevonden. In de bodem worden voor de totale hoeveelheid organische stof ook de hoogste waarden nabij de kust gevonden.

Daarentegen ligt de concentratie opgeloste organische stof in het zeewater voor zowel de kustzone als de open zee en oceaan in dezelfde orde van grootte.

Maximale waarden voor de organische stof in het zeewater komen even na de voorjaarsbloei voor (Duursma 1961, Steyaert-Plancke et al. 1974).

De hogere concentratie aan gesuspendeerd organische stof in de kustzone wordt mogelijk veroorzaakt door aanvoer van elders. Ten eerste wordt er organische stof door de rivieren aangevoerd. Dat er merkbaar organische stof wordt aangevoerd blijkt uit de consumptie van organisch materiaal in het Rijnmondgebied voordat in het voorjaar de primaire productie is

begonnen (figuur 2^b).

Ten tweede is het mogelijk dat vanuit de open zee organische stof door dispersie of kustgerichte bodemstromen naar de kustzone toestroomt.

Voor het sediment bestaat een positieve correlatie tussen organische stof en de fractie kleiner dan 16 μ (Salomons et al.1978). Het percentage organische stof in het sediment is dus afhankelijk van de korrelgrootte-verdeling.

Mineralisatie : Postma (1973) berekent dat ongeveer 90 % van de in de Zuidelijke Noordzee aanwezige organische stof *in situ* wordt gemineraliseerd. De rest wordt afgevoerd naar de Waddenzee (Postma 1975^b ; ± 10 %) en de Noordelijke Noordzee.

De situering van de mineralisatie in het sediment en zeewater is voor de Noordzee nauwelijks onderzocht.

De desaminering- en nitrificatieactiviteit in het sediment is het hoogst in de zuurstofrijke bovenlaag van het sediment en neemt toenarmate het organisch stofgehalte hoger is (Billen 1976). Voor het zeewater zijn geen cijfers bekend.

In de oceaan speelt de mineralisatie zich voornamelijk af in de bovenste 100 meter van de waterkolom via de hogere organismen (In : Vosjan 1977). Voor de Waddenzee speelt de mineralisatie in het sediment ook een belangrijke rol.

De mineralisatie-activiteit in zowel het oceaانwater als de Waddenzeebodem neemt exponentieel met de diepte af. In het Waddenzee-sediment vindt echter in zijn totaal de meeste mineralisatie plaats in de iets diepere anaerobe laag waar sulfaatreductie belangrijk is (Vosjan et al. 1977).

Mogelijk is de mineralisatie in de Noordzee een tussenvorm van die in de oceaan en de Waddenzee.

De mineralisatiesnelheid in het zeewater en de bodem is niet bekend. Eerste metingen in het kader van het Belgisch R-D programma Leefmilieu-Project Zee geven een mineralisatie (+respiratie) te zien die bijna 20 maal zo hoog is als de productie van organisch materiaal (Joiris, 1977). De oorzaak van deze discrepantie is nog onbekend (Joiris, Mommaerts, Polk, mond.med.). Duidelijk is wel dat de bacteriën een belangrijke rol spelen in de mineralisatie.

LITERATUUR

	Pagina
Inleiding, Discussie, Samenvatting	127
Phytoplankton, Zoöplankton	127
Benthos	130
Vissen	134
Vogels	139
Micro-organismen, Organische Stof	140

LITERATUUR

Inleiding, Discussie, Samenvatting

Dietrich G., 1955

Hydrographic conditions in the southern North Sea in march 1955, based on a multiple ship survey.

Annls biol., Copenh. 12 : 74-76

Hydrografische Dienst, 1965

Some oceanographic and meteorological data of the southern North Sea Spec. Issue, nr 1, Hydrogr. Newsl. 1.

ICES, 1977^a

Second report of the ICES working group on effects on fisheries of marine sand and gravel extraction.

Coop. Res. Rep., 64.

Odum E.P., 1971

Fundamentals of ecology

W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.

Saunders H.L., 1968

Marine benthic diversity : a comparative study.

Am. Nat. 102 : 243-282

Steele J.H., 1974

The structure of marine ecosystems.

Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne.

Phytoplankton, Zoöplankton

Bé A.W.H., J.M. Forns & O.A. Roels, 1971

Plankton abundance in the North Atlantic Ocean. In : Fertility of the sea

Ed : J.D. Costlow. Gordon and Breach Science Publishers Inc. New York.

Bennekom A.J. van, W.W.C. Gieskes & S.B. Tijssen, 1975

Eutrophication of Dutch coastal waters.

Proc. R. Soc. Lond. B 189 : 359-374

Billen G., 1976

Etude écologique des transformations de l'azote dans les sédiments marins.

Thèse Faculté des Sciences, Université libre de Bruxelles.

Cadée G.C. & J. Hegeman, 1974^a

Primary production of phytoplankton in the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 : 240-259

Cadée G.C. & J. Hegeman, 1974^b

Primary production of the benthic microflora living on tidal flats in

the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 : 260-291

Cushing D.H., 1973

Productivity in the North Sea. In : North Sea Science

Ed : E.D. Goldberg. MIT Press. p : 249-266.

Duursma E.K., 1963

The production of dissolved organic matter in the sea, as related to the primary gross production of organic matter.

Neth. J. Sea Res. 2 : 85-94.

Eisma D. & W.W.C. Gieskes, 1977

Particle size spectra of non living suspended matter in the Southern North Sea.

Intern Verslag N.I.O.Z., Texel 1977-7.

Fransz H.G., 1975

The spring development of calanoid copepod populations in the Dutch coastal waters as related to primary production.

10th Eur. Symp. Mar. Biol., Ostend, Belgium, Vol 2 : 247-269

Fransz H.G., 1977

Productiviteit van zoöplankton in de zuidelijke bocht van de Noordzee.

Vakblad van Biologen 57, 17 : 288-291

Gieskes W.W.C. 1972

Primary production, nutrients and size spectra of suspended particles in the Southern North Sea.

Intern Rapport N.I.O.Z., Texel 1972-16 : 1-39.

Gieskes W.W.C., 1974

Phytoplankton and primary production studies in the Southern Bight of the North Sea, eastern part, in 1972.

Annls biol., Copenh. 29 : 54-61

Gieskes W.W.C., 1977

Primaire productie en eutrofiëring in de zuidelijke Noordzee

Vakblad van Biologen 57, 16 : 267-270

Gieskes W.W.C. & A.J. van Bennekom, 1974

Eutrofication in Dutch coastal waters of the North Sea.

Meeting of ICES Study Group of the Southern Bight

Gieskes W.W.C. & G.W. Kraay, 1975

The phytoplankton springbloom in Dutch coastal waters of the North Sea

Neth. J. Sea Res. 9 : 166-196

Gieskes W.W.C. & G.W. Kraay, 1977^a

Changes in the plankton of the North Sea and its eutrophic Southern Bight from 1948-1976.

Neth. J. Sea Res. 11

- Gieskes W.W.C. & G.W. Kraay, 1977^b
Primary production and consumption of organic matter in the southern North Sea during the spring bloom of 1975.
Neth. J. Sea Res. 11 : 226-247
- Jonge V.N. de & H. Postma, 1974
Phosphorus compounds in the Dutch Wadden Sea
Neth. J. Sea Res. 8: 139-153
- Kat M., 1974
Phytoplankton aan de Hollandse kust
Visserij 27 : 146-158
- Kat M., 1977
Four years phytoplankton investigations in the Dutch coastal area, 1973-1976
ICES, C.M. 1977/L : 2
- Koblenz-Mishke O.J., V.V. Volkovinsky & J.G. Kabanova, 1970
Plankton primary production of the world ocean. In : Scientific exploration of the South Pacific
Ed : W.S. Wooster. Washington D.C., Nat. Ac. Sc. p. 183-293
- Mommaerts J.P., 1973
On primary production in the south bight of the North Sea
Br. Phycol. J. 8 : 217-231
- Podamo Jo, 1974
Aspects of dynamic biology in the Southern Bight of the North Sea and the sluice dock at Ostend.
Math. Modelsea. ICES, C.M. 1974/C : 1
- Polk P., 1972
Le Plancton. Modèle Mathématique, Rapport de synthèse
Progr. Nat. Envir. Phys. Biol. p : 325-384 (Belgie)
- Polk P., M. Bossicart & M. Daro, 1975
Studie van het zoöplankton te Nieuwpoort
Med. Rijksst. v. Zeevisserij, n^o 99
- Postma H., 1975^a
De belasting met organische stof van de westelijke Waddenzee. In : Symposium Waddenonderzoek
Werkgroep Waddengebied, Med 1.
- Postma H, 1975^b
The nutrient contents of North Sea water - changes in recent years.
Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes.
n^o 4.

Sharp J.H., 1977

Excretion of organic matter by marine phytoplankton : Do healthy cells do it ?

Limnol. Oceanogr. 22 : 381-399

Steele J.H., 1956

Plant production on the Fladen ground.

J. mar. biol. Ass. U.K. 35 : 1-33

Steele J.H., 1974

The structure of marine ecosystems

Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne

Benthos

Baggerman B., 1953

Spatfall and transport of *Cardium edule* L.

Archs. néer-. Zool. 10 : 315-342

Beukema J.J., 1974

Seasonal changes in the biomass of the macrobenthos of a tidal flat in the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 8 : 94-107

Beukema J.J., 1976

Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea

Neth. J. Sea Res. 10 : 236-261

Beukema J.J., 1977

De rol van bodemdieren in de voedselketens van de zee

Vakblad van Biologen 57, 17 : 284-287

Blegvad H., 1915

Food and conditions of nourishment among the communities of invertebrate animals found on or in the sea bottom in Danish waters.

Rep. Dan. Biol. Stat. 22 : 41-78

Boddeke R., 1975^a

Autumn migration and vertical distribution of the brown shrimp

Crangon crangon L. in relation to environmental conditions.

Proc. 9th Eur. mar. biol. Symp. Ed. : H. Barnes. Aberdeen University Press. p. 483-494

Boddeke R., 1975^b

Changes in the stock of brown shrimp (*Crangon crangon* L) in the coastal area of the Netherlands.

ICES, Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes. n° 37.

Boddeke R., 1976

The seasonal migration of the brown shrimp *Crangon crangon*.

Neth. J. Sea Res. 10 : 103-130

Boer P., 1974-1975

De verspreiding van enkele diergroepen in de Zuidoostelijke Noordzee aan de hand van visserijgegevens.

Het Zeepaard 34 : 42-54, 66-87,

35 : 2-8

Buchanan J.B., P.F. Kingston & M. Sheader, 1974

Long-term population trends of the benthic macrofauna in the offshore mud of the Northumberland coast

J. mar. biol. Ass. U.K. 54 : 785-795

Buchanan J.B. & R.M. Warwick, 1974

An estimate of benthic macrofaunal production in the offshore mud of the Northumberland coast

J. mar. biol. Ass. U.K. 54 : 197-222

Davis F.M., 1925

Quantitative studies on the fauna of the sea bottom

n^o 2, Results of the investigation in the Southern North Sea 1921-1924

Fish. Invest. London (Ser 2) 8 : 1-50

Dörjes J., 1976

Primärgefüge, Bioturbation und Makrofauna als Indikatoren des Sandversatzes im Seegebiet vor Norderney (Nordsee). II Zonierung und Verteilung der Makrofauna.

Senckenb. marit. 8 : 171-188

Eisma D., 1966

The distribution of benthic marine molluscs of the main Dutch coast

Neth. J. Sea Res. 3 : 107-163

Glemarec M., 1973

The benthic communities of the European continental North Atlantic continental shelf.

Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 11 : 263-289

Govaere J.C.R., L.K.H. Thielemans & R. de Boever (in press).

Studie van het macrobenthos in de Zuidelijke Noordzee.

ICES (ICWB)

Govaere J.C.R., 1978

Numerieke analyse van het makrobenthos in de Southern Bight (Noordzee)

Proefschrift, R.U. Gent, Fakulteit der Wetenschappen.

Hagmeier A., 1923

Vorläufige Berichte über die vorbereitenden Untersuchungen der Bodennauna der Deutschen Bucht mit dem Petersen-Bodengreifer.

Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch., N.E. 1 : 247-272.

- Havinga B., 1930
Der Granat (*Crangon crangon* Fabr.) in den holländischen Gewässern
J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 5 : 57-87
- Kay D.G. & R. D. Knights, 1975
The macro-invertebrate fauna of the intertidal soft sediments of south east England.
J. mar. biol. Ass. U.K. 55 : 811-832
- Kristensen I., 1959
The coastal waters of the Netherlands as an environment of molluscan life
Basteria, 23, Supplement : 18-55
- McIntyre A.D., 1961
Quantitative differences in the fauna of boreal mud associations
J. mar. biol. Ass. U.K. 41 : 599-616
- McIntyre A.D., 1964
Meiobenthos of sublittoral muds.
J. mar. biol. Ass. U.K. 44 : 665-674
- McIntyre A.D., 1970
The range of biomass in intertidal sand, with special reference to the bivalve *Tellina tenuis*
J. mar. biol. Ass. U.K. 50 : 561-575
- McIntyre A.D., 1975
The benthos of the Western North Sea
Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes.
n° 14. ICES
- Mandos M. A., 1975
Macro-benthos-onderzoek in de Noordzee (Review)
Intern Verslag. N.I.O.Z. Texel
- Nienhuis J. 1967
Gegevens over de verspreiding, groei en jaarklasseverdeling van Mollusca voor vier gebieden in de zuidelijk Noordzee
Intern Verslag N.I.O.Z. Den Helder
- Parsons T.R., M. Takahashi & B. Hargrave, 1977
Biological oceanographic processes
Second edition. Pergamon Press.
- Petersen C.G.J., 1918
The seabottom and its production of fish food. A survey of the work done in connection with the valuation of the Danish waters from 1883-1917
Rep. Dan. Biol. Stat. 25 : 1-62

Petersen G.H., 1977

The density, biomass and origin of the Bivalves of the Central North Sea
Meddr. Danm. Fisk.-og. Hav., N.S., 7 : 221-273

Sanders H.L., 1968

Marine benthic diversity : a comparative study
Am. Nat. 102 : 243-282

Smidt E.L.B., 1951

Animal production in the Danish Wadden Sea.
Meddr, Komm. Danm. Fisk.-og Hav. (serie Fiskeri), 11 : 1-151

Stripp K., 1969^a

Die Assoziationen des Benthos in der Helgoländer Bucht
Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 12 : 95-141

Stripp K., 1969^b

Das Verhältnis von Makrofauna und Meiofauna in den Sedimenten der
Helgoländer Bucht.
Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 12 : 142-148

Swennen C., 1952

Het strand, als er niets te beleven valt.
Zeepaard 12 : 46, 47, 74, 75

Ursin E., 1960

A quantitative investigation of the Echinoderm fauna of the central
North Sea.
Meddr. Danm. Fisk.-og Hav., N.S. 2 : 1-204

Veen J.F. de, 1977

Aspecten van de Nederlandse zee- en kustvisserij (II)
Visserij 8 : 453-487

Warwick R.M. & R. Price, 1975

Macrofauna production in an estuarine mudflat.
J. mar. biol. Ass. U.K. 55 : 1-18

Wolff W.J., 1973

The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom
macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt.
Zool. Verh. n^o 126, 242 pp.

Wolff W.J. & L. de Wolf, 1977

Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen estuary, the
Netherlands.
Estuar. Coast. Mar. Sci. 5 : 1-24

Zijlstra J.J., 1968

De betekenis van de Waddenzee voor de visserij
Visserij 21 : 267-277

Kirkegaard J.B., 1969

A quantitative investigation of the Central North Sea Polychaeta
Spolia zool. Mus. haun. 29 : 1-284

Vissen

Boddeke R., 1971

The influence of the strong 1969 and 1970 year-classes of cod on the
stock of Brown Shrimp along the Netherlands coast in 1970 and 1971
ICES, C.M. 1971/K : 32

Bowers A.B., 1969

Spawning beds of Manx autumn herring
J. Fish. Biol. 1 : 355-359

Braber L. & S.J. de Groot, 1973

The food of five flatfish species (Pleuronectiformes) in the Southern
North Sea.

Neth. J. Sea Res. 6 : 163-172

Bulletin Statistique, 1970-1974

Bulletin Statistique des pêches maritimes

Vol. 55-59. Cons. Int. Explor. Mer. Charlottenlund Slot, Danemark

Bulletin statistique, 1975

Advance release of tables 1-5 of Bulletin statistique des pêches mari-
times

Cons. Int. Explor. Mer. 58

Cheng C., 1941

Ecological relations between the herring and the plankton off the
north-east coast of England.

Hull Bull. Mar. Ecol., 1 : 239-254

Cole H.A. & M.J. Holden, 1973

History of the North Sea fisheries, 1950-1969

In : North Sea Science. Ed : E.D. Goldberg. MIT Press. p. 337-360

Corten A., 1977

Report of the ICES young herring survey in the North Sea in 1977

ICES, C.M. 1977/H : 12.

Cushing D.H., 1972

The production cycle and numbers of marine fish.

In : Conservation and productivity of natural waters. Ed. : R.U.

Edwards & D.J. Garrod. London, Zoological Society. p. 213-232

Cushing D.H. & J.P. Bridger, 1966

The stock of herring in the North Sea, and changes due to fishing

Fish. Invest. II, XXV. 1 : 1-62

- Daan N, 1970
Dutch cod egg and larvae surveys in 1970
Annls biol., Copenh. 27 : 88-89
- Daan N., 1973^a
Results of dutch cod egg surveys in the North Sea in 1973
ICES, C.M. 1973/F : 37
- Daan N., 1973^b
Results of study of consumption and production of North Sea cod.
ICES C.M. 1973/F : 38
- Daan N., 1973^c
A quantitative analysis of the food intake of North Sea cod, *Gadus morhua*
Neth. J. Sea Res. 6: 479-517
- Daan N., 1975
Changes in cod stocks and cod fisheries in the North Sea
Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes.
N° 24
- Daan N. & B. Vingerhoed, 1974
Results of dutch cod egg surveys in the North Sea in 1974
ICES, C.M. 1974/F : 14.
- Dickson R.R., J.G. Pope & M.J. Holden, 1974
Environmental influences on the survival of North Sea cod. In : The
early life history of fish.
Ed. : J.H.S. Blaxter. Springer Verlag, Berlin
- Feldman V.N., 1974
Soviet investigations of young sprat in the North Sea.
Annls Biol. Copenh. 31 : 153-155
- Harding D., J.H. Nichols & J.D. Riley, 1974
Preliminary estimates of egg production and mortality in the 1968
North Sea cod spawning
ICES, C.M. 1974/F : 21
- Harding D., J.H. Nichols & D.S. Tungate, 1975
The spawning of the plaice in the southern North Sea and English Channel
Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes.
N° 42 ICES
- Hislop J.R.G., M.J. Holden & N. Daan, 1974
A combined report on the pelagic O-group gadoid surveys undertaken by
Scotland, England and the Netherlands in the North Sea in 1974.
ICES, C.M. 1974/F : 15
- Holden M.J., 1975
Long-term changes in the landings of fish from the North Sea with
particular reference to the periode 1930-1938 and 1960-1969.

Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes.
N° 15 ICES

ICES, 1965
Report of the working group on sole
Coop. Res. Rep. 5, 126 pp

ICES, 1971
Report by the North Sea roundfish working group on North Sea cod.
ICES, C.M. 1971/F : 5

ICES, 1974^a
Report on the I- and II-group cod, haddock and whiting, caught during
the international young herring survey 1974.
ICES, C.M. 1974/F : 16

ICES, 1974^b
Report on the working group on North Sea young herring surveys
Coop. Res. Rep. 52 (id. ICES, C.M. 1974/H : 6)

ICES, 1974^c
Survey of fish resources in the North-east Atlantic
Coop. Res. Rep. 37, 111 pp.

ICES, 1975
Report on the North Sea flatfish working group.
ICES, C.M. 1975/F : 4

ICES, 1977^b
Report on the gadoid I-group working group
ICES, C.M. 1977/F : 19

Johnson P.O. & W.A. Dawson, 1975.
The distribution of eggs and larvae of some pelagic fish species in
the central and southern North Sea during June 1972.
ICES, C.M. 1975/H : 13

Jones R., 1954
The food of the whiting and a comparison with that of the haddock
DAFS Marine Res., 1954, n° 2, H.M.S.O., Edinburgh

Khanh N. van, I. Drzycimski & J. Chojnacki, 1972
A contribution to the biology of sprat (*Sprattus sprattus balticus*
Schneider) from the Bornholm Bassin
ICES, C.M. 1972/H : 23

Klimaj A. & S. Rutkowicz, 1957
Fishing atlas of the North Sea
Korski Instytut Rybacki, Gdynia

- Lebour M.V., 1919
The food of young fish
J. mar. biol. Ass. U.K. 12 : 261-325
- Macer C.T., 1965
The distribution of larval sandeels (*Ammodytidae*) in the southern North Sea
J. mar. biol. Ass. U.K. 45 : 187-207
- Macer C.T., 1966
Sandeels (*Ammodytidae*) in the south-western North Sea : their biology and fishery
Fish. Invest., Series II, 24, 6, 56 pp
- Macer C.T. & A.C. Burd, 1970
Fishing for sandeels
Lab. Leaflet Fish. Lab. Lowestoft 21 : 1-9
- Muus B.J., 1966
Zeevissengids
Elsevier ; Amsterdam, Brussel
- Nagabhushanam A.K., 1964
On the biology of the whiting, *Gadus merlangus*, Manx waters.
J. mar. biol. Ass. U.K., 44 : 177-202
- Parrish B.B., A. Saville. R.E. Craig, I.G. Baxter & R. Priestley, 1959
Observations on herring spawning and larval distribution in the Firth of Clyde in 1958
J. mar. biol. Ass. U.K. 38 : 445-453
- Pommeranz T., 1975
Report on the international surveys of herring larvae in the North Sea and adjacent waters.
ICES, C.M. 1975/H : 29
- Postuma K.H., A. Saville & R.J. Wood 1975
Herring spawning grounds in the North Sea
ICES, C.M. 1975/H : 46
- Postuma K.H., J.J. Zijlstra & N. Das, 1965
On the immature herring of the North Sea
J. Cons. perm. int. Explor. Mer 29 : 256-276
- Rae, B.B., 1967
The food of cod in the North Sea and on west of Scotland Grounds
DAFS Marine Res., 1967, n^o 1, H.M.S.O., Edinburgh
- Rauck G. & J.J. Zijlstra, 1975
On the nursery aspects of the Wadden Sea for some commercial fish species and possible long-term changes.
ICES, Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their

causes. n^o 36

Rijland J.S., 1964

The feeding of plaice and sandeel larvae in the southern North Sea
J. mar. biol. Ass. U.K. 44 : 343-364

Saville A. & D.W. McKay, 1973

Report on the international surveys of herring larvae in the North
Sea and adjacent waters in 1972/1973
ICES, C.M. 1973/H : 13

Simpson A.C., 1947

Notes on the occurrence of fish eggs and larvae in the southern bight of
the North Sea during the winter of 1946-1947
Annls biol., Copenh. 4 : 90-94

Simpson A.C., 1948

Notes on the occurrence of fish eggs and larvae in the southern bight
of the North Sea during the winter of 1947-1948
Annls biol., Copenh. 5 : 90-97

Simpson A.C., 1959

The spawning of plaice in the North Sea
Fish. Invest. London 22 : 1-111

Steele J.H., 1965

Some problems in the study of marine resources.
Spec. Publ, Int. Comm. N.W. Atl. Fish. 6 : 463-476

Steele J.H., 1974

The structure of marine ecosystems.
Blackwell Scientific Publ., Oxford, London, Edinburgh, Melbourne

Tungate D.S., 1975

The distribution and abundance of chaetognaths and the ctenophore
Pleurobrachia pileus in the southern North Sea in 1968 and their
importance as predators of plaice eggs and larvae.
MAFF, Fish. Lab., Tech. Rep. Ser., 18 : 31 pp

Veen J.F. de, 1965

On the strength of year-classes in sole
ICES, C.M. 1965, n^o 62

Veen J.F. de, 1973

Netherlands flatfish recruitment surveys in the North Sea in 1968-1972
Annls biol. Copenh. 30 : 175-182

Wallace P. D. & C.A. Pleasants, 1972

The distribution of eggs and larvae of some pelagic species in the
English Channel and adjacent waters in 1967 and 1968
ICES, C.M. 1972/J : 8

Wallauschek E. & J. Lützen, 1963
Study of problems relating to radioactive waste disposal into the
North Sea. I. Oceanographical and biological conditions in the North Sea
O.E.C.D. (E.N.E.A.), Paris.

Walsh M., 1974
The distribution and abundance of adolescent mackerel in the North Sea
ICES, C.M. 1974/H : 32

Winslade P., 1974^a
Behavioural studies on the lesser sandeel *Ammodytes marinus* (Raitt).
I. The effect of food availability on activity and role of olfaction
in food detection
J. Fish biol. 6: 565-576

Wood R.J., 1974
Report on the international surveys of herring larvae in the North
Sea and adjacent waters in 1973/1974
ICES, C.M. 1974/H : 13

Zijlstra J.J., 1968
De betekenis van de Waddenzee voor de visserij
Visserij 21 : 267-277

Zijlstra J.J., 1970
Herring larvae in the central North Sea
Ber. dt wiss. Kommn Meeresforsch 21 : 92-115

Zijlstra J.J., 1971
Report on the international surveys of herring larvae in the North
Sea and adjacent waters in 1970/1971
ICES, C.M. 1971/H : 15

Zijlstra J.J., 1972
On the importance of the Wadden Sea as a nursery area in relation to
the conservation of the southern North Sea fishery resources.
Symp. Zool. Soc., London 29 : 233-258

Zijlstra J.J., 1975
De betekenis van de Waddenzee als opgroeigebied voor schol (*Pleuronectes
platessa*) en tong (*Solea solea*);
Meded. Werkgr. Waddengeb. 1 : 85-93

Vogels

Bellamy D.J., P. Edwards, M.J.D. Hirons, D.J. Jones & P.P. Evans, 1973
Resources of the North Sea and some interactions.
In : North Sea Science. Ed. : E.D. Goldberg. MIT Press. p : 383-399.

Boer P., 1971

Vogeltellingen op de Noordzee in Augustus 1970

Limosa 44 : 23-28

Evans P.R., 1973

Avian resources of the North Sea.

In : North Sea science. Ed. : E.D. Goldbers. MIT Press. p : 400-412

Goethe F. von, 1970

Märzaspekt des Vogellebens in der südlichen Nordsee

Ber. dt wiss. Kommn Meeresforsch. 21 : 430-443

Joiris C., 1972

Observations ornithologiques réalisées dans le Sud-Est de la Mer du Nord, entre juin 1971 et janvier 1972.

Bull. Aves 9 : 85-137

Swennen C., 1975

Aspecten van de voedselproductie in de Waddenzee en aangrenzende zeegebieden in relatie met de vogelrijkdom

Het Vogeljaar 23 : 141-156

Swennen C., 1976

Wadden Seas are rare, hospitable and productive.

In : Proc. Int. conf. cons. wetlands and waterfowl, Heiligenhafen 1974

Ed. : M. Smart. p : 184-198

Micro-organismen, Organische Stof

Billen G., 1976

Etude écologique des transformations de l'azote dans les sédiments marins

Thèse, Faculté des Sciences, Université libre de Bruxelles

Boeyé A., M. Wayenberg & M. Aerts, 1975

Density and composition of heterotrophic bacterial populations in North Sea sediments

Mar. biol. 32 : 263-270

Cadée G.C. & J. Hegeman, 1977

Distribution of primary production of the benthic microflora and accumulation of organic matter on a tidal flat area, Balgzand, Dutch Wadden Sea.

Neth. J. Sea Res. 11 : 24-41

Disteche A., 1974

Physiological effects of some pollutants

In : Dynamic processes in the Southern Bight, Math Modelsea

ICES, C.M. 1974/C : 1

- Duursma E.K., 1961
Dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus in the sea
Neth J. Sea Res. 1 : 1-148
- Gullentops F., M. Moens, A. Bastin & M. Meeussen, 1972
Results of the analysis of sediment suspensions of the campaign 1972.
In : Modèle mathématique. Rapport de synthèse. CIPS. p : 172-185
- Hickel W. & W. Gunkel, 1968
Untersuchungen über die Häufigkeit der Bakterien in der obersten
Sedimentschicht der Deutschen Bucht in Beziehung zu den Substrateigen-
schaften.
Helgoländer wiss. Meeresunters. 18 : 213-231
- Joiris C., 1974
Variations spatiales et temporelles de la concentration bactérienne
dans les eaux du sud-est de la Mer du Nord
Ann. Soc. Royale Zool. Belg. 104 : 39-50
- Joiris C., 1977
On the role of heterotrophic bacteria in marine ecosystem :
Some problems.
Helgoländer wiss. Meeresunters. 30 : 611-621
- Krey J., 1961
Der Detritus im Meere.
J. Cons. perm. int. Explor. Mer 26 : 263-280
- Manuels M.W. & H. Postma, 1974
Measurements of A.T.P. and organic carbon in suspended matter of the
dutch Wadden Sea
Neth. J. Sea Res. 8 : 292-311
- Podamo Jo, 1974
Aspects of dynamic biology in the Southern Bight of the North Sea
and the Sluice Dock at Ostend.
In : Dynamic processes in the Southern Bight. Math Modelsea.
ICES, C.M. 1974/C : 1
- Polk P., 1972
Le plancton. In : Modèle mathématique. Rapport de synthèse
CIPS. p : 325-384
- Postma H., 1973
Transport and budget of organic matter in the North Sea
In : North Sea Science. Ed : E.D. Goldberg. MIT Press. p : 326-337
- Postma H., 1975^b
The nutrient contents of North Sea water - changes in recent years.
Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes.
N° 4.

Riley G.A., 1970

Particulate organic matter in sea water

Adv. mar. biol. 8 : 1-118

Salomons W & W.G. Mook, 1977

Trace metal concentration in the estuarine sediments : mobilisation, mixing or precipitation

Neth. J. Sea Res. 11 : 119-129

Steyaert-Plancke J. & C. Lancelot-van Beveren, 1974

First trophic level. Study of photosynthetic pigments, particulate organic matter and phytoplankton within the area delimited by the mathematical model North Sea.

In : Dynamic processes in the Southern Bight. ICES, C.M. 1974/C : 1

Vosjan J.H., 1977

De mineralisatie in zee

Vakblad van Biologen 57, 17 : 291-293

Vosjan J.H. & K.M. Olańczuk-Neyman, 1977.

Vertical distribution of mineralization processes in a tidal sediment.

Neth. J. Sea Res. 11 : 14-23

TABEL I

Primaire productie in de Zuidelijke Noordzee en omringende zeeën.

Gebied	Primaire Productie (gC/m ²)	Auteurs
Oostelijk deel van de Z. Noordzee	150-250	Gieskes 1977, Gieskes et al. 1975
Id.	182,5	Mommaerts 1973
Id.	110-197	Billen 1976
N. Noordzee	70-90	Steele 1974
Fladen	55-81	Steele 1956
Id.	54-127	Cushing 1973
Het Kanaal	78-202	Cushing 1973
Waddenzee	120	Cadée et al. 1974 a + b
Oceaan	50	Koblenz-Mishke et al. 1970

TABEL II

Biomassa, productie en consumptie van het Zoöplankton.

Gebied	Biomassa gC/m ²		Productie gC/m ² /j		Consumptie gC/m ² /j		Auteurs
	kust	Open zee	kust	Open zee	kust	Open zee	
Z. Noordzee	0,16-8,0 * e	0,24-3,6 * e	45	< 30	225	<150	Fransz 1977
Id.			16	15	71	67	Billen 1976
Id.	0,02-0,42 * e	0,05-0,33 * e			22-36	46	Podamo 1974
Id.			5,3		28		Polk et al. 1975
Id.					(70-90) **		Gieskes et al. 1977 ^b
N. Noordzee		1,2 -4,0		17,5			Steele 1974
N.O. Atl. Oceaan		0,12-2,4					Bé et al. 1971

* : Laagste biomassa in de winter ; hoogste in de zomer

e : Kustzone is gemiddeld 20 meter diep ; de open zee is 30 meter diep

** : Gegeven is de consumptie door alle heterotrofen van februari tot en met juni.

TABEL III^a

Aantal-, biomassa en productiecijfers van het macrobenthos in de Noordzee.

Auteur Gebied	Biomassa g/m ²	Aantallen per m ²	Aantal soorten per x m ²	Productie g/m ² /j	Voornaamste klassen of <i>phyla</i> , diepte
<u>ZONE O</u> <u>estuaria</u>					
Beukema 1976 Nederlandse wadden	26,6		11,3/0,45 41/45		L + P
Wolff et al. 1977 Grevelingen	20,8			50,3-57,4	M + P
Smidt 1951 Deense wadden	174-497 (v)	31000- 63600			
Kay et al. 1975 Z.O. Engeland	24	135- 6200	7-13/0,04		M
Warwick et al. 1975	13	1440		13	L + P
<u>strand</u>					
Swennen 1952 Z. Nederland					C + P
Mc Intyre 1970	1	0,6	5/T		C
W. Schotland	2	1,13	16/T		C + P
	3	9,2	24/T		L + P + C
McIntyre 1975 O. Schotland, Yorkshire	0,001-0,3	300-2318	9-17/T		C + P
Dörjes 1976 N. van Norderney		585	5/0,2		C + P < 1,5 m

LEGENDA :

1 = onbeschut strand

2 = matig beschut strand

3 = beschut strand

v = versgewicht (inclus de schelpen) n = natgewicht
overige zijn asvrij drooggewichten

C = *Crustacea*, E = *Echinodermata*, L = *Lamellibranchiata*,
M = *Mollusca*, P = *Polychaeta*

T = Totaal aantal m² bemonsterd.

TABEL III^b

Aantal-, biomassa- en productiecijfers van het macrobenthos in de Noordzee.

Auteur Gebied	Biomassa g/m ²	Aantallen per m ²	Aantal soorten per x m ²	Productie g/m ² /j	Voornaamste klas- sen of <i>Phyla</i> , diepte
<u>ZONE I</u>					
Govaere et al. 1977 Govaers 1978 Belgische+Holl kust	6,2	200-2228		11,2	L + P
McIntyre 1975 Aberdeen+St Andrews	4,2-8,8	824-1557	63-94/T		L + P 10-20 m
Beukema 1977 Texelse kust	4				
<i>Macoma balthica</i> ass.					
Stripp 1969 ^a (zand) Helgoländer Bucht	13(n)	370			P
(slik)	99(n)	4110			< 15 m
Dörjes 1976 N. van Norderney		2600	14/0,2		P 1,5-10 m
Hagmeier 1923 Duitse Bocht	30,8(v)	357			L + E < 10 m
Petersen 1918 Ringkøbing-Fjord	193(v)	76			L
<i>Abra alba</i> ass.					
Stripp 1969 ^a Helgoländer Bucht	44(n)	1615			L + P 15-40 m
Hagmeier 1923 Duitse Bocht	105(v)	702			L + P 30 m
Petersen 1918 Grote Belt	84(v)	284			E + L

LEGENDA : zie Tabel III^a

TABEL III^c

Aantal-, biomassa- en productiecijfers van het macrobenthos in de Noordzee.

Auteur Gebied	Biomassa g/m ²	Aantallen per m ²	Aantal soorten per x m ²	Productie g/m ² /j	Voornaamste klas sen of <i>phyla</i> diepte
<u>ZONE II</u>					
Govaere et al. 1977 + Govaere 1978 Belg. + Holl. kust	2,1	860-2713		3,2	P
McIntyre 1975 Aberdeen + St Andrews <i>Venus gallina</i> ass.	3,0-5,9	640-1007	73-92/T		20-40 m
Stripp 1969 Helgoländer Bucht	17(n)	4240			P + minder L 12-30 m
Dörjes 1976 N. van Norderney		4300	27/0,2		^P 10-35 m
Hagmeier 1923 Duitse Bocht	28(v)	116			M + weinig E
Petersen 1918 Kattegat	396(v) 313 voor E	284			L + E
<u>ZONE III</u>					
Petersen 1977 a	26(n)				E + minder L + weinig P
Centrale Noordzee b <i>Echinocardium-</i> <i>filiformis</i> assoc.	46(n)				E + L
Dörjes 1976 N. van Norderney		3900			
Hagmeier 1923 Duitse Bocht	313(v)	4540	40/0,2		E + L > 25 à 40 m
Petersen 1918 Kattegat	511,6(v)	436			E + L

LEGENDA : Zie Tabel III^a

TABEL III^d

Biomassa, Aantallen en Diversiteit van het macrobenthos van het
Nederlands Continentaal Plat.

Auteur Gebied	Biomassa g/m ² (a)	Aantallen per m ²	Aantal soorten per x m ²	Voornaamste klassen of <i>phyla</i> , diepte
<u>ZONE O</u>				
Strand (1)	0,3	2318	5/0,2 (2) 5-24/T(3)	C + weinig P
Estuaria (4)	26,6		8 à 9/0,2 41/T	L + P
<u>ZONE I</u> (5)	6,2	200-2228	14/0,2(2) 63-94/T (1)	L + P
<u>ZONE II</u> (5)	2,1	860-2713	27/0,2(2) 73-92/T (1)	P
<u>ZONE III</u> ^a (6)	2,6 †	3900	40/0,2(2)	E + minder L + weinig P
<u>III</u> ^b (6)	4,6 †			E + L + weinig P
Coastal etage (1)	3-7	750-1300	62-72/T	P + L
Open Sea etage (7)	6,4	2784	85/T	P + L

De gegevens zijn naar : (1) Mc Intyre 1975
(2) Dörjes 1976
(3) Mc Intyre 1970
(4) Beukema 1976
(5) Govaere 1978
(6) Petersen 1977
(7) Mc Intyre 1961

† Aangenomen dat 1 gram natgewicht gelijk is aan 0,1 gram asvrij
organisch drooggewicht

LEGENDA : Zie Tabel III^a

TABEL IV

Commerciëel belangrijke vissoorten in de Noordzee.

Vissort	[†] Nominal Catch (10 ³ ton)	Algemeen op het Nederlands Continentaal Plat
Sprot	651	+
Kever	642	
Zandspiering	428	+
Haring	295	+
Makreel	252	+
Koolvis	234	
Kabeljauw	187	+
Schelvis	173	
Wijting	141	+
Schol	108	+
Tong	18	+
Totaal (alle vissen)	3310	

† naar Bulletin Statistique, Advance release of tables 1-5 of
Volume 60, 1975. (Gebieden IVa + IVb + IVc).

TABEL V

Voedsel en enige bijzonderheden van de algemeen op het Nederlands
Continentaal Plat voorkomende vissen.

Vissoort	Voedsel	Levensfase		Bijzonderheden
		Bod.	Pel.	
<i>Clupea harengus</i> (haring)	l : diatomeeën, flagellaten, larvale gastropoden en bivalven, kleine crus- taceeën j : copepoden a : copepoden, <i>Oikopleura</i> , vislarven, zandspiering	e	l,a	eitjes afgezet in lagen van 2 à 9 eitjes dik op substraat van zand met grind en/of schelpen
<i>Clupea sprattus</i> (sprot)	l : diatomeeën, flagellaten kleine copepoden a : copepoden, <i>Bosmina co-</i> <i>regoni</i>		e,l,a	
<i>Gadus morhua</i> (kabeljauw)	l : kleine copepoden j : crustaceeën (<i>Crangon sp</i> <i>Pandalus sp.</i>), vissen (haring, sprot, zand- spiering)(hoe ouder hoe meer vis) a : platvissen en kabeljauw achtigen	(a)	e,l,a	
<i>Gadus merlangus</i> (wijting)	l : copepoden j : wormen, crustaceeën, zandspiering a : kleine vis (zandspie- ring, haring), weinig crustaceeën	(a)	e,l,a	paaiplaats o.a. in de Zuide- lijke Noordzee (weinig gecon- centreerd) paaitijd : februari- augustus.

TABEL V (vervolg)

Vissoort	Voedsel	Levensfase		Bijzonderheden
		Bod.	Pel.	
<i>Ammodytes</i> sp. (zandspiering)	l : Copepoden, <i>Oikopleura</i> sp j : copepoden, enige anneliden en amphipoden a : kleine vis, viseieren en larven, aaneliden, crustaceeën	e(a)	l, a	graven zich overdag in. <i>A. lanceolata</i> paait van april-augustus diffuus verspreid in de Z. Noordzee
<i>Scomber scombrus</i> (makreel)	j : copepoden a : winter : garnalen, amphipoden, mysiden, polychaeten, kleine vissen voorjaar : copepoden zomer, herfst : kleine vis (sprot, haring, zandspiering)		e, l, a	in de winter zit de makreel op 120 tot 250 meter diepte (vaak nabij de bodem).
<i>Pleuronectes platessa</i> (schol)	l : copepoden, diatomeeën, tunicaten j : polychaeten, mollusken a : mollusken, polychaeten crustaceeën	a	e, l	
<i>Solea solea</i> (tong)	l : copepoden, diatomeeën kleine crustaceeën j, a : polychaeten en weinig zandspiering	a	e, l	

LEGENDA :

a : adulte vis ; (a) de adulte kan ook nabij de bodem zijn

e : eieren. j : juveniele vis l : larvale stadium

Levensfase Bod. : levensfase waarin de soort nabij of op de bodem leeft

Levensfase Pel. : levensfase waarin de soort pelagisch is.

TABEL VI

Aantallen en biomassa van micro-organismen in de Noordzee

Gebied (Auteurs)	Zeewater		Zeebodem	
	aantal (per ml)	biomassa (mgC/m ²)	aantal (per ml)	biomassa (natgew. mg/m ²)
<u>Heterotrofe bacteriën</u>				
Zuid Nederland kustzone (Billen 1976, Joiris 1974, Podamo 1974, Polk 1972)	600-34000 (max. van 100.000 in april)	12		
Id. open zee	50-100	2		
N.W. van Helgoland (Hickel et al. 1968)	1300		1x10 ⁶ (zand) 100x10 ⁶ (slik)	0,002-48
<u>Coliforme bacteriën + streptococcen</u>				
Zuid Nederland kustzone (Podamo 1974, Polk 1972)	500-700 (jan-juli) 150-250 (aug-dec.)			
open zee	20-50			

TABEL VII

Organische stof in het zuidelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat, de Waddenzee en de Noord-Atlantische Oceaan.

	mgC/ l	Gewichts % †	Auteurs
<u>Zeewater</u>			
Cont. Plat			
gesuspendeerd			
kustzone	2 - 7 ϕ	5	Gullentops et al 1972 & Eisma mond. med.
open zee	0,2 - 3 ϕ		
opgelost			
kustzone	0,5 - 1,8		Billen 1976 & Duursma 1961
open zee	1,0		Billen 1976
Waddenzee			
gesuspendeerd	1 - 3	3 - 7	Manuels et al. 1974
N. Atl. Oceaan			
gesuspendeerd	0,04-0,17		Riley 1970
opgelost	0,4 - 2,4		Duursma 1961
<u>Zeebodem</u>			
Cont. Plat			
kustzone	8500	1,5 - 9 Ψ	Billen 1976
open zee	2530	2,5 Ψ	& Disteche 1974
kustzone		0,1 - 0,3	v.d. Loeff mond. med.
open zee		0,1	v.d. Loeff mond. med.
Waddenzee	1600-12000	0,1 - 0,7	Cadée et al. 1977

ϕ = Gloeiverlies (1mg/l = 0,4 mgC/l)

Ψ = Berekend uit het gloeiverlies (Disteche 1974)

† Gewichts % van het totaal gesuspendeerd materiaal of bodemmateriaal.

TABEL VIII : Productie en consumptie van organische stof in de Noordzee voor enige biotische eenheden van de voedselketen (grC/m²)

biotische eenheid (ecologische efficiëntie)	Zuidelijke Noordzee		Noordelijke Noordzee		Auteurs
	kustzone		open zee		
	cons.	prod.	cons.	prod.	
Phytoplankton	150-200		250		70-90 Gieskes 1977 ; Gieskes et al. 1975 ; Steele 1974
Zoöplankton (20 %)	225	45	150	30	87,5 17,5 Fransz 1977 ; Steele 1974
Macrobenthos (20 %)	12,5	2,5 †	4	0,8 †	21 4,2 ‡ Govaere 1978 ; McIntyre 1964
Vissen (ICES zones IVc (15 %) en IVa)			1,9	0,3 †	5,1 0,8 † Bulletin Statistique 1970-1974

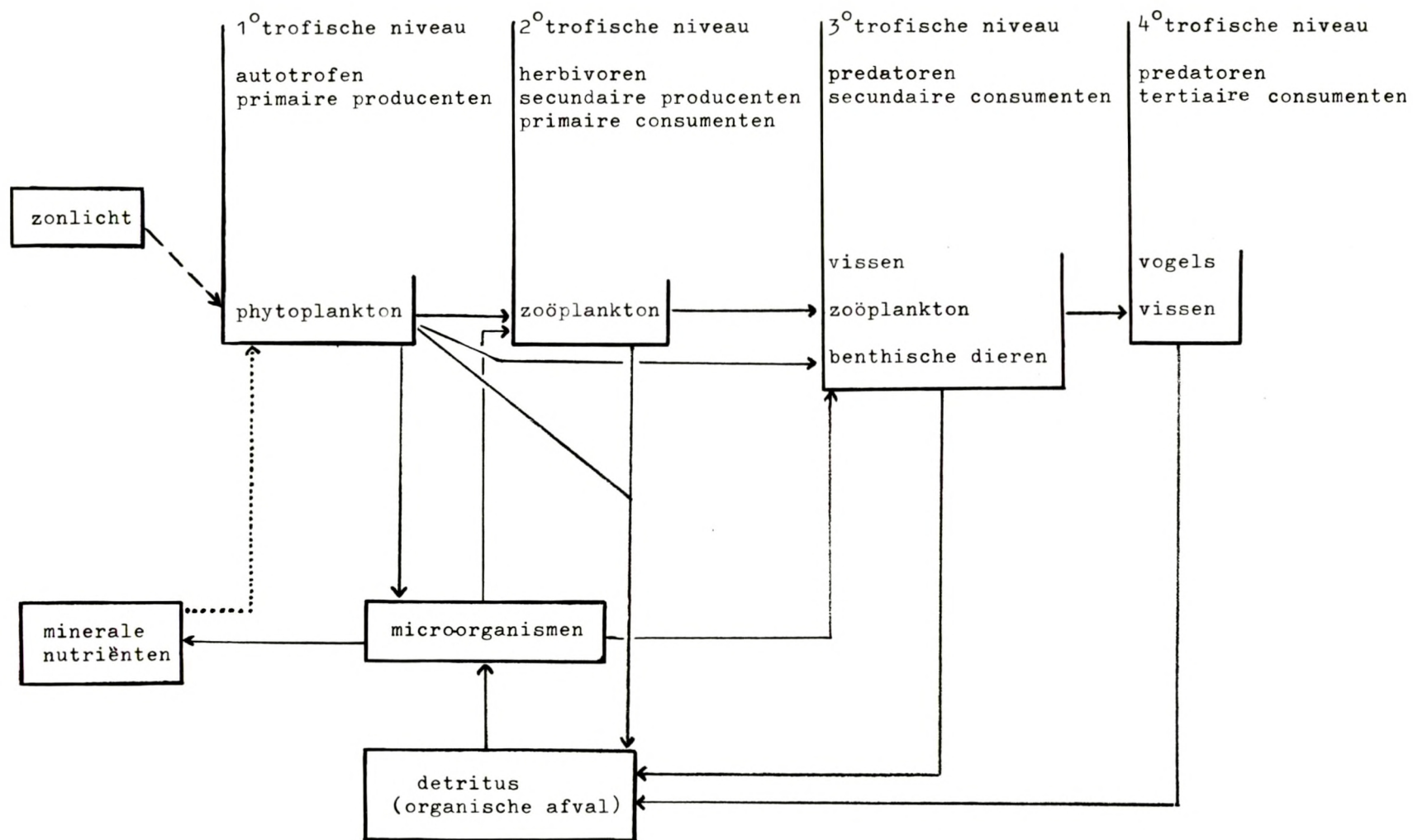
† Aangenomen dat : a) $\frac{\text{Productie}}{\text{Biomassa}} = 1$ b) 2,5 g asvrij droge organische stof = 1 gC

‡ Gegeven is inclusief het Meiobenthos

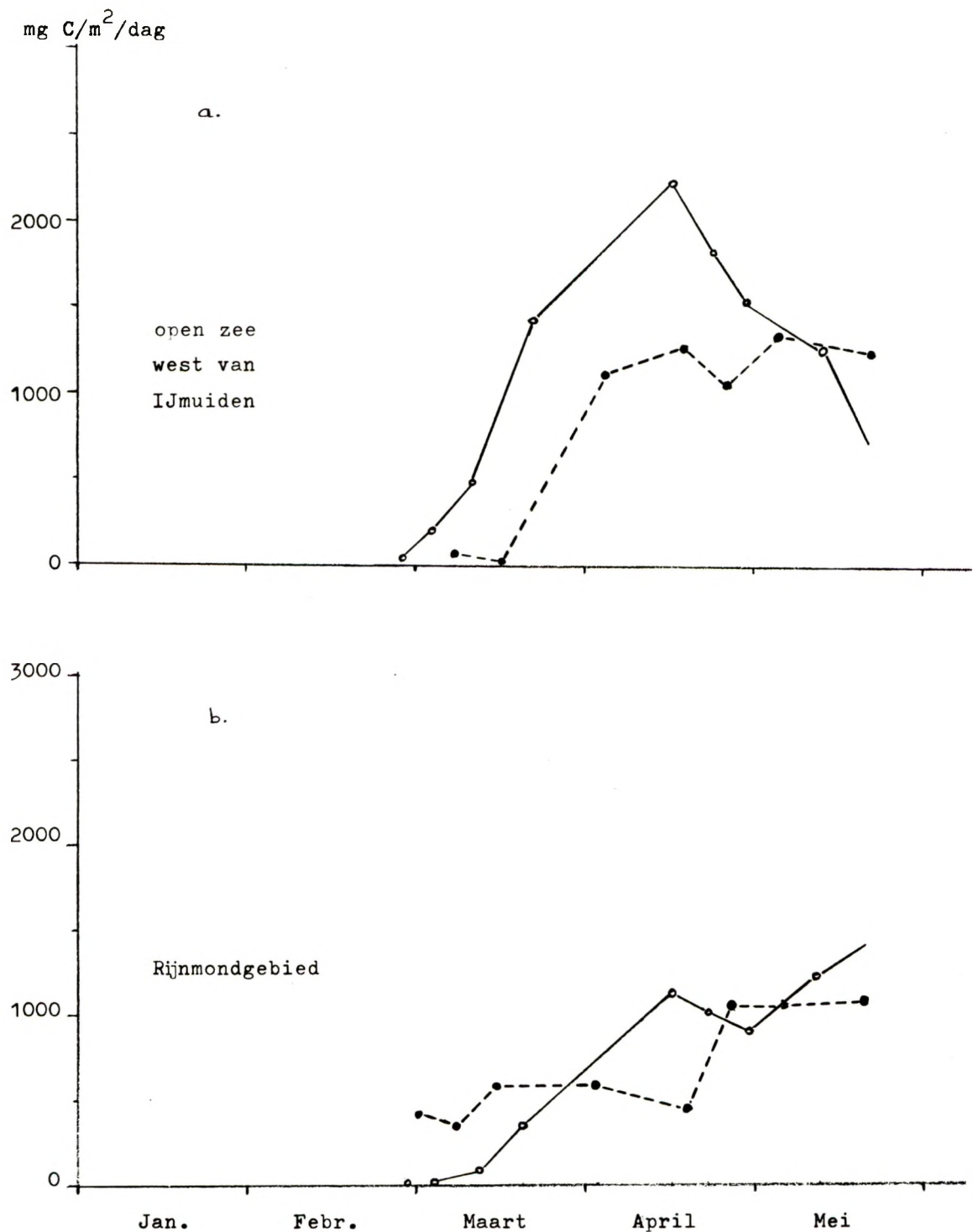
† Aangenomen dat : a) $\frac{\text{Productie}}{\text{Visvangst}} = 1,25$ voor Platvissen, $\frac{P}{V} = 1,33$ voor Kabeljauwachtigen,

$\frac{P}{V} = 2$ voor de overige vissen.

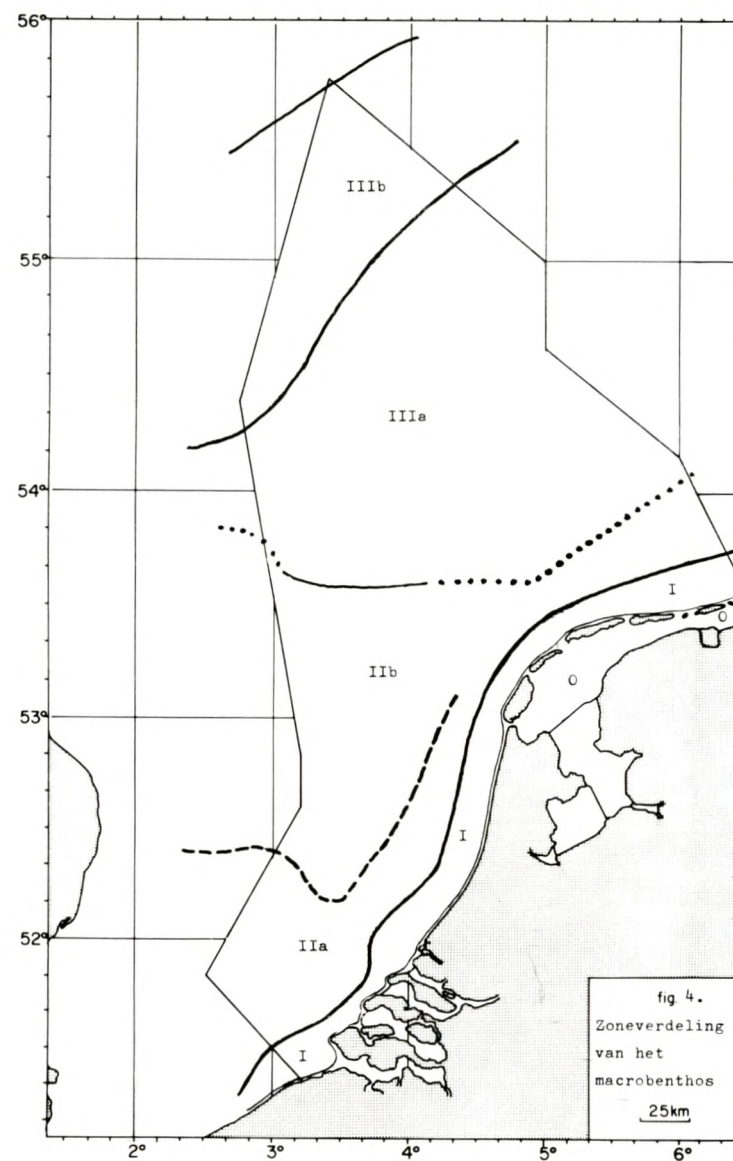
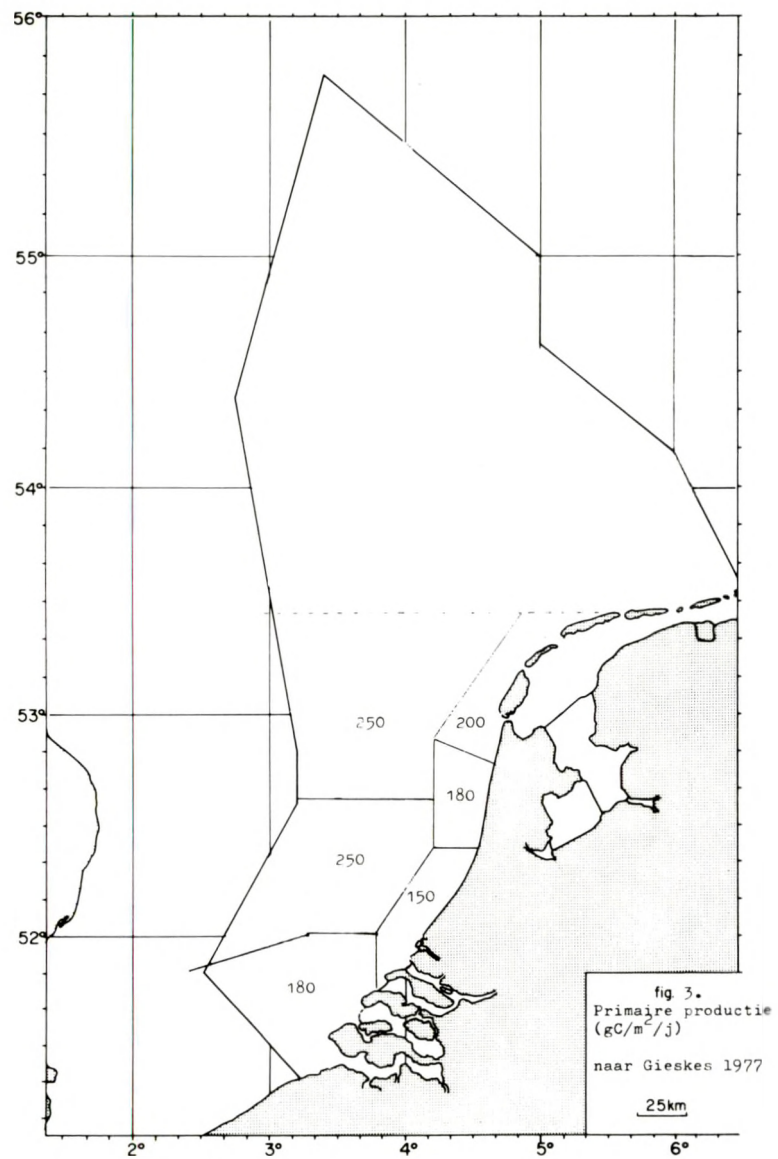
b) 12,5 g natgewicht = 1 gC.

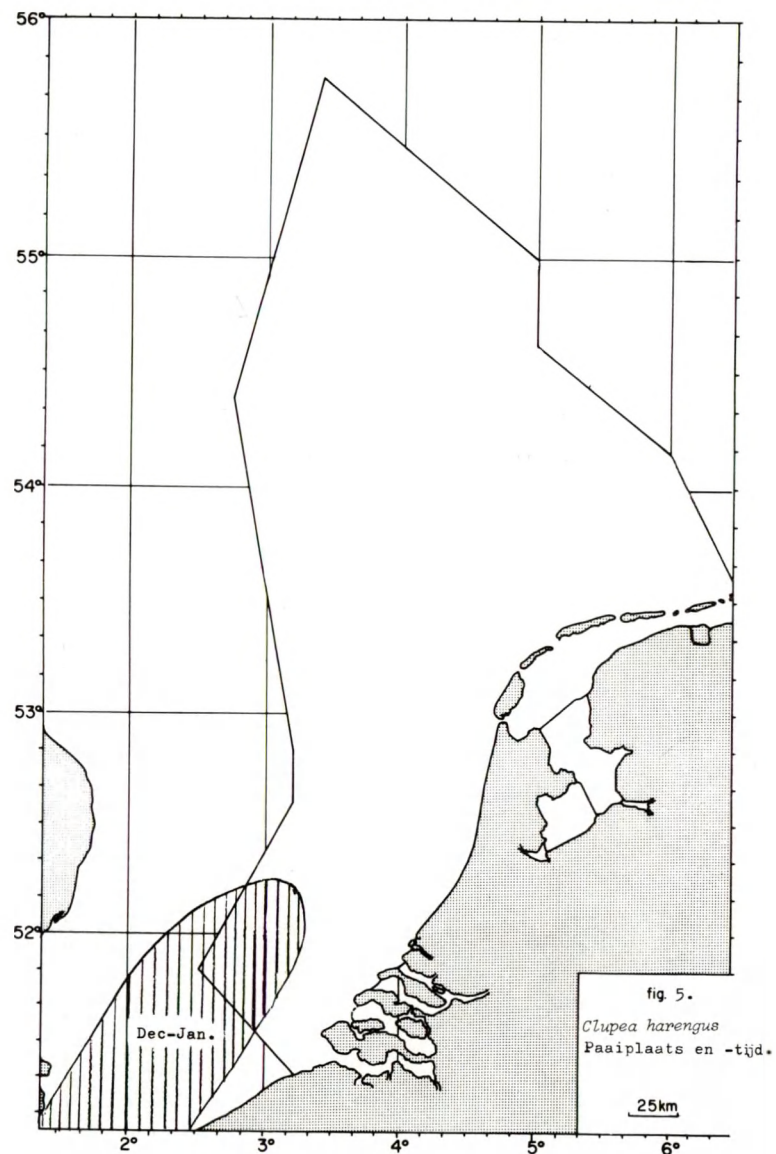


Figuur 1. : Schematische voedselketen van het Nederlands Continentaal Plat.

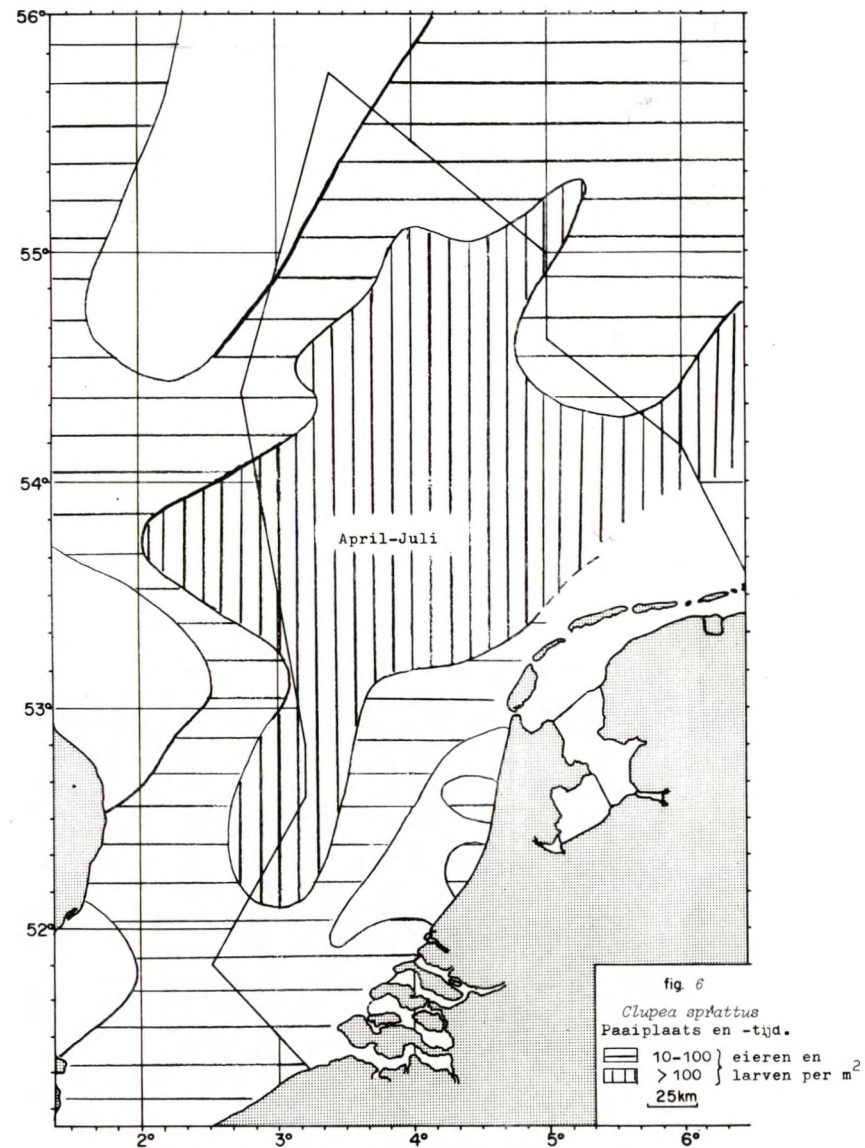


Figuur 2: Fluctuatie van de primaire productie en consumptie van organisch materiaal door heterotrofen (resp doorgetrokken en onderbroken lijn).
(naar Gieskes et al. 1977b)

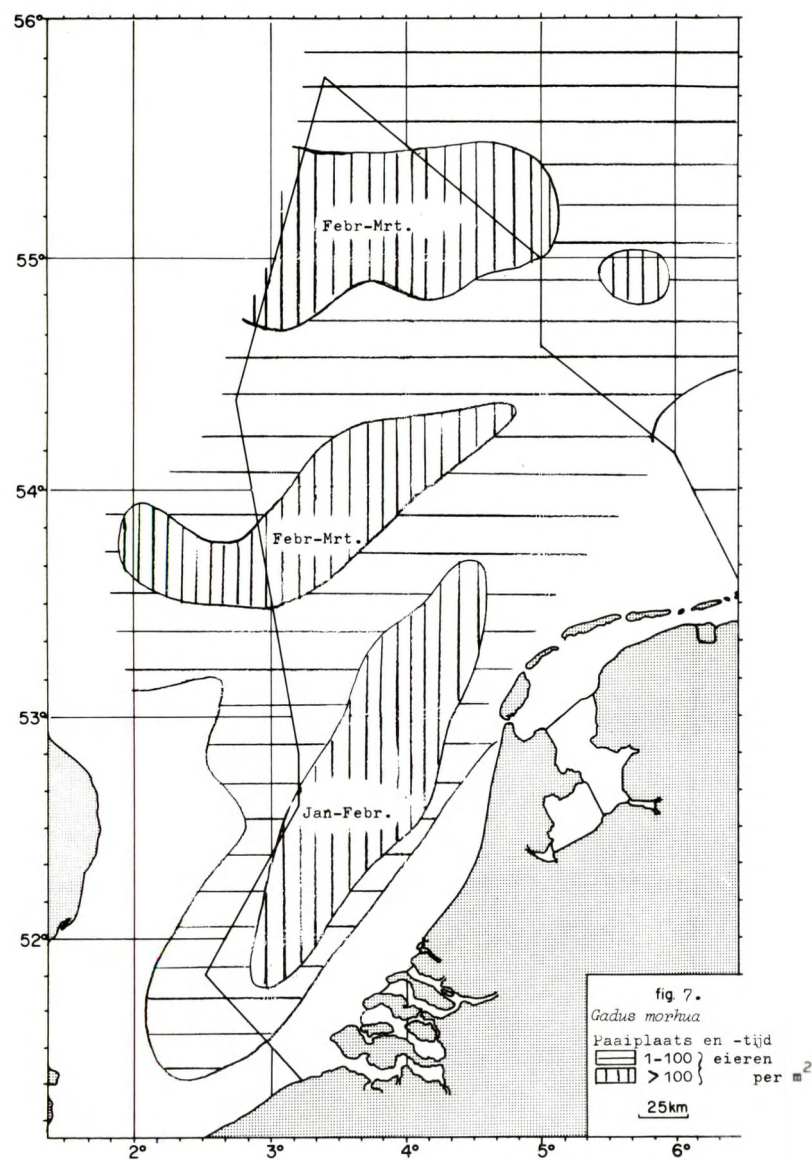




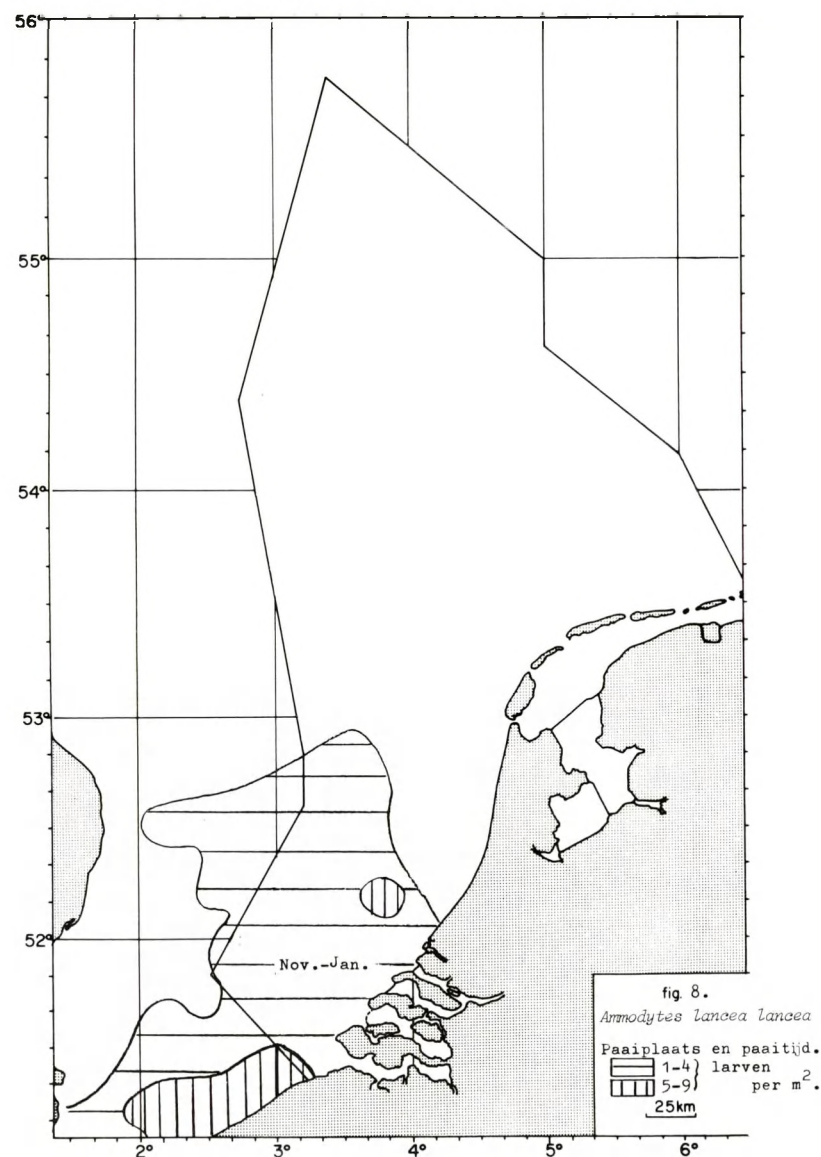
naar Postuma et al. 1975, Saville et al. 1973, Wood 1974, Zijlstra 1971



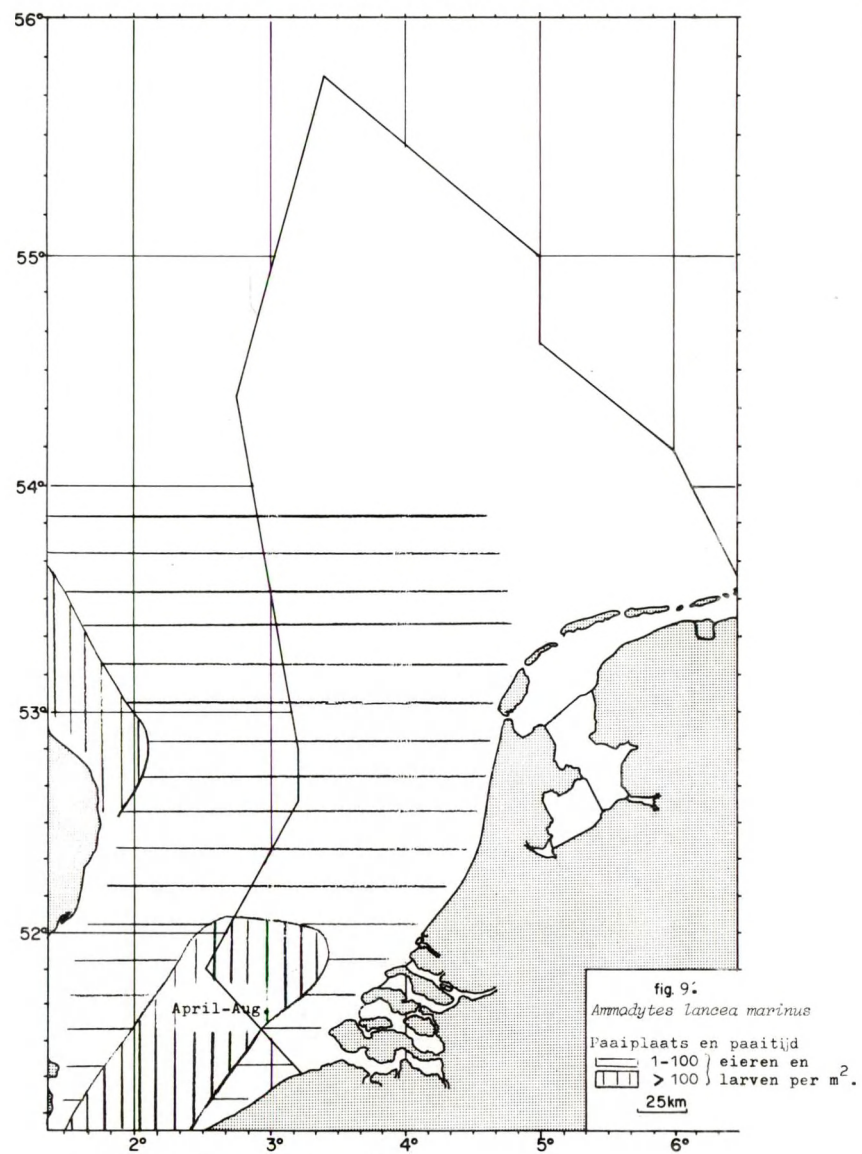
naar Johnson et al., 1975, Wallace et al., 1972



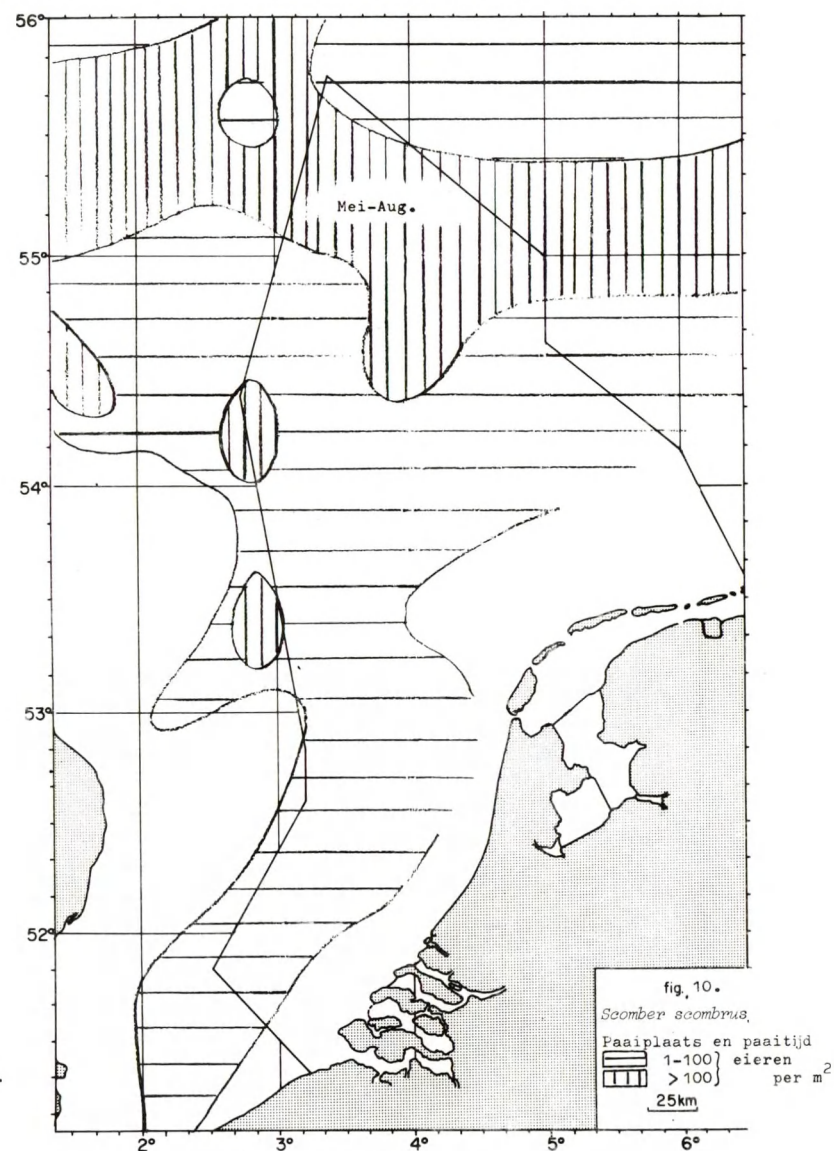
naar Daan 1970, 1973^a, 1975, Daan et al., 1974, Harding et al. 1974



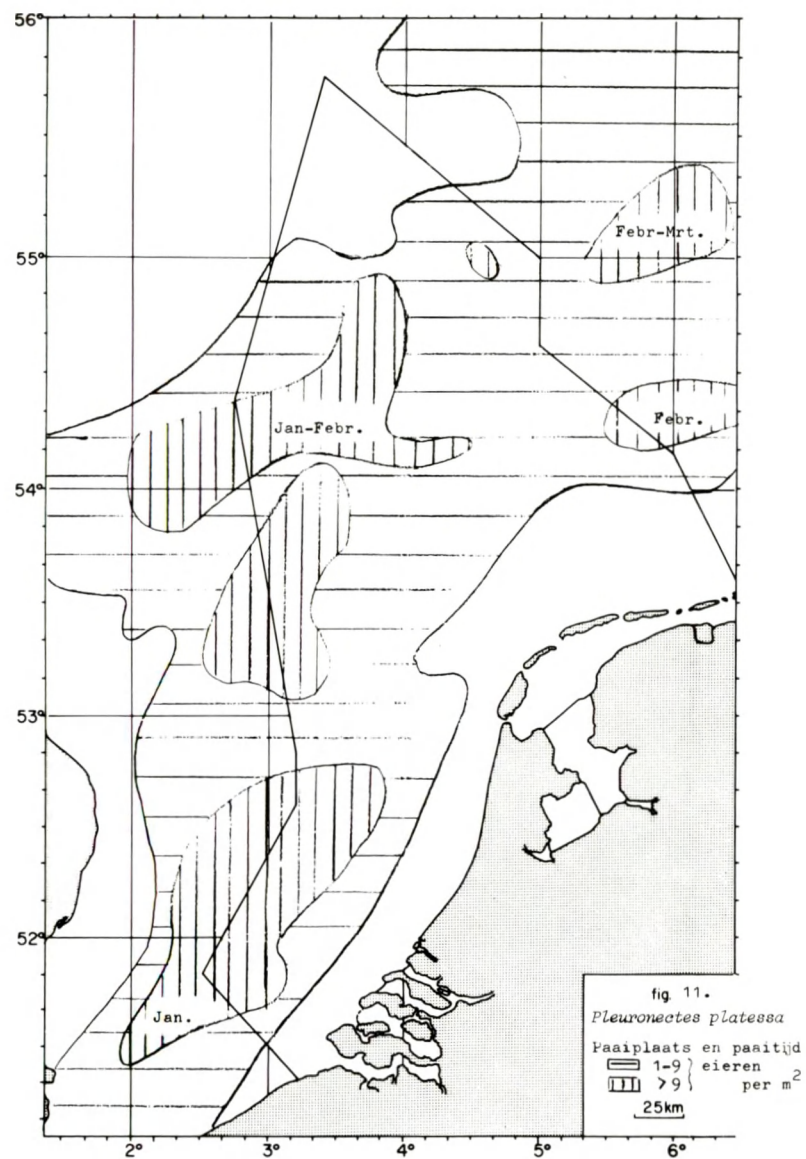
naar Macer 1965.



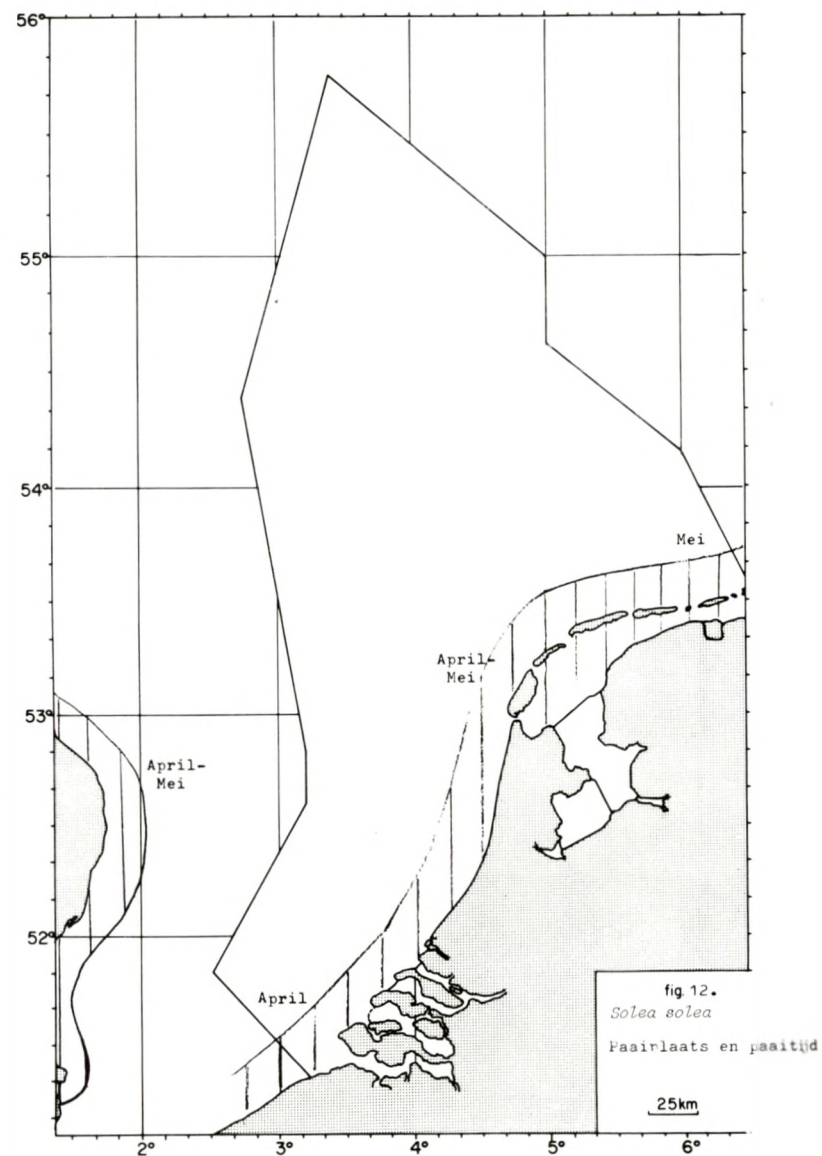
naar Macer 1965, Simpson 1947,48.



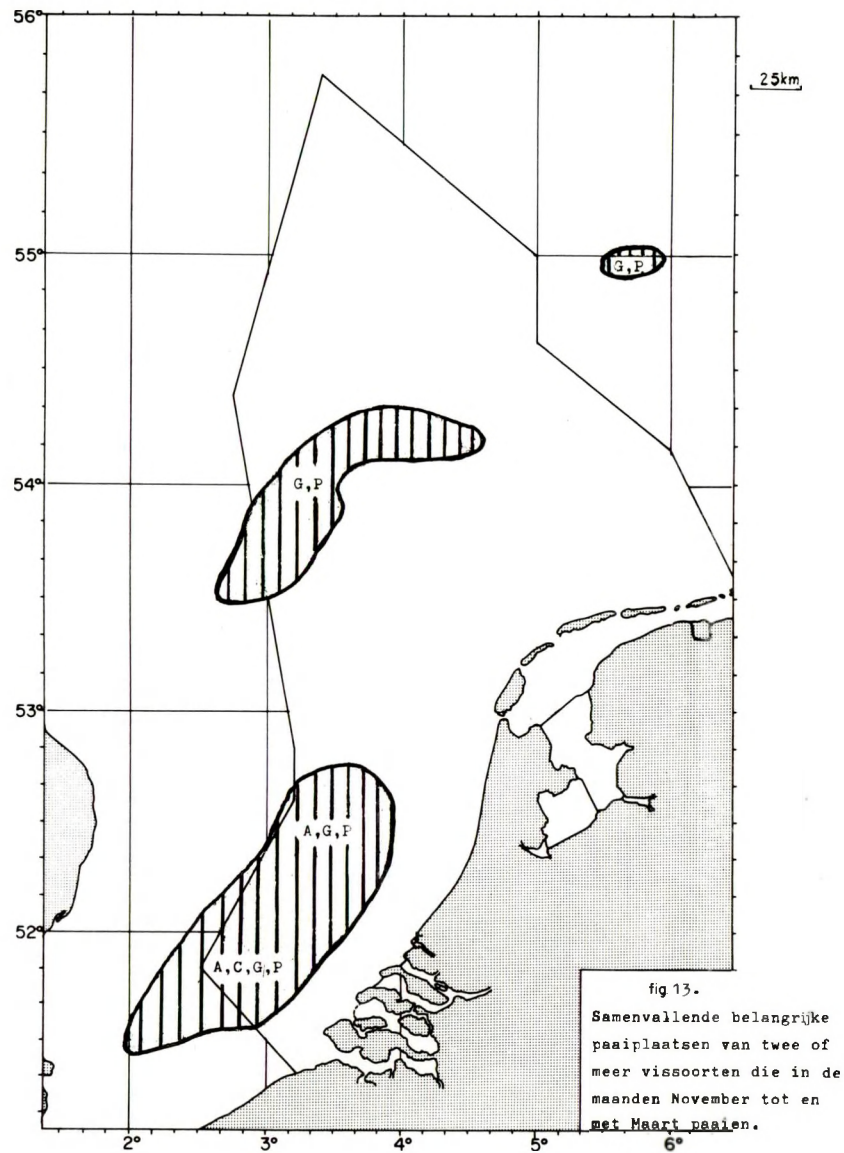
naar Johnson et al., 1975, Wallace et al., 1972



naar Harding et al. 1975, ICES 1975, Simpson 1959.



naar ICES 1975, Zijlstra 1968,72,75.



A = *Anmodytes lancea lancea* C = *Clupea harengus* G = *Gadus morhua*
P = *Pleuronectes platessa*

