

Hoofdstuk I

Geologische kenmerken van de suspensies en de sedimenten

door

F. GULLENTOPS, M. MOENS, A. RINGELE en R. SENGIER

1.- Inleiding

1.1.- Doel

In het ontwikkelingsprogramma van een mathematisch model van de zuidelijke Noordzee werd het nodig gevonden ook de sedimenten te betrekken. Hiervoor zijn een aantal redenen die dan ook het doel van deze bijdrage verduidelijken.

De sedimenten zijn natuurlijke bezinksels waarvan de ligging in de ruimte in evenwicht is met de heersende krachten. Hun afzetting wordt door de valsnelheid der deeltjes, hun verplaatsing door de snelheid van de stroming bepaald. Een model van de stromingen kan bijdragen tot de verklaring van de verspreiding der verschillende sedimentsoorten. Anderzijds levert de kennis van deze spreiding een onmisbare test voor de aanvaardbaarheid van het model.

Het fijnste gedeelte van de sedimenten, het slib, blijft lang in suspensie en verdient in een studie, toegespitst op de pollutie, de bijzondere aandacht. Dit slibgehalte is verantwoordelijk voor de troebelheid van het water en bij grote hoeveelheden kan het een eigen polluerend effect krijgen. Bij afzetting vormt het slijkafzettingen die een aanzienlijke invloed kunnen hebben op de bodemfauna en -flora.

Dit slib is daarbij chemisch een zeer actieve fractie door de kenmerkende aanwezigheid van kleimineralen, organische stoffen en colloïden. Deze hebben een grote sorberende capaciteit zowel omwille van hun chemische samenstelling als van hun grote specifieke oppervlakte. Allerlei kationen en anionen, ook schadelijke, kunnen worden ingebouwd of aangehecht. De sedimentatie van dit slib heeft dus een aanzienlijke purifiërende werking doordat allerlei schadelijke stoffen aan het water worden onttrokken. Deze zuivering is niet noodzakelijk definitief vermits het slib door stromingen of golfwerking opnieuw kan worden in suspensie gebracht. Anderzijds ondergaat dit slib nadien aanzienlijke veranderingen; door compactie wordt poriënwater uitgedreven en bepaalde opgeloste stoffen vervoegen aldus terug het zeewater; de afbraak van de organische stoffen door minerale oxydatie zowel als door biologische degradatie maakt de gesorbeerde elementen vrij of doet ze in de biologische cyclus belanden.

De aanwezigheid van een uitgestrekt slibveld vóór de Belgische kust, aangetoond door vroeger onderzoek [Bastin (1974)] maakt deze problematiek bijzonder belangrijk. Indien men wil ingrijpen in deze processen dient de herkomst van de sedimenten en bijzonder van het slib gekend te zijn. Als bronarealen van slib in de zuidelijke Noordzee kunnen theoretisch de volgende in aanmerking komen :

- 1) Aanvoer uit andere zeegebieden door grote stromingen waarbij de noordelijk gerichte kanaalstroom het belangrijkste is.

- 2) Plaatselijke erosie van de zeebodem of de kust waar kleilagen dagzomen. Deze erosie kan primair zijn indien oude kleilagen worden geërodeerd of secundair indien modern tijdelijk gesedimenteerd slib bij grotere golfenergie opnieuw wordt in suspensie gebracht. De kritische golfenergie opnieuw wordt in suspensie gebracht. De kritische golfenergie waarbij dit zal gebeuren hangt mede af van de graad van compactie, t.t.z. van de ouderdom van het slib.

- 3) Terrestrische aanvoer langs estuaria en rivieren is de klassieke weg langswaar de erosieprodukten van het land de sedimentatiearealen in zee bereiken. Door menselijke tussenkomst is zowel de bodemerosie toegenomen als het gehalte aan afvalstoffen dat de rivieren vervoeren.

Daarbij komt dat door bedijking de alluviale vlakten hun natuurlijke rol van afzettingsgebieden hebben verloren. Als gevolg moet steeds meer slib verder naar zee vervoerd worden.

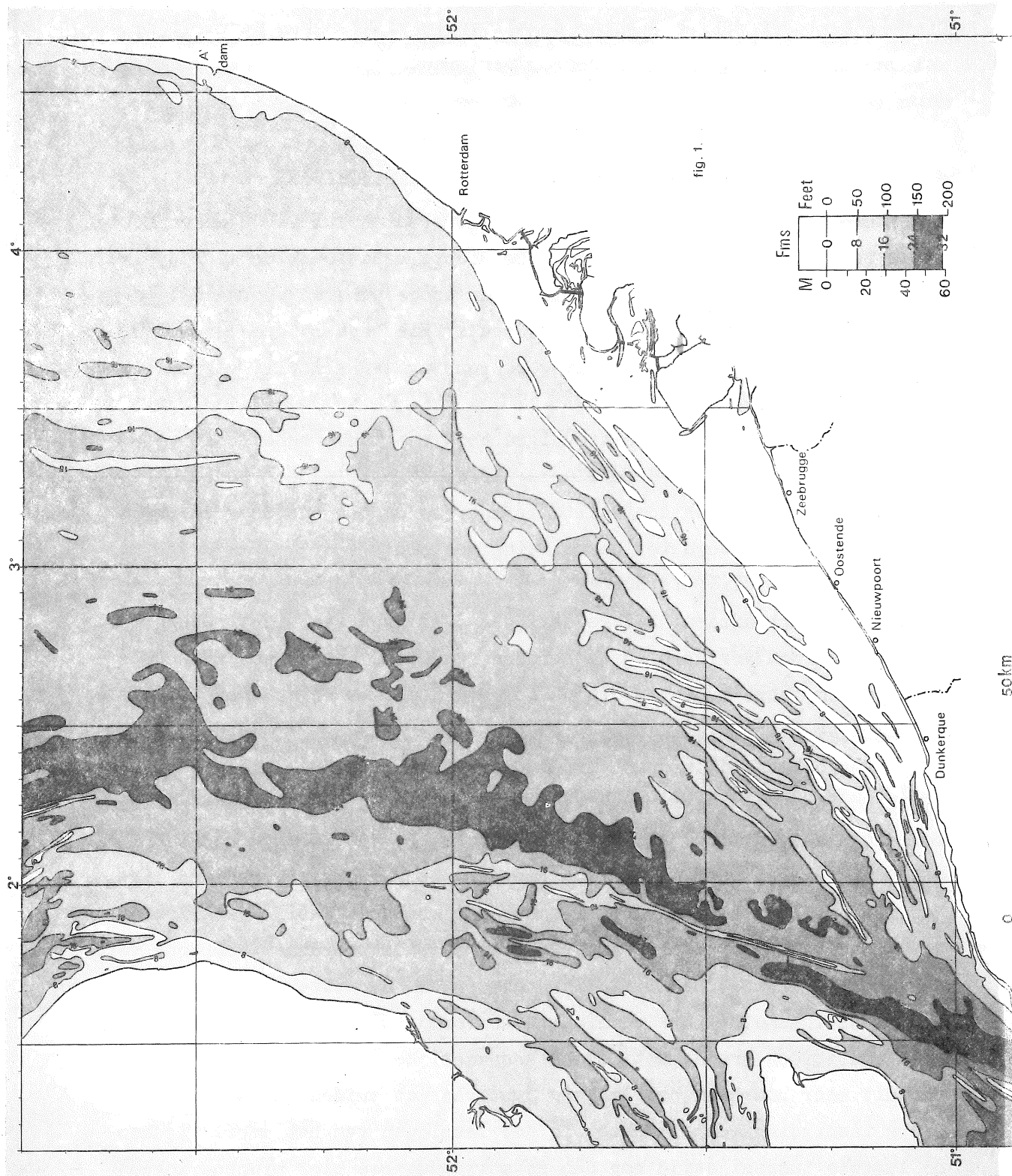
1.2.- Bodemreliëf en evolutie van de zuidelijke Noordzee

Een basisgegeven waarmee haast alle studies zullen te maken hebben is de bathymetrie van de zeebodem. De diepte beïnvloedt de hydrodynamische, sedimentologische en biologische processen, en vooral de veranderingen in diepte, t.t.z. het bodemreliëf speelt een determinerende factor in de ruimtelijke verspreiding van allerlei verschijnselen.

Fig. 1 geeft een vereenvoudigde bathymetrische schets die we ontleen aan een meer gedetailleerde kaart opgesteld door Houbolt (1968) aan de hand van Britse Admiraliteitsgegevens en die ons door de Royal Dutch vriendelijk werd ter beschikking gesteld.

Het bodemreliëf is echter meer dan een passief stramien voor de huidige gebeurtenissen. Het is zelf een dynamisch evenwicht tussen een lang geologisch verleden en de huidige krachten. Het is een momentopname in een lange evolutie die nu ook nog doorgaat en waarvan we enkele belangrijke etappes willen resumeren.

Het belangrijkste punt in de ontwikkeling van de huidige zuidelijke Noordzee is het ontstaan van het Nauw van Kales. Hypotetisch kan men dit plaatsen in de voorlaatste IJstijd (- 150.000 j) omdat althans toen een goed mechanisme voor een doorbraak voor de hand ligt. Het is inderdaad bewezen dat tijdens deze koudste IJstijd de Britse en Scandinavische ijsmassa's samenvloeiden over de Noordzee. Daardoor werd noodzakelijkerwijze de noordelijke afvoer van de westeuropese rivieren en van de ijssmeltwaters verhinderd en vormde zich een koud zoetwatermeer ten zuiden ervan. Het is een aannemelijke hypothese dat de overloop van dit meer doorheen het laagste punt van het zuidelijk reliëf een diepe insnijding veroorzaakte bij het leeglopen van het meer. Tijdens de laatste tussenijstijd kon dan de stijgende zee hier binnendringen en ontstond een zeeëngte die door de getijdestromen en de golfwerking snel werd verbreed.



Gedurende de laatste IJstijd verlaagde het zeepeil opnieuw (tot - 100 m) en viel de zuidelijke Noordzee weer droog. Een belangrijke stroom gevormd door Theems, Rijn en Maas samen met de smeltwaters van de Humberijslob erodeerde een diepe vallei die nog steeds herkenbaar is als het *Deepwater Channel*. Er zijn zelfs goede aanwijzingen dat ook toen een ijssdam de Noordzee blokkeerde zodat ook de waters van Weichsel en Elbe door het kanaal afstroomden. Enorme hoeveelheden zand, meest van glaciële herkomst, werden in de zuidelijke Noordzee uitgespreid. Van de Rijn is nog een uitgestrekte alluviale puinkegel herkenbaar in de algemene bathymetrie vóór de Nederlandse kust (fig. 2).

Het snelle einde van de laatste IJstijd bracht een sterke stijging van het zeepeil en een aantal vondsten duiden erop dat rond 9000 BP, de zee vanuit het kanaal weer in het Nauw van Kales drong. Tijdens de Boreale tijd (8000 BP) was er reeds een smalle golf in de zuidelijke Noordzee en men kan vermoeden dat toen enorme getijdestromen door het Nauw stonden door de functie van dit spuibekken. De voorradige zandmassa's begonnen zich in functie van deze stromingen te organiseren. Tentatief zouden we de huidige Brown Bank als een fossiele kustwal van deze tijd willen aanduiden.

Het verder rijzende zeepeil overspoelde de Humber, Texel en Dogger Banken waardoor de laatste verbinding met Engeland werd verbroken en het huidige getijde- en stromingssysteem zich kon instellen. Men mag aannemen dat tijdens het Atlanticum (6000 BP) het hoogste zeepeil werd bereikt dat waarschijnlijk iets boven het huidige uitreikte. Tijdens deze periode onstonden *grosso modo* de huidige kustlijnen opgebouwd door dikke, zandige schoorwallen waarachter lagunen gevormd werden die langs de stroommondingen aan getijdewerking onderhevig waren. Naarmate het zeepeil naar zijn maximum steeg groeide de strandwal en vulde de lagune zich met kleirijke fijnzandige afzettingen waarin veenlaagjes reeds verlandingsfazen aankondigen. Deze atlantische kustlijn (fig. 2) moet grote gelijkenis vertoond hebben met de huidige waddenkust. Men kan aannemen dat ook de bijzonderste lijnen van het huidige zandbanksysteem in die periode werden gevormd. Inderdaad

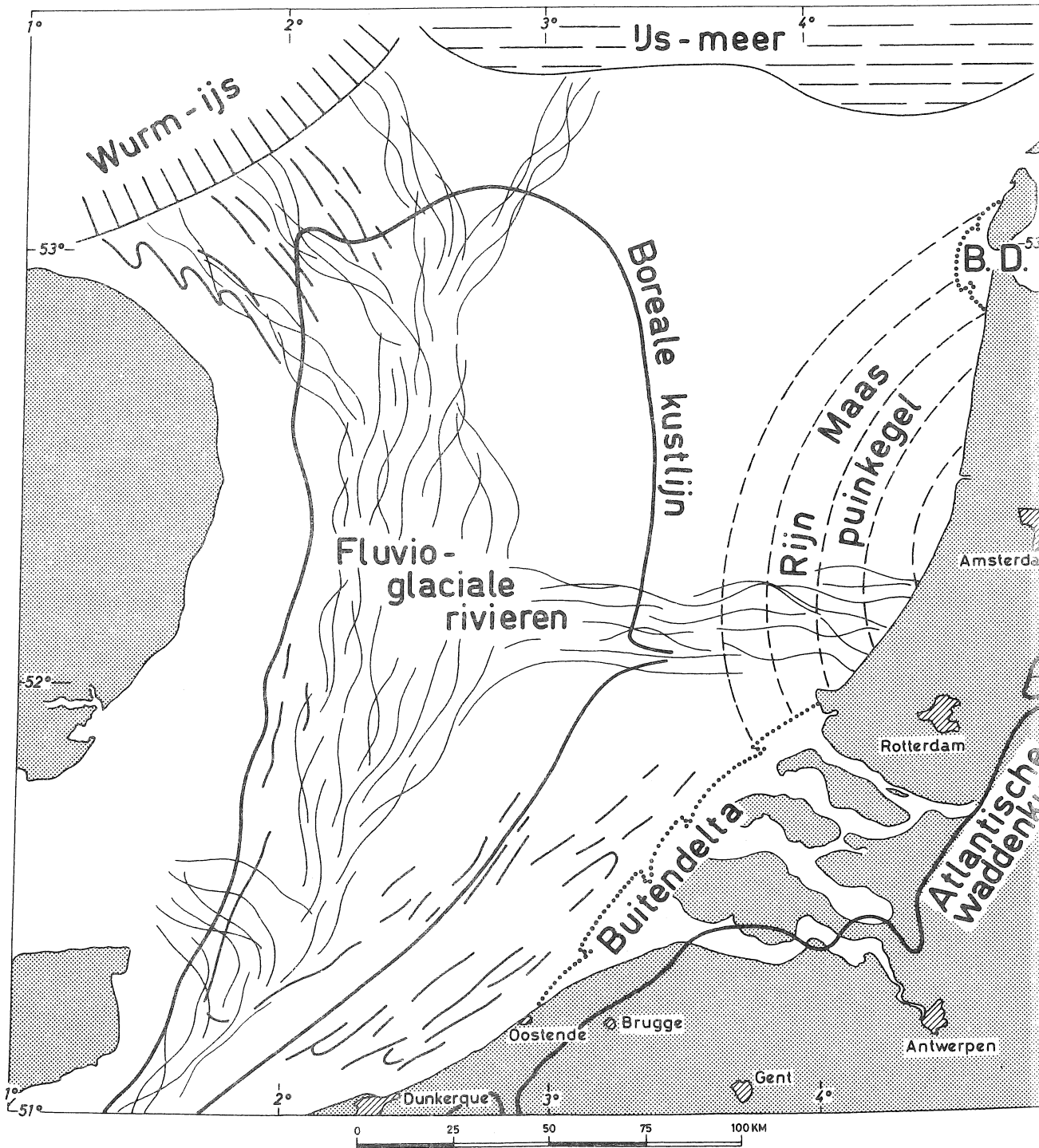


fig. 2.

Recente evolutie van de Noordzeebodem

leent zich het losse zand uitermate tot modelleren door de machtige getijdestromen en zoekt dus snel een evenwichtssituatie.

Tijdens het Subboreaal valt de kustvlakte droog en wordt omgevormd in een uitgestrekt veengebied. Het voltooiën van de grote kustschoorwal bekroond met een duingordel is eerder gevolg dan oorzaak van deze evolutie. De fundamentele reden moet gezien worden in een algemene daling van het zeespiegelniveau, die ongeveer 1 m kan bereikt hebben. Naast een duidelijk terugvallen van de strandlijn was het bijzonderste gevolg een vermindering van de golfenergie door de dieptereductie en bijgevolg een stabilisering van de zandkusten.

Gedurende de laatste 2500 jaar, het Subatlanticum, is de zee in toenemende mate de vroeger opgeworpen kustwal gaan eroderen wat leidde tot belangrijke doorbraken en langdurige overstromingen van de huidige poldergebieden. Deze Duinkerke-transgressies zijn geologisch en historisch vrij goed gedocumenteerd [bv. Tavernier (1954), Van Rummelen (1965)]. Als algemene oorzaak geldt een hernieuwd stijgen van het zeepeil en daaraan gekoppeld toenemende golfenergie. Door kusterosie werd de strandwal verzwakt en de riviermondingen verbreed zodat periodes van hoge stormactiviteit inbraken konden veroorzaken. Gebieden die inmiddels aan sterkere bodemdaling onderhevig waren werden hierbij vooral getroffen.

In de Duitse Bocht waar het land glacio-isostatisch het sterkst was gedaald werd de kustwal weggeslagen en tot eilanden herleid in de aangrenzende Deense en Friese gebieden, zodat een nieuwe Waddenkust ontstond. Een ander zwak punt was de Zeeuwse kust waar talrijke stroommondingen samenvallen met een jong tektonisch bekken. Hier ontstonden de talrijke zeegaten die de mondingen van Rijn, Maas en Schelde gingen vormen. Slechts in de Middeleeuwen kwam de huidige Westerschelde hierbij tot stand. De zeegaten zijn dus een geologisch zeer jong en actief gebied, dat zonder menselijke tussenkomst in constante evolutie zou zijn. De in- en uitgaande getijdestromen beïnvloeden de stromingen voor de kust zoals de ligging van geulen en banken schuin of dwars op de kust aantonen. In de zeegaten zelf werden door de getijdestroming

zeer grote diepten (tot - 67 m) uitgeschuurd. Grotendeels werden de erosieprodukten buitengaats afgezet in een brede buitendelta waarvan de vorm best door de acht-vadem lijn wordt aangetoond.

2.- Sedimentsamenstelling van de bodem

De samenstelling van de bodem werd onderzocht door een dichte bemonstering volgens een regelmatig net. Enerzijds werden de 50 basispunten van het model herhaaldelijk bemonsterd tijdens de verschillende meetkampanjes, anderzijds werd een meer gedetailleerde bemonstering uitgevoerd die meer dan 1000 punten bedraagt (fig. 3). Bijna alle monsters werden genomen met een Van Veen-grijper waarvan de inhoud werd gehomogeniseerd en verdeeld over verschillende monsterzakken voor de verschillende laboratoria.

2.1.- De analysemethode

Het groot aantal monsters maakte het noodzakelijk om een routine procedure uit te werken die minimum van tijd aan maximum van rendement zou koppelen.

Fig. 4 geeft de analyse-flowsheet weer waarbij de verschillende bewerkingen door cijfers worden voorgesteld en de resultaten door letters.

Bewerking 1

Het *veldmonster* A wordt op filterpapier met leidingwater uitgewassen om zeezout te verwijderen en daarna bij kamertemperatuur gedroogd, wat het *zuiver monster* B oplevert.

Bewerking 2

Meestal bevatte het monster schelpen of schelpfragmenten, meer zeldzaam kwam grint voor. De zandige monsters werden manueel op een zeef van 2 mm gezeefd, het grint eventueel uitgepikt en de *hoeveelheid schelpen en schelpfragmenten* C gewogen, evenals de *hoeveelheid*



fig. 3.
Bemonsteringsnet

grint D. Kleiige monsters bevatten minder schelpen en nooit grint en de hoeveelheid C werd hier geschat waarbij we een nauwkeurigheid van 25 % nastreefden. De variabiliteit van de schelpen en grintsamenstelling

op de bodem, de verdeling van de monsters uit de Van Veen-grijper leerde ons dat een grotere nauwkeurigheid geen betekenis had. C en D werden voor eventuele verdere studie bewaard.

Van de *fractie* E kleiner dan 2 mm werd door splitsing een representatief monster genomen tussen 10 en 20 gm en in een genummerde analysebeker gebracht van gekend gewicht.

Bewerking 3

De beker met het analysemonster wordt in een oven gedroogd bij 105 °C. De droogtemperatuur van 105 ° werd gekozen na uitvoerige experimenten waaruit bleek dat :

- a) Een reproduceerbaar evenwichtsgewicht wordt bereikt. Dit is belangrijk aangezien al onze bepalingen gravimetrisch zijn.
- b) Het drogen verloopt veel sneller dan bij 60 °C.
- c) Een meer stabiele toestand is bereikt waardoor minder gewichtsverandering optreedt tijdens het koelen en navolgend wegen.

Na droging wordt de beker gewogen wat de *analysehoeveelheid* F oplevert.

De wegingen werden uitgevoerd tot op 0,01 gm wat een nauwkeurigheid geeft van 0,1 %.

Bewerking 4

Het monster is nu eerst ontkalkt om verschillende redenen.

a) De zandige mariene afzettingen bevatten meestal schelpfragmenten. Hun plat voorkomen geeft hun een diameter die veel groter is dan de hydraulisch equivalente zandkorrels. De granulometrische kenmerken zijn derhalve beter te bepalen zonder de schelpfragmenten, indien de analyse zoals hier door zeven zal geschieden.

b) De volgende bepaling van het organisch materiaal door H_2O_2 digestie is beter op een kalkvrij monster om de vorming te vermijden van Ca-oxalaat dat zou neerslaan en een foutief gehalte aan organische stof meebrengen. Door DTA-analyse werd inderdaad de aanwezigheid van oxalaat vastgesteld.

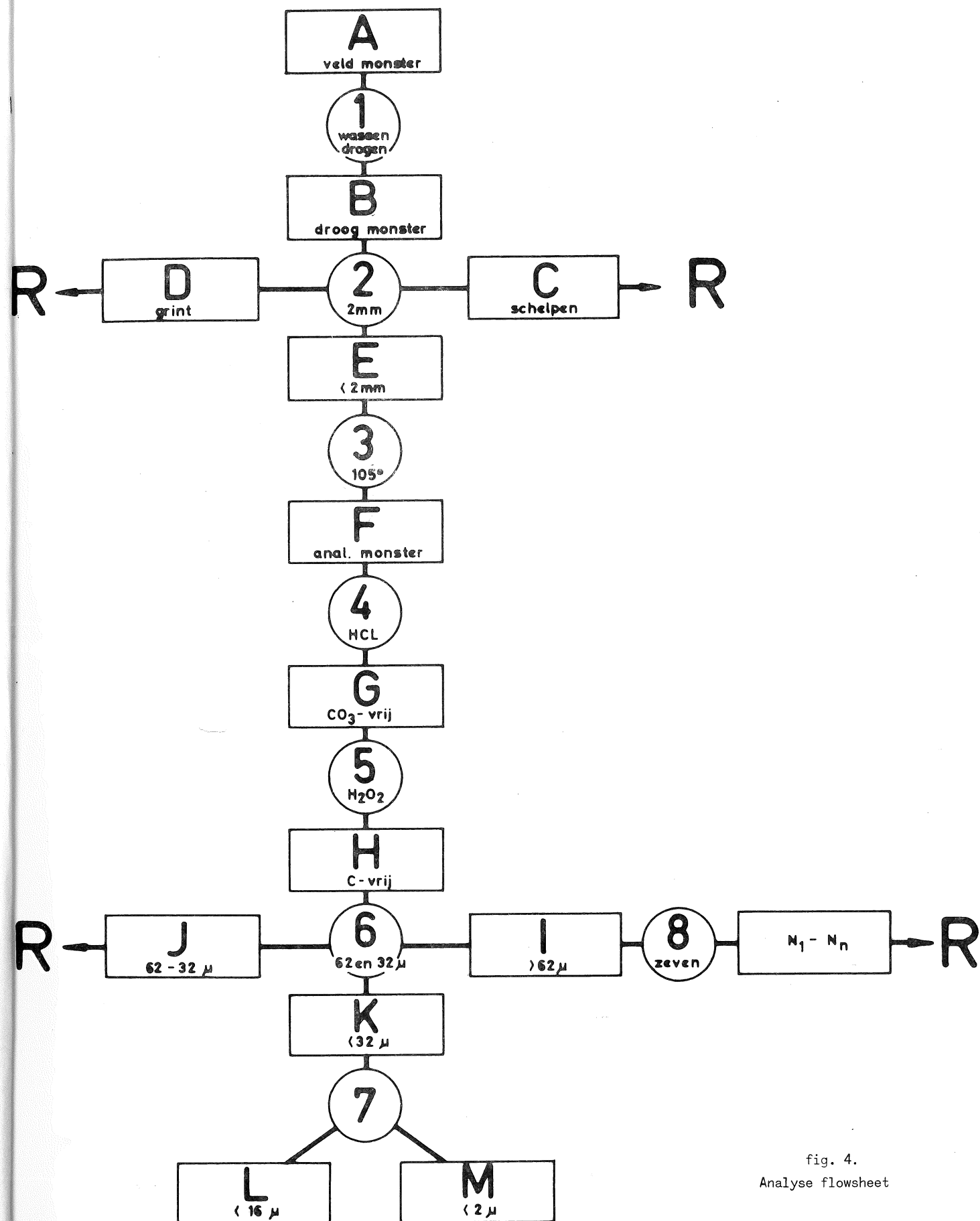


fig. 4.
Analyse flowsheet

c) De latere peptisatie van de kleifractie wordt vereenvoudigd.

d) Ten laatste om het kalkgehalte te bepalen.

Er dient opgemerkt dat het totale kalkgehalte meestal hoger is tengevolge van het afzeven van de schelpresten groter dan 2 mm .

Ontkalking wordt bereikt door behandeling met 1 N HCl , waarbij begonnen wordt met een minimale hoeveelheid en bijgevoegd tot de reactieopbruising is geëindigd. De aantasting wordt zo kort mogelijk gehouden om aantasting van andere mineralen te minimiseren.

Het residu wordt gefilterd op hard filterpapier, type *Whatman 41*, met gedistilleerd water tot de pH van het filtraat bijna neutraal is. In deze omstandigheden worden geen colloïden verloren daar de klei nog uitgevlokt is en het residu kan gemakkelijk opnieuw in het bekerglas gespoeld worden. Talrijke proeven van verbranding van het filterpapier toonden aan dat geen noemenswaardige hoeveelheid klei in de filterporiën achterbleef.

Het residu is opnieuw gedroogd bij 105 °C en gewogen wat het *kalkvrij monster G* oplevert. Het verschil F - G is een goede benadering van het kalkgehalte.

Bewerking 5

Het gehalte aan organisch materiaal kan vrij belangrijk worden in kleiige sedimenten en varieert van verse organismen tot alle graden van verrotting en ontbinding. Om een goede peptisatie van de klei mogelijk te maken dient de organische stof verwijderd te worden. Dit kan gebeuren op een kwantitatieve manier. We verkozen de digestie door middel van H_2O_2 omdat het de enige methode is die in een flowsheet kan ingeschakeld worden daar het residu van de aantasting voor verdere analyse geschikt is.

We gebruiken een vaste hoeveelheid van 100 ml 15 % H_2O_2 dat we laten reageren zonder verwarming. Zo nodig wordt een tweede hoeveelheid toegevoegd. Na voltooiing van de oxydatie worden de bekervaten in de droogoven uitgedampt bij 105 ° en gewogen. Verdamping van het technische H_2O_2 dat we gebruiken laat een zwak variabel residu van stabiliserende

zouten. Dit residu wordt van iedere levering bepaald om het gedroogd gewicht te corrigeren tot H, *het koolstofvrij monster*.

Het gewichtsverlies G - H bleek een zeer reproduceerbare benadering van het gehalte aan organische stof. Proeven wezen uit dat ze enerzijds zinvoller is dan de titratie van de organische koolstof waarvan de omrekening tot organische stof moeilijkheden biedt en anderzijds veel betrouwbaarder dan verbranding vermits hierbij eveneens de aanwezige klei en hydroxyden dehydroxyleren. Dit ontwateringsverlies kan slechts bij benadering worden geschat aangezien het van de hoeveelheid en van de aard van de aanwezige mineralen afhangt.

Bewerking 6

De volgende bewerking is het nat zeven. Vermits het monster reeds drie cycli van droging bij 105° heeft meegemaakt is de individualisatie van de korrels des te belangrijker. Ze begint met een weken van het monster met een kleine hoeveelheid gedistilleerd water gedurende verschillende dagen. Aan kleirijke monsters die niet gemakkelijk uiteenvallen wordt een weinig H_2O_2 toegevoegd en het monster verwarmd waarbij de uitkokende zuurstofbellen een zeer gunstige mechanische werking uitoefenen. Hierna wordt 100 ml gedistilleerd water toegevoegd met 20 ml van een standaard peptiserende oplossing (Na-carbonaat en -oxalaat). De peptisatie wordt zo nodig verder mechanisch geholpen door koken op zandbad en schudden op schudtafel. Het monster wordt uit de beker gespoeld op de bovenste van een koppel Rhewumzeven van 62 en 32 μ . Tijdens het trillen van de zeven wordt maximaal nog 800 ml water doorgespoeld en dit zeefwater opgevangen. De zee-fresten worden van de zeven afgespoeld in bekervaten, gedroogd en gewogen.

De hoeveelheid I is de *zandfractie*, groter dan 62 μ en wordt in bewerking 8 verder behandeld.

De hoeveelheid J is het *grove silt*, tussen 62 en 32 μ . Deze fractie geeft een goed inzicht in het siltgehalte van de totale suspensiefractie kleiner dan 62 μ . Ze wordt voor verdere studie bewaard.

Het opgevangen zeefwater bevat de korrelgrootten kleiner dan 32μ . Het totale gehalte ervan is gekend nl. $K = H - I - J$. Indien het minder dan 5 % bedroeg werd deze fractie niet verder onderzocht. In het tegenovergestelde geval vormt ze de basis van bewerking 7.

Bewerking 7

Indien meer dan 5 % kleiner is dan 32μ wordt de korrelgrootteverdeling verder onderzocht door een sedimentatietechniek. Vermits hiervoor de wet van Stokes wordt toegepast en hieruit diameters worden berekend van theoretische bolvormige korrels spreken we van Stokes-diameters. Omwille van het zeer tijdrovend karakter van alle sedimentatietechnieken beperkten we ons tot het bepalen van twee korrelgroottegrenzen nl. 16μ en 2μ , die als de meest belangrijke coupures kunnen beschouwd worden.

Het zeefwater van bewerking 6 was supplementair gepeptiseerd door de trilling van het zeefapparaat, het wordt uiteindelijk toch nog behandeld met een ultrasoonapparaat of een mixer. De suspensie wordt dan aangevuld tot 1 l en in een sedimentatiecilinder gegoten. Door een substractiemethode wordt dan 50 ml suspensie afgetapt fijner dan 16μ en fijner dan 2μ . Beide bekervallen worden gedroogd bij 105° en gewogen. Na verbetering voor het gehalte aan peptiserende chemicaliën en omrekening tot 1 l verkrijgen we de hoeveelheid L, *suspensiefraction kleiner dan 16μ* en de hoeveelheid M, *kleifraction kleiner dan 2μ* .

Hieruit kunnen we de fracties bepalen :

$$32 - 16 \mu = K - L$$

$$16 - 2 \mu = L - M$$

$$< 2 \mu = M .$$

Bewerking 8

Van de zandfractie I wordt door droogzeven een gedetailleerde korrelverdeling opgemaakt. Aangezien ons doel was met voldoende

nauwkeurigheid een gemiddelde korrelgrootte en een sorteringsindex te kunnen afleiden was het gebruik van een halve- ϕ zeefreeks aangewezen. De droge zeping werd dus uitgevoerd door mechanisch zeven gedurende 15 minuten met de zeven van 88 , 125 , 177 , 250 , 354 , 500 , 707 , 1000 , 1397 μ , wat de *gewichtsfracties* M_0 tot M_n opleverde. De verschillende fracties werden bewaard voor eventueel later mineralogisch of morfometrisch onderzoek.

2.2.- De sedimenten

Van de ongeveer 1400 geanalyseerde monsters werden gemiddeld 12 analysecijfers bepaald. Een boekdeel met 70 pagina's tabellen bundelt deze analysegegevens en een exemplaar ervan is ter beschikking bij de projectleiding en op ons laboratorium.

De verdere verwerking van de gegevens gebeurde grafisch. Een aantal parameters werden berekend of grafisch afgeleid en op kaart gebracht. Van de 50 hoofdknooppunten van het net lagen meestal drie, soms vier, analyses voor, omdat ze herhaaldelijk werden bemonsterd. In vele gevallen waren de analyses van opeenvolgende monsternamen van eenzelfde plaats zeer gelijkend. Vooral in het zuidelijk gedeelte van het gebied waren echter de resultaten ook soms zeer verschillend. Dit is vanzelfsprekend niet te wijten aan een evolutie van de samenstelling tijdens de driejarige meetperiode maar is het gevolg van de variabiliteit van de bodemsamenstelling die duidelijk groter is dan de nauwkeurigheid van de bemonsteringslokalisatie. In het Zuiden waar de bodemtopografie intens is en zeer snel wisselt is dus blijkbaar ook de overgang tussen verschillende faciessen zeer snel. Indien een sedimenttype overheerste werd dit als representatief beschouwd voor dit punt, zo niet werd een gemiddelde gemaakt.

Op de minutekaart werden door middel van kleuren zeer talrijke klassen onderscheiden. De studie van hun spreiding en juxtapositie liet toe het aantal klassen te verminderen, gewoonlijk tot acht. Omdat de verschillen tussen kleine procenten belangrijker zijn dan tussen grote waarden werd steeds een geometrische progressie van de klassen toegepast.

Hier worden dan van de verschillende parameters kaarten gebracht waarop iedere parameter door een klasseteken is voorgesteld. Iedere kaart resumeert dus 1400 analyses. De waarde van ieder analysepunt kan afgelezen worden binnen de klasse. We verliezen dus een zekere nauwkeurigheid ten opzichte van eventuele tabellen. De punten van herhaalde bemonstering hebben echter aangetoond dat de analysenauwkeurigheid toch niet groter kan zijn dan de bemonsteringsnauwkeurigheid en dat onze werkwijze derhalve volkomen verdedigbaar is. Naast het voordeel van haar compactheid verkrijgen we een plastisch verspreidingsbeeld wat belangrijk bijdraagt tot het verklaren van het betrokken verschijnsel.

Uiteindelijk hebben we 5 parameters weerhouden die van bijzonder belang bleken. Iedere parameter wordt hierna systematisch besproken met een behandeling in A van de keuze van de parameter, in B van de beschrijving van het verspreidingsbeeld, in C van een interpretatie van de feiten.

2.2.1.- Grint

2.2.1.1.-

Als we teruggrijpen naar de geologische geschiedenis van de Noordzee dan kan om verschillende redenen grint op de huidige zeebodem verwacht worden.

- 1) Fossiele grinten van fluviale en fluvio-glaciale oorsprong afgezet op de droogliggende noordzeebodem tijdens lage glaciale zeespiegelstanden.

- 2) Herwerking van deze continentale afzettingen door de transgressieve zee tijdens de zeespiegelstijging bij de overgang naar een interglaciale fase. De Flandriaan-transgressie na de laatste ijstijd is hierbij wel het meest effectief geweest, maar het kan verwacht worden dat ook de vorige Eem-transgressie relictten heeft gelaten.

- 3) Erosie door golfabrasie of getijdestromen van de zeebodem, eventueel tot in het tertiaire en krijt-substraat. Al de zwaardere elementen grint, vuursteenknollen, zandsteen kunnen hierbij aan de oppervlakte worden geconcentreerd en een rest-grint vormen.

4) Nieuw grint kan worden aangebracht door de rivieren of door kliferosie.

Uit deze analyse blijkt dat de aanwezigheid van grintlagen op de huidige zeebodem een onmiskenbare aanduiding is voor zeer hoge energie van golfwerking of stroomsnelheid waardoor deze grove elementen kunnen vervoerd worden of waardoor althans belet wordt dat ze door sedimentatie van fijnere afzettingen worden bedekt.

2.2.1.2.-

Fig. 5 toont een opvallend sterke concentratie van de grintvoorkomens.

- Ten Noorden van $50^{\circ} 40' N$ komen slechts enkele monsters voor met grove partikels. Slechts één monster bevat er meer dan 10 %, zeven monsters liggen tussen 2 en 8 %. Alle gevallen liggen verspreid, afgezien van een SW-NE georiënteerde grintbodem 45 km ten E van Outer Gabbard. Opvallend werd ten N van de Rijnmond geen enkel grintje gevonden in een brede strook tot 75 km vóór de kust.

In het Zuidwesten zijn de grintmonsters plots veel talrijker en ook hun gehalte stijgt aanzienlijk tot een paar plaatsen van 100 %. De meeste voorkomens zijn gegroepeerd en kunnen gemakkelijk afgelijnd worden, vooral als men hierbij rekening houdt met de topografie aangezien het weinig waarschijnlijk is dat grint op de zandbanken voorkomt. We vonden het verantwoord de voorkomens te scheiden door de limieten van 2 en 16 % in drie klassen.

1) In het gebied van de Hinderbanken en de noordelijke Vlaamse banken vormen de grinten smalle, uitgerekte en gesloten stroken in de laagten tussen sommige banken. Het grint is duidelijk alleen aanwezig in de diepste geulen en komt in de oostelijke geulen voor vanaf een diepte van 30 m, die tussen Oost- en West-Hinder reeds 40 m bedraagt en nabij de Faireybank tot 45 m daalt. In dezelfde richting is er ook een duidelijke tendens naar hogere grintpercentages.

2) In het gebied van de zuidelijke Vlaamse banken en van Sandettie-Falls is het beeld veranderd. Het grootste gedeelte van de bodem is nu grintrijk en de geïndividualiseerde zandbanken staan hier duidelijk

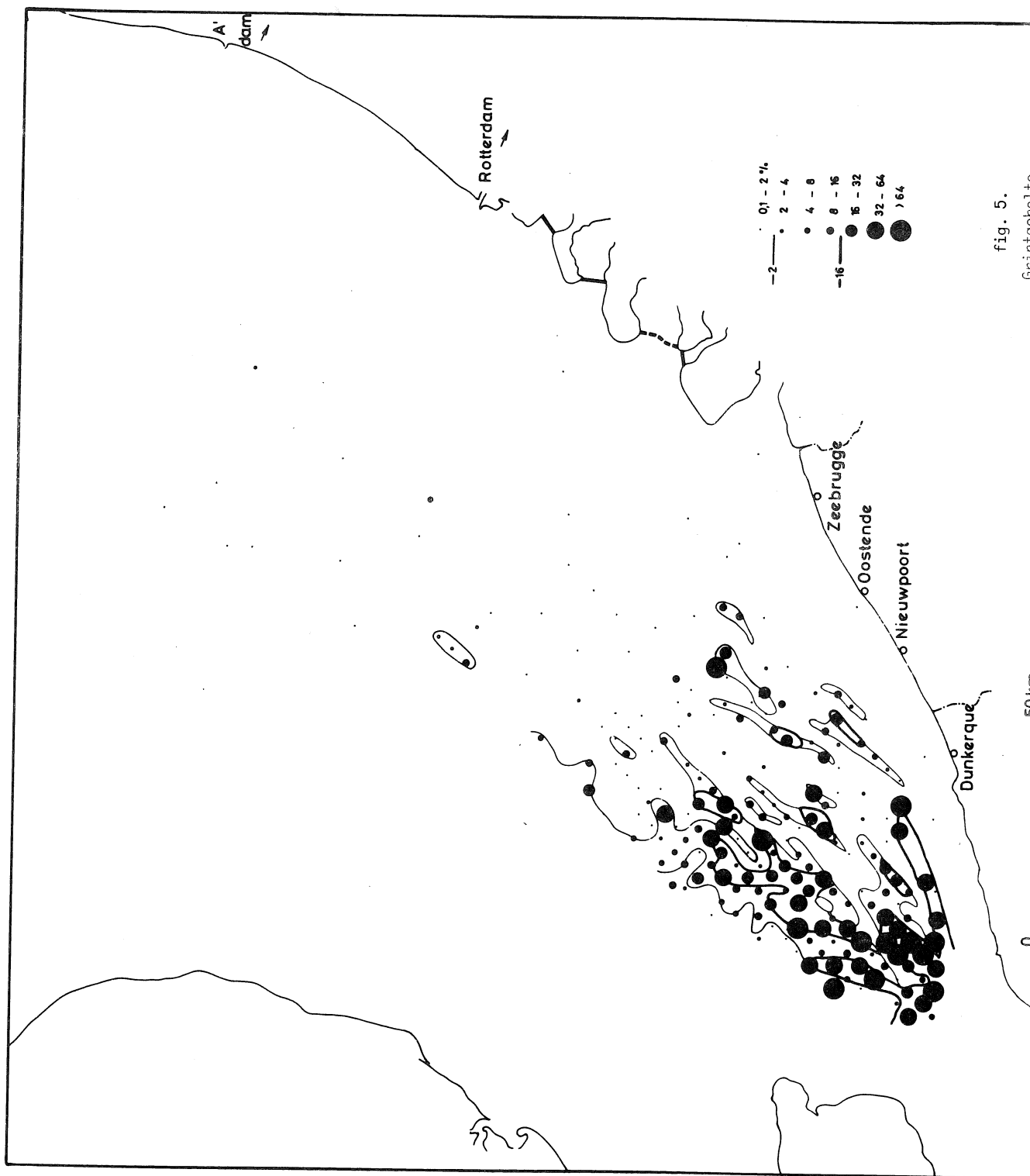


fig. 5.

Geintochtelto

FOU

geïsoleerd op. De grintvlekken zijn niet alleen groter maar bevatten ook hogere percentages aan grint en verschillende monsters van zuiver grint komen er voor. De diepte schommelt tussen 50 en 60 m en de zuiverste grinten komen met grootste diepten overeen.

Er dient nog opgemerkt te worden dat het tracé van de westelijke limietlijnen slechts weinig waarde heeft omdat het op te veel plaatsen samenvalt met de grens van de bemonstering.

2.2.1.3.-

Het beeld raffineert de grintverspreiding zoals aangegeven door het onderzoek van Veenstra (1969). Het toont dat in het zuidelijke deel het bestaan van een grintvlak mag veralgemeend worden dat op - 60 m ligt in de Centrale Diepwater Geul, en naar de kust toe, eerst snel, dan trager rijst tot - 30 m. Men kan aannemen dat het te vervolgen is in de grintlaag die door Briquet (1931) werd gevonden tussen het Tertiair substraat en het Kwartaire dek in de kustvlakte van N-Frankrijk en België. Er blijkt dus geen relatie te bestaan tussen de grintlaag en enige moderne riviermonding of kliferosie. Het grint is dus een residuele afzetting. Petrografisch onderzoek van deze monsters kon nog niet uitgevoerd worden, maar de studie van Veenstra (1969) heeft reeds uitgewezen dat er een duidelijk onderscheid te maken is tussen het oostelijk vlak met grint dat vooral afkomstig is van de Tertiaire ondergrond en de Diepwater Geul waarvan het grint opvallendrijkt wordt aan vreemde elementen die tot de fossiele fluvio-glaciale stroom terug te voeren zijn.

Het feit dat deze fossiele grinten over uitgestrekte gebieden voorkomen toont dat de energie er inderdaad te hoog is om sedimentatie van fijn materiaal mogelijk te maken. Het feit dat dit juist in de geulen voorvalt toont anderzijds dat de golgwerking hierop geen invloed heeft en uitsluitend de sterkte van de getijdestromen ervoor verantwoordelijk is.

2.2.2.- Schelpen en schelpfragmenten

2.2.2.1.-

Voor de bepaling van de hoeveelheid schelpen en schelpfragmenten werd arbitrair de grens van 2 mm gekozen al is het duidelijk dat onder deze grens ook nog schelpen en vooral schelpfragmenten voorkomen. Onder 2 mm neemt echter het gehalte aan zandkorrels snel toe, terwijl boven 2 mm de grint- en schelpfractie nog gemakkelijk door manueel uitpikken kan gescheiden worden. Geen poging werd gedaan om levende, hele of gebroken schelpen te scheiden. Daarop gaat echter Dr. Ringelé verder in. Het gehalte aan schelpen houdt in de eerste plaats verband met de biologische activiteit. Schelpen kunnen echter ook door stromingen geconcentreerd of verspreid worden. Hun uiteindelijke concentratie wordt dan nog bepaald door de snelheid waarmee andere detritische sedimenten worden toegevoegd.

2.2.2.2.-

Fig. 6 toont de analytische resultaten. De studie van de verspreiding der detailgegevens toonde dat de gegevens zinvol konden worden gegroepeerd in drie groepen :

- minder dan 0,2 % : de monsters die helemaal geen schelpen bevatten of hoogstens 0,1 % in de klasse van 0,1 tot 2 % ;

- van 0,2 tot 8 % ;

- meer dan 8 % , wat als zeer schelprijk kan beschouwd worden.

Slechts tien monsters bevatten tussen 32 en 64 % , terwijl maar een staalname uit een mosselbank 100 % schelpen bevatte.

Bij het aflijnen van de groepen hielden we als principe dat minstens twee aangrenzende monsters tot dezelfde klasse dienden te behoren om een aflijning te wettigen. Dit minimum-principe moest slechts 6 maal worden toegepast wat bewijst dat meestal grote vlekken met dezelfde samenstelling voorkomen en dat ook de analysemethode zinvol is.

Het kartografische beeld geeft aanstonds twee trends; er is een duidelijke vermindering van het schelpgehalte zowel van Zuid naar Noord als van diepwater naar de kust. In tegenstelling met de grintkaart

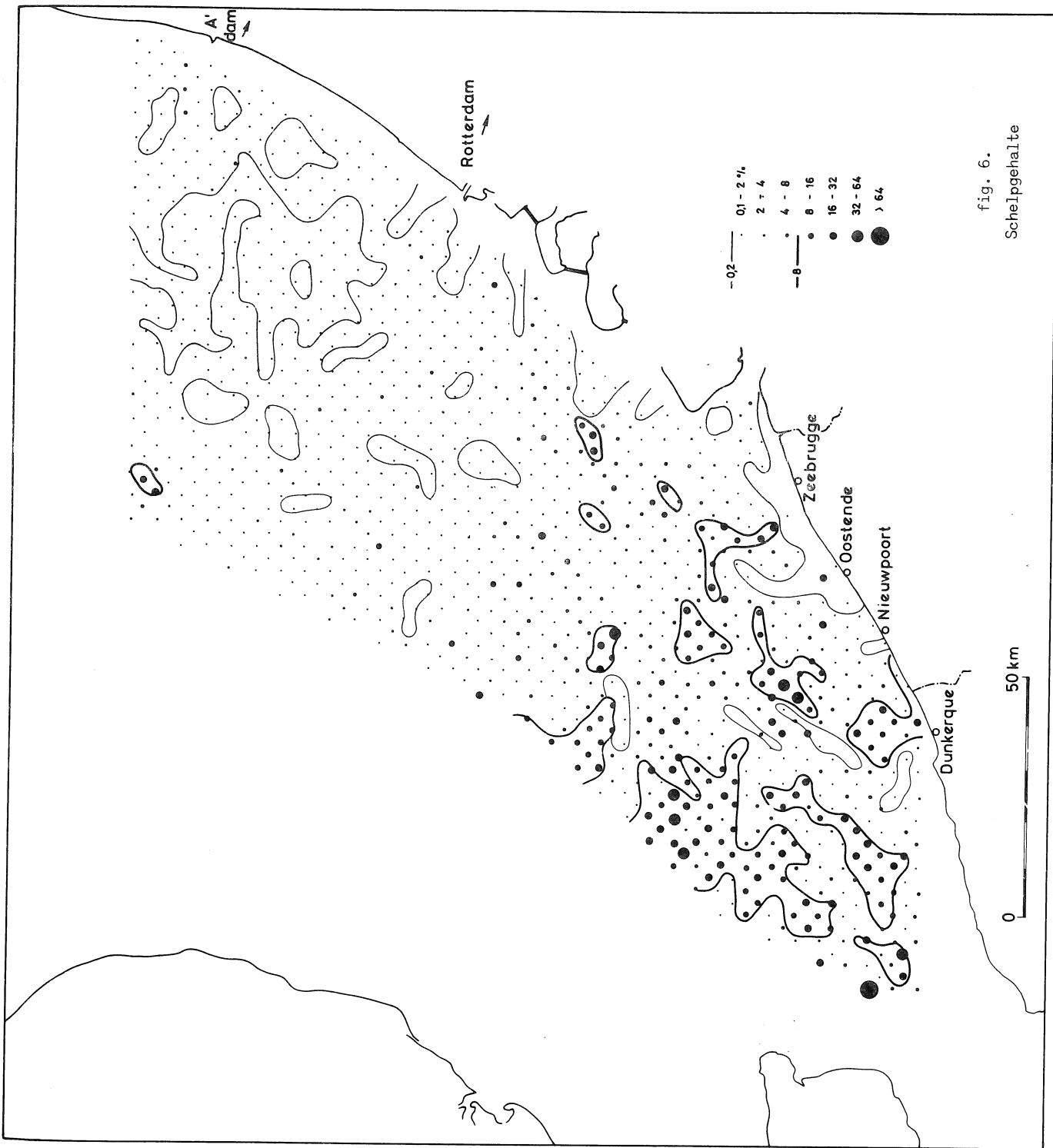


fig. 6.
Schelpgehalte

werden we bij het aflijnen weinig geholpen door de bathymetrie wat dus wijst op een mindere afhankelijkheid tussen schelpgehalte en bodemreliëf.

1) Gebieden zonder schelpen

Een eerste opvallend feit is het regelmatig voorkomen van schelpvrije sedimenten langs de kust met tongvormige projecties naar volle zee toe. De vlek voor de Belgische Oostkust en langs de zuidelijke oever van de Scheldemonding is het meest uitgebreid en tegelijk het leegste vermits 85 % van de monsters tot de klasse 0 behoren. Ten Zuiden is er een tong voor de IJzermond en vóór Duinkerken. Naar het Noorden toe tot Scheveningen komen zes geïsoleerde tongen voor die echter minder absoluut schelpvrij zijn, aangezien 75 % van de monsters althans toch 0,1 % schelpen bevatten.

In open water is er een grote tegenstelling tussen Noord en Zuid. In het Zuiden komen twee duidelijk afgeijnde stroken voor die met twee zandbanken overeenkomen en verder slechts geïsoleerde lage waarden. Ten Noorden van 52° neemt het areaal echter aanzienlijk toe waarbij echter slechts twee monsters voorkomen die volkomen schelpvrij zijn en 98 % dus 0,1 % schelpen bevatten. Vóór Amsterdam ligt hiervan trouwens een zeer uitgebreid veld.

2) Gebieden met hoog schelpgehalte (> 8 %)

Ten N van 51° 50' komen slechts geïsoleerde waarden voor afgezien van de kleine concentratie juist ten W van Brown Bank. Ten Z wordt het beeld integendeel door deze groep beheerst. De grootste vlek komt voor in het diepwater tussen Falls en Sandettie. Het breekt op in kleinere vlekken naar de kust en het Noorden toe. Een ervan raakt de kust aan Frans-Belgische grens en is verantwoordelijk voor de zeer schelprijke stranden aldaar. Verder noordelijk wijken deze gebieden van de kust weg. De verbrokkeling gaat gepaard met een verarming; waar in het centrale gedeelte nog 50 % der monsters boven 16 % schelpen bevatten vermindert dit naar de rand waar deze klasse uitzonderlijk wordt.

3) Gebieden met gemiddeld schelpgehalte (0,2 - 8 %)

Deze gemiddelde groep neemt de overblijvende ruimte in. In het Zuiden duidelijk met het karakter van een overgangsgroep die weinig ruimte inneemt; in het Noorden echter dominant. Wanneer we de detailwaarden nagaan komt een verder verschil tot uiting. In het Zuiden overheersen duidelijk de gehalten tussen 4 en 8 % terwijl ten Noorden ze overheersend onder 2 % liggen. Ook de uitzonderingen zijn interessant, enerzijds de lagere waarden voor de IJzermonding die het belang van de schelpvrije vlek aldaar vergroot, anderzijds de hogere waarden ten Westen van Brown Bank die ook daar aansluiten met een hogere groep.

2.2.2.3.-

De literatuur bevat omzeggens geen kwantitatieve informatie over deze parameter die duidelijk nochtans een grote differentiërende waarde bezit en derhalve belangrijk is voor de interpretatie van de huidige sedimentatie en evenzeer voor het verklaren van fossiele afzettingen. Zo vertonen bv. de Pliocene zanden van East Anglia en van het Antwerpse eenzelfde variatie van schelpgehalte.

1) Een zeker schelpgehalte kan als normaal beschouwd worden in deze ondiepe en door golven en getijdestroming goed doorluchte waters. We kunnen derhalve als eerste probleem beschouwen waarom een algemene trend tot vermindering van het schelpgehalte van Zuid naar Noord aanwezig is. Er is geen enkele aanduiding dat de progressieve vermindering van het getijdeamplitudo naar het Noorden toe en derhalve ook van de getijdestroming een kwaliteitsvermindering van het water zou veroorzaken. Ecologisch ongunstige omstandigheden dienen dus in de bodemcondities gezocht.

Een vergelijking van de spreiding van grint en schelpen geeft een zeer belangrijke positieve correlatie. In het Zuiden komen beide systematisch samen voor. Tijdens de analyses was daarbij opgevallen dat, afgezien van een paar zuivere biohermen, hoge schelpgehalten steeds veel schelpgruis bevatten, terwijl de lage schelpgehalten gekenmerkt waren door een hoog percent aan hele schelpen. De rijkdom aan

gebroken schelpen wijst op herwerking, met zelfs aanzienlijk transport. De schelpen gedragen zich als een residuele zware fractie. Hoge gehalten getuigen dus van stabiele, plaatselijk zelfs erosieve zeebodem. Ze zijn het gevolg van een integratie over de tijd van het schelpleven op een constant vlak.

Een tweede positieve correlatie bestaat tussen het schelpgehalte en de intensiteit van het bodemreliëf. De grens van opvallend hoge zuidelijke gehalten met uniform lage noordelijke valt goed samen met het verdwijnen van de zandbanktopografie, en valt niet samen met enige opvallende verandering in de samenstelling van de zandbodem. Enerzijds mag worden aangenomen dat het topografisch gevarieerd zandbankengebied eveneens meer gevarieerde en dus gunstige ecologische omstandigheden oproept. Anderzijds toonde Houbolt (1968) dat de vlakkere zeebodem ten N van $51^{\circ} 45'$ gekenmerkt wordt door transversale megaripples die een momentbeeld zijn van de migratie van zandgolven. Bodemorganismen worden daardoor plots bedolven onder een voortschrijdend zandlichaam wat een uitermate ongunstig milieu is. Ook de flanken en de top van de zuidelijke zandbanken zijn gekenmerkt door deze snelmigrerende megaripples, maar de voet van de banken en de geulen tussenin zijn een veel stabielere en gunstige milieu.

2) De vlekken met laag schelpgehalte langs de kust kunnen niet op dezelfde manier verklaard worden. Het verspreidingsbeeld geeft een positieve correlatie met de riviermonden, waarbij iedere tong een zuidwestelijke afwijking vertoont. Dit komt overeen met de ebstroomrichting en is een aanduiding dat deze schelparme zones met invloeiende continentale watermassa's te correleren zijn. In sommige omstandigheden zou de oorzaak het zoete karakter van het instromend water kunnen zijn. Afgezien van de Rijnmond hebben deze estuaria slechts een uiterst geringe invloed op het zoutgehalte. Derhalve moeten nog andere fysico-chemische oorzaken spelen, waaronder pollutie. In deze hypothese verdient men na te gaan of de tong ten Noorden van Europoort niet te wijten is aan effluentia van het grootstedelijk gebied van Den Haag. Omgekeerd dient aangestipt dat de IJmonding deze negatieve invloed mist en dat hier integendeel duidelijk hogere schelpconcentraties voorkomen.

Hieruit kan besloten worden dat het Amsterdams stedelijk gebied geen polluerende effluentia uitstuurt.

Voor de Belgische kust is de negatieve invloed van de IJzermonding duidelijk genoeg, en moet derhalve ook eenzelfde verband bestaan tussen de grote schelpenvrije vlek vóór de Belgische Oostkust en het Schelde-estuarium. De getijde ebstroom trekt de vervuilde Scheldewaters naar het Zuidwesten waar ze versterkt worden door effluentia van de stedelijke kustzones. Deze kustwaters worden dan opgenomen door het algemeen stroompatroon in volle zee en naar het Noorden gestuwd door de vloedstroom.

2.2.3.- Zandgehalte

2.2.3.1.-

Er dient aan herinnerd te worden dat het zandgehalte niet berekend werd op het totale monster maar op de detrietische fractie. Deze werd bekomen na verwijderen van elementen grover dan 2 mm, van carbonaten en van organische stoffen. Door zeven op 62 μ wordt dit detrietisch sediment gesplitst in de zandfractie en de suspensiefractie (slijk). De kaart geeft de waarde van het zandgehalte en terzelfdertijd de waarde van het complementaire slijkgehalte (fig. 7).

De gedetailleerde analytische klassen die door symbolen zijn weergegeven kunnen zinvol in drie groepen worden ingedeeld : van 100 tot 98 % zand, tussen 98 en 68 % zand en minder dan 68 % zand.

2.2.3.2.-

De verspreiding van deze drie groepen is zeer kenmerkend :

1) Zuiver zand : 90 % van de monsters behoren tot deze categorie en meer dan de helft bevatten meer dan 99 % zand. Het beeldtoont dat dit de normale samenstelling is van de zuidelijke Noordzeebodem. Verspreid komen een twintigtal monsters waarvan het slijkgehalte tot 5 % stijgt.

2) Slijkbodems : minder dan 68 % zand. De meeste van de monsters in deze groep hebben in feite minder dan 36 % zand en zijn dus echt slijk. Een omvangrijk gebied ligt vóór de Belgische Oostkust en sluit

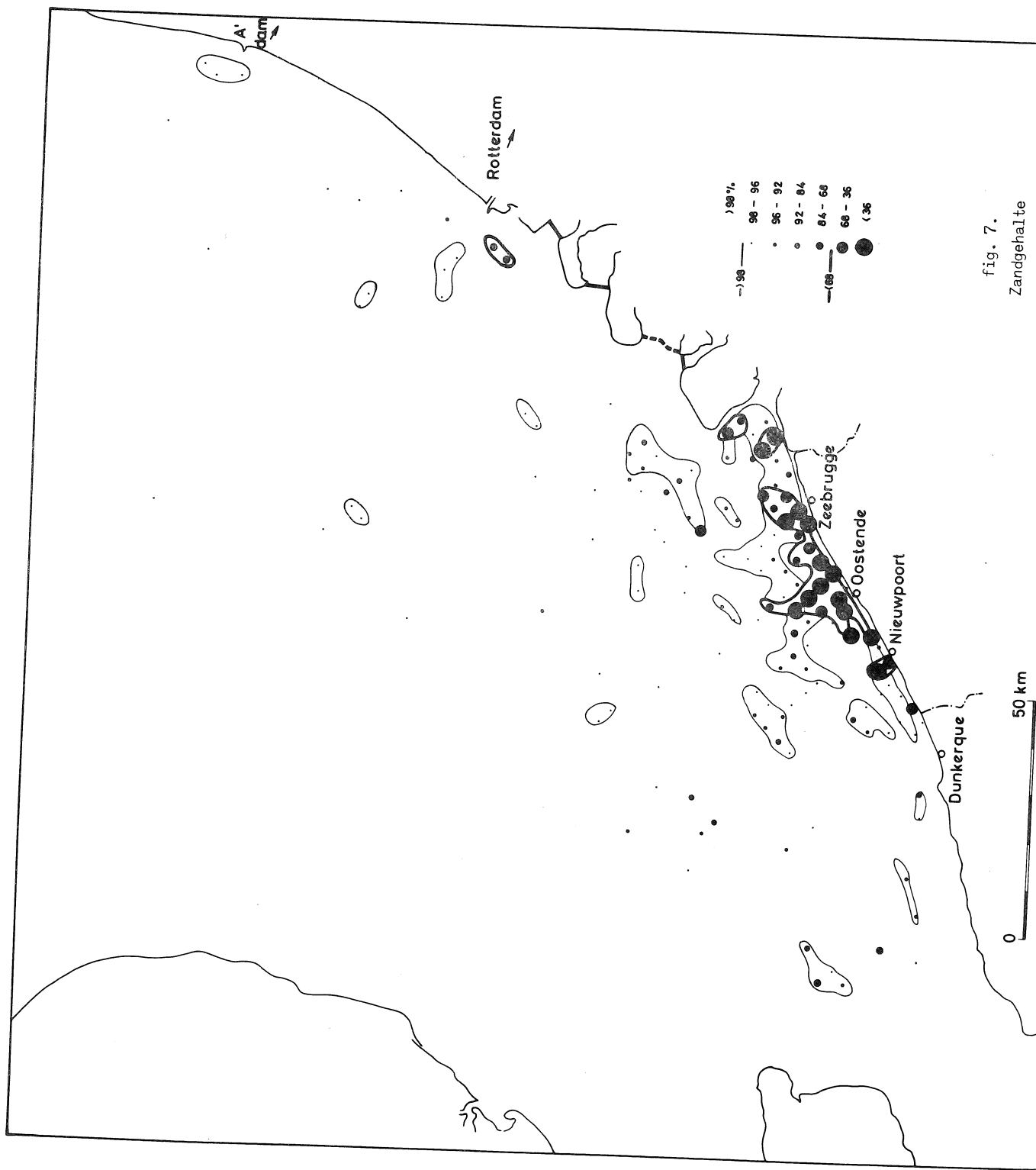


fig. 7.
Zandgehalte

aan bij een paar kleinere vlekjes in de estuariummonding. Laten we hier opmerken dat aflijning van dit areaal niet nauwkeuriger kan zijn dan de monsterafstand t.t.z. 5 km . Het bevestigt dus slechts het veel meer gedetailleerd beeld door Bastin (1973) opgesteld. Vóór de IJzer- en Rijnmonding ligt telkens een kleine vlek.

3) Slijkerig zand : tussen 2 en 32 % slijk. Dit type van overgangssediment ligt essentieel vóór de Belgische kust. Het verbindt onderling de zuivere slijkarealen tot één groot slijkhoudend gebied vóór de Belgische kust. Verder in zee komen nog enkele langgerekte vlekken voor in het gebied van de Vlaamse- en Zeelandbanken, overeenkomend met ondiepe geulen.

Verder noordwaarts liggen nog enkele kleine vlekjes, o.a. voor de monding van de Rijn en nu ook van het Y. Opmerkenswaardig is de praktisch volledige afwezigheid in de open maar toch ook diepere zee.

2.2.3.3.-

1) Typisch voor het studiegebied is het praktisch zuivere zand. Inderdaad men kan verwachten dat de zeer intensieve voorbehandeling ook kleifilmen, die aan de korrels gehecht waren, of aggregaten werden losgemaakt en dat de analyse dus een zeker suspensiegehalte geeft dat in het natuurlijk sediment niet eens als dusdanig voorhanden was.

Het bewijst dat over het ganse gebied de bewegingsenergie van het water groot genoeg is om de suspensiefractie voortdurend uit te wassen en dus te beletten dat slijk definitief ter bezinking komt.

Moens (1972 en hier) toont dat de suspensielading in de open Noordzee gemiddeld eerder gering is, nl. 3 mg/l , maar dat bij stormweer het gehalte aanzienlijk toeneemt. Een as met geringe suspensielading in het midden van de Southern Bight was reeds door Maff (1957) getoond. Het samenvallen met het maximum aan saliniteit kan wijzen op het invloeden van klaarder Atlantisch water.

Twee krachten werken samen om de afwezigheid van kleisedimentatie te verklaren. Aangevoerd suspensiemateriaal bezinkt tijdens de stilstandsfazen van de getijdekentering. Uit het overzicht van Moens (1972) blijkt dat de gevormde suspensievlokken mogen beschouwd worden te

bezinken met een snelheid van 30 cm per uur. Bij afwezigheid van turbulentie mag dus gesteld worden dat bij een diepte van 30 m het water volledig is gezuiverd in zes dagen. Het gemiddeld kleipartikel zal zich daarbij verplaatst hebben over een afstand gelijk aan 12 maal de getijdestroom.

De gesedimenteerde vlokken zullen echter terug worden geërodeerd bij toename van de turbulentie tijdens het maximum van de getijdestromen en vooral door golfbeweging tijdens stormperiodes. Migniot (1968) en Lebon (hier) tonen dat kritische erosiesnelheid afhangt van de rigiditeit van het slijk t.t.z. van zijn compactie en dus van zijn ouderdom. Het suspensiemateriaal zal dus sprongsgewijs worden vervoerd tot het uiteindelijk een plaats bereikt waar het ook door de hevigste stormen niet meer wordt uitweggeërodeerd. Onze analysecijfers tonen aan dat dit sedimentatieareaal buiten het studiegebied ligt. Theoretisch is dit te voorzien door de geometrie van het gebied. De maximum diepte bedraagt inderdaad niet meer dan 60 m, t.t.z., ongeveer de helft van de golflengte der golven. Anderzijds is stormweder meest veroorzaakt bij Noordwester winden die met maximale fetch overeenkomen. Bij storm mag dus hoge bodemturbulentie verwacht worden tot op een diepte van 60 m.

Er kan met zekerheid dus besloten worden dat golfturbulentie de hoofdverantwoordelijke factor is die de permanente slijkfazetting belet en dat de getijdestroom verantwoordelijk is voor de stapsgewijze uitvoer van het suspensiemateriaal in de richting van de getijdereststroom, *in casu* naar het Noorden.

2) Tegenover dit schema vormen de slijkrijke gebieden langsheen de kust een volkomen anomalie. Normaal wordt in ondieper kustwaters een grotere golfturbulentie verwacht en derhalve afwezigheid van kleis sedimentatie. Juist omwille van de pollutatieeigenschappen van klei is de studie van deze afzettingen dan ook zeer belangrijk.

De kleine slijkvlekken vóór de monding van IJzer en Rijn kunnen gemakkelijk worden verklaard doordat het ritme van aanvoer er lokaal groter is dan de snelheid waarmee het gesedimenteerde slijk opnieuw wordt in suspensie gebracht en afgevoerd.

De oorzaken echter van de bijzonder grote slijkstrook vóór de Belgische Oostkust zijn minder eenvoudig omwille van de uitzonderlijke uitgestrektheid ervan. Ze kunnen hoofdzakelijk herleid worden tot de vragen welke de bron is van dit slijk en waarom het daar blijft liggen.

a) De getijdestroom vanuit het Nauw van Kales voert Atlantisch water aan met een geringe turbiditeit [Lee and Folkard (1969)]. De kustwaters dragen nochtans meer suspensielading en Van Veen (1936) schatte de jaarlijkse doorvoer van slijk naar het Noorden op $2.000.000 \text{ m}^3$. Hier- van echter zal veel minder dan de helft langs de zuidelijke kust ver- voerd worden en uiteindelijk kunnen bijdragen tot de betrokken sedi- mentatie. Wel dient er rekening mee gehouden te worden dat een verdere ontwikkeling van de haven- en industriële activiteit in het gebied van Calais-Duinkerken een toenemend effect op de stroomafwaartse sedimen- tatie vóór onze kust kan hebben.

Van Veen (1936) die het anomale karakter van deze slibvelden begreep en Bastin (1973) die hun uitgestrektheid nauwkeurig op kaart bracht menen dat de bron dient gezocht te worden in dagzomende tertiaire kleilagen, die door de zee terplaatse worden geërodeerd. Men mag hier- bijvoegen dat in de rechtermonding van de Schelde ook eventueel fossiele Calais-kleien kunnen voorkomen. In de geulen zou deze klei- ondergrond kunnen bereikt worden en door stromingen geërodeerd, of zoals R. Faas mondeling suggereerde door biogene erosie zoals krab- graafwerk. Tot nu toe echter werden geen ontsluitingen gelokaliseerd en het valt te betwijfelen of deze bron het geheel van deze sedimentatie zou kunnen verklaren.

Wij zijn echter van mening dat de bijdrage van de Schelde in deze sedimentatie ook door Van Veen (1936) werd onderschat. We toonden vroeger reeds dat de som van het jaarlijkse suspensietransport van de rivieren die het Scheldebekken uitmaken de $2.000.000 \text{ ton}$ kan bereiken en soortgelijke cijfers waren door Wollast (1971) langs andere benadering als waarschijnlijk geacht. Deze lading zal historisch voortdurend toegenomen zijn tengevolge van bodemerosie, nieuwe land- bouwtechnieken, riolering en uitbreiding van het wegstelsel. Waar de normale sedimentatie van het rivierslijk in de alluviale vlakten

gebeurt is er tegelijkertijd een historische ontwikkeling om een steeds toenemend deel naar zee uit te voeren. Dit wordt veroorzaakt door toenemende bedijking der rivieren waardoor overstromingen zeldzaam worden, inpoldering van schorren waarvan alleen nog het Land van Saaftingen overblijft dat snel naar rijpheid evolueert.

ERTS-foto's, waaronder fig. 8, toonden onmiskenbaar de zeer turbide waters van de beneden-Schelde die aansluiten bij het zeer vervuild areaal vóór de Oostkust. Een soortgelijke maar scherp afgelijnde suspensiepluim vóór de Rijnmonding is zeer duidelijk. Vermits de huidige Scheldemonding slechts 1200 jaar bestaat en de uitvoer historisch zeer sterk toeneemt kan men besluiten dat ook de slijkvlek vóór de kust van jonge datum is en recent aanzienlijk moet toenemen. De slijksedimentatie blijkt geen eigen morfologische vorm te ontwikkelen, maar eerder de zandbankentopografie te bedekken. Om het aspect van de ouderdom en de sedimentatiesnelheid van het slijkareaal definitief op te lossen is een programma van geofysisch onderzoek noodzakelijk, aangevuld met kernboringen.

b) De ligging van het slijkareaal betekent nu dat meer slijk wordt aangevoerd, voornamelijk uit de Schelde, dan weggevoerd naar dieper water. Het is echter niet mogelijk het belang van de afzetting onmiddellijk te correleren met de hoeveelheid aangevoerd slijk. Inderdaad, het is duidelijk dat de totale hoeveelheden aangevoerd door de Rijn en Maas veel groter zijn en toch een veel geringere slijksedimentatie voor de kust optreedt.

Biologische aggregatie van slijkprikels kan aanzienlijk bijdragen tot een snellere bezinking en tot een hogere weerstand aan de erosie. Er is echter geen duidelijke aanduiding dat dit proces voor onze kust belangrijker zou zijn dan voor de Rijnmonding.

Bodemdiepte in het slijkareaal is bijzonder gering en overtreft nooit 20 m. Golfturbulentie is derhalve hoog en men verwacht daardoor moeilijk blijvende sedimentatie. Moens (1973 en hier) mat trouwens hoge turbiditeit van deze kustwaters, die op de ERTS-foto (fig. 8) duidelijk tot uiting komt met een wolkachtig patroon. In vergelijking met de



fig. 8.

ERTS-foto, band 0,6 - 0,7 μ , 23 maart 1973

Rijnmonding is de golfenergie aanzienlijk geringer omdat de algemene diepte vóór de kust kleiner is en vooral omdat de talrijke Noordoost strekkende zandbanken de golven vroegtijdig breken en dus hun energie dempen. Deze kustzone bevindt zich dus in een golfschaduw, zodat zich sublagunale condities instellen.

Bastin (1973), aangevuld door Moens (1973), vond door de studie van de getijdestromen dat het slijkareaal gekenmerkt was door zeer geringe en zelfs convergerende getijdestromen. Dit betekent dat de waters in het gebied zeer lang omzwerven met slechts geringe ontsnapingskansen. Een langere verblijfsduur verhoogt de kans op sedimentatie, terwijl hernieuwde erosie niet noodzakelijk uitvoer van het slijk betekent. In 1973 suggereerden we dat deze stroming het uitzicht had van een rechtsdraaiende wervel opgeroepen door de zijdelingse pompactie van het Schelde-estuarium. De hoofdgetijdestroom wordt daardoor van de kust weggeduwd zoals de divergentie van het bankensysteem aanduidt. Door opname van het wrijvingseffect in het mathematisch model kon inmiddels Nihoul (1975) een dergelijke wervel simuleren.

Al deze redenen zijn goed en dragen blijkbaar hun deel bij tot het ontstaan van het slijkareaal dat we globaal dus kunnen verklaren door de tendens tot vorming van een buitenlagune achter prelittorale banken in dewelke een toenemende hoeveelheid suspensiemateriaal binnenkomt, er een lange verblijfsduur heeft tengevolge van het patroon van de getijdestromen, daardoor slechts weinig kans op uitvoer heeft maar veel meer op sedimentatie.

3) De groep van gemiddeld slijkgehalte is en feite veel smaller dan de groepsgrenzen van 98 tot 68 % zand. Inderdaad liggen de overgrote meerderheid van de monsters tussen 2 en 6 % slijk. Alhoewel de Van Veen-grijper weinig waarneming toelaat omtrent de oorspronkelijke gelaagdheid kunnen we toch aannemen dat in veel gevallen deze cijfers het resultaat zijn van het mengen van slijklaagjes met zuiver zand. Zeer dikwijls meent men een bedekking van een recent zeer los slijk op het zand waar te nemen. Deze laag kan dan beschouwd worden als een tijdelijke sedimentatie en dus toevallig. In het Zuiden liggen echter verschillende kleine arealen in de diepere geulen tussen de zandbanken, wat op het bereiken van evenwichtscondities wijst. Het grote gebied voor onze kust dat de zuivere slijkvlekken verbindt lijkt ons een aanduiding te zijn dat de slijksedimentatie aan uitbreiding wint.

2.2.4.- Carbonaatgehalte

2.2.4.1.-

We beschouwen hier alleen het carbonaatgehalte van de fractie kleiner dan 2 mm . We beschikken derhalve over twee waarden van kalkgehalte waarvan de onderlinge vergelijking waardevol kan zijn.

De analyseresultaten werden door symbolen in 7 klassen weergegeven volgens een logaritmische schaal. Ze konden worden gebundeld in 3 groepen volgens de grenzen 4 en 12 % . De limiet 12 % werd gekozen omdat in de klasse 8 - 16 % de monsters niet meer dan 12 % zinvol aansloten bij de groep boven 16 % .

2.2.4.2.-

Fig. 9 vertoont een zeer regelmatig verspreidingsbeeld met een mooie trend naar lagere carbonaatgehalten van Zuid naar Noord.

1) Hoog gehalte boven 12 % komt uitsluitend voor ten Zuiden van 51° 35' . Het valt uiteen in twee gebieden. Het eerste volgt het diepste water. Heel hoge waarden boven 50 % komen voor in het uiterste Zuiden. Het tweede ligt langs de kust met een klein gebied aan de Belgisch-Franse grens en een groter voor de Belgische kust. Dit laatste heeft verschillende smalle uitlopers naar het Noorden, die een duidelijke trand aangeven maar waarvan het beeld misschien niet volledig juist is door de grote monsterafstand.

2) Gemiddeld carbonaatgehalte tussen 4 en 12 % bezet het overblijvende gebied ten Zuiden van 51° 45' en de eenvoudige grenslijn die hier kan getrokken worden toont wel de duidelijke carbonaatgradiënt in deze richting. Binnen in de groep zijn de waarden ook duidelijk hoger in het Zuiden en naar het Noorden verschijnen geleidelijk meer waarden van laag gehalte. Nochtans kunnen slechts twee vlekjes met gehalte lager dan 4 % worden afgelijnd. Onmiddellijk ten Noorden van de grenslijn kunnen anderzijds nog drie vlekken met gemiddeld gehalte worden afgelijnd. Een uitzondering daarop maakt dan het opvallend gemiddeld gehalte langs de Nederlandse kust, met vlekjes vóór de noordelijke deltamonden, een groot areaal vóór de Rijnmond en een nog groter gebied vanaf de Y-mond.

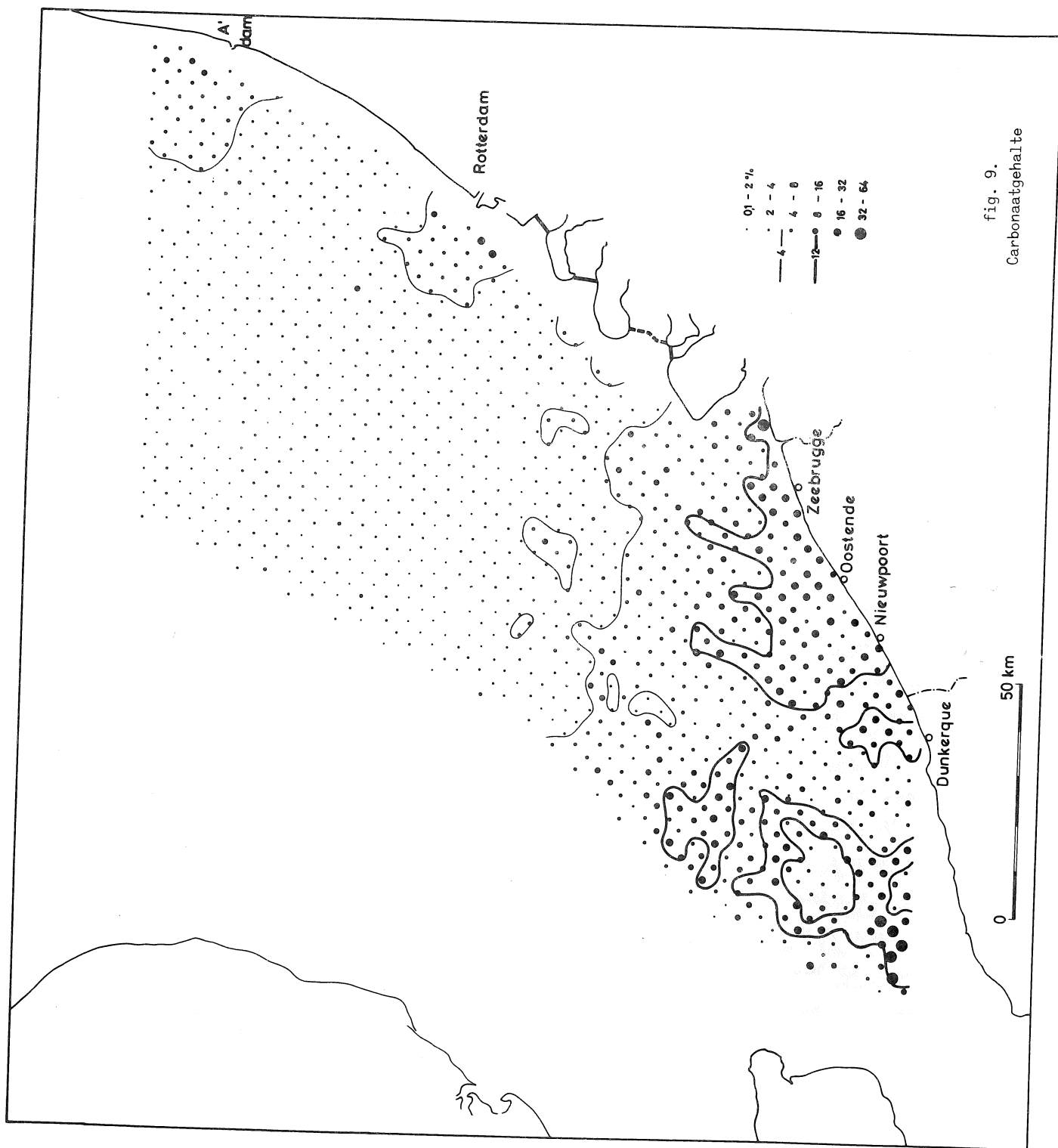


fig. 9.
Carbonaatgehalte

3) Laag carbonaatgehalte, minder dan 4 % , komt aanengesloten alleen voor in het Noorden. De verminderingstrend wordt hier voortgezet, daar in de zuidelijke helft meest 2 - 4 % voorkomt en in het Noorden de laagste klasse duidelijk overheerst. Ook het gebied langs de kust is duidelijk rijker dan in volle zee.

2.2.4.3.-

De algemene trend tot vermindering naar het Noorden en de zeer scherpe grens tussen een monotoon kalkarm gebied en een kalkrijk gebied komt volledig overeen met de spreiding van het schelpgehalte. Hieruit volgt dat dit kalkgehalte essentieel terugslaat op biologische activiteit, langs stukgeslagen schelpen en microfossielen. Ook het gebied vóór de Belgische-Franse kust kwam met hoog schelpgehalte overeen.

Het feit dat schelpen en schelpengruis samen optreden en naar het Noorden samen verdwijnen toont het relatief minder transportkarakter van het schelpengruis. Schelpengruis is dus daar belangrijk waar er veel schelpen zijn en dus waar er veel leven is. Al is het gruis detrietisch het wordt niet ver vervoerd. We moeten hieruit voor het Zuiden op een veel groter molluskendensiteit besluiten. Ook de vlek voor het Y kwam overeen met een duidelijk grotere rijkdom aan schelpen. Het grote carbonaatrijke gebied vóór de Belgische kust en de relatief rijke vlek vóór de Rijnmonding kunnen zó niet verklaard worden.

Voor de Belgische kust komt het gebied overeen met meestal schelparme tot volkomen schelpvrije sedimenten en terzelfdertijd met een stijgende slijkgehalte. In het maximale slijkareaal zonder schelpen zijn waarden tussen 20 en 30 % algemeen. Het kalkgehalte is hier dus aanwezig in de fijne suspensiefractie. Gefractioneerde mineralogische analyse, op een aantal monsters uitgevoerd door Laurent (1975), bewees dat het maximum van het carbonaatgehalte in de fijne siltfractie ligt. Als eerste bron zou de slijtage van de schelpfragmenten tot kalkmeel kunnen gelden. Het samenvallen echter met de schelparme slijken vóór Schelde- en Rijnmonding maakt dit weinig waarschijnlijk. Integendeel kan juist dit verband erop wijzen dat de bicarbonaatrijke continentale waters bij hun overgang naar het marien milieu gunstige

fysico-chemische condities doormaken voor de neerslag van carbonaat. Analysen door Wartel (Projekt Zee, vol. 10) tonen de grote waarschijnlijkheid aan van deze verklaring.

Dit benadrukt nogmaals het hydrodynamisch verschil tussen de situaties voor de Schelde- en Rijnmond. In het eerste geval worden de sedimentatieprodukten vóór de kust gevangen en geconcentreerd, in het tweede geval worden ze gemakkelijk in open zee gedispergeerd.

2.2.5.- Gemiddelde korrelgrootte van de zandfractie

2.2.5.1.-

Minder dan 20 % van de monsters zijn door hoge grint- of kleigehalten gekenmerkt zodat de zeebodem van de zuidelijke Noordzee essentially uit zand is opgebouwd. Zand wordt langs de bodem vervoerd en zowel zijn bewegings- als zijn rusttoestand worden bepaald door een kwadratische relatie van zijn korrelgrootte met de snelheid van het water. De korrelgrootte van het gesedimenteerde zand is dus in evenwicht met de heersende stromingen. De zandfractie heeft gewoonlijk een logaritmisch normale korrelverdeling, waarvan de top van de verdelingscurve evenredig is met de gemiddelde stroomsnelheid en de spreiding van de curve een maat van de variabiliteit van de stromingen. Om de top van de verdelingscurve te kenmerken zijn verschillende benaderingsmogelijkheden. We opteerden hier voor de mediaan : de 50 %-waarde kan gemakkelijk grafisch worden afgelezen van een cumulatieve verdelingscurve. In afwezigheid van sterke asymmetrie is de mediaan een zeer representatief gemiddelde. De asymmetrie is gering vermits de zandfractie werd berekend na verwijderen van grint, schelpen en suspensiegehalte.

In fig. 10 werden de waarden voorgesteld in 9 logaritmische klassen volgens kwart- ϕ waarden. Ze werden na studie van de verspreiding in 4 groepen verdeeld, die we eenvoudige namen gaven. Het aflijnen van de verschillende groepen was veel moeilijker dan op de andere kaarten. In zekere mate is dit veroorzaakt doordat we 4 groepen onderscheidden; de moeilijkheden kwamen echter vooral in het Zuiden voor, wat wijst op

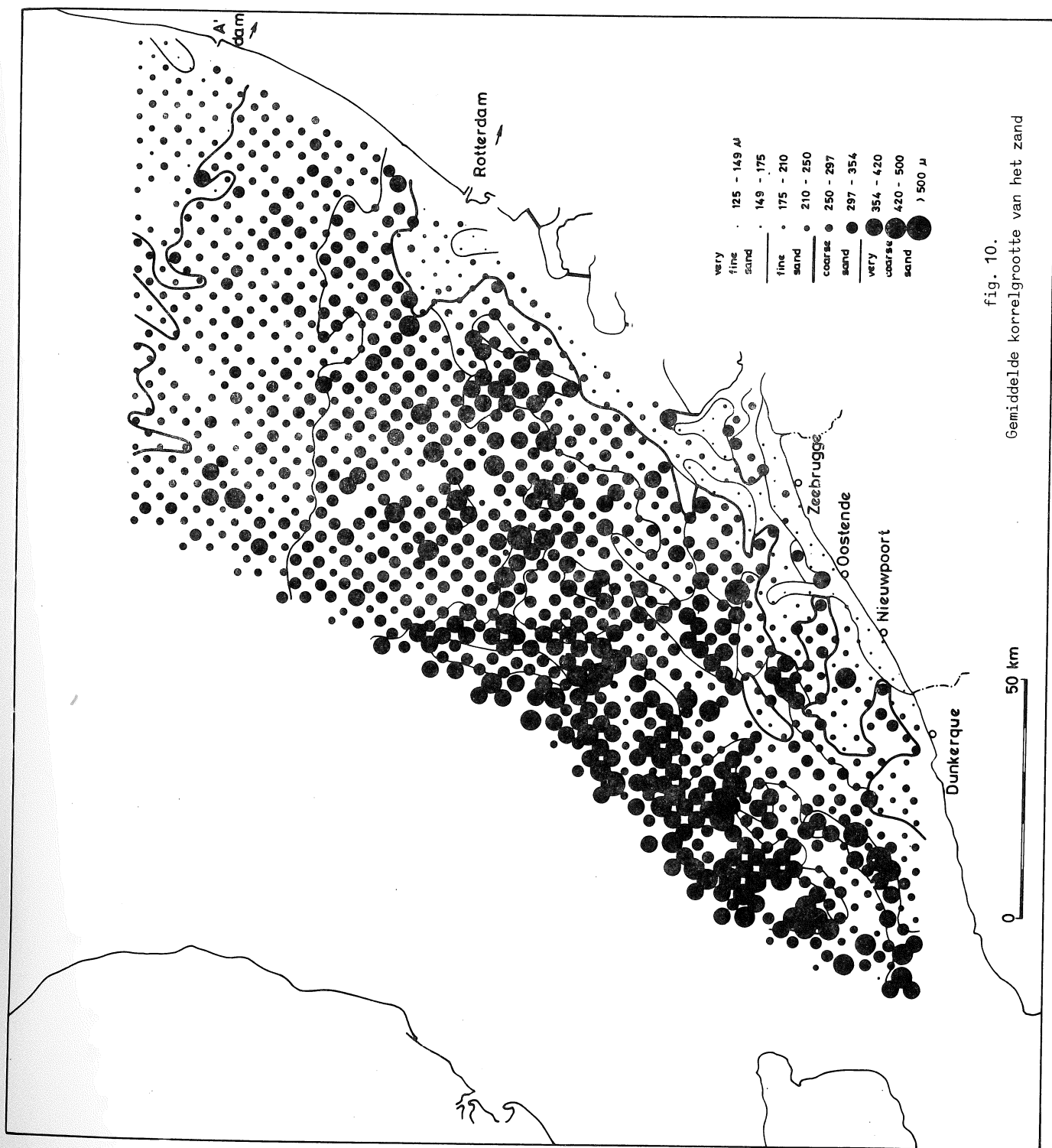


fig. 10.

Gemiddelde korrelgrootte van het zand

sterk schommelende korrelgrootten in functie van gevarieerde topografie. De bemonsteringsafstand is natuurlijk veel te groot om de korrelgrootteverschillen weer te geven die overeenkomen met de snelheidsverschillen op de top, op de flank of de voet van een zandbank. Toch werd een zeer zinvol verspreidingsbeeld verkregen.

2.2.5.2.-

- 1) Zeer fijn zand, gemiddelde kleiner dan 175μ

Zeer fijn zand is opvallend alleen aanwezig langsheen de kust. Twee kleine vlekjes nabij de mondingen van Y en Rijn. Heel belangrijk is de gordel langs de Belgische kust en de vlekken op en vóór de driehoekige estuariumplaat van de Schelde.

- 2) Fijn zand, gemiddelde tussen 175 en 250μ

In het uiterste Noorden verschijnt een concentratie van fijnzand waarden ten Noorden van $52^{\circ} 30'$. Verder zuidelijk langsheen de kust is een brede bult gecenterd rond de Rijn-Maas monding en zet zich voort in een smalle gordel tot aan het Schelde-estuarium. Voor de Belgische kust verbreedt de zone maar is tevens onderbroken door grover zand in de Vlaamse banken. In de open zee is slechts een kleine vlek ten Zuiden van de West Hinder Bank te signaleren.

- 3) Zeer grof zand, gemiddelde groter dan 350μ volgt een tegen-gesteld patroon. Het grootste gebied ligt in het Zuidwesten en komt met dieper water overeen. Het is niet alleen het meest uitgestrekt gebied maar heeft tevens het meest aantal waarden boven 420μ . Naar de kust toe komen enkele minder grote en minder homogene vlekken voor tussen Sandettie en de Vlaamse banken en tussen Hinder en Zeelandbanken. Ook ten Noorden van deze laatste ligt nog een vlek die vrij dicht de kust nadert. Opmerkelijk is dat al deze grove arealen naar het Noorden op gelijke hoogte ophouden. Ten Noorden van 52° komen inderdaad nog slechts enkele geïsoleerde grove monsters voor.

- 4) Grof zand, gemiddelde tussen 250 en 350μ

Deze groep dekt ongeveer de bestudeerde oppervlakte en vindt men tussen het fijn en zeer grof zand. Grondige studie van de spreiding van de oorspronkelijke analysewaarde wetigt echter een fijnere opsplitsing

in twee subklassen, *gemiddeld grof zand* met mediaan tussen 250 en 297 μ en *nogal grof zand* met mediaan tussen 297 en 350 μ . In het Noorden is er tussen beide subklassen een scherpe grens te trekken bij 52° 12'. Ook de symbolen laten toe vast te stellen dat ten Noorden hiervan vooral gemiddeld grof zand voorkomt, en ten Zuiden hoofdzakelijk nogal grof en zelfs hier veel verspreide waarden zeer grof. Deze grenslijn is te vervolgen tot aan de kust. In het Zuiden is deze gedetailleerde indeling weinig zinvol omdat het geheel meer overgangskarakter heeft. Hoogstens kan men uit de verhouding de waarden suggereren dat de Zee-landbanken, de oostelijke Vlaamse banken en Sandettie eerder gemiddeld grof zijn, terwijl de Hinder en de westelijke Vlaamse banken nogal grof zijn.

2.2.5.3.-

Uit de beschrijving is reeds gebleken dat de bijzonderste korrelgrootte trends, die Jarke (1956) heeft onderscheiden, bevestigd worden, maar dat meer monsters het beeld hebben verfijnd en gecompliceerd. Bij het opstellen van verklaringen voor de korrelgrootteverspreiding zijn we van de hypothese uitgegaan dat de bemonstering van de bovenste sedimentlaag slechts moderne, en geen fossiele, sedimenten heeft bereikt, in evenwicht dus met de huidige hydrodynamische condities. De resultaten kunnen in drie groepen worden verdeeld.

1) De algemene korrelgroottevermindering naar het N. Deze trend is zeer scherp door evenwijdige E-W lijnen afgetekend. Grover dan 350 μ ten Zuiden van 52° N, grover dan 300 μ ten Zuiden van 52° 12' en grover dan 250 μ ten Zuiden van 52° 25' N. De transportstroom loodrecht op deze lijnen is dus evenwijdig aan de kust van Zuid naar Noord. Aangezien er een relatie bestaat tussen de transportsnelheid en het kwadraat van de doormeter der deeltjes zien we van 52° tot 52° 25' een sterke vermindering van de snelheid. Voor een korrelgroottevermindering van 350 tot 250 μ zou de snelheid met een derde dienen te verminderen. In dit gebied zijn de getijdestromen mooi tegengesteld met een reststroom naar het NNE tengevolge van een constant overwicht van de vloedstroom. Vermits over eenzelfde afstand de

getijdeamplitudo bijna met de helft vermindert zal echter ook de vloedstroom in sterkte afnemen. Het fijner wordende zand blijft nochtans in transport op deze vrij vlakke zeebodem zoals door Houbolt (1968) werd afgeleid uit de aanwezigheid van diverse asymmetrische megaripples, met steile voortschrijdingshelling naar het Noorden.

2) Ten Zuiden van 52° gaat de stijging van de gemiddelde korrelgrootte niet meer door en wordt het korrelgrootte beeld onregelmatig. Gelijktijdig verdwijnt de vlakke zeebodem en verschijnt de banken topografie. Deze drie verschijnselen zijn gecorreleerd en hebben eenzelfde oorzaak. Het getijdeamplitudo verhoogt nog aanzienlijk en de vloedstroom zal dus ook nog aan snelheid winnen. Normaal zou derhalve nog grover zand dienen voor te komen. Zand met gemiddelde boven 420μ is echter zeer zeldzaam en alleen in het uiterste Zuidoosten aanwezig. De reden dient gezocht in het zeer uitzonderlijke karakter van dergelijk zeer grof zand. Moest er meer dergelijk grof zand voorradig geweest zijn in de zuidelijke Noordzee dan zou de bodem vlak gebleven zijn, maar steeds grover naar het Zuiden. Het ontbreken van de daarvoor benodigde korrelgrootte t.t.z. de discrepantie tussen stroomsnelheid en zandvoorraad is ons inziens verantwoordelijk voor het bestaan van de zandbankmorfologie. In deze morfologie ontstaan diepe geulen met grote stroomsnelheden en ondiepe banken met geringere snelheden. In beide is de korrelgrootte weer in evenwicht met de snelheid. In de geulen treedt erosie op en komt het tot een concentratie van grof zand, grint en schelpen, tot deze laag voldoende dik is om verdere erosie te beletten. Het uitgewassen fijner zand bouwt gedeeltelijk de banken op. Op de top en de flanken beweegt het weer met voortschrijdende megaripples t.t.z. is in evenwicht met de heersende getijdestroom.

Houbolt (1968) toonde reeds hoe de korrelgrootte van zand op een bank zeer grote verschillen kon vertonen naargelang de plaats van bemonstering. Gezien de afstand van onze bemonstering is dus een grillige spreiding te verwachten. Enkele spreidingsgroepen dienen toch vermeld. Het grofste bankensysteem zijn de noordelijke Vlaamse banken en de Hinderbanken. Ze zijn strikt parallel met de getijdestroom die

ook hier mooi tegengesteld is met een net overwicht van de vloedstroom naar het NNE.

Minder grof is de Sandettiebank die in het diepste water ligt en die tot eenzelfde korrelgroottefamilie behoort als de Falls. Sandettie is bekend als snel bewegend en is het belangrijkste gevaar voor de scheepvaart op de Kanaal route. Voor Van Veen (1936) waren ze resten van een opgebroken ebparabool. Onze hypothese is dat Sandettie opgebouwd wordt met Falls materiaal. De reststromen in de Falls blijken zuidelijk gericht met een aanzienlijk transport van glaciaal afgeleid zand uit het Noorden. De bank schrijdt vooruit in het diepwaterkanaal waar de stroming te sterk is en het zand door een noordoostelijke reststroom wordt opgenomen en Sandettie opbouwt.

De oostelijke Vlaamse banken zijn eveneens minder grof, wat hier op verminderen de energie lijkt te wijzen. Dit geldt ook voor de Zeelandbanken. Deze hebben een richting die met de Hinderbanken een duidelijke hoek maakt. Men kan dit verklaren door Houbolt (1968) bij te treden die de Zeelandbanken beschouwt als gestabiliseerde fossiele vormen. Het lijkt ons echter dat de getijdestromen te machtig zijn om lang zandbanken te dulden die niet in evenwicht zijn met energie of richting. Een andere mogelijkheid zou zijn dat deze richtingen verband houden met gewijzigde getijdestromen nabij de kust onder invloed van de deltamonden. Het onverklaarde karakter wordt nog onderstreept door de aanwezigheid van lokale zeer grove zand vlekken die zowel sedimentair kunnen zijn als op de aanwezigheid van fossiele sedimenten kunnen wijzen.

3) Het klassieke beeld van hoogste energie in de golfzone langs de kust bestaat helemaal niet in de zuidelijke Noordzee vermits dit korrelgroottegradiënt evenwijdig aan de kust verloopt. Integendeel is de kust duidelijk door lagere energie gekenmerkt. In het Noorden liggen twee kleine vlekken fijner zand voor de Y- en de Rijnmond. In het Zuiden echter worden deze fijne kustzanden zeer belangrijk en zijn de fijnste zanden van het hele gebied. Hun aanwezigheid kan een dubbele oorzaak verklaren. Enerzijds kunnen uit de estuariumgeulen van de Schelde grote hoeveelheden fijne tertiaire zanden naar zee zijn vervoerd.

Anderzijds is de energie voor de Belgische kust aanzienlijk kleiner door de geringere diepte en de aanwezigheid van de talrijke evenwijdige zeer ondiepe zandbanken.

2.2.6.- Besluit

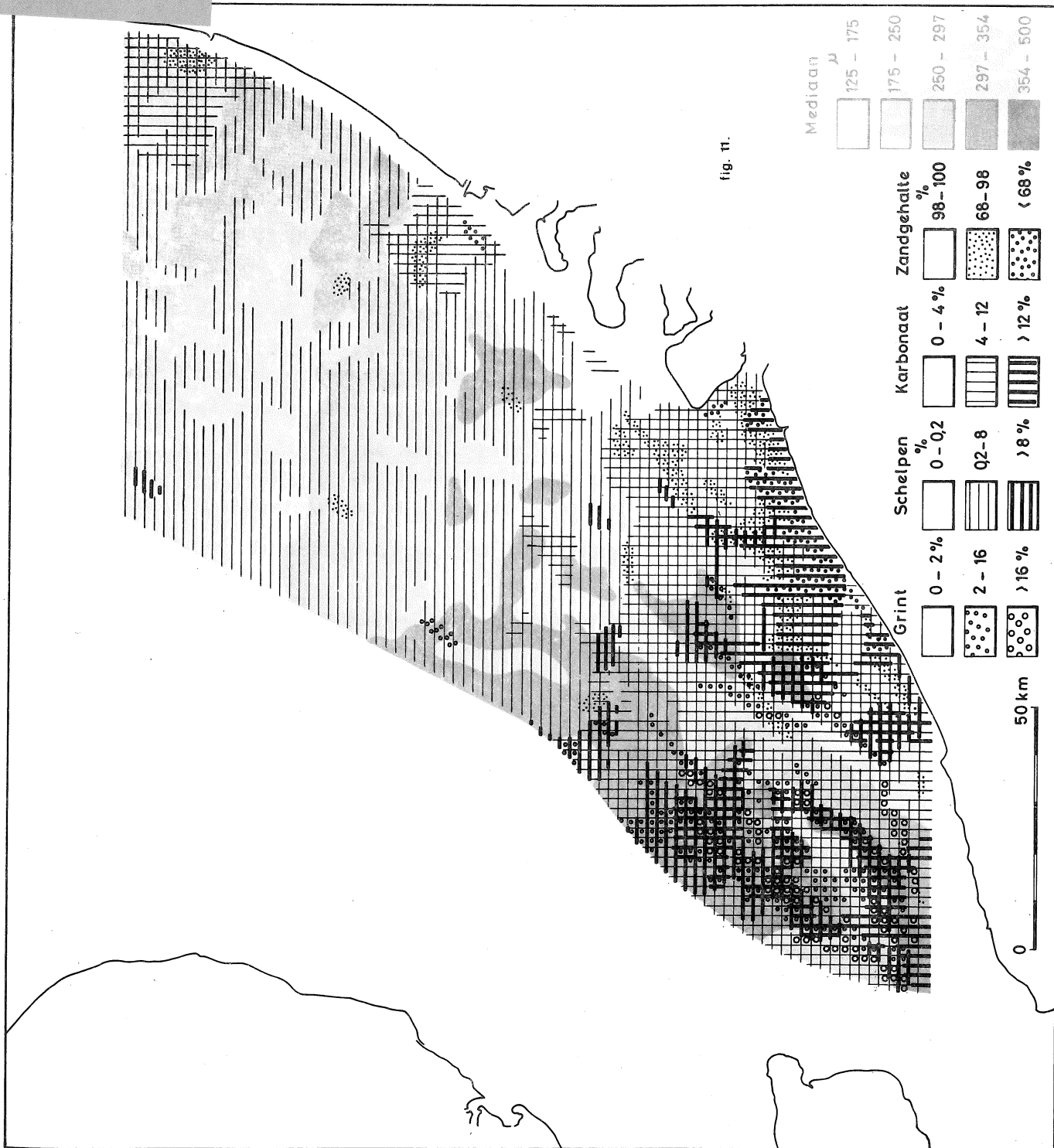
Alle significante variaties van de onderzochte parameters werden samen voorgesteld op fig. 11. Deze is dus een globale sedimentologische kaart van het gebied en laat toe een synthetisch besluit te formuleren.

De sedimentatie in de zuidelijke Noordzee is essentieel georganiseerd in functie van het getijdestroomsysteem dat door de trechtervormige kanaalopening wordt bepaald. De stromingen ontwikkelen daar door essentieel parallel met de kust en met afnemende snelheid naar het Noorden. Deze stromingen hebben de voorraad losse sedimenten die in de zuidelijke Noordzee tengevolge van zijn geologische evolutie aanwezig was geordend en zowel de spreidingen van de sedimenttypen als het reliëf zijn hiervan het resultaat.

Het Zuiden wordt gekenmerkt door de bankentopografie ontstaan als aanpassing van de aanwezige korrelgrootten aan de zeer grote stromingssnelheden. In de geulen heerst de grootste snelheid, worden de sedimenten uitgewassen en blijft een concentraat van keien, grof zand en schelpen achter. Een deel van het uitgewassen zand wordt opgeworpen in ondiepe evenwijdige zandbanken waar het in evenwicht ligt met geringere stromingssnelheden.

De noordelijke helft heeft een monotone zeebodem waar de afnemende stroomsnelheden in evenwicht zijn met afnemende zandkorrelgrootte en dit zand nu als megaripples snel op de bodem verder schuift. Hierdoor is het milieu ongunstig voor bodemleven en vermindert schelpgehalte drastisch.

Nabij de kust wordt de sedimentatie beïnvloed door de eigenschappen van het instromende water. Aan de monding van het Y blijkt dit gunstig te zijn op schelp- en carbonaatgehalte. Aan de monding van Rijn en Maas heeft het hoge suspensiegehalte een belemmerende invloed op het schelpgehalte, maar de stroming slaagt erin het merendeel van het slib uit te voeren.



Voor de Belgische kust echter wordt het suspensiemateriaal, dat in hoofdzaak uit de Schelde bij eb wordt uitgezogen, geconcentreerd doordat het patroon van de getijdereststromen convergeert. In deze convergentiezone blijft het slijk lang rond zwalpen, sedimenteert bij geringe zeeenergie, wordt bij storm terug in suspensie gebracht en toch slechts uitgevoerd uit de zone met een geringere snelheid dan de aanvoer. De slibzone wordt dus belangrijker en het water meer turbied.

2.2.7.- Bibliografie

- BASTIN, A., (1973). Natural radioactive tracers and their use in Belgium, Tracer Techniques in Sediment Transport, Techn. Rep. Ser. n° 145, I.A.E.A., Vienna.
- BASTIN, A., (1974). *Regionale sedimentologie en morfologie van de zuidelijke Noordzee en van het Schelde estuarium*, Doctoraatsproefschrift, Leuven.
- BRIQUET, A., (1931). *Le littoral du nord de la France et son évolution morphologique*, Paris.
- GULLENTOPS, F., (1974). The Southern North Sea during the Quaternary, Centenaire de la Soc. Géol. de Belgique, Liège, 273-280.
- HOUBOLT, J.J.H.C., (1968). Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea, *Geol. en Mijnb.*, 47, 245-273.
- JARKE, J., (1956). Der Boden der Südlichen Nordsee, *Deutsch. Hydr. Zeitschr.*, Heft 1.
- LEE, A.J. and FOLKARD, A.R., (1969). Factors affecting turbidity in the Southern North Sea, *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 32, 291-302.
- M.A.F.F., (1957). Hydrographical Observations 1957, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fisheries Laboratory Lowestoft.
- MIGNIOT, C., (1968). Etude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur comportement sous des actions hydrodynamiques, *La Houille Blanche*, 23, 595-620.
- MOENS, M., (1972). Suspensiemateriaal, in *Math. Modelsea* (1972), Fisheries Improvement and Hydrography Committee, International Council for Exploration of the Sea, E9.

- MOENS, M., (1973). Suspended matter - Bottom sediments, in Math. Modelsea (1973), Fisheries Improvement and Hydrography Committee, International Council for Exploration of the Sea, E19.
- NIHOUL, J., (1975). Effect of the tidal stress on residual circulation and mud deposition in the Southern Bight of the North Sea, *Rev. Pure and Applied Geophysics*, 113, 577-581.
- STRIDE, A.H., (1963). Current-swept sea floors near the southern half of Great Britain, *Q. J. Geol. Soc. London*, 119, 179-199.
- TAVERNIER, R., (1954). *Le Quaternaire*, in *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, 555-590.
- VAN RUMMELLEN, F.F.F.E., (1965). *Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1/50.000 : bladen Zeewsch-Vlaanderen*, Nederlandse Geologische Dienst, Haarlem.
- VAN VEEN, J., (1936). Onderzoekingen in de Hoofden in verband met de gesteldheid der Nederlandse kust, *Nieuwe verh. van Bataafs Gen. voor proefonderv. Wijsbegeerte te Rotterdam*, Reeks 2, deel 11.
- VEENSTRA, H.J., (1969). Gravels of the southern North Sea, *Mar. Geol.*, 7, 449-464.
- WOLLAST, R., (1971). Discharge of particulate pollutants in the North Sea by the Scheldt. Tech. Rep. 1971 Sed. Scheldt.

2.3.- Verspreiding van Mollusken schelpen in de zuidelijke Noordzee

2.3.1.- Inleiding

Gedurende de jaren 1972 en 1973 werden in de Zuidelijke Noordzee een 1200 bodemonsters genomen (meestal met een Van Veen sampler) volgens een nauwkeurig bepaald monsternet (zie fig. 3).

Deze monsters werden onderzocht op het laboratorium voor Sedi-mentologie onder leiding van Prof. F. Gullentops. Van ieder monster werd de fractie groter dan 2 mm bereidwillig tot onze beschikking gesteld.

Uit ieder monster werden alle determineerbare Bivalvia en Gastropoda schelpen uitgepikt. In het totaal werden 1198 monsters met schelpen weerhouden.

De classificatie van de Bivalvia is gesteund op de *Treatise on Invertebrate Paleontology* (1969). De identificatie van de Bivalvia soorten is vooral gebaseerd op *British Bivalve Seashells* [N. Tebble (1966)]. Uiteindelijk konden we 85 Bivalvia soorten onderscheiden. De Gastropoda schelpen werden niet geïdentificeerd, maar wel geteld. Omwille van de korte onderzoeksduur (1975) waren we niet in staat alle systematische problemen op te lossen, daarom zullen we in een korte nota enkele bemerkingsen geven omtrent de systematische problemen.

Vervolgens werd van ieder monster het totaal aantal determineerbare Bivalvia (t.t.z. schelpen met slot) en Gastropoda geteld. In bepaalde monsterplaatsen werden verschillende monsters genomen.

Van deze monsters werden eveneens alle Bivalvia en Gastropoda geteld, en nadien werd het aantal gedeeld door het aantal monsters met gelijk nummer, zodat het aantal schelpen aangegeven in de figuren steeds betrekking heeft op één monster per monsterplaats.

Tegelijkertijd met de tellingen werd een scheiding gemaakt tussen goed bewaarde Bivalvia (fig. 12) en verweerde schelpen. Deze laatsten werden weergegeven als percentages in figuur 14.

In ieder monster werd het aantal tweekleppige Bivalvia geteld (fig. 16), alsook het aantal soorten Bivalvia voorkomend in de eerste willekeurig getelde 100 schelpen.

1200 exemplaren
Van Veen
172-73
↓
85 Bivalvia sub

tische opmerkingen

De identificatie van de verschillende *Nucula* soorten die in de Noordzee vermeld worden, is volgens ons zeer moeilijk omdat deze "soorten" slechts gradueel van elkaar verschillen. Er komen aldus vele tussenvormen voor zodat we geneigd zijn deze "soorten" eerder te beschouwen als "morphotypen" binnen één sterk variabele soort. Daarom hebben we alle exemplaren van het genus *Nucula* benoemd als *Nucula nucleus* (LINNAEUS, 1758).

Het verschil tussen de *Cerastoderma* soorten *edule* (LINNAEUS, 1758) en *lamarcki* (REEVE, 1845) kan niet duidelijk afgelijnd worden. Ook hier zijn een groot aantal exemplaren niet toe te schrijven tot één of andere soort, zodat we alle exemplaren van het genus *Cerastoderma* geplaatst hebben onder de naam *Cerastoderma edule* (LINNAEUS, 1758).

Al de schelpen van de genera *Pisidium* en *Sphaerium* (zoetwater en brakwater Bivalvia) hebben we gegroepeerd onder de Familiennaam *Pisidiidae*.

De twee soorten van het genus *Thracia*; *Thracia phaseolina* (LAMARCK, 1818) en *Thracia villosiuscula* (MAC GILLIVRAY, 1827) worden vooral onderscheiden op basis van een verschil in korreling (fijn of grof) van de uitwendige schelpoppervlakte. Dit verschil in korreling komt uiteraard voor, maar is terug te vinden bij alle kleppen van dit genus, maar wel op een verschillende plaats. De umbo area is meestal fijn gekorreld terwijl de boord area grof gekorreld is, met alle mogelijke gradaties. Daarom hebben we alle kleppen van het genus *Thracia* gegroepeerd onder de naam *Thracia phaseolina* (LAMARCK, 1818).

2.3.2.- Aantal goed bewaarde Bivalvia (fig. 12 en 13)

Om zoveel mogelijk het transport van schelpen door stromingen uit te schakelen hebben we vooreerst een scheiding gemaakt tussen goed bewaarde schelpen (niet getransporteerd) en verweerde schelpen (duidelijk verspoeld). Dit betekent dat hoge aantallen aan schelpen ruw weg wijst op een grote biologische activiteit, alhoewel dient ongemerkt dat

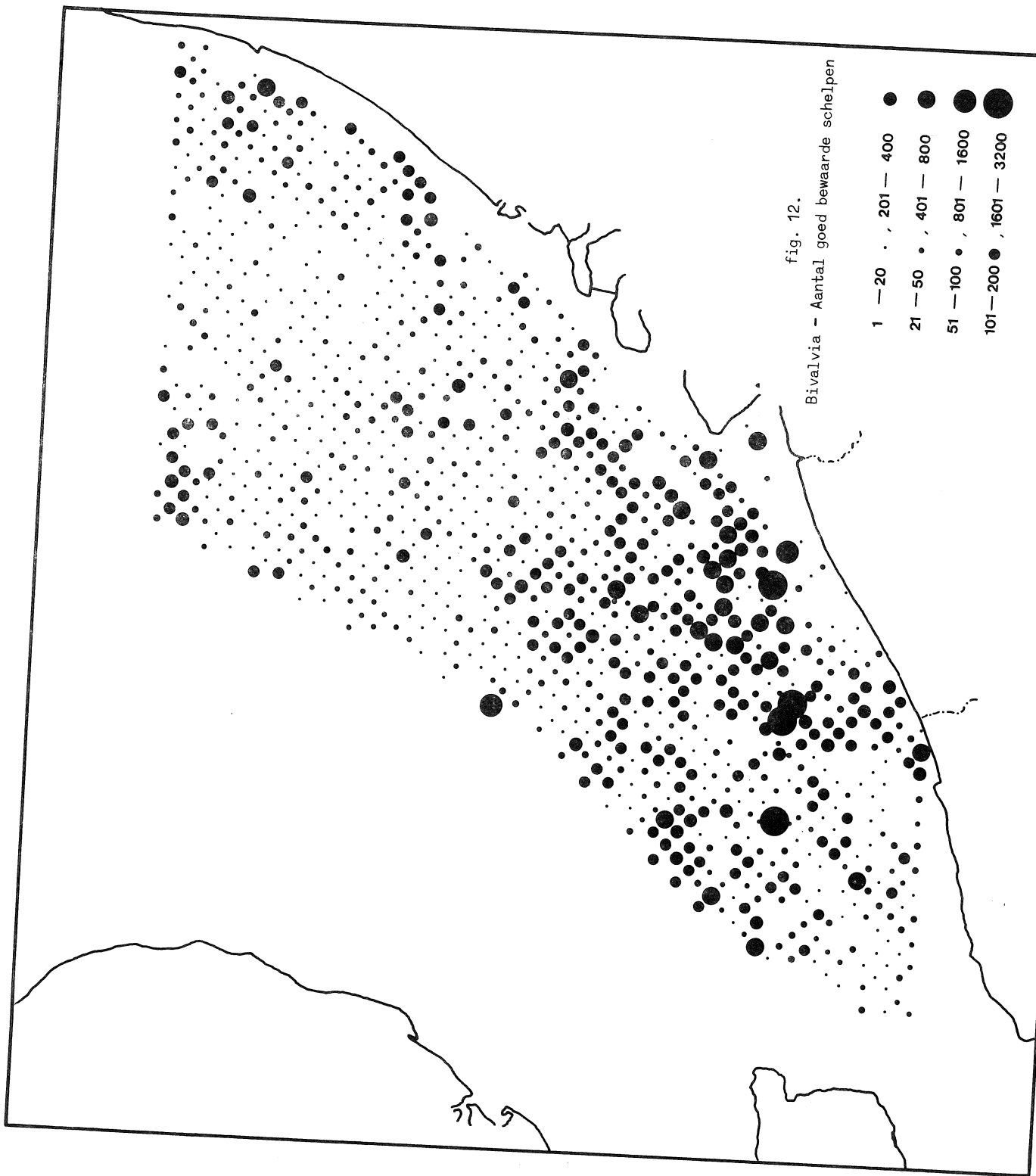
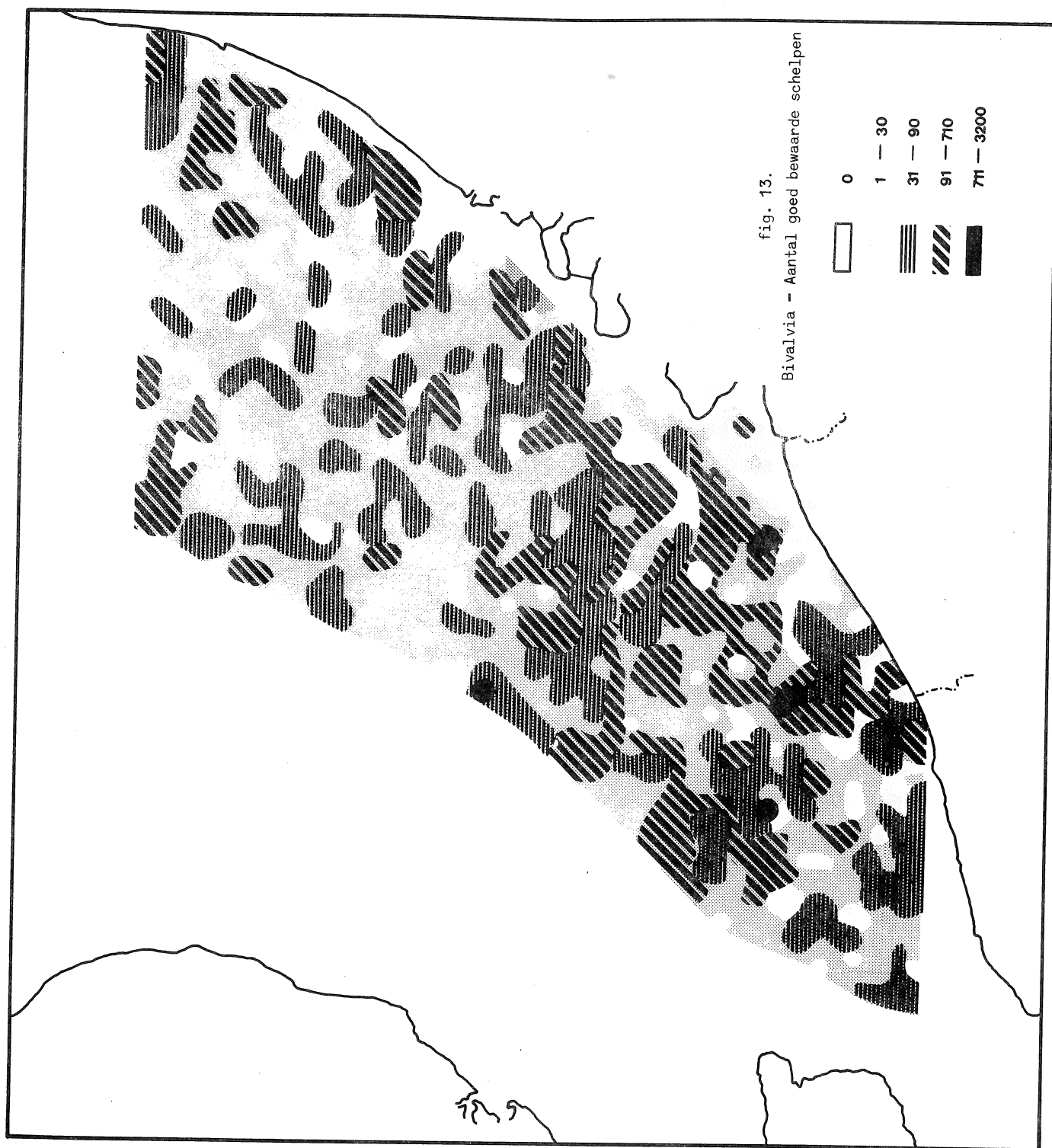


fig. 12.

Bivalvia - Aantal goed bewaarde schelpen



we hier dan enkel rekening houden met aantallen Bivalvia en niet met soorten Bivalvia.

In de eerste plaats kunnen we het onderzochte gebied onderverdelen in twee kleinere gebieden : een zuidelijk gebied rijk aan schelpen en een noordelijk gebied arm aan schelpen.

2.3.2.1.- Zuidelijk gebied : met grote schelpconcentraties

Dit gebied komt overeen met het zandbankengebied voor de Franse, Belgische en Zeelandse kust. Het totaal aantal getelde Bivalvia in dit gebied bedraagt 58.854 . Dit betekent meer dan drie maal meer dan het aantal geteld in het noordelijk gebied, waar 16.038 Bivalvia werden geteld. Het gemiddeld aantal schelpen per monster bedraagt voor het zuidelijk gebied 93 tegen 30 voor het noordelijk gebied.

Binnen het zuidelijk gebied kunnen we kleinere gebieden onderscheiden met sterk afwijkende schelpconcentraties :

a) het centraal gedeelte van de Vlaamse Banken : een gebied dat in het zuiden reikt tot aan de Frans-Belgische kust en zich in het noorden verlengt tot voor de kust van Zeeland. Dit gebied kan beschouwd worden als de rijkste schelpenzone. Gemiddeld komen hier 500 Bivalvia schelpen per monster voor.

b) een tweede kleiner gebied met grote schelpconcentraties is gelegen in het diepste gedeelte van het onderzochte gebied, nl. het Sandettie Bank gebied. Hier komen ongeveer 300 schelpen per monster voor.

c) een gebied ter hoogte van Duinkerke met smalle uitlopers naar het noorden is gekenmerkt door zeer lage schelpconcentraties. Ongeveer 10 schelpen per monster kunnen hier gemiddeld geteld worden.

d) een tweede gebied met zeer lage schelpconcentraties strekt zich uit voor de Belgische kust als een relatief brede strook van ongeveer 10 km , en voor de Zeelandse kust als een relatief smalle strook.

2.3.2.2.- Noordelijk gebied : met lage schelpconcentraties

Nagenoeg gans het gebied ten noorden van $51^{\circ} 45' N$ is gekenmerkt door een middelmatige tot lage schelpconcentratie. Binnen dit

noordelijk gebied kunnen we enkele kleinere gebieden onderscheiden met sterk afwijkende schelpconcentraties :

a) het gebied gelegen tussen $3^{\circ} 30' E$ en $4^{\circ} E$ ter hoogte van Zuid-Holland is gekenmerkt door een extreem lage schelpconcentratie.

b) een reeks kleinere gebieden met lage schelpconcentraties zijn gelegen aan de uitmonding van Rijn en Maas en de riolen van de grote urbanistische centra van Noord en Zuid Holland. Deze gebieden worden telkens omzoomd met zones met zeer grote schelpconcentraties.

In figuur 12 werden de gegevens per monsterplaats uitgezet, terwijl in figuur 13 monsters met gelijkende schelphoeveelheden werden gegroepeerd.

Samenvattend kunnen we zeggen dat er een duidelijke afname vast te stellen is van de schelpenhoeveelheden van Zuid naar Noord. Het grootste aaneengesloten gebied met grote schelpendichtheid is gelegen aan de rand van het grootste aaneengesloten gebied met lage schelpdichtheid. Beiden zijn gelegen voor de Belgische kust.

2.3.3.- Percentages verweerde Bivalvia (fig. 14 en 15)

Het aantal verweerde schelpen is uitgedrukt als een percentage ten opzichte van de eerste 100 willekeurig uitgepikte schelpen. De grootste dichtheid aan verweerde schelpen treffen we aan in het zuidwestelijk gedeelte van het onderzochte gebied, in het noorden begrensd door een brede band ter hoogte van Zeeland.

Het centraal gedeelte van de Vlaamse Banken, gekenmerkt door een grote dichtheid aan goed bewaarde schelpen, en het noordelijk gedeelte, gekenmerkt door een kleine schelpendichtheid, zijn beiden relatief arm aan verweerde schelpen.

In het zuidelijk gebied is het gemiddelde percentage aan verweerde schelpen hoger dan 65 % , terwijl voor het centrale gedeelte van de Vlaamse Banken en het ganse noordelijk gebied dat gemiddelde schommelt rond de 25 % .

Vergelijken we de verspreiding van de verweerde schelpen met de verspreiding van de grinten [Gullentops (1973)] dan stellen we een duidelijke correlatie vast.

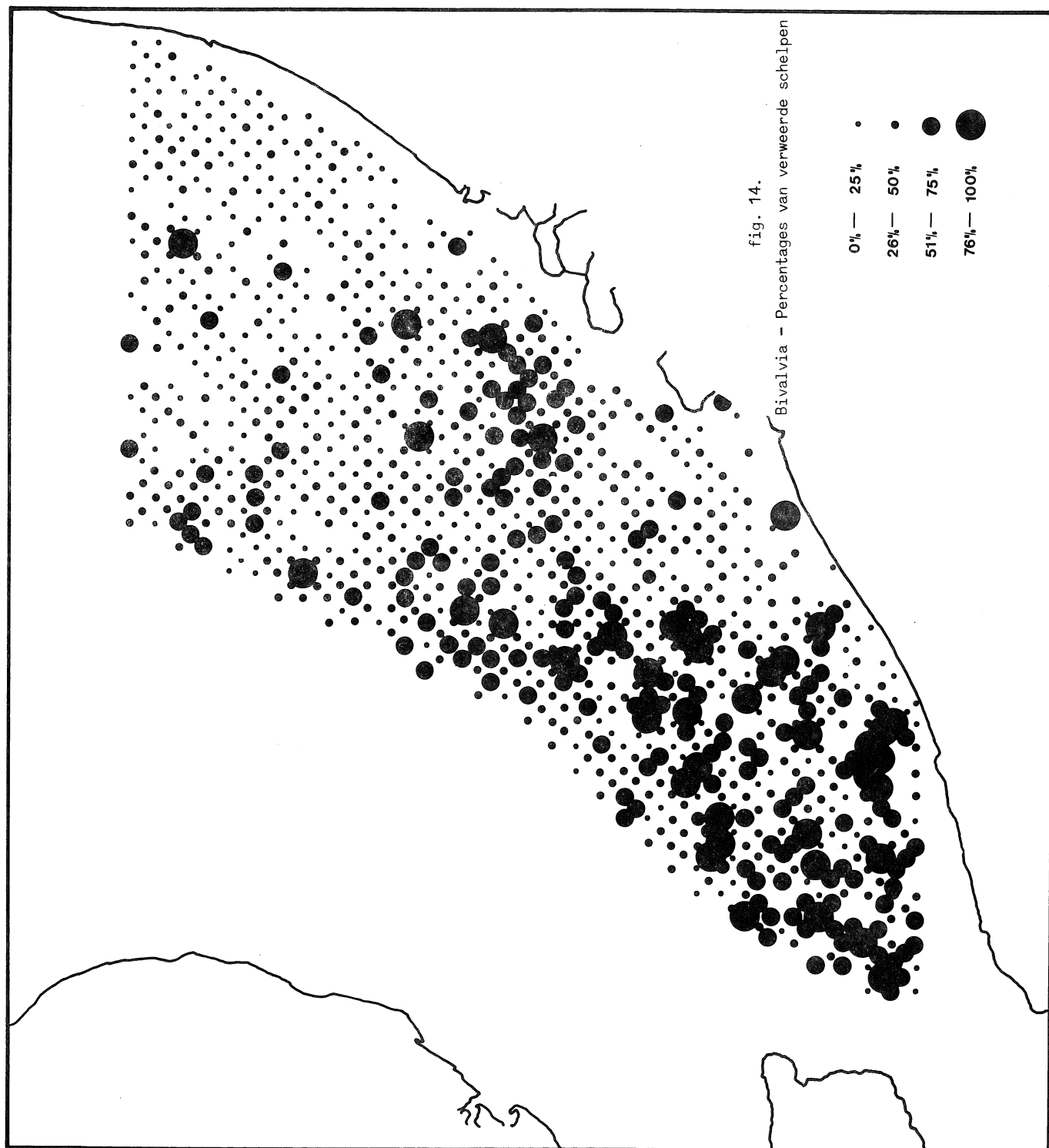


fig. 14.
Bivalvia - Percentages van verwerde schelpen

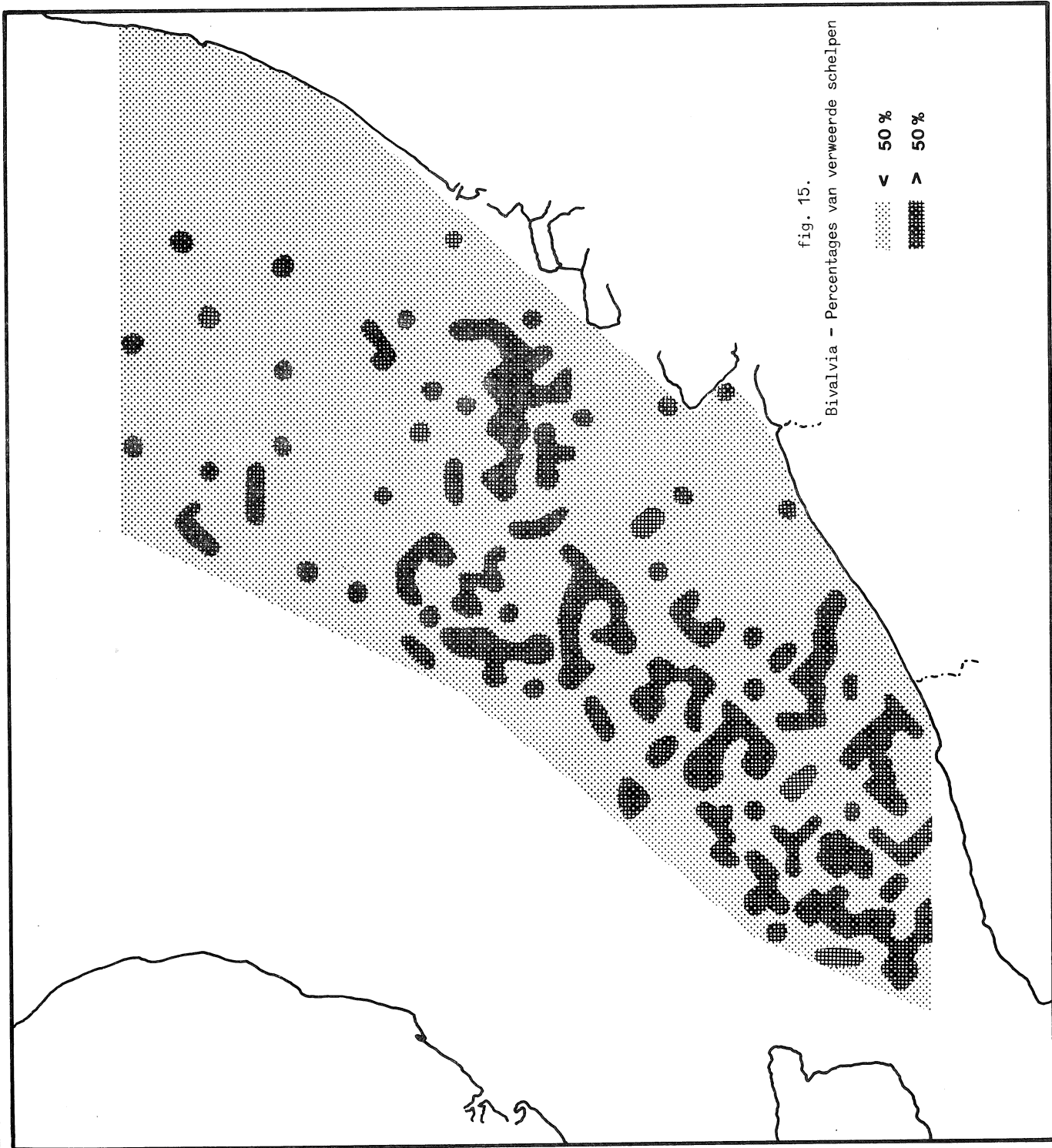
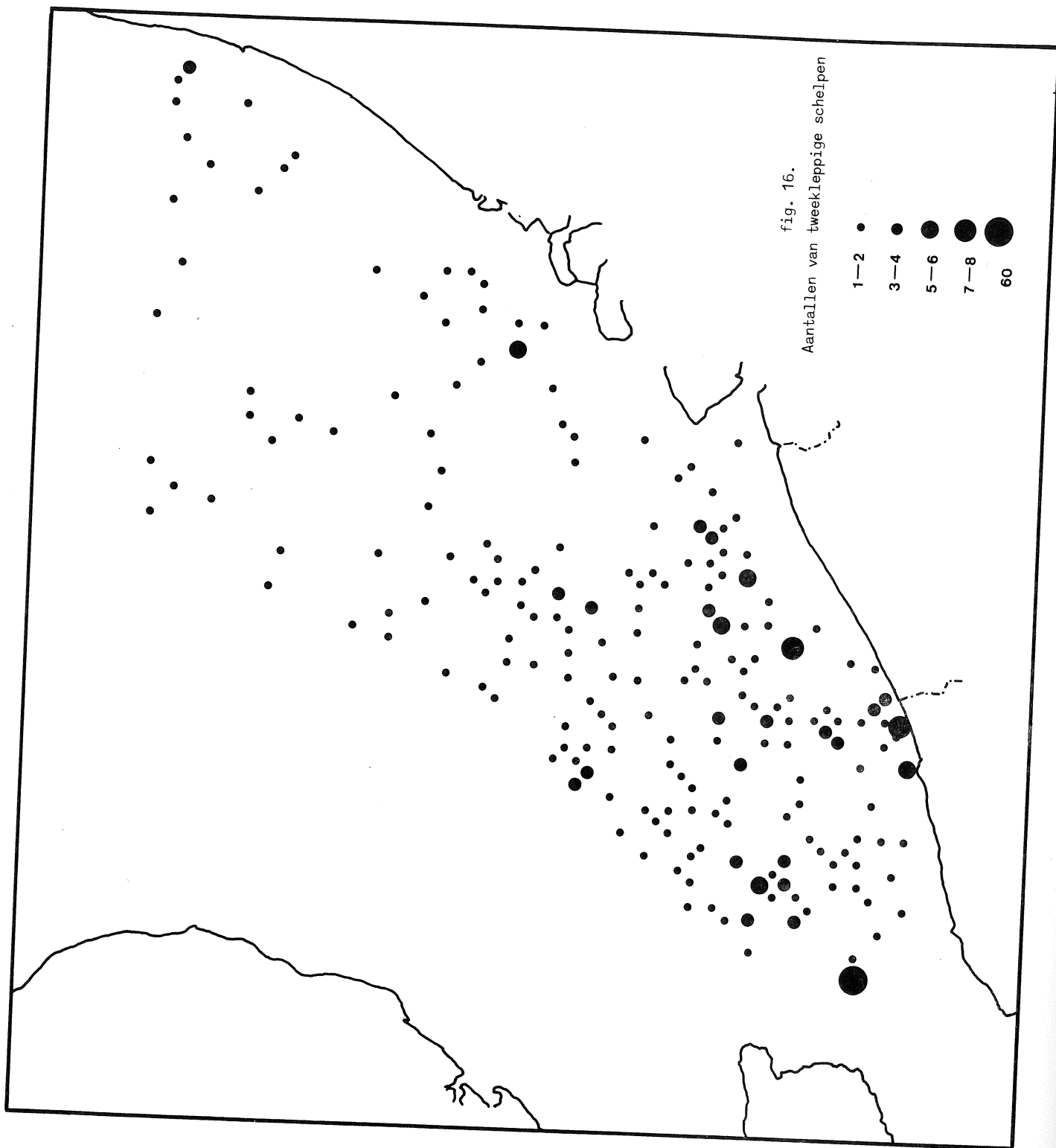


fig. 15.

Bivalvia - Percentages van verveerde schelpen



Hieruit kunnen we besluiten dat sterke bodemstromingen vooral voorkomen in het zuidwestelijk gedeelte van het onderzochte gebied en in het gebied ter hoogte van Zeeland.

2.3.4.- Aantal tweekleppige Bivalvia (fig. 16)

Het aantal tweekleppige Bivalvia geeft ons een betrouwbaar idee over het al of niet levend voorkomen van bepaalde Bivalvia in de huidige Noordzee.

Van de 85 soorten Bivalvia die in het gebied voorkomen werden ongeveer de helft minstens éénmaal tweekleppig aangetroffen.

Vergelijken we de verspreiding van de goed bewaarde Bivalvia met de verspreiding van de tweekleppige Bivalvia, dan merken we een goede overeenkomst tussen beide, ook wat betreft aantallen. Het zuidelijk gebied is bijgevolg ook rijker aan tweekleppige soorten en exemplaren, dan het noordelijk gebied.

2.3.5.- Bivalvia diversiteit (fig. 17)

Om een beeld te vormen van de soortenrijkdom aan Bivalvia werd het aantal Bivalvia soorten geteld dat goedbewaard voorkwam in de eerste 100 willekeurig uitgepikte schelpen.

Aan de hand van deze gegevens hebben we het onderzochte gebied ingedeeld in 8 zones :

- zone 1 : het gebied in het verlengde van de Straat van Dover; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 20 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 174 .

- zone 2 : het gebied van de Hinder Banken; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 15 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 230 .

- zone 3 : diepste gebied van het noordelijk deel; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 12 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 175 .

- zone 4 : gebied dat het zuidelijk gedeelte van de Vlaamse Banken omvat en dat reikt tot aan de Frans-Belgische kust; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 13 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 75 .

- zone 5 : gebied dat de Belgische kustzone omvat alsook het Schelde estuarium en het oostelijk gedeelte van de Vlaamse Banken; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 9 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 87 .

- zone 6 : gebied van de Zeeland Banken; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 9 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 142 .

- zone 7 : gebied ter hoogte van Zuid Holland; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 6 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 221 .

- zone 8 : gebied ter hoogte van Noord Holland; gemiddeld aantal goedbewaarde Bivalvia soorten per monster : 9 ; totaal aantal monsters in dat gebied : 94 .

Wat betreft Bivalvia diversiteit tekenen zich twee duidelijke trends af :

- een toename van de diversiteit van de kust naar de zee, deze trend is merkkelijk sterker in het zuiden (13 soorten naar 20) dan in het noorden (9 soorten naar 12);

- een afname van de diversiteit van het zuiden naar het noorden, zowel aan de kust als in de zee :

- zuidelijke kust 13 soorten - noordelijke kust 9 soorten;

- zuidelijke zee 20 soorten - noordelijke zee 12 soorten.

De grote diversiteit van de zones 1, 2 en 4 (fig. 17) kan gedeeltelijk verklaard worden door het voorkomen van zowel zuidelijk als noordelijk soorten. Aldus kunnen we de zuidelijk Noordzee beschouwen als contactgebied tussen zuidelijk en noordelijk soorten. Een aantal zuidelijke soorten kennen hun meest noordelijke verspreiding in de zones 1 en 4 en in mindere mate in zone 2. De belangrijkste zijn : *Striarca lactea*, *Goodallia triangularis*, *Lucinella divaricata*, *Diplodonta rotundata*, *Neolepton sulcatulum*, *Callista chione*.

Daartegenover staan een aantal noordelijke soorten die hun meest zuidelijke verspreiding kennen in de zones 2 en 3. De belangrijkste zijn : *Nuculana minuta*, *Portlandia lucida*, *Grenella decussata*, *Astarte montagui* en *Arctica islandica*.

De grote diversiteit van het zuidelijk gebied kan bovendien en vooral verklaard worden door de grote stabiliteit van haar ecosystemen. De Hinder Banken en de Vlaamse Banken bv. bestaan reeds sinds eeuwen en zijn aldus gekenmerkt door een grote stabiliteit [Bastin (1974)].

De kleine diversiteit van het noordelijk gebied zou kunnen wijzen op een kleine stabiliteit van haar ecosystemen. Deze instabiliteit moet volgens ons vooral gezocht worden in het fijne sediment van dat gebied, en het vlakke reliëf dat toelaat dat de fijne bodemsedimenten continu in beweging zijn. Dit onstabiele karakter van het bodemsediment is uiteraard een minder gunstig milieu voor de meeste Bivalvia die ingegraven leven in dat sediment.

In deze indeling in twee hoofdgebieden : een zuidelijk gebied met grote stabiliteit en grote diversiteit, en een noordelijk gebied met kleine stabiliteit en kleine diversiteit, vallen nochtans enkele afwijkingen op te merken. In het zuidelijk stabiele gebied treffen we een zone 5 aan, gelegen in het Vlaamse Banken gebied, die gekenmerkt is door een relatief zeer lage diversiteit. In het noordelijk gebied dat minder stabiel blijkt treffen we een zone 7 aan, die gekenmerkt is door een extreem lage diversiteit. In beide zones echter gaat deze lage diversiteit gepaard met hoge en zelfs zeer hoge schelpconcentraties (zie fig. 12 en 13). Opvallend is ook dat deze gebieden gelegen zijn aan de uitvloeiing van grote rivieren en of riolen afkomstig van grote agglomeraties; tzt de Schelde en riolen van de Belgische kuststeden in het zuiden, en Rijn en de Maas en de riolen van de Zuid en Noord Hollandse agglomeraties in het noorden.

Dit zou er kunnen op wijzen dat in deze gebieden het dichtst bij de kust zodanig hoge concentraties aan bepaalde stoffen aanwezig zijn dat de tolerantiegrens overschreden wordt en dat toxiciteit optreedt. Dit zou de dode zones voor de Belgische en Nederlandse kust kunnen verklaren. Er dient hier echter opgemerkt dat deze dode zone zich voor de Belgische kust nagenoeg alleen voordoet onmiddellijk voor de kust, terwijl in het noordelijk gebied dergelijke dode zones tot diep in de zee voorkomen. Dit zou erop kunnen wijzen dat het Scheldewater voor de Belgische kust gevangen blijft alsook het afvoerwater van de Belgische

kuststeden. Het water van de Rijn en de Maas, alsook het afvoerwater van de Zuid en Noord Hollandse agglomeraties, schijnt zijn invloed dieper in zee te laten gelden.

De gebieden grenzend aan deze dode zones zijn gekenmerkt door zeer hoge schelpconcentraties, wat er zou kunnen op wijzen dat in deze aanpalende gebieden de verdunning groot genoeg is om opnieuw een goed milieu te creëren voor althans bepaalde van deze weekdieren, aangezien in deze laatste gebieden slechts een beperkt aantal soorten weekdieren terug tot bloei komt.

2.3.6.- Aantal goed bewaarde Gastropoda (fig. 18)

Zoals voor de goed bewaarde Bivalvia is het aantal goed bewaarde Gastropoda merkelijk groter in het zuiden dan in het noorden.

Het aantal goed bewaarde Gastropoda ligt echter duidelijk lager dan het aantal goed bewaarde Bivalvia, en bedraagt gemiddeld $\frac{1}{10}$.

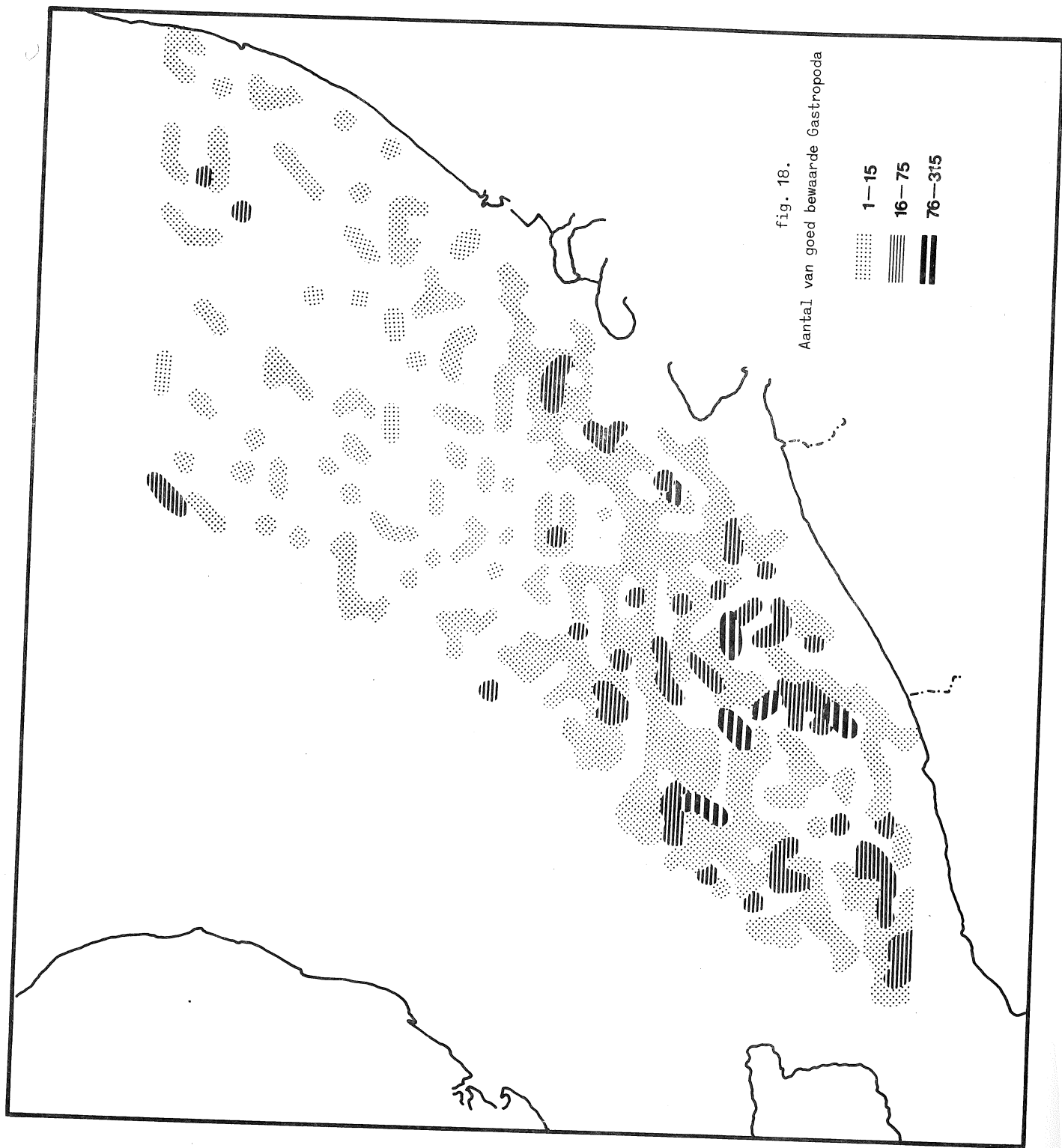
De grote concentraties aan goed bewaarde Gastropoda treffen we eveneens, zoals voor de goed bewaarde Bivalvia, aan in het zuidwestelijk gedeelte van het onderzochte gebied. Alhoewel we geen identificatie van de Gastropoda hebben uitgevoerd, kunnen we toch reeds vermelden dat ook in het zuidwestelijk gedeelte de diversiteit aan Gastropoda het grootst is.

2.3.7.- Verhouding goed bewaarde Bivalvia tot goed bewaarde Gastropoda (fig. 19)

Figuur 19 toont ons twee trends :

- het aantal Gastropoda wordt geleidelijk belangrijker van de kust naar de zee;
- het aantal Gastropoda neemt af van het zuiden naar het noorden.

Alleen in het zuidwestelijk gedeelte van het onderzochte gebied zijn de aantallen Gastropoda ongeveer gelijk aan deze van de Bivalvia. Wat betreft diversiteit zouden we durven stellen dat deze van de Gastropoda in dit zuidwestelijk gebied zelfs hoger liggen dan deze van de Bivalvia.



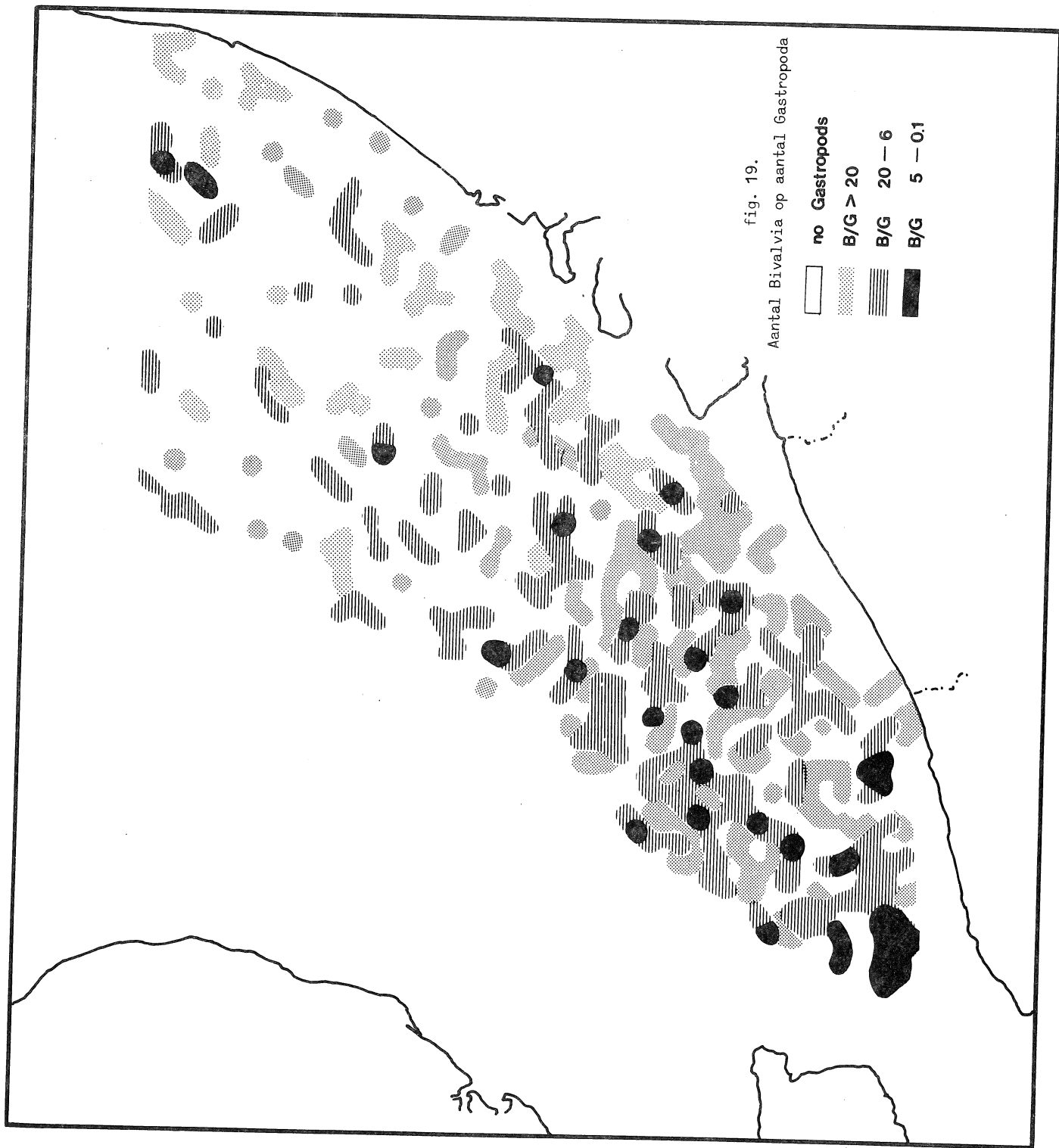
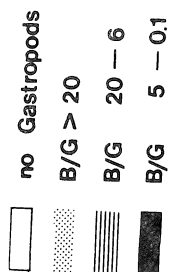


fig. 19.

Aantal Bivalvia op aantal Gastropoda



2.3.8.- Bivalvia associaties (fig. 17)

Bivalvia associatie-zones werden opgesteld voor de 8 zones bepaald aan de hand van de diversiteit. Om iedere zone te kenmerken door haar meest frekwente soorten, hebben we voor de 85 Bivalvia soorten het totaal schelpen berekend per zone (zie tabel 1 tot 8). Per zone zijn de soorten gerangschikt in dalende belangrijkheid.

zone 1 : 12.051 getelde schelpen

Spisula elliptica, *Tellina donacina*, *Abra alba* samen vertegenwoordigen ze 54 % van het totaal aantal schelpen. *Striarca lactea*, *Nucula nucleus*, *Pododesmus squamula*, *Goodallia triangularis*, *Ostrea edulis*, *Cerastoderma edule*, *Timoclea ovata*. Deze tien belangrijkste soorten vertegenwoordigen samen 82 % van het totaal aantal schelpen.

zone 2 : 20.521 getelde schelpen

Spisula elliptica, *Tellina donacina*, *Striarca lactea* samen vertegenwoordigen ze 68 % van het totaal aantal schelpen. *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*, *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*, *Goodallia triangularis*, *Pododesmus squamula*. Deze tien belangrijkste soorten vertegenwoordigen 89 % van het totaal aantal schelpen.

zone 3 : 5.832 getelde schelpen

Spisula elliptica, *Tellina donacina*, *Donax vittatus* samen vertegenwoordigen ze 54 % van het totaal aantal schelpen. *Cerastoderma edule*, *Ensis ensis*, *Abra prismatica*, *Tellina fabula*, *Spisula subtruncata*, *Tellinomya ferruginosa*, *Macoma balthica*. Deze tien belangrijkste soorten vertegenwoordigen 94 % van het totaal aantal schelpen.

zone 4 : 9.039 getelde schelpen

Striarca lactea, *Spisula elliptica*, *Spisula subtruncata* samen vertegenwoordigen ze 52 % van het totaal aantal schelpen. *Donax vittatus*, *Abra alba*, *Tellina donacina*, *Tellina tenuis*, *Mysella bidentata*, *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*. Deze

Legende van de tabellen

1. Aantal monsters die de soort bevatten
2. Aantal monsters die de soort tweekleppig bevatten
3. Aantal schelpen van deze soort
4. Procent van de monsters uit de zone die de soort bevatten
5. Gemiddelde aantal schelpen van de soort in de hele zone
6. Totaal aantal monsters die schelpen bevatten van deze soort in het hele studiegebied
7. Totaal aantal schelpen van deze soort in het hele studiegebied

Tabel 1

Zone 1 - 174 monsters

SPECIES	1	2	3	4	5	SPECIES	1	2	3	4	5
1. <i>Nucula nucleus</i> (LINNAEUS, 1758)	71	1	552	41	7,8	44. <i>Spisula solida</i> (LINNAEUS, 1758)	4		5	2	1
2. <i>Nucula cobboldiae</i> (SOWERBY, 1817)	2		2	1	1	45. <i>Spisula subtruncata</i> (DA COSTA, 1778)	5		6	2,8	1,2
3. <i>Nucula minuta</i> (MÜLLER, 1776)						46. <i>Lutraria lutraria</i> (LINNAEUS, 1758)	1		1		1
4. <i>Portlandia (Y.) lucida</i> (LOVEN, 1846)						47. <i>Cultellus pellucidus</i> (PENNAUT, 1777)					
5. <i>Portlandia (Y.) bomini</i> (MÜLLER, 1842)						48. <i>Esis enata</i> (LINNAEUS, 1758)	9	1	14	5	1,5
6. <i>Serianax laeta</i> (LINNAEUS, 1758)	84		672	48	8	49. <i>Esis areuatus</i> (JEFFREYS, 1865)					
7. <i>Glycymeris glycymeris</i> (LINNAEUS, 1758)	41	1	111	23	2,6	50. <i>Esis stiliqua</i> (LINNAEUS, 1758)	7		8	4	1
8. <i>Mytilus edulis</i> (LINNAEUS, 1758)	47		193	26	4,1	51. <i>Tellina (A.) crassa</i> (PENNAUT, 1777)	1				1
9. <i>Crenella discusata</i> (MONTAGU, 1808)	1		2	1	1	52. <i>Tellina tenuis</i> (DA COSTA, 1778)	26	1	71	15	2,7
10. <i>Musculus discors</i> (LINNAEUS, 1767)	2		48	13	2	53. <i>Tellina (F.) fabula</i> (GÜELIN, 1791)	3		7	1,7	2,3
11. <i>Musculus marmatus</i> (FORRES, 1838)	23		121	25	3	54. <i>Tellina (M.) donacina</i> (LINNAEUS, 1758)	102	9	1285	58	13
12. <i>Modiolus modiolus</i> (LINNAEUS, 1758)	41	25	69	18	2,1	55. <i>Tellina (M.) pygmaea</i> (LOVEN, 1846)	1		2	2	2
13. <i>Chilomya opercularis</i> (LINNAEUS, 1758)	32		169	37	2,5	56. <i>Macoma balthica</i> (LINNAEUS, 1758)	46		241	26	5,2
14. <i>Chilomya varia</i> (LINNAEUS, 1758)	67		113	20	3,2	57. <i>Donax (C.) vittatus</i> (DA COSTA, 1778)	9		35	5	3,9
15. <i>Chilomya distorta</i> (DA COSTA, 1778)	1		525	45	6,6	58. <i>Scrobicularia plana</i> (DA COSTA, 1778)	1		18	4,5	1
16. <i>Anomia ephippium</i> (LINNAEUS, 1758)	35		443	59	4,2	59. <i>Abra prismatica</i> (MONTAGU, 1803)	8		727	25	2,3
17. <i>Pododemus (H.) aquamila</i> (LINNAEUS, 1758)	79		1	1,7	1	60. <i>Abra (S.) alba</i> (WOOD, 1802)	43		7	2	1,8
18. <i>Pododemus (M.) patelliformis</i> (LINNAEUS, 1761)	3		3			61. <i>Abra (S.) nitida</i> (MÜLLER, 1776)	4		5	3	1
19. <i>Limaria (L.) loscombi</i> (SOWERBY, 1823)	104		3			62. <i>Gari (G.) depressa</i> (PENNAUT, 1777)					
20. <i>Ostrea edulis</i> (LINNAEUS, 1758)	3		178	28	3,7	63. <i>Gari (P.) ferruginea</i> (GÜELIN, 1791)	5				
21. <i>Lacuna borealis</i> (LINNAEUS, 1767)	50		1		1	64. <i>Arctica islandica</i> (LINNAEUS, 1767)					
22. <i>Lucinella divaricata</i> (LINNAEUS, 1758)	1		1			65. <i>Psidium</i>					
23. <i>Thyasira ferruginosa</i> (WINCKWORTH, 1930)	8		12	4,5	1,5	66. <i>Callista chione</i> (LINNAEUS, 1758)	27		55	16	2
24. <i>Diplodonta rotundata</i> (MONTAGU, 1803)	2		14	4	2	67. <i>Dactyla exoleta</i> (LINNAEUS, 1758)	4		4	2	1
25. <i>Hemilepton nitidum</i> (TURTON, 1822)	2		14	4	2	68. <i>Venerupis pullastra</i> (MONTAGU, 1803)	12		20	7	1,7
26. <i>Callista subauricularis</i> (MONTAGU, 1803)	7		14	4	2	69. <i>Venerupis rhomboides</i> (PENNAUT, 1777)	31		98	18	3,2
27. <i>Montacuta substriata</i> (MONTAGU, 1803)	2		62	14	2,5	70. <i>Chamelea striatula</i> (DA COSTA, 1778)	9		12	5	1,3
28. <i>Tellinomya ferruginosa</i> (MONTAGU, 1803)	25		26	8	1,8	71. <i>Timoclea ovata</i> (PENNAUT, 1777)	74	1	333	43	4,5
29. <i>Lepton squamosum</i> (MONTAGU, 1803)	14		1	1	1	72. <i>Petricola pholadiformis</i> (LAMARCK, 1818)	6		13	3	2
30. <i>Pyrella bidentata</i> (MONTAGU, 1803)	1		2	1	1	73. <i>Mya (A.) arenaria</i> (LINNAEUS, 1758)	28	1	43	16	1,5
31. <i>Neolepton sulcatulum</i> (JEFFREYS, 1859)	2		56	12	2,5	74. <i>Mya truncata</i> (LINNAEUS, 1758)	10		10	6	1
32. <i>Epilepton clarkiae</i> (CLARK, 1852)	1		4	1	1,3	75. <i>Sphenia binghami</i> (GRAY, 1847)	6		11	3	2
33. <i>Astarte montagui</i> (DILLMUTH, 1817)	22		7	2	1,7	76. <i>Corbula (V.) gibba</i> (OLIVI, 1792)	46	11	130	26	2,8
34. <i>Astarte sulcata</i> (DA COSTA, 1778)	3		484	45	6,1	77. <i>Hiatella arctica</i> (LINNAEUS, 1767)					
35. <i>Digitaria digitaria</i> (LINNAEUS, 1758)	4		15	6	1,5	78. <i>Saricavella jeffreysi</i> (WINCKWORTH, 1930)					
36. <i>Goddalia triangularis</i> (MONTAGU, 1803)	79	13	34	16	1,2	79. <i>Pholas dactylus</i> (LINNAEUS, 1758)	22		57	12	2,6
37. <i>Parvicardium minimum</i> (PHILIPPI, 1836)	10		9	2,8	1,8	80. <i>Barnesia parva</i> (PENNAUT, 1777)	1		1	1	1
38. <i>Parvicardium ovale</i> (SOWERBY, 1840)	2		34	16	1,2	81. <i>Barnesia candida</i> (LINNAEUS, 1758)	1		2	2	1,7
39. <i>Parvicardium scabrum</i> (PHILIPPI, 1836)	5		370	35	6	82. <i>Zirfea crispata</i> (LINNAEUS, 1767)	1		1	1	1
40. <i>Laeoniscium crassum</i> (GÜELIN, 1791)	28		2	1	1	83. <i>Fanlora pima</i> (MONTAGU, 1803)	1		2	2	1,7
41. <i>Cerastoderma edule</i> (LINNAEUS, 1758)	62		2	1	1	84. <i>Cochlodoma (B.) praetenuis</i> (PULITNEY, 1799)	26	2	46	15	
42. <i>Macra corallina</i> (MONTAGU, 1803)	2		77	33		85. <i>Thracia phaseolina</i> (LAMARCK, 1818)					
43. <i>Spisula elliptica</i> (BROWN, 1824)	135	7	4468								

Tabel 2

Zone 2 - 230 monsters

SPECIES		1	2	3	4	5	SPECIES		1	2	3	4	5
1. <i>Nucula nucleus</i> (LINNAEUS, 1758)		34		118	15	3,5	44. <i>Spisula solida</i> (LINNAEUS, 1758)		4		4	1	1
2. <i>Nucula cobboldiae</i> (SOWERBY, 1817)		1		8		8	45. <i>Spisula subtruncata</i> (DA COSTA, 1778)		17		43	7,4	2,5
3. <i>Nucula minuta</i> (MULLER, 1776)		4		4	1,5	1	46. <i>Lutivaria lutivaria</i> (LINNAEUS, 1758)		2		235	38	2
4. <i>Portlandia (Y.) lucida</i> (LOVEN, 1846)		2		2		1	47. <i>Cultellus pellucidus</i> (PENNAUT, 1777)		88		2		2,7
5. <i>Portlandia (Y.) tomlini</i> (MOLLER, 1842)		2		2		1	48. <i>Ensis ensis</i> (LINNAEUS, 1758)		8		10	3	1
6. <i>Striarca lactea</i> (LINNAEUS, 1758)		91	6	2479	39	27	49. <i>Ensis arcuatus</i> (JEFFREYS, 1865)		2		2		2
7. <i>Glycymeris glycymeris</i> (LINNAEUS, 1758)		133	9	18	57	5,4	50. <i>Ensis siliqua</i> (LINNAEUS, 1758)		8		78	15	2,3
8. <i>Aytilis edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		2		2		1	51. <i>Tellina (A.) crassa</i> (PENNAUT, 1777)		34		6	8	1,3
9. <i>Crenella dactylosa</i> (MONTAGU, 1808)		15		24	6,5	1,6	52. <i>Tellina tenuis</i> (DA COSTA, 1778)		197	23	3677	86	18,6
10. <i>Masullus discors</i> (LINNAEUS, 1767)		1		1		1	53. <i>Tellina (F.) fabula</i> (GMELIN, 1791)		139		820	60	6
11. <i>Masullus marmatus</i> (FORBES, 1838)		15		24	11	2	54. <i>Tellina (M.) donacina</i> (LINNAEUS, 1758)		64		152	28	2,8
12. <i>Maciotus modiolus</i> (LINNAEUS, 1758)		33		66	11	2	55. <i>Tellina (M.) pugnax</i> (LOVEN, 1846)		32		69	14	2,2
13. <i>Chilysa opercularis</i> (LINNAEUS, 1758)		8		15	3,4	2	56. <i>Macoma balthica</i> (LINNAEUS, 1758)		51		166	22	3,3
14. <i>Chilysa varia</i> (LINNAEUS, 1758)		15		86	11	1,9	57. <i>Donax (C.) vittatus</i> (DA COSTA, 1778)		85		191	37	2,2
15. <i>Chilysa distorta</i> (DA COSTA, 1778)		45		1		1	58. <i>Scrobicularia plana</i> (DA COSTA, 1778)		1		1		1
16. <i>Anomia ephippium</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1		1	59. <i>Abra prismatica</i> (MONTAGU, 1803)		1		1		1
17. <i>Podadasmus (B.) squamula</i> (LINNAEUS, 1758)		68		271	29	4	60. <i>Abra (S.) alba</i> (WOOD, 1802)		1		1		1
18. <i>Podadasmus (M.) patelliformis</i> (LINNAEUS, 1761)		2		2		1	61. <i>Abra (S.) nitida</i> (MULLER, 1776)		1		1		1
19. <i>Litmaria (L.) loscombi</i> (SOWERBY, 1823)		136		760	59	5,6	62. <i>Gari (G.) depressa</i> (PENNAUT, 1777)		1		1		1
20. <i>Lucinona borealis</i> (LINNAEUS, 1767)		8		10	3,5	1,2	63. <i>Gari (F.) fervens</i> (GMELIN, 1791)		1		1		1
21. <i>Lucinella divaricata</i> (LINNAEUS, 1758)		13		20	7,4	1,5	64. <i>Arctica islandica</i> (LINNAEUS, 1767)		1		1		1
22. <i>Thyasira ferruginosa</i> (WINCKWORTH, 1930)		47		130	24	2,7	65. <i>Fistulidae</i>		39		83	17	2,1
23. <i>Diplodonta rotundata</i> (MONTAGU, 1803)		3		3	1	1	66. <i>Callista ohione</i> (LINNAEUS, 1758)		2		3	3	1
24. <i>Hamilepton nitidum</i> (TURTON, 1822)		1		1		1	67. <i>Dosinia exoleta</i> (LINNAEUS, 1758)		3		3	1	3
25. <i>Lucinella subauricularis</i> (MONTAGU, 1803)		48		93	21	1,9	68. <i>Venerupis pullastra</i> (MONTAGU, 1803)		13		8	2	1,6
26. <i>Montacuta substriata</i> (MONTAGU, 1803)		16		28	6,9	1,7	69. <i>Venerupis rhomboides</i> (PENNAUT, 1777)		14	1	16	5	1,2
27. <i>Tellina ferruginosa</i> (MONTAGU, 1803)		38		105	16	2,7	70. <i>Chamelea striatula</i> (DA COSTA, 1778)		14		31	6	2,2
28. <i>Myasella bidentata</i> (MONTAGU, 1803)		1		1		1	71. <i>Timoclea ovata</i> (PENNAUT, 1777)		19		3	8	3
29. <i>Neolepton sulcatulum</i> (JEFFREYS, 1859)		2		2		1	72. <i>Petricola pholidiformis</i> (LAMARCK, 1818)		11		33	6	1,7
30. <i>Aspartes montagnii</i> (DILLWYN, 1817)		65		121	28	2	73. <i>Mya (A.) arenaria</i> (LINNAEUS, 1758)		11		14	5	1,2
31. <i>Aspartes sulcata</i> (DA COSTA, 1778)		8		8	3	1	74. <i>Mya truncata</i> (LINNAEUS, 1758)		24		33	10	1,4
32. <i>Digitaria digitaria</i> (LINNAEUS, 1758)		65	10	224	28	3,4	75. <i>Sphenia binghami</i> (GRAY, 1847)		53	1	117	23	2,2
33. <i>Goedalia triangulata</i> (MONTAGU, 1803)		3		5	1,3	1,6	76. <i>Corbula (V.) gibba</i> (OLIVI, 1792)		2		3		1
34. <i>Parvicardium minimum</i> (PHILIPPI, 1836)		1		1		1	77. <i>Hiattella arctica</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1		1
35. <i>Parvicardium ovale</i> (SOWERBY, 1840)		21		32	9	1,4	78. <i>Santacavella jeffreysi</i> (WINCKWORTH, 1930)		77		195	33	2,5
36. <i>Parvicardium scabrum</i> (PHILIPPI, 1836)		161		1358	70	8,4	79. <i>Pholas dactylus</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1		1
37. <i>Parvicardium crassum</i> (GMELIN, 1791)		3		3		1	80. <i>Barnesia parva</i> (PENNAUT, 1777)		25	2	53	11	2,1
38. <i>Cerastoderma edule</i> (LINNAEUS, 1758)		213		7708	93	36	81. <i>Barnesia candida</i> (LINNAEUS, 1758)						
39. <i>Macra corallina</i> (MONTAGU, 1803)							82. <i>Birfea crispata</i> (LINNAEUS, 1758)						
40. <i>Spisula elliptica</i> (BROWN, 1824)							83. <i>Pandora pinna</i> (MONTAGU, 1803)						
							84. <i>Cochlodema (B.) praetensis</i> (PULTNEY, 1799)						
							85. <i>Thracia phaseolina</i> (LAMARCK, 1818)						

Tabel 3

Zone 3 - 175 monsters

SPECIES		1	2	3	4	5	SPECIES		1	2	3	4	5
1. <i>Pexela nucleus</i> (LINNAEUS, 1758)		3				1	44. <i>Spizula solida</i> (LINNAEUS, 1758)		1				
2. <i>Nucula cobboldiae</i> (SOWERBY, 1817)					1,7		45. <i>Spizula subtruncata</i> (DA COSTA, 1778)		40		262	23	1, 6,5
3. <i>Nucularia minuta</i> (MULLER, 1776)							46. <i>Isariola luteirata</i> (LINNAEUS, 1758)						
4. <i>Pertusaria (P.) lucida</i> (LOVEN, 1846)							47. <i>Cuticellus pellucidus</i> (PENNANT, 1777)						
5. <i>Pertusaria (P.) tonini</i> (MOLLER, 1842)							48. <i>Ensis ensis</i> (LINNAEUS, 1758)		104		462	60	4, 4
6. <i>Striaria lactea</i> (LINNAEUS, 1758)		19	1	42	1	2,2	49. <i>Ensis arcuatus</i> (JEFFREYS, 1865)						
7. <i>Glycymeris glycymeris</i> (LINNAEUS, 1758)							50. <i>Ensis stiliqua</i> (LINNAEUS, 1758)		2		3	1	1
8. <i>Cyrenella edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		21		46	12	2,1	51. <i>Tellina (A.) crassa</i> (PENNANT, 1777)						
9. <i>Cyrenella decussata</i> (MONTAGU, 1808)							52. <i>Tellina tenuis</i> (DA COSTA, 1778)		5		7	2,8	1,4
10. <i>Masculus discors</i> (LINNAEUS, 1767)							53. <i>Tellina (F.) fabula</i> (GMELIN, 1791)		50	2	288	28,5	5,8
11. <i>Masculus marmatus</i> (FORBES, 1838)							54. <i>Tellina (M.) donacina</i> (LINNAEUS, 1758)		121	2	927	69	7,7
12. <i>Modiolus modiolus</i> (LINNAEUS, 1758)		3		3		1	55. <i>Tellina (M.) pygmaea</i> (LOVEN, 1846)						
13. <i>Chlamys opercularis</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1			56. <i>Macoma bathetica</i> (LINNAEUS, 1758)		31		70	18	2,3
14. <i>Chlamys varia</i> (LINNAEUS, 1758)		27		41	15	1,5	57. <i>Donax (C.) vittatus</i> (DA COSTA, 1778)		118	1	879	67	7,4
15. <i>Chlamys distorta</i> (DA COSTA, 1778)							58. <i>Scrobicularia plana</i> (DA COSTA, 1778)		9		25	5	2,8
16. <i>Acmaea ephippium</i> (LINNAEUS, 1758)							59. <i>Abra prismatica</i> (MONTAGU, 1803)		85	1	335	48	3,9
17. <i>Pododemus (B.) squamula</i> (LINNAEUS, 1758)							60. <i>Abra (S.) alba</i> (WOOD, 1802)		7		15	4	2,1
18. <i>Pododemus (M.) patelliformis</i> (LINNAEUS, 1758)		9		18	4	2	61. <i>Abra (S.) nitida</i> (MULLER, 1776)		1		1		1
19. <i>Littoraria (L.) loscombi</i> (SOWERBY, 1823)		1		1			62. <i>Gari (G.) depressa</i> (PENNANT, 1777)						
20. <i>Ostrea edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		18		25	10	1,3	63. <i>Gari (P.) fervens</i> (GMELIN, 1791)						
21. <i>Littorina borealis</i> (LINNAEUS, 1767)							64. <i>Ancistea islandica</i> (LINNAEUS, 1767)						
22. <i>Littorina littorea</i> (LINNAEUS, 1758)							65. <i>Piloditidae</i>						
23. <i>Thyasira ferruginosa</i> (WINCKWORTH, 1930)		5		5	2,8	1	66. <i>Callista ohione</i> (LINNAEUS, 1758)		4		4	2	1
24. <i>Diplodonta notundata</i> (MONTAGU, 1803)							67. <i>Dostia exoleta</i> (LINNAEUS, 1758)		7		8	4	1
25. <i>Hemilepton nitidum</i> (TURTON, 1822)		9		11	5	1,2	68. <i>Venerupis pullastra</i> (MONTAGU, 1803)						
26. <i>Valia subauricularis</i> (MONTAGU, 1803)							69. <i>Venerupis rhomboides</i> (PENNANT, 1777)						
27. <i>Montacuta substriata</i> (MONTAGU, 1803)							70. <i>Chamelea striatula</i> (PENNANT, 1777)						
28. <i>Tellina ferruginosa</i> (MONTAGU, 1803)		57		131	32	2,3	71. <i>Timoclea ovata</i> (PENNANT, 1777)		6		8	3	1,3
29. <i>Lepton squamosum</i> (MONTAGU, 1803)							72. <i>Petricola pholadiformis</i> (LAMARCK, 1818)						
30. <i>Mya bidentata</i> (MONTAGU, 1803)		4		8	2	2	73. <i>Mya (A.) arenaria</i> (LINNAEUS, 1758)						
31. <i>Neolepton sulcatulum</i> (JEFFREYS, 1859)							74. <i>Mya truncata</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1		1
32. <i>Epilpton clankiae</i> (CLARK, 1852)		11		11	6	1	75. <i>Sphenia binghami</i> (GRAY, 1847)						
33. <i>Astarte montagu</i> (DILLWYN, 1817)		4		4	2	1	76. <i>Corbula (V.) gibba</i> (OLIVI, 1792)						
34. <i>Digitaria digitaria</i> (LINNAEUS, 1758)							77. <i>Hiattella arctica</i> (LINNAEUS, 1767)						
35. <i>Goodallia triaenularis</i> (MONTAGU, 1803)							78. <i>Scaricavella jeffreysi</i> (WINCKWORTH, 1930)		3		3	2	1
36. <i>Parvicardium minimum</i> (PHILIPPI, 1836)							79. <i>Pholas dactylus</i> (LINNAEUS, 1758)						
37. <i>Parvicardium ovale</i> (SOWERBY, 1840)							80. <i>Barnesia parva</i> (PENNANT, 1777)						
38. <i>Parvicardium scabrum</i> (PHILIPPI, 1836)							81. <i>Barnesia candida</i> (LINNAEUS, 1758)						
39. <i>Cerastoderma edule</i> (LINNAEUS, 1758)							82. <i>Zirfea crispata</i> (LINNAEUS, 1758)						
40. <i>Mytilus edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		76		783	43	10,3	83. <i>Eudora pinnata</i> (MONTAGU, 1803)		7		14	4	2
41. <i>Mytilus edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		34		58	19	1,6	84. <i>Cochlodoma (B.) praetensis</i> (PULTENEY, 1799)		1		1		1
42. <i>Mytilus edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		135		1319	77	9,7	85. <i>Thracia phaseolina</i> (LAMARCK, 1818)		4		6	2	1,5

Table 5

Zone 5 - 87 monsters

SPECIES		1	2	3	4	5	SPECIES		1	2	3	4	5
1. <i>Macula nucleus</i> (LINNAEUS, 1758)		1					44. <i>Spisula solida</i> (LINNAEUS, 1758)		1				
2. <i>Macula cobboldiae</i> (SOWERBY, 1817)							45. <i>Spisula subtruncata</i> (DA COSTA, 1778)		34	2	2131	39	62
3. <i>Aciculana minuta</i> (MULLER, 1776)							46. <i>Lutaria lutaria</i> (LINNAEUS, 1758)		7		10	8	1,4
4. <i>Portlandia (Y.) lucida</i> (LOVEN, 1846)							47. <i>Cultellus pellucidus</i> (PENNAANT, 1777)		2		2	2	1
5. <i>Portlandia (Y.) tomini</i> (MULLER, 1842)							48. <i>Exos ensis</i> (LINNAEUS, 1758)						
6. <i>Spiraxia laetea</i> (LINNAEUS, 1758)		19		590	19	31	49. <i>Exos arcuatus</i> (JEFFREYS, 1865)						
7. <i>Glycymeris glycymeris</i> (LINNAEUS, 1758)		1		2		2	50. <i>Exos sticticus</i> (LINNAEUS, 1758)						
8. <i>Mytilus edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		19	1	69	19	3,6	51. <i>Tellina (A.) orassa</i> (PENNAANT, 1777)						
9. <i>Crenella deusea</i> (MONTAGU, 1808)							52. <i>Tellina tenuis</i> (DA COSTA, 1778)		14	2	104	16	7,4
10. <i>Masculus discors</i> (LINNAEUS, 1758)							53. <i>Tellina (P.) fabula</i> (GHELIN, 1791)		6		39	6,9	6,5
11. <i>Masculus marmatus</i> (FORBES, 1838)							54. <i>Tellina (M.) donacina</i> (LINNAEUS, 1758)		11		25	13	2,3
12. <i>Modiolus modiolus</i> (LINNAEUS, 1758)							55. <i>Tellina (M.) pygmaea</i> (LOVEN, 1846)						
13. <i>Chilys opercularis</i> (LINNAEUS, 1758)							56. <i>Macoma balthica</i> (LINNAEUS, 1758)						
14. <i>Chilys varia</i> (LINNAEUS, 1758)							57. <i>Donax (C.) vittatus</i> (DA COSTA, 1778)		32		377	37	11,8
15. <i>Chilys distorta</i> (DA COSTA, 1778)							58. <i>Scrobicularia plana</i> (DA COSTA, 1778)		24	2	471	28	19,6
16. <i>Anomia ephippium</i> (LINNAEUS, 1758)							59. <i>Abra prismatica</i> (MONTAGU, 1803)		4		9	4,5	2,3
17. <i>Pododesmus (H.) squamula</i> (LINNAEUS, 1758)		2		4	3	2	60. <i>Abra (S.) alba</i> (WOOD, 1802)		2	5	2953	56	60
18. <i>Pododesmus (M.) parvifrons</i> (LINNAEUS, 1761)							61. <i>Abra (S.) nitida</i> (MULLER, 1776)		49				
19. <i>Livaria (L.) loscombi</i> (SOWERBY, 1823)							62. <i>Gari (G.) depressa</i> (PENNAANT, 1777)						
20. <i>Gemma edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		11		57	12	5,1	63. <i>Gari (P.) foveolata</i> (GHELIN, 1791)		1	1	1	1	1
21. <i>Lucinoma borealis</i> (LINNAEUS, 1767)							64. <i>Arotia la Landia</i> (LINNAEUS, 1767)						
22. <i>Lucinella divaricata</i> (LINNAEUS, 1758)							65. <i>Falsididae</i>		2	3	2	1	1
23. <i>Thyasira ferruginosa</i> (LINNAEUS, 1758)							66. <i>Callista thione</i> (LINNAEUS, 1758)						
24. <i>Diplodonta rotundata</i> (MONTAGU, 1803)							67. <i>Dothinia exoleta</i> (LINNAEUS, 1758)						
25. <i>Hemilepton nitidum</i> (MONTAGU, 1803)		2		4	2,2	2	68. <i>Venerupis pullastra</i> (MONTAGU, 1803)						
26. <i>Lucinella subauricularis</i> (MONTAGU, 1822)							69. <i>Venerupis rhomboides</i> (PENNAANT, 1777)		1		2	1	2
27. <i>Montacuta substriata</i> (MONTAGU, 1803)							70. <i>Chamaelea striatula</i> (DA COSTA, 1778)		1		1	1	1
28. <i>Lepton squamosum</i> (MONTAGU, 1803)		9		54	10	6	71. <i>Tinoclea ovata</i> (PENNAANT, 1777)		1		3	1	3
29. <i>Myrella bidentata</i> (MONTAGU, 1803)		3		8	3	2,6	72. <i>Petricola pholadiformis</i> (LAMARCK, 1818)		1		1	1	1
30. <i>Neolepton sulcatulum</i> (JEFFREYS, 1859)		39	1	857	45	22	73. <i>Mya (A.) arenaria</i> (LINNAEUS, 1758)		6		15	7	2,5
31. <i>Epilepton clarkiae</i> (CLARK, 1852)							74. <i>Mya truncata</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1	1	1
32. <i>Astarte montagu</i> (DILLWYN, 1817)							75. <i>Sphenia bingham</i> (GRAY, 1847)		1		2	1	2
33. <i>Astarte sulcata</i> (DA COSTA, 1778)		2		2	2	1	76. <i>Corbula (V.) gibba</i> (OLIVI, 1792)		1		1	1	1
34. <i>Digitaria digitaria</i> (LINNAEUS, 1758)							77. <i>Hiattella arctica</i> (LINNAEUS, 1767)		3		7	3	2
35. <i>Goodallia triangularis</i> (MONTAGU, 1803)		7	1	19	8	2,7	78. <i>Sarcinella jeffreysi</i> (WINCKWORTH, 1930)		15		73	17	4,8
36. <i>Parvicardium minimum</i> (PHILIPPI, 1836)		5		13	5,7	2,6	79. <i>Pholas dactylus</i> (LINNAEUS, 1758)		1		4	1	4
37. <i>Parvicardium ovale</i> (SOWERBY, 1840)							80. <i>Barnesia parva</i> (PENNAANT, 1777)		12		93	14	7,7
38. <i>Parvicardium scabrum</i> (PHILIPPI, 1836)							81. <i>Barnesia candida</i> (LINNAEUS, 1758)		1		1	1	1
39. <i>Parvicardium crassum</i> (GHELIN, 1791)		2		4	2	2	82. <i>Zirfea crispata</i> (LINNAEUS, 1767)						
40. <i>Cerastoderma edule</i> (LINNAEUS, 1758)		26		162	30	6,2	83. <i>Randonia pima</i> (MONTAGU, 1803)						
41. <i>Mastra corallina</i> (MONTAGU, 1803)		2		3	2,3	1,5	84. <i>Cochlodoma (B.) praetenuis</i> (PULTENEY, 1799)						
42. <i>Spisula elliptica</i> (BROWN, 1824)		24	4	1561	28	65	85. <i>Thracia phaseolina</i> (LAMARCK, 1818)						

Zone 6 - 142 monsters

SPECIES		1	2	3	4	5	SPECIES		1	2	3	4	5
1.	<i>Nucula nucteus</i> (LINNAEUS, 1758)		2			2	44.	<i>Spizula solida</i> (LINNAEUS, 1758)	1				
2.	<i>Nucula cobboldiae</i> (SOWERBY, 1817)						45.	<i>Spizula subtrivata</i> (DA COSTA, 1778)	88		62	962	11
3.	<i>Nuculana minuta</i> (MÜLLER, 1776)						46.	<i>Littoraria littoraria</i> (LINNAEUS, 1758)					
4.	<i>Portlandia (L.) lucida</i> (LOVEN, 1846)						47.	<i>Cultellus pellucidus</i> (PENNANT, 1777)	7		8	10	1,4
5.	<i>Portlandia (L.) tomlini</i> (MÖLLER, 1842)						48.	<i>Ensis ensis</i> (LINNAEUS, 1758)	49		147	34	3
6.	<i>Striarca lactea</i> (LINNAEUS, 1758)		36	1	152	25	49.	<i>Ensis arcuatus</i> (JEFFREYS, 1865)					
7.	<i>Glycymeris glycymeris</i> (LINNAEUS, 1758)						50.	<i>Ensis seliqua</i> (LINNAEUS, 1758)					
8.	<i>Mytilus edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		29		139	20	51.	<i>Tellina (A.) ovata</i> (PENNANT, 1777)	8		5	10	1
9.	<i>Crenella deussata</i> (MONTAGU, 1808)						52.	<i>Tellina tenuis</i> (DA COSTA, 1778)					
10.	<i>Musculus discors</i> (LINNAEUS, 1767)						53.	<i>Tellina (P.) fabula</i> (GELIN, 1791)	26		18	78	3
11.	<i>Musculus marmotus</i> (FORRES, 1838)						54.	<i>Tellina (M.) donacina</i> (LINNAEUS, 1758)	12	1	24	8,5	2
12.	<i>Modiolus modiolus</i> (LINNAEUS, 1758)		1	1			55.	<i>Tellina (M.) pugmaea</i> (LOVEN, 1846)	58	1	281	41	4,8
13.	<i>Chlamys opercularis</i> (LINNAEUS, 1758)						56.	<i>Macoma balthica</i> (LINNAEUS, 1758)					
14.	<i>Chlamys varia</i> (LINNAEUS, 1758)		1	2			57.	<i>Donax (C.) vittatus</i> (DA COSTA, 1778)	72		645	51	9
15.	<i>Chlamys distorta</i> (DA COSTA, 1778)						58.	<i>Serobicularia plana</i> (DA COSTA, 1778)	61		196	43	3,2
16.	<i>Anomia ephippium</i> (LINNAEUS, 1758)						59.	<i>Abra prismatica</i> (MONTAGU, 1803)	23		63	16	2,7
17.	<i>Podidesmus (R.) squamula</i> (LINNAEUS, 1758)		1	4			60.	<i>Abra (S.) alba</i> (WOOD, 1802)	25		45	17	1,8
18.	<i>Podidesmus (M.) patelliformis</i> (LINNAEUS, 1761)		3	5			61.	<i>Abra (S.) nitida</i> (MÜLLER, 1776)	68		364	48	5,3
19.	<i>Littaria (L.) loscombi</i> (SOWERBY, 1823)						62.	<i>Gari (G.) depressa</i> (PENNANT, 1777)	1				1
20.	<i>Ostrea edulis</i> (LINNAEUS, 1758)		28		35	19	63.	<i>Gari (P.) fernensis</i> (GELIN, 1791)					
21.	<i>Lucinella borealis</i> (LINNAEUS, 1767)						64.	<i>Arctica islandica</i> (LINNAEUS, 1767)	9		13	6	1,4
22.	<i>Lucinella divaricata</i> (LINNAEUS, 1758)						65.	<i>Psittidium</i>					
23.	<i>Trigaster ferruginosa</i> (WINCKWORTH, 1930)		3	3		2,1	66.	<i>Callista chione</i> (LINNAEUS, 1758)					
24.	<i>Diplodonta rotundata</i> (MONTAGU, 1803)		3	3		2,1	67.	<i>Dostina exoleta</i> (LINNAEUS, 1758)					
25.	<i>Hemilepton nitidum</i> (TURTON, 1822)						68.	<i>Venerupis pullastra</i> (MONTAGU, 1803)					
26.	<i>Kellia subauricularis</i> (MONTAGU, 1803)						69.	<i>Venerupis rhomboides</i> (PENNANT, 1777)	1	1	2	1	2
27.	<i>Montacuta substriata</i> (MONTAGU, 1803)						70.	<i>Chamelea striatula</i> (DA COSTA, 1778)	8		21	5	2,6
28.	<i>Tellinomya ferruginosa</i> (MONTAGU, 1803)		39		87	27	71.	<i>Chamelea striatula</i> (DA COSTA, 1778)					
29.	<i>Lepton squamosum</i> (MONTAGU, 1803)						72.	<i>Pinicola ovata</i> (PENNANT, 1777)					
30.	<i>Myella bidentata</i> (MONTAGU, 1803)		46		238	32	73.	<i>Pincticola pholadiiformis</i> (LAMARCK, 1818)	4		5	3	1
31.	<i>Neolepton sulcatulum</i> (JEFFREYS, 1859)			4			74.	<i>Mya (A.) arenaria</i> (LINNAEUS, 1758)					
32.	<i>Epilepton clarkiae</i> (CLARK, 1852)		1				75.	<i>Sphenia binghami</i> (GRAY, 1847)					
33.	<i>Astarte montagi</i> (DILLWYN, 1817)						76.	<i>Corbula (V.) gibba</i> (OLIVI, 1792)					
34.	<i>Astarte sulcata</i> (DA COSTA, 1778)						77.	<i>Hiattella arctica</i> (LINNAEUS, 1767)					
35.	<i>Digitaria digitaria</i> (LINNAEUS, 1758)						78.	<i>Sarcicavella jeffreysi</i> (WINCKWORTH, 1930)					
36.	<i>Goedalia trivagularis</i> (MONTAGU, 1803)		1	2			79.	<i>Pholas dactylus</i> (LINNAEUS, 1758)	3		7	2	2
37.	<i>Parvicardium minimum</i> (PHILIPPI, 1836)		1	2			80.	<i>Barnesia parva</i> (PENNANT, 1777)					
38.	<i>Parvicardium ovale</i> (SOWERBY, 1840)						81.	<i>Barnesia candida</i> (LINNAEUS, 1758)	39		110	27	2,8
39.	<i>Parvicardium scabrum</i> (PHILIPPI, 1836)		1	1			82.	<i>Zirfaea crispata</i> (LINNAEUS, 1767)	1		1		1
40.	<i>Laevicardium crassum</i> (GELIN, 1791)		2	2			83.	<i>Randora pinnata</i> (MONTAGU, 1803)					
41.	<i>Cerastoderma edule</i> (LINNAEUS, 1758)		61	1042		43	84.	<i>Coelodema (B.) praetenuis</i> (PULTENEX, 1799)	1		1		1
42.	<i>Mystra corallina</i> (MONTAGU, 1803)		16	29		11	85.	<i>Thracia phaseolina</i> (LAMARCK, 1818)	4		4	3	1
43.	<i>Spizula elliptica</i> (BROWN, 1824)		117	6	2749	82							

Tabel 7

Zone 7 - 221 monsters

SPECIES		1	2	3	4	5	SPECIES		1	2	3	4	5
1. Nucula nuclea (LINNAEUS, 1758)							44. Spisula solida (LINNAEUS, 1758)		1				
2. Nucula cobboldiae (SOWERBY, 1817)							45. Spisula subtruncata (DA COSTA, 1778)		104	2	2621	47	2
3. Nucula minuta (MULLER, 1776)							46. Lutraria lutraria (LINNAEUS, 1758)		10		14	7	1,4
4. Portlandia (Y.) lucida (LOVEN, 1846)							47. Cultellus pellucidus (PENNANT, 1777)		100		505	45	5
5. Portlandia (Y.) tomolini (MOLLER, 1842)							48. Ensis ensis (LINNAEUS, 1758)						
6. Striarca lactea (LINNAEUS, 1758)		9	1	15	4	1,6	49. Ensis arcuatus (JEFFREYS, 1865)						
7. Glycymeris glycymeris (LINNAEUS, 1758)		1		1		1	50. Ensis siliqua (LINNAEUS, 1758)						
8. Mytilus edulis (LINNAEUS, 1758)		10		17	4,5	1,7	51. Tellina (A.) crassa (PENNANT, 1777)						
9. Crenella decussata (MONTAGU, 1808)		1		1		1	52. Tellina tenuis (DA COSTA, 1778)		6		8	2,7	1,3
10. Maculus discors (LINNAEUS, 1767)							53. Tellina (F.) fabula (GMELIN, 1791)		40		106	18	2,6
11. Maculus marmatus (FORBES, 1838)							54. Tellina (M.) donacina (LINNAEUS, 1758)		84		428	38	5,1
12. Maculus maffolus (LINNAEUS, 1758)							55. Tellina (M.) pygmaea (LOVEN, 1846)						
13. Chlamys opercularis (LINNAEUS, 1758)		1		1		1	56. Macoma balthica (LINNAEUS, 1758)		6		10	3	1,7
14. Chlamys varia (LINNAEUS, 1758)		6		8	2,5	1,2	57. Donax (C.) vittatus (DA COSTA, 1778)		122		398	55	3,2
15. Chlamys distorta (DA COSTA, 1778)							58. Scarobicularia plana (DA COSTA, 1778)		2		2	1	2
16. Anomia ephippium (LINNAEUS, 1758)		2		2		1	59. Abra prismatica (MONTAGU, 1803)		43		76	19	1,8
17. Pododemus (H.) squamula (LINNAEUS, 1758)							60. Abra (S.) alba (WOOD, 1802)		17		33	8	1,9
18. Pododemus (M.) parelliformis (LINNAEUS, 1761)							61. Abra (S.) nitida (MULLER, 1776)		1		1		1
19. Limaria (L.) loscombi (SOWERBY, 1823)							62. Gari (G.) depressa (PENNANT, 1777)						
20. Correa edulis (LINNAEUS, 1758)		7		10	3,1	1,4	63. Gari (P.) fervens (GMELIN, 1791)						
21. Lucinora borealis (LINNAEUS, 1767)		4		4	1,8	1	64. Arctica talandica (LINNAEUS, 1767)		2		2		1
22. Lucinella divaricata (LINNAEUS, 1758)							65. Pterididae						
23. Thyasira ferruginea (WINCKWORTH, 1930)		2		2		1	66. Callista ohione (LINNAEUS, 1758)						
24. Diplodonta rotundata (MONTAGU, 1803)							67. Doornia saxoleta (LINNAEUS, 1758)						
25. Hemilepton nitidum (TURTON, 1822)							68. Venerupis pulchra (MONTAGU, 1803)						
26. Melia subauricularis (MONTAGU, 1803)							69. Venerupis rhomboides (PENNANT, 1777)						
27. Montacuta substriata (MONTAGU, 1803)							70. Chamelea striatula (DA COSTA, 1778)						
28. Tellina ferruginea (MONTAGU, 1803)		50		83	22	1,6	71. Timoclea ovata (PENNANT, 1777)		62	1	96	28	1,5
29. Lepton squamosum (MONTAGU, 1803)							72. Petricola pholadiformis (LAMARCK, 1818)						
30. Myella bidentata (MONTAGU, 1803)		21	5	46	9,5	2,1	73. Mya (A.) arenaria (LINNAEUS, 1758)						
31. Neolepton sulcatulum (JEFFREYS, 1859)							74. Mya truncata (LINNAEUS, 1758)						
32. Epilepton clarkiae (CLARK, 1852)		4		4	2	1	75. Sphenia binghami (GRAY, 1847)						
33. Astarte montagu (DILLWYN, 1817)							76. Corbula (V.) gibba (OLIV, 1792)		1		1		1
34. Astarte sulcata (DA COSTA, 1778)							77. Hiatella arctica (LINNAEUS, 1767)						
35. Digittaria digitaria (LINNAEUS, 1758)							78. Sarcinella jeffreysi (WINCKWORTH, 1930)		1		3		3
36. Geodillia trispiculata (MONTAGU, 1803)							79. Pholas dactylus (LINNAEUS, 1758)						
37. Parvicardium minimum (PHILIPPI, 1836)							80. Barnea parva (PENNANT, 1777)						
38. Parvicardium ovale (SOWERBY, 1840)							81. Barnea candida (LINNAEUS, 1758)		1		2		2
39. Parvicardium scabrum (PHILIPPI, 1836)							82. Zirfea crispata (LINNAEUS, 1767)						
40. Laevicardium crassum (GMELIN, 1791)							83. Pandora pima (MONTAGU, 1803)						
41. Cerastoderma edule (LINNAEUS, 1758)		38		190	17	5	84. Cochliodesma (B.) praetensis (PULTENEX, 1799)						
42. Mactra corallina (MONTAGU, 1803)		20		29	9	1,4	85. Thracia phaseolina (LAMARCK, 1818)		5		5	2	1
43. Spisula elliptica (BROWN, 1824)		165		2308	75	14							

tien belangrijkste soorten vertegenwoordigen 87 % van het totaal aantal schelpen.

zone 5 : 9.751 getelde schelpen

Abra alba, *Spisula subtruncata*, *Spisula elliptica* samen vertegenwoordigen ze 68 % van het totaal aantal schelpen.

Mysella bidentata, *Striarca lactea*, *Donax vittatus*, *Macoma balthica*, *Cerastoderma edule*, *Tellina tenuis*, *Barnea candida*. Deze tien belangrijkste soorten vertegenwoordigen 95 % van het totaal aantal schelpen.

zone 6 : 7.492 getelde schelpen

Spisula elliptica, *Cerastoderma edule*, *Spisula subtruncata* samen vertegenwoordigen ze 63 % van het totaal aantal schelpen. *Macoma balthica*, *Abra alba*, *Tellina donacina*, *Mysella bidentata*, *Donax vittatus*, *Striarca lactea*, *Ensis ensis*. Deze tien soorten vertegenwoordigen 90 % van het totaal aantal schelpen.

zone 7 : 7.032 getelde schelpen

Spisula subtruncata, *Spisula elliptica*, *Ensis ensis* samen vertegenwoordigen ze 77 % van het totaal aantal schelpen. *Tellina donacina*, *Donax vittatus*, *Cerastoderma edule*, *Tellina fabula*, *Chamelea striatula*, *Tellimya ferruginosa*, *Abra prismatic*. Deze tien soorten vertegenwoordigen 92 % van het totaal aantal schelpen.

zone 8 : 1.938 getelde schelpen

Spisula subtruncata, *Spisula elliptica*, *Donax vittatus* samen vertegenwoordigen ze 72 % van het totaal aantal schelpen. *Ensis ensis*, *Cerastoderma edule*, *Tellina fabula*, *Mactra corallina*, *Mysella bidentata*, *Chamelea striatula*, *Tellimya ferruginosa*. Deze tien soorten vertegenwoordigen 95 % van het totaal aantal schelpen.

2.3.9.- Factor analyse op de 50 belangrijkste Bivalvia soorten

Een factor analyse op de correlatie-matrix van de verspreiding van de 50 belangrijkste Bivalvia soorten liet ons, na rotatie tot varimax-

factoren, toe, aan de hand van de ladinge volgende "soortgroepen" te onderscheiden :

- factor 1 : *Nucula nucleus*, *Pododesmus squamula*, *Timoclea ovata*,
Goodallia triangularis, *Modiolus modiolus*, *Chlamys varia*;
factor 2 : *Abra alba*, *Mysella bidentata*, tegengesteld aan *Spisula*
elliptica, *Tellina donacina*, *Ensis ensis*;
factor 3 : *Tellina fabula*, *Donax vittatus*, *Abra prismatica*;
factor 4 : *Macoma balthica*, *Cerastoderma edule*, *Barnea candida*;
factor 5 : *Striarca lactea*, tegengesteld aan *Spisula subtruncata*.

De studie van de bij elk dezer groepen passende factor-scores laat ons toe een aantal (5) gebieden af te lijnen aan de hand van een beperkt aantal "typische" soorten. Deze indeling in gebieden wordt bevestigd door vergelijking met de reële verspreidingsgegevens. Aan de hand van de soortengroep van factor 1 kunnen we een gebied omlijnen dat nagenoeg overeenkomt met de diversiteitszone 1 van fig. 17. De voornaamste standplaatsen van deze soorten zijn gelegen in dit gebied.

De soorten van factor 2 en 5 hebben betrekking op gans het onderzocht gebied. Ze bevatten twee groepen soorten die met mekaar in tegenstelling staan. De soorten *Abra alba*, *Mysella bidentata* en *Spisula subtruncata* zijn kenmerkend voor gans het kustgebied, terwijl de soorten *Spisula elliptica*, *Tellina donacina*, *Ensis ensis* en *Striarca lactea* kenmerkend zijn voor het niet-kustgebied.

De soorten van factor 3 (*Tellina fabula*, *Donax vittatus* en *Abra prismatica*) zijn kenmerkend voor noordelijk niet-kustgebied.

De soorten van factor 4 (*Macoma balthica*, *Cerastoderma edule* en *Barnea candida*) zijn kenmerkend voor het gebied ter hoogte van Zeeland. Deze drie soorten zijn euryhalien. Het feit dat deze drie soorten hun voornaamste standplaatsen hebben in dat gebied zou er kunnen op wijzen dat in dit gebied de grootste saliniteitsschommelingen optreden. De reële verspreiding van de brakwater soort *Scrobicularia plana* komt nagenoeg volledig overeen met dit gebied.

2.3.10.- Bibliografie

- BASTIN, A., (1974). *Regionale sedimentologie en morfologie van de zuidelijke Noordzee en het Schelde estuarium*, Doctoraatsproefschrift, K.U.L.
- GULLENTOPS, F., (1973). *in* Math. Modelsea (1973). Fisheries Improvement and Hydrography Committee, International Council for the Exploration of the Sea, E19.
- OCKELMANN, W., (1958). The Zoology of East Greenland, Medd. om Grønland Bd. 122, nr. 4, København.
- MOENS, M., (1973). *in* Math. Modelsea (1973). Fisheries Improvement and Hydrography Committee, International Council for the Exploration of the Sea, E19.
- RINGELÉ, A., (1975). *Bijdrage tot de Systematiek, de Evolutie en de Paleoecologie van Bivalvia uit Neogene afzettingen van Noord België*, Doctoraatsproefschrift, K.U.L.
- TEBBLE, N., (1966). *British Bivalve Seashells*, Trustees of British Museum (Natural History), London.
- Treatise on Invertebrate Paleontology*, (1969). Edit. R.C. Moore, Part N, vol. 2, Mollusca 6, Bivalvia, Geol.Soc.America and Univ. Kansas.
- VAN BENTHEM JUTTING, T., (1943). *Fauna van Nederland*, Aflevering XII, Mollusca (I), C. Lamellibranchiata. Leiden.

2.4.- De lichte mineralen

In het kader van de complexe wordingsgeschiedenis van de zuidelijke Noordzee stellen zich een aantal vragen van herkomst van de grove detritische sedimenten. Wat de jongste evolutie betreft kunnen deze herleid worden tot volgende problemen. Is de invloed van Schelde, Maas en Rijn in de zandfractie te achterhalen ? Brengt de stroming door het Nauw van Kales sediment vanuit het Kanaal ? Kan eventueel een spoor worden gevonden van zandtransport vanaf de Britse kust (Falls) naar de Vlaamse banken (Sandettie) ?

De zware mineralen, die zich best lenen voor dergelijk herkomstonderzoek, werden reeds door Baak (1936) gebruikt. Daarom leek het aangezien de samenstelling van de lichte mineralen te onderzoeken.

1. Van 70 monsters, verspreid over het net, werd de fractie 125 - 177 μ optisch onderzocht op de klassieke manier door inbedding van de korrels in een olie met brekingsindex 1,544 . De resultaten zijn samengevat in tabel 9. De verspreiding toont geen wezenlijke verschillen zodat we ons kunnen beperken tot het bespreken van de gemiddelde samenstelling en enkele opmerkingen.

Het gemiddelde kwartsgehalte bedraagt $78 \% \pm 4 \%$ en uitzonderlijk lage waarden komen overeen met hoge % onbepaalde korrels. Zowel de monokristallijne kwartzen als de polykristallijne kwartsen met zwevende uitdoving bleven meestal onder de 10 % .

Het gemiddelde veldspaatgehalte (zure veldspaten met brekingsindex kleiner dan 1,544) bedraagt $11 \% \pm 2 \%$. Enkele hogere en lagere cijfers liggen zonder orde verspreid. Ook de graad van verwering levert geen onderscheid op.

Het gemiddelde chalcidoongehalte bedraagt slechts iets meer dan 1 % . Tegen de verwachting in is de onmiddellijke buurt van het Nauw van Kales niet rijker. De banken voor de Belgische kust groeperen wel iets hogere waarden tot 3 % .

iet is gemiddeld onder 1 % aanwezig, al lopen enkele verspreide waarden uit tot 7 % .

Ook gesteentefragmenten zijn gemiddeld onder 1 % aanwezig, al is er een zwakke trend voor betere aanwezigheid in de noordelijke helft en speciaal voor de Rijnmond.

De zeer homogene natuur van deze fijnzandige fractie kan in hoofdzaak toegeschreven worden aan haar grote beweeglijkheid aangezien deze korrelgrootte kleiner is dan de gemiddelde zandkorrel van de bodemsedimenten.

2. Om deze reden werd de samenstelling nagegaan van een grofkorrelige fractie nl. 250 - 354 μ . Om een betere bepaling van variëteiten mogelijk te maken werd echter een techniek ontwikkeld om deze korrels in te bedden in hars en tot dunne plaatjes af te slijpen. Het is op deze manier mogelijk allerlei variëteiten kwarts te onderscheiden naar gelang zwevende uitdoving en insluitsels, de veldspaten te determineren, in de gesteentefragmenten allerlei soorten stollingsgesteenten, metamorfe en afzettingsgesteenten te herkennen. Wegens het afsluiten van het onderzoek kon de methode uiteindelijk op slechts 40 monsters worden toegepast en we dienen ons derhalve tot de grote klassen te beperken (tabel 10).

Het kwartsgehalte (A) bedraagt gemiddeld slechts 68 % $\pm$ 4 % . Een groepering van hogere waarden wordt aangetroffen voor de Belgische kust. Deze kermerken zich trouwens door bijzonder hoge waarden aan kwarts met normale uitdoving, terwijl omgekeerd in de omgeving van Sandettie en het noorden meer dan 20 % zwevende uitdoving optreedt.

Het veldspaatgehalte (3) bedraagt nu gemiddeld slechts 7 % $\pm$ 2 % . Opmerkelijk is echter nu dat opvallend lage waarden (3 %) voor de Belgische kust voorkomen en opvallend hogere (boven 9 %) aanwezig zijn in het diepwater gedeelte.

Chalcedoon (C) is ook hier slechts onbelangrijk aanwezig met een gemiddelde van 1,5 % .

De gesteentefragmenten (D) worden nu een belangrijke categorie met gemiddeld 23 % $\pm$ 3 % . Hierbij zijn gemiddeld slechts 4 % sedimentgesteenten. In de spreiding liggen de lage cijfers opvallend voor de Belgische kust, terwijl hogere cijfers duidelijk voorkomen in de zuidelijke

Tabel 9

	Kwarts %	Veldspaat %	Chalcedoon %	Glaukoniet %	Gesteentefragmenten %	Verw. Miner. %		Tot. korrels
M 01	83,0	12,0	0,5	0,9	-	3,6		219
M 01	83,7	10,0	1,9	0,5	-	3,4	1 diat.	209
M 04	75,6	13,3	0,6	-	0,6	10,0		180
M 16	80,1	16,8	-	-	-	2,6	opaal 1	196
ZG 19	84,5	6,2	1,6	-	-	7,8		193
52	83,3	10,0	1,4	-	-	5,2		210
ZG 65	84,0	11,0	0,5	-	2,0	2,5		200
1039	75,5	16,2	1,0	0,5	2,1	4,7		192
1045	79,5	10,8	1,5	1,5	-	6,7		195
1083	77,8	13,8	3,4	-	1,0	3,9		203
1089	74,7	9,3	-	-	2,6	13,4		194
1095	77,0	7,4	2,7	2,0	1,4	9,5		148
1133	80,0	14,3	2,4	0,5	-	1,4	opaal 2 chloriet 1	210
1139	72,4	14,1	2,1	-	-	11,5		192
1145	75,1	11,4	3,2	1,5	0,5	8,1		185
1188	78,7	13,9	3,5	1,0	0,5	2,0	opaal 1	202
1194	81,2	8,9	2,0	-	1,0	6,9		202
1200	78,1	9,6	1,6	0,5	0,5	9,6		187
1206	87,1	7,7	0,5	-	1,0	3,8		209
1251	82,1	11,3	0,5	3,3	0,5	2,4		212
1257	84,0	10,2	-	0,5	1,0	4,4		206
1263	68,2	13,8	7,4	-	0,5	10,0		189
1269	79,7	15,6	-	0,5	0,5	3,6		192
1305	81,4	11,8	0,4	3,3	-	3,2		221
1311	77,3	12,5	-	0,5	-	9,7		176
1317	87,1	7,4	0,5	0,5	0,5	4,0		202
1365	82,0	6,8	1,0	2,4	1,0	6,8		206
1371	81,1	10,7	1,5	-	2,6	4,1		196
1377	81,6	9,0	1,0	-	0,5	7,9		190
1416	78,0	9,8	2,0	0,5	0,5	9,3		205
1422	75,5	11,5	0,5	0,5	1,5	10,5		200
1428	77,6	8,8	1,0	-	1,6	10,9		192
1467	87,9	3,4	1,0	2,0	1,0	4,4	opaal 1	206
1473	76,4	10,6	-	-	1,0	12,1		199
1479	79,9	7,0	3,0	-	3,5	6,5		199

(vervolg)

	Kwarts %	Veldspaat %	Chalcedoon %	Glaukoniet %	Gesteentefragmenten %	Verw. Miner. %		Tot. korrels
1523	86,4	7,1	-	1,0	1,0	4,6		198
1529	80,3	8,7	0,6	0,5	2,2	7,6		183
1535	66,5	8,6	1,6	6,0	1,6	15,7		185
1565	77,9	11,1	1,0	-	0,5	9,6		208
1571	60,8	11,2	-	0,5	1,5	24,6	gips ? 3	199
1577	71,4	8,8	4,7	1,0	1,6	12,0	gips ? 1	192
1616	80,1	10,0	2,8	1,9	0,5	4,7		211
1622	79,9	13,8	1,3	4,4	0,6	5,0		199
1628	72,2	12,9	-	-	4,3	10,5		209
1634	58,7	14,7	0,5	6,0	2,2	17,9		184
1675	83,3	10,1	0,5	1,0	1,0	4,0		198
1681	71,5	15,0	1,5	1,5	2,0	8,5		200
1687	76,1	10,0	1,7	1,7	1,1	9,4		180
1729	81,6	9,4	1,0	0,5	1,0	6,5		201
1734	73,5	10,2	1,0	-	1,4	13,7		211
1740	74,2	14,0	2,7	1,8	2,7	4,5		221
1790	82,8	10,4	-	0,5	1,0	5,2		192
1796	78,3	15,7	0,5	-	1,0	4,6		198
ZG 1802	68,7	16,7	1,5	1,0	1,0	11,1		198
1897	76,9	9,6	-	1,0	1,0	11,1	muskov. 1	208
ZG 1903	80,6	12,4	1,5	-	0,5	4,5	gips ? 1	201
ZG 1909	77,4	10,0	0,5	0,5	2,6	9,0		190
1953	84,3	11,5	0,5	0,5	1,0	2,1		191
ZG 1958	81,0	13,2	0,5	-	1,6	3,7		189
ZG 1965	79,3	8,6	1,4	0,5	4,3	5,8		208
2009	78,6	16,7	1,6	0,5	1,0	1,6		192
ZG 2015	81,0	12,3	-	0,5	-	6,2		195
ZG 2021	78,8	13,6	2,0	-	1,5	4,0		198
ZG 2027	80,1	12,2	2,0	-	1,0	4,1	opaal 1	196
2070	78,0	14,4	1,5	0,5	1,0	4,6		195
ZG 2076	79,9	13,9	1,4	0,5	0,5	3,4	muskov. 1	209
ZG 2082	84,8	10,4	0,5	-	-	4,3		211
2126	78,8	8,3	2,6	1,0	-	9,3		193
ZG 2133	80,3	12,8	2,3	0,5	0,5	3,7		218
ZG 2138	76,1	9,0	0,5	-	1,0	13,4		201
2144	71,4	10,0	-	1,0	2,0	15,6		199

Tabel 10

	A	B	C	D	E	F
16	65,4	7,2	0,5	26,9	-	-
65	68,9	7,8	1,9	20,9	0,5	-
1039	61,1	8,6	1,4	28,8	-	-
1045	61,6	6,6	1,0	29,4	0,5	0,5
1089	73,2	4,9	0,9	21,0	-	-
1133	77,7	2,9	1,9	17,5	-	-
1139	71,9	3,3	0,5	24,3	-	-
1145	69,6	5,5	1,0	23,9	-	-
1251	75,0	6,6	2,4	15,6	-	0,5
1257	80,6	2,3	0,5	15,3	0,5	0,9
1263	71,7	5,7	1,9	20,3	0,5	-
1269	69,9	8,3	0,5	21,3	-	-
1365	69,4	6,0	1,4	23,2	-	-
1371	70,9	3,9	0,5	23,8	0,5	0,5
1377	58,6	9,6	1,0	30,8	-	-
1467	68,1	6,6	3,3	22,1	-	-
1473	64,6	9,4	0,9	24,5	(0,5)	-
1479	66,7	8,1	1,0	23,8	(0,5)	-
1523	70,6	5,4	1,0	23,0	-	-
1565	68,6	7,2	1,0	22,2	0,5	0,5
1571	56,9	9,0	2,4	31,8	-	-
1577	58,3	7,4	0,5	33,8	-	-
1675	60,1	6,5	2,4	31,0	-	-
1681	60,0	10,7	-	29,3	-	-
1687	61,2	10,0	1,0	27,9	-	-
1790	74,9	3,4	1,0	20,8	-	-
1796	67,0	7,2	-	25,4	0,5	-
1802	67,3	8,1	1,0	23,7	-	-
1897	73,1	6,7	0,5	19,2	0,5	-
1903	66,2	6,3	-	27,5	-	-
1909	60,8	9,4	3,3	26,4	-	-
1965	72,8	12,9	1,5	12,4	0,5	-
2009	69,9	7,7	1,4	21,0	-	-
2015	73,5	2,6	-	23,8	-	-
2021	65,2	6,7	3,3	22,4	2,4	-
2027	68,2	10,8	3,3	17,3	0,5	-

(vervolg)

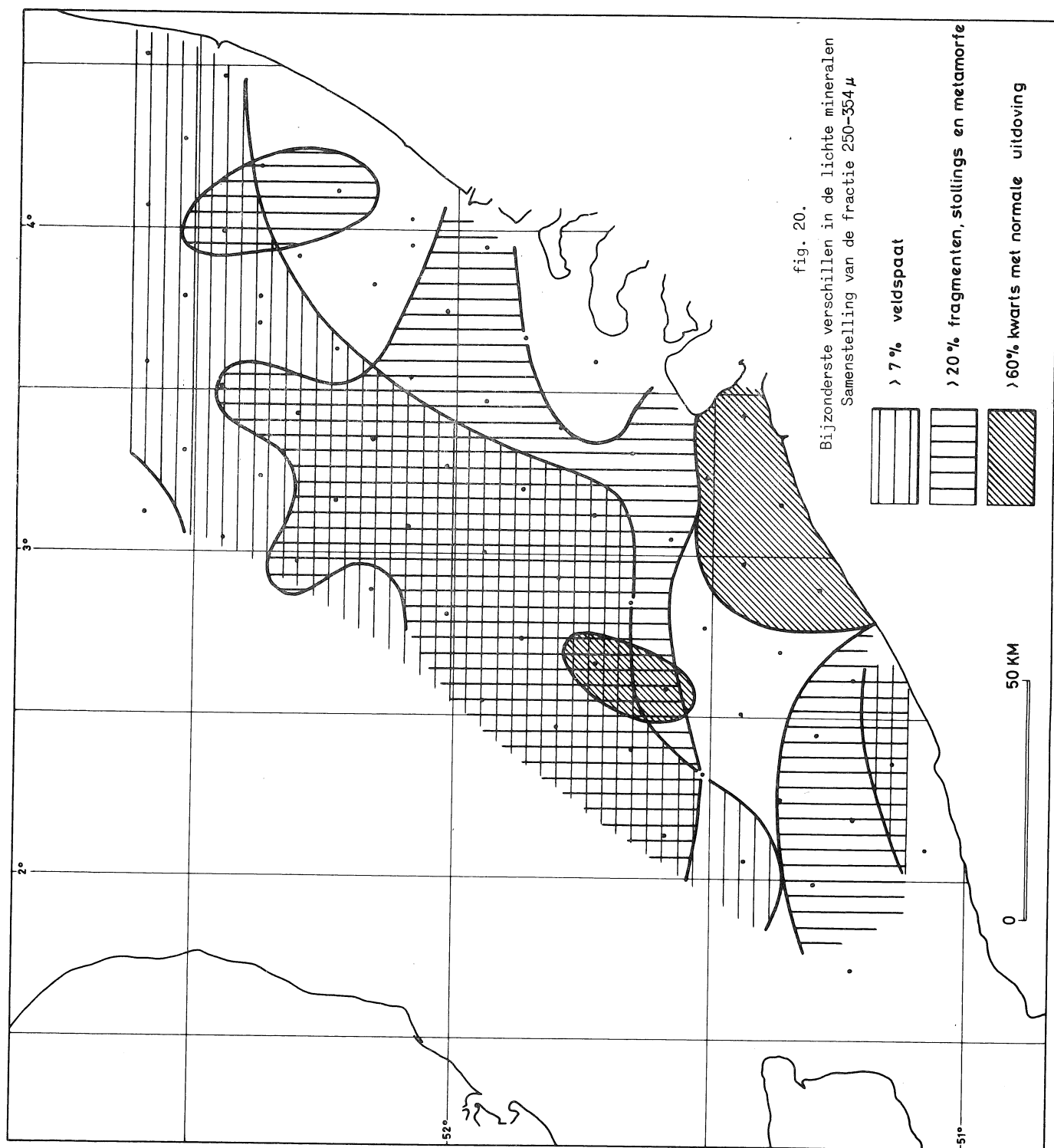
	A	B	C	D	E	F
2126	69,9	8,3	0,5	20,4	0,9	-
2133	69,5	6,9	2,0	21,7	-	-
2138	67,3	10,6	1,0	21,2	-	-
2144	67,0	5,9	2,5	23,6	1,0	-

banken en in de diepwaterzone met een aansluiting naar de Rijnmond.

De globale samenstelling wijkt verrassend veel af van de fijnere fractie, vooral gekenmerkt door het aanzienlijk hogere gehalte aan gesteentefragmenten. In grote mate is dit veroorzaakt door het wegvallen van de klasse ongedetermineerde, verweerde korrels. Anderzijds is er minder veldspaat wat vooral door de splijtbaarheid kan worden uitgelegd.

Alhoewel het aantal monsters zou dienen opgevoerd te worden menen we toch een resultaat te kunnen voorstellen op de synthesekaart (fig. 20). Het gebied vóór de Belgische kust valt op door een rijper karakter. Hogere kwartsgehalten met minder zwevende uitdoving korreleren met duidelijk minder veldspaatgehalte en gesteentefragmenten. Dit wijst op een herkomst uit oudere sedimentegesteenten en het is opvallend dat juist het Belgisch hinterland veel tertiaire zanden bevat waarin deze karakteristieken voorkomen. De diepwaterzone integendeel is een veel jonger sediment met een duidelijke herkomst uit oude massieven. Zijn verwantschap met de vroegere fluvio-glaciale smeltwaters en de Rijn is duidelijk. Ook de zuidelijke banken vertonen een dergelijke affiliatie, wat kan wijzen op herwerkte kanaalsedimenten dan wel op een bijdrage van sediment uit de Falls. Hiermee is wel aangetoond dat deze grove sedimentfractie zeer weinig beweegt. Ze is inderdaad gemiddeld grover dan de zeebodem.

Dit aanmoedigend resultaat bewijst dat deze methode zou moeten uitgebreid worden en resultaten kan geven die complementair zijn met de zware mineralenanalyse.



Bibliografie

- BAAK, J.A., (1936). *Regional petrology of the Southern North Sea*, Veenman en zonen, Wageningen, Netherlands.
- BLATT, H., (1967). Original characteristics of clastic quartz grains, *Journ. Sed. Petr.*, 37, 401-424.
- BLATT, H., (1967). Provenance determination and recycling of sediments, *Journ. Sed. Petr.*, 37, 1031-1044.
- CHATTERJEE, B.K., (1966). New technique for preparing polished thin sections of heavy mineral residue, *Journ. Sed. Petr.*, 36, 268-269.
- DILLINGER, LEE, SCLAR, (1960). A method of mounting minute particulate samples of opaque ore minerals for quantitative microscopic analysis, *Econ. Geol.*, 55, 187-191.
- DOBELL, J.P. and DAY, D.P., (1966). Preparation of thin-sections of unconsolidated or friable sediments, *Journ. Sed. Petr.*, 36, 254.
- HOUBOLT, J.J.H.C., (1968). Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea, *Geol. en Mijnb.*, 47, 245-273.
- KOLDEWIJN, B.W., (1955). Provenance, transport and deposition of Rhine sediments, II : An examination of the light fraction, *Geol. en Mijnb.*, 17, 37-45.
- SANDERS and KRAVITZ, (1963). Mounting and polishing mineral grains on a microscope slide for study with reflected and polarised light, *Econ. Geol.*, 59, 291-298.
- VOGEL, D.E., (1960). Lichte mineraal associaties van de Midden-Rijnterrassen, Ongepubl. Sed. Petrol. Scriptie.

3.- Suspensiesedimenten

3.1.- Doel en methode

Het vooropgestelde doel van onze studie, ondernomen van december 1970 tot september 1973, was, het leveren van een bijdrage tot het inzicht in de dynamica van de fijne sedimenten.

Naderhand bleek dat de zone vóór de Belgische kust, waar fijne sedimenten van belang voor het model bijna uitsluitend voorhanden waren, zeer belangrijk was. We hebben al onze inspanningen dus op de suspensiefraction in deze zone toegespitst.

Het belang van voornoemde zone bleek uit de hoge suspensiegehalten die er werden gevonden en uit de aanwezigheid van bodemslib. We hebben vervolgens getracht de oorsprong en de dynamica van deze sedimenten te achterhalen. Hiertoe werd het sedimentologisch onderzoek gericht op de granulometrie van de suspensiefraction.

Alle bodemonsters werden met een Van Veen-grijper verzameld, zodat de structuur van de toplaag bij fijne sedimenten niet kon worden waargenomen. Eventuele slib- en zandlaagjes worden op deze manier dus gemengd, zodat uit een globale korrelgrootte-analyse geen werkelijkheidsgetrouwe weergave van de granulometrie naar voor komt. We hebben daarom de fraction kleiner dan 62μ (suspensiefraction) als een granulometrische entiteit behandeld, m.a.w. gelijkgesteld aan 100 %. Zodende wordt de invloed die het "willekeurig" zandgehalte uitoefent op de globale granulometrie van de fijne fraction, die hoofdzakelijk in suspensie is vervoerd, uitgeschakeld.

De inwendige granulometrische samenstelling van de suspensiefraction, en vooral het fijnere gedeelte ervan, is niet zozeer bepaald door de hydrodynamische voorwaarden waaronder dit sediment zich bevindt, dan wel door de samenstelling die bestond op het moment van de flocculatie. Deze heeft plaatsgehad aan de bron, daar waar dit materiaal in contact kwam met zeewater.

Door het berekenen van het aandeel van de verschillende fracties in de suspensiefraction en door deze met elkaar te vergelijken, konden aanwijzingen omtrent de herkomst van het materiaal gevonden worden.

om de aldus gevonden aanwijzingen op hun waarschijnlijkheid te toetsen, en om aanwijzingen te verkrijgen wat betreft de stabiliteit van slib voor onze kust, werd een korte studie gemaakt van de hydrodynamische voorwaarden.

Op basis van literatuurgegevens werden snelheden aangenomen op 1 m van de bodem, boven dewelke globaal genomen erosie zou voorkomen, en beneden dewelke sedimentatie zou voorkomen.

Aan de hand van de *Stroomatlas* werden resultanten van de getijderozen berekend, en met behulp van de vergelijking van Van Veen (1936) snelheden op 1 m van de bodem.

Uit de vergelijking van deze hydrodynamische toestand met de feiten, nl. de ruimtelijke verspreiding van het slib, werden dan een aantal besluiten getrokken met betrekking tot herkomst en dynamica van fijnkorrelige sedimenten voor de kust.

3.2.- Sedimentatie en erosie van slib

3.2.1.- Sedimentatie

Het suspensiemateriaal in zee is niet gedisperseerd in zijn elementaire samenstellende partikels, maar komt voor als aggregaten, flocculen.

Deze aggregatie kan gebeuren door toedoen van biologische oorzaken (mucus, *faecal pellets*, etc.), maar heeft in zee als voornaamste oorzaak de flocculatie door Ca^{++} en Mg^{++} -ionen.

In sedimentatiemodellen speelt de sedimentatiesnelheid van deze flocculen een belangrijke rol. Deze snelheid is niet eenvoudig af te leiden van de diameter der flocculen, daar deze laatsten buiten organisch en mineraal materiaal, zeer veel water bevatten, wat hun soortelijk gewicht zeer sterk drukt. De diameter der flocculen wordt dan ook zeer dikwijls gegeven als een "equivalente" diameter : dit is de diameter van een kwarts-sfeertje met dezelfde sedimentatiesnelheid.

De *in situ*-meting van deze diameter of sedimentatiesnelheid stelt vele problemen, en men is praktisch op de bestaande literatuur aangewezen om deze parameter te schatten.

Tabel 11 geeft een kort overzicht van de verschillend in de literatuur vooropgestelde waarden van de equivalente diameter, en van de fractie van de korrelgrootte-samenstelling die deelneemt aan het flocculatieproces. (Korrels groter dan deze fractie, sedimenteren individueel.)

Zoals blijkt lopen de gegevens uit de literatuur enigszins uiteen, en hangt de sedimentatiesnelheid af van tal van factoren die dan nog verschillen van plaats tot plaats.

Wegens de vergelijkbaarheid van de toestand voor de Belgische kust met deze waaronder de studie van Terwindt en Breusers (1972) plaatshad, menen we dat een sedimentatiesnelheid voor flocculen van $\pm 1,5$ m/h als aanvaardbaar kan aanzien worden.

We menen ook de voorwaarde voor het aanzetten van massale sedimentatie, nl. vanaf het ogenblik dat de watersnelheid onder 20 cm/s daalt, hier te mogen overnemen van voornoemde onderzoekers.

3.2.2.- Erosie

Evenals voor sedimentatie van slib zijn er wat de erosievoorwaarden betreft, reeds verschillende literatuurgegevens voorhanden. Het blijkt ondermeer uit verschillende studies [o.a. Migniot (1968); Terwindt en Breusers (1972)] dat de erodeerbaarheid van slib in zee afneemt naarmate er meer zandbijmenging is tot ± 40 %, en de consolidatietijd toeneemt.

Uit tabel 12, die enkele literatuurgegevens groepeerd, blijkt eens te meer dat het benaderen van de erodeerbaarheid van slib verre van eenvoudig is. Enig literatuuronderzoek naar de erosie van slib door golfwerking werd eveneens ondernomen. Hieruit bleek dat de Belgische kustzone binnen de 15 m - dieptelijn uiterst bloot staat aan eroderende golfwerking [McCave (1971)]. Volgens Draper (1966) wordt bij Smith's Knoll gedurende ongeveer 15 dagen per jaar op een diepte van ± 10 m een watersnelheid van 60 cm/s bereikt. In deze periode wordt gedurende elk uur eens een snelheid van 114 cm/s bereikt.

Golfwerking kan aldus de consolidatie van slib verhinderen door er orbitale bewegingen in te ontwikkelen. Aldus kan slib zelfs een translatie naar de kust ondergaan, zonder in suspensie te zijn gebracht [Migniot (1968)].

Tabel 11

Equivalente diameters van suspensiemateriaal volgens enkele auteurs

Auteur, plaats	Equiv. diam. van de flocculen	Geflocculeerde suspensiefractie
Grippenbergh (1934), labo	5 tot 15 μ	< 15 μ
Sverdrup, Johnson, Fleming (1942)		
Van Andel, Postma (1954), Golf van Paria	gemiddeld 15 μ	
Van Straaten (1954), Ned. wadden	enkele tot 40 μ	
Jerlov (1955), kustwateren (?)	geom. gemid. 16 μ	
Prickard, Giovando (1960), kustwateren (?)	geom. gemid. 7 tot 17 μ	< 25 μ
? (1960), Demerara Bar Channel	$\pm 8 \mu$	
Favejee (1960), Ned. kust		
Postma (1961), Ned. waddenzee	6 tot 12 μ	
Berthois, Pacheco (1968), Loire-est.	~ 11 tot $\sim 33 \mu$ (mediaan)	
Id. (1968), Fjord, Groenland (labo)	$\sim 4 \mu$ (mediaan)	< 30 μ
Sheldon (1968), Crouch-est.	gemid. ~ 5 tot 10 μ	
Migniot (1968), labo	~ 13 tot $\sim 26 \mu$	
McCave (1970), Zuidelijke Noordzee	gemid. ~ 7 tot $\sim 12 \mu$	
Terwindt, Breusers (1972), Nederlandse getijdewateren	gemid. 20 μ	

Tabel 12

Kritische erosiesnelheden volgens enkele auteurs

Auteur	Samenstelling z = zand s = silt k = klei	U_c^* (cm/s)	U_{50} V op 50 cm van bbodem	U_{100} V op 1 m van bodem
Partheniades (1965)	geen zand	0,8	21	22
Terwindt, Breusers en Svasek (1967)	50 % z , 30 % s , 20 % k	3,3	97	103
Terwindt en Breusers (1972)	37 % z - 2 u	1,9	53	56
	37 % z - 2 $\frac{1}{2}$ u	2,1	59	63
	7 % z - 2 u	0,8	21	22
	2 % z - 2 $\frac{1}{2}$ u	1,4	38	41
	37 % z - $\frac{1}{4}$ u	0,7	18	19
	$\frac{1}{2}$ u	1,2	32	34
	1 u	1,75	49	52
	2 u	2	56	60

In vergelijking met de situatie voor onze kust is het werk van Terwindt en Breusers (1972) zeer nuttig. Slib met 37 % zandbijmenging heeft na 2 à 3 uur rust een U_c^* (*shear velocity*) van 2 cm/s , wat bereikt wordt met een watersnelheid van 60 cm/s op 1 m van de bodem.

Formule :

$$\frac{U_y}{U_*} = 5,75 \log \frac{y U_*}{0,108 \nu}$$

waar U_y is de stroomsnelheid op y cm van de bodem; U_* is de *shear velocity* en ν is de kinematische viscositeit van zeewater.

We menen als algemene werkhypothese dus een kritische erosiesnelheid van 60 cm/s op 1 m van de bodem te mogen aannemen. Natuurlijk zijn afwijkingen van deze waarden naar boven en naar onder waarschijnlijk.

3.3.- De actieve suspensiesamenstelling

3.3.1.- Spreiding over het net

Een 300-tal bemonsteringen met 25 l-flessen, werden gedurende de loop van het onderzoek uitgevoerd. De gemiddelden per punt werden berekend aan de hand van alle metingen in de tijd en volgens de diepte, die in dat punt uitgevoerd werden. Het resultaat is weergegeven in figuren 21, 22 en 23.

Het valt op dat in de punten 01, 06 en 07 (voor De Panne en voor de Scheldemonding) vrij hoge gemiddelden worden aangetroffen. Mogelijk sluiten deze twee tamelijk ver uit mekaar gelegen gebieden aan elkaar, alhoewel bron van het materiaal en oorzaak van de hoge concentratie waarschijnlijk verschillend zullen zijn.

Een tweede vastelling is de algemene afname van de concentratie naar zee toe.

Uit de vergelijking van de kaarten met de minimale en maximale gevonden concentraties per punt blijkt dat de hoge concentraties voor onze kust kunnen afwezig zijn, wat er op wijst dat de toestand van aanvoer en/of resuspensie door golfwerking en stroming wisselend moet zijn.

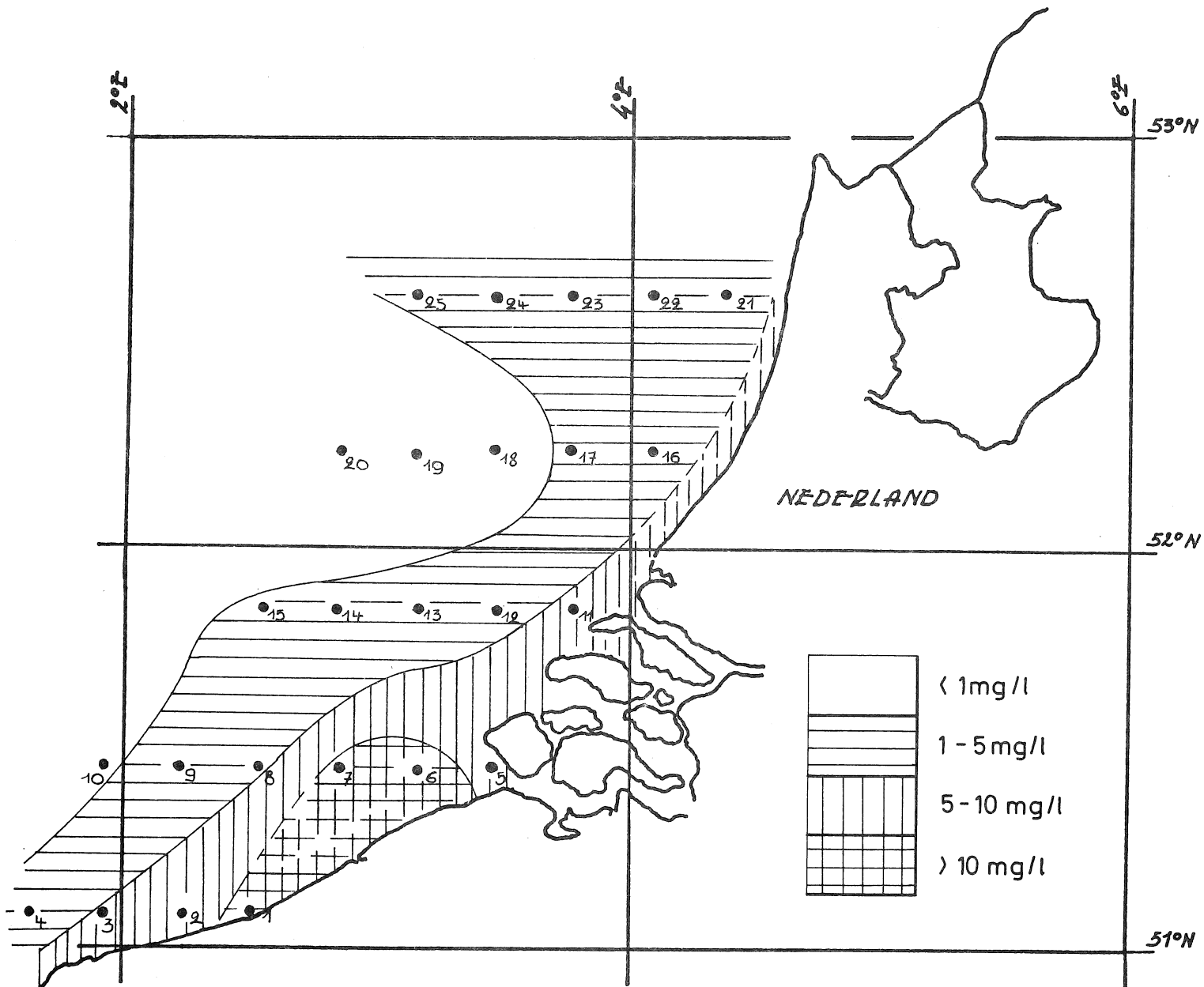


fig. 21.

Gemiddelden van de waargenomen suspensiegehalten

Bij vergelijking van de gemeten concentraties in de zomer en in de winter blijkt dat er een niet onbelangrijke bijdrage kan geleverd worden door resuspensie bij stormweer. Terwindt (1967) verklaart de

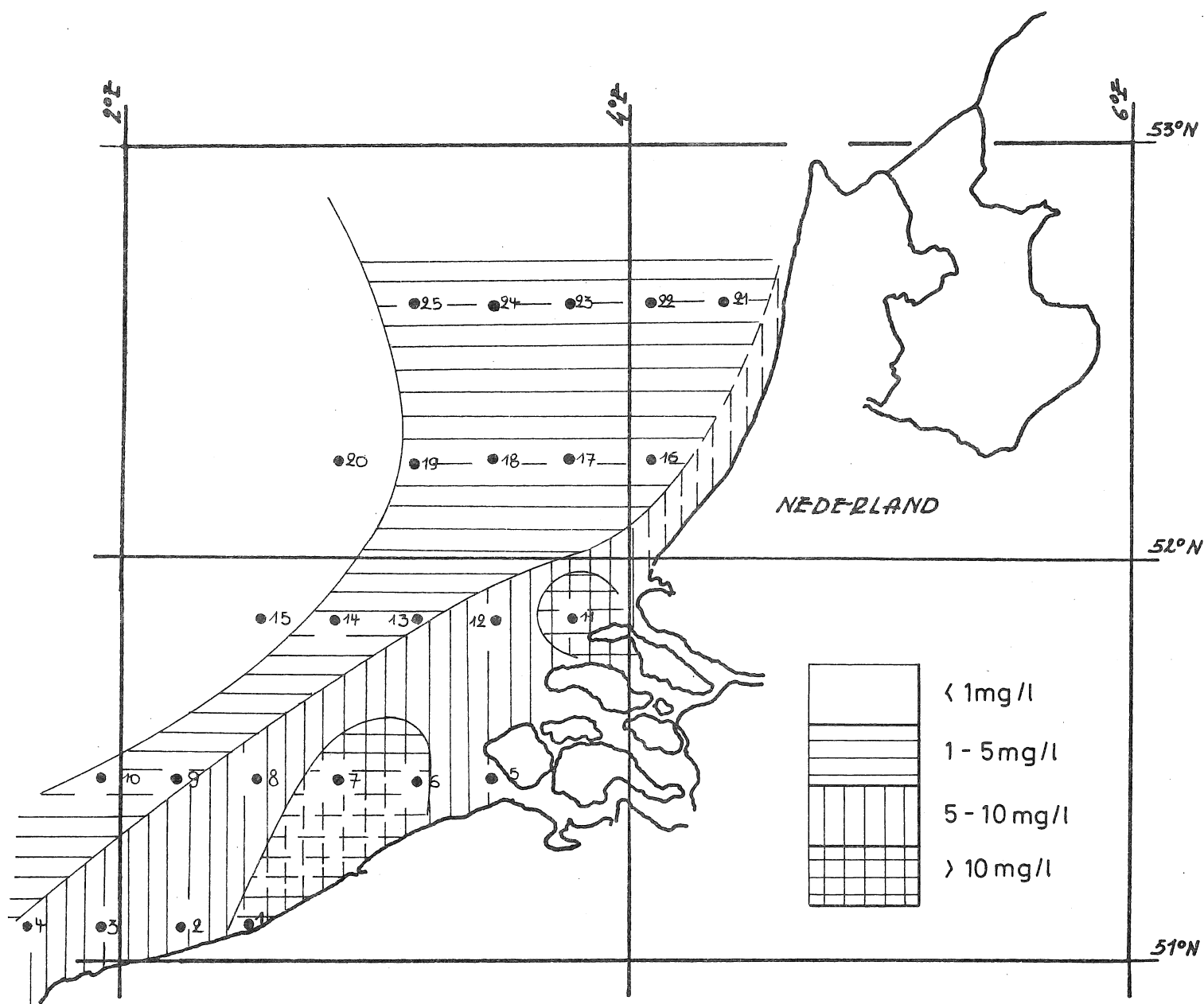


fig. 22.

Maximale waargenomen suspensiegehalten

hoge suspensiegehalten in de winter trouwens ook door de frequente
eroderende stormen (zie tabel 13).

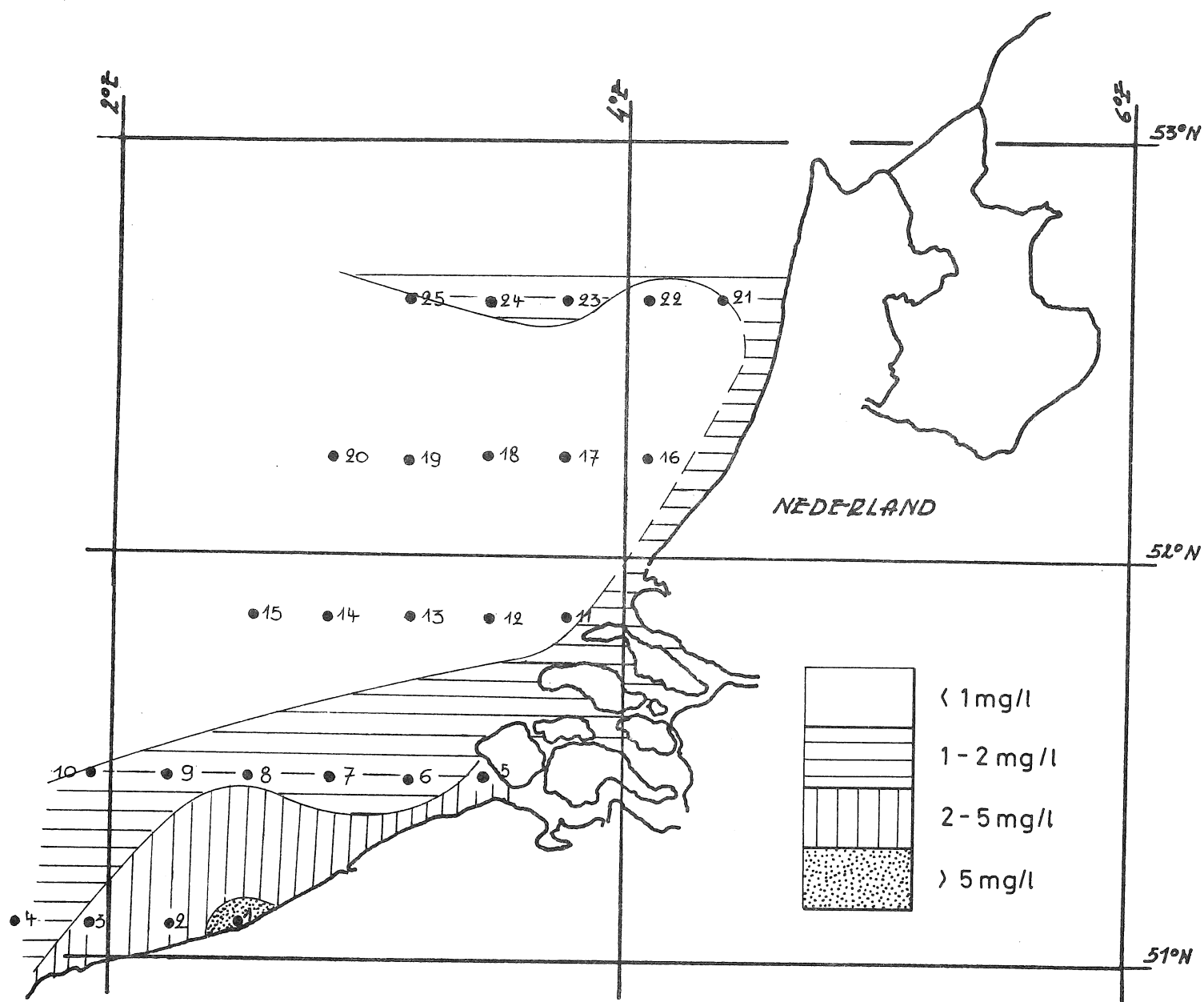


fig. 23.

Minimale waargenomen suspensiegehalten

Wat de verdeling van de suspensie-concentratie volgens de diepte betreft : deze werd wel sporadisch waargenomen. Meestal echter was de waterkolom vrij goed gehomogeniseerd, zonder hierbij uitspraak te doen over de laatste 100 cm bij de bodem.

Tabel 13

Suspensiegehalte (mg/l)

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	
Winter	70,7	12,2	11,1	4,3	13,1	16,8	31,0	13,3	1,4	
Zomer	20,6	3,8	4,6	3,4	11,2	21,6	12,6	2,1	2,6	
	45,8		2,1	1,2	2,4	1,5	1,3		2,4	
	6,3									
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Winter	0,6	0,6	4,6	0,9	0,8	0,2	0,8	1,9	2,5	1,8
Zomer	2,5	1,6	2,4	0,5	0,3	1,2	1,3	2,4	0,6	1,0
	1,6	1,4	0,4	0,5	0,9					

Vroeger onderzoek [Van Veen (1936); Bastin (1964)] heeft reeds aan het licht gebracht dat voor de Belgische kust een zone van slibhoudende sedimenten ligt. Samen met de vaststelling van gemiddeld relatief hoge suspensiegehalten boven deze zone, vormen deze gegevens een aanwijzing voor de belangrijkheid van deze zone.

De overige zones van het model, waar constant lage suspensiegehalten worden aangetroffen, staan qua bodemsedimenten bekend als uitsluitend zandig [Houbolt (1963); Stride (1968)], en verdienen in het licht van deze studie dus minder aandacht.

3.3.2.- Korrelgrootte

Door middel van een centrifuge werd tijdens de vaart 01/1972 op 20 punten van het net, suspensiemateriaal geconcentreerd.

Op deze monsters werd een granulometrische analyse uitgevoerd. Vanzelfsprekend geven de resultaten van deze analyse niet de korrelgrootteverdeling weer van de suspensieflocculen, daar de in zee bestaande complexen door monsternamen en analyse vernietigd werden. De resultaten zijn weergegeven in diagramma-figuur 24. Het materiaal kan dus gekarakteriseerd worden als kleiige silt en siltige klei met een kleine bijmenging van zand.

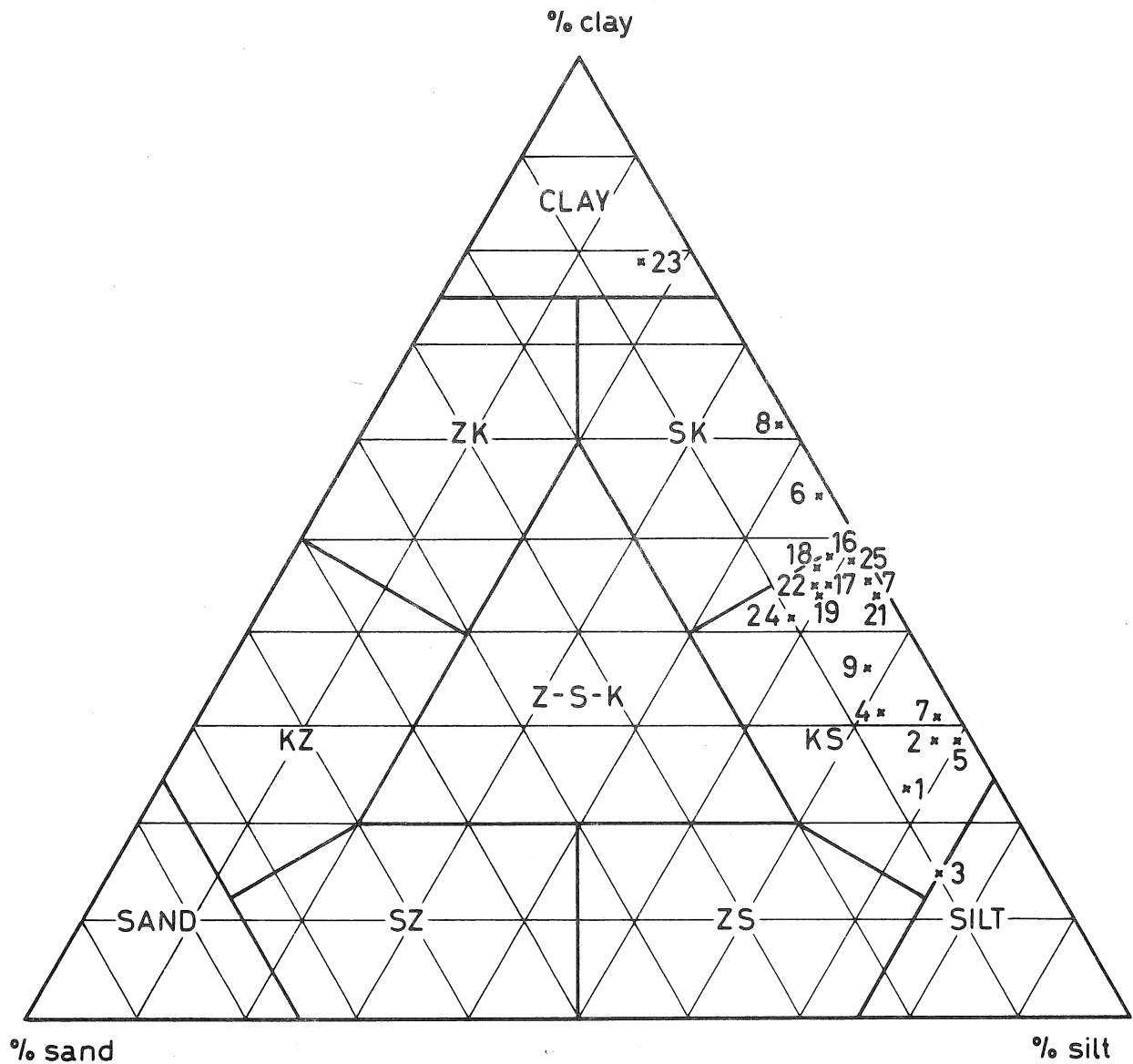


fig. 24.

Zand-silt-klei-samenstelling van het suspensiemateriaal van de vaart 01/1972

Op te merken valt dat de punten 16 tot 25 (areaal voor de Nederlandse kust), zich vrij goed concentreren rond de samenstelling 45 % klei, 50 % silt, 5 % zand.

De punten 1 tot 8 (zone voor de Belgische kust) zijn echter meer verspreid, alhoewel van een samentroepen rond de samenstelling 30 % klei, 65 % silt, 5 % zand zou kunnen gesproken worden.

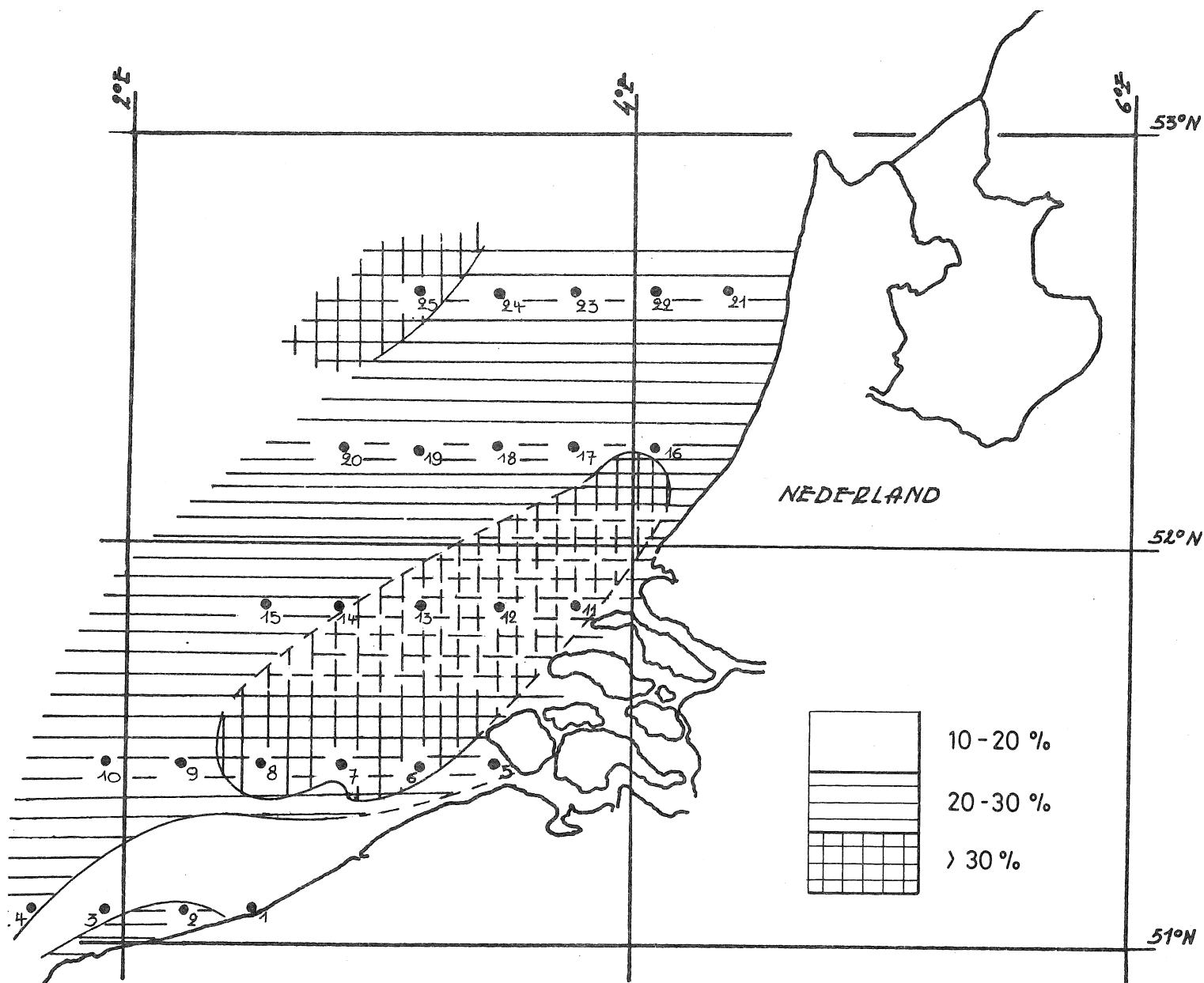


fig. 25.

Absoluut kleigehalte van het suspensiemateriaal van de vaart 01/1972

voor de eerste *cluster* bedraagt het kleigehalte in de siltfractie ($< 62 \mu$) dan 47 %, voor de tweede 32 %. De ruimtelijke toestand is weergegeven in figuur 25.

In het noordelijk gedeelte is dus een suspensiefractie aanwezig die vrijer is van silt, dat waarschijnlijk van continentale oorsprong is (loess), dan in het zuidelijk gedeelte waar silt sterk overheerst.

3.3.3.- Organisch gehalte

Op voornoemde monsters werd een analyse met de Walkeley and Black-methode op organische C uitgevoerd. Het resultaat per punt is weergegeven in figuur 26.

In de Belgisch kustnabije zone bevat het suspensiemateriaal minder organisch materiaal dan in het noordelijk gedeelte. Een toename van het plankton naar de open zee toe, en een terugvallen van het mineraal materiaal is de oorzaak van de hoge organische gehalten verder in zee.

Het uitzetten van organisch gehalte tegenover gehalte aan suspensiemateriaal aan de oppervlakte geeft volgend beeld : fig. 27. Bij lage suspensiegehalten daalt het organisch C-gehalte wanneer de suspensieconcentratie stijgt : bijmenging van inorganisch materiaal doet het organisch C-gehalte dalen. Bij hogere suspensiegehalten stijgt de organische C samen met de suspensieconcentratie : bijmenging van mineraal materiaal zou dus waarschijnlijk een verhoging van de planktonconcentratie veroorzaken. Dit verschijnsel werd vastgesteld in de zuidelijke suspensierijke zone. Het slib zou dus een gunstige invloed hebben op het planktonbestand vanaf een concentratie van $\pm 4 \text{ mg/l}$ af, en speelt hier waarschijnlijk de rol van voedselaanbrenger. Een afname van het organisch C-gehalte vanaf een bepaalde hoge suspensieconcentratie werd niet vastgesteld maar is wel waarschijnlijk.

Het suspensiemateriaal in de noordelijke "arme" zone is dus zeer rijk aan organische bestanddelen, waarin met deze methode geen onderscheid in dood en levend materiaal kan gemaakt worden. In de zuidelijke "rijke" zone is het organisch gehalte lager, doch niet verwaarloosbaar daar de absolute aanwezige hoeveelheid per liter hier veel hoger is dan

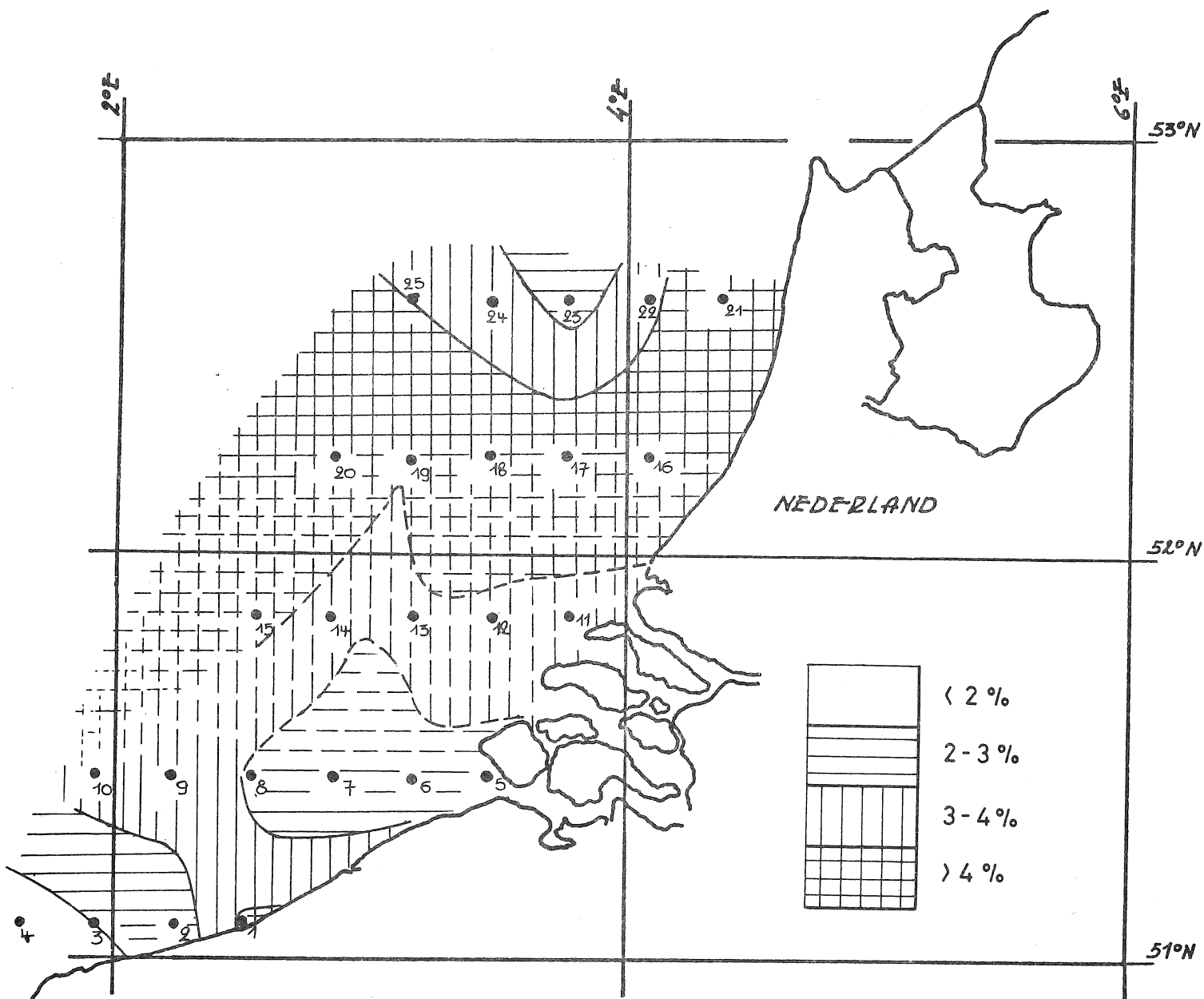


fig. 26.

Organisch C-gehalte (W & B) van het suspensiemateriaal tijdens de vaart 01/1972

in het noorden. Vooral het dood organisch materiaal is hier belangrijk omdat het als opslagreservoir en transportmiddel voor verschillende polluenten dienst kan doen.

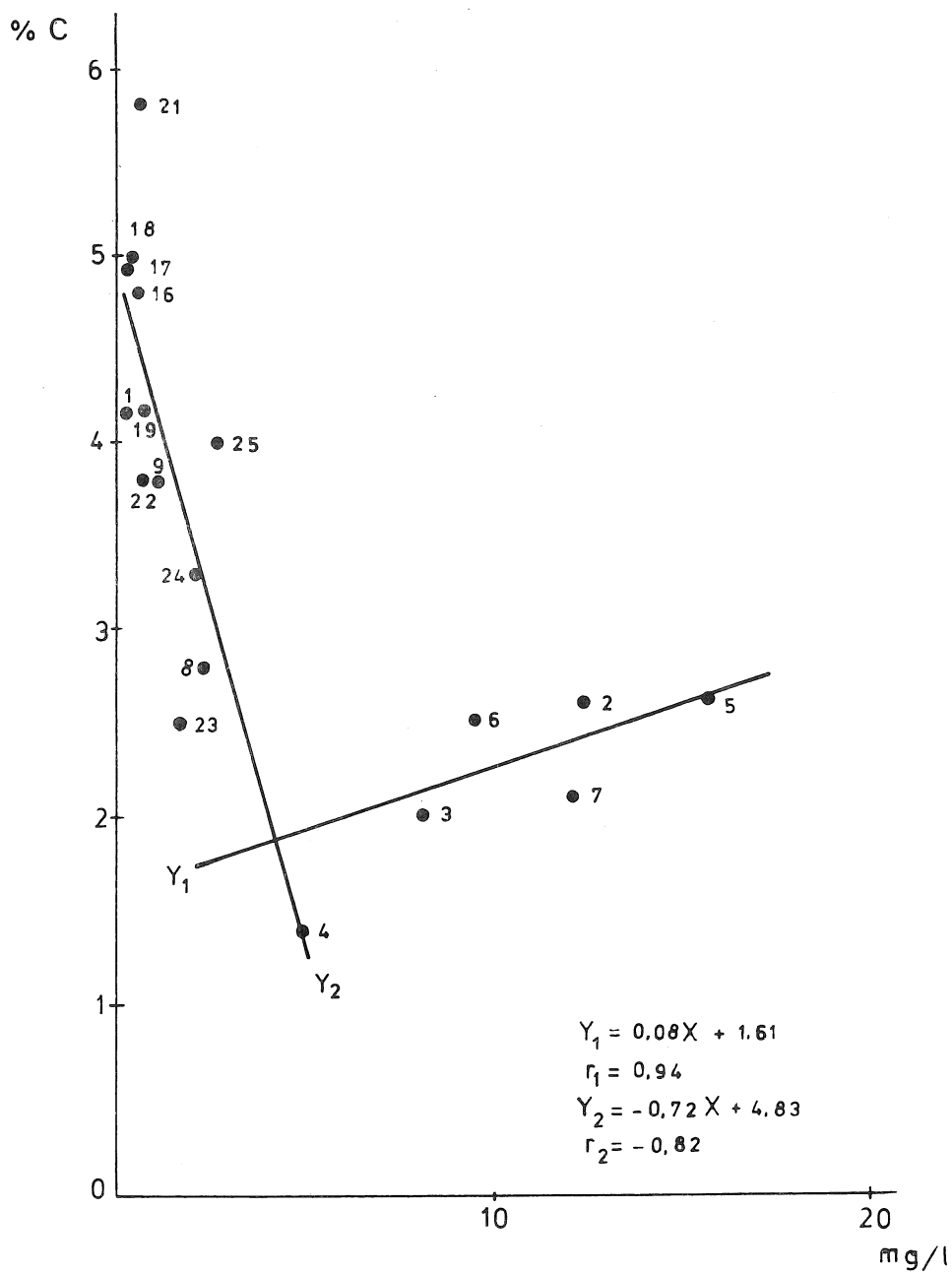


fig. 27.

Organisch C-gehalte (W & B) in functie van de concentratie van het suspensiemateriaal aan de oppervlakte.

3.3.4.- Besluit

Op basis van de verschillende analyses komt het suspensiemateriaal naar voor onder twee "habitussen" naargelang de zone waar het gevonden wordt.

De eerste zone is de zone voor de Belgische kust, zoals zij op de verschillende figuren naar voor treedt : breed voor de Scheldemonding, enigszins gedeukt naar het zuiden toe ter hoogte van punt 6, versmallend naar de westkust toe. Het suspensiemateriaal bevat hier $\pm 32\%$ klei, heeft een organisch gehalte rond $2,2\%$ bij normale concentratie. Het gemiddeld gehalte is 10 mg/l .

De tweede zone noemen we gemakkelijheidshalve de "rest van het areaal". Het suspensiemateriaal bevat hier $\pm 47\%$ klei, en een organisch gehalte oplopend tot $4 \text{ à } 5\%$. Het gemiddeld gehalte bedraagt enkele mg/l .

3.4.- De suspensieafzettingen

3.4.1.- Het voorkomen en de eigenschappen van het slib

In figuur 28 is het $\%$ fijn materiaal ($< 62 \mu$) van de bodemonsters ruimtelijk uitgezet, zodat een idee verkregen wordt van de verdeling van slib voor de kust. Een analyse werd slechts weergegeven zodra $5\% < 62 \mu$ werd aangetroffen.

Men stelt vast dat het slib zich uitbreidt vanaf de Scheldemonding, langs de oostkust, en ter hoogte van Oostende naar zee uitwaaiert. Op identieke wijze begint een zone van voor Nieuwpoort langs de kust naar het noorden, om de eerste zone te vervoegen.

3.4.2.- Korrelgrootte

Uitgezet in een zand-silt-klei-diagramma komt een wigvormig patroon tot stand, dat zich uitstrekt van het zandhoekpunt naar de klei-silt-zijde op ongeveer 65/35. Dit betekent dat de fractie kleiner dan 62μ ongeveer 35% klei bevat, wat in tamelijk goede overeenstemming is met dezelfde verhouding in suspensiemateriaal (zie figuur 29). Dit wijst erop dat de klei en siltfracties steeds min of meer samen werden vervoerd.

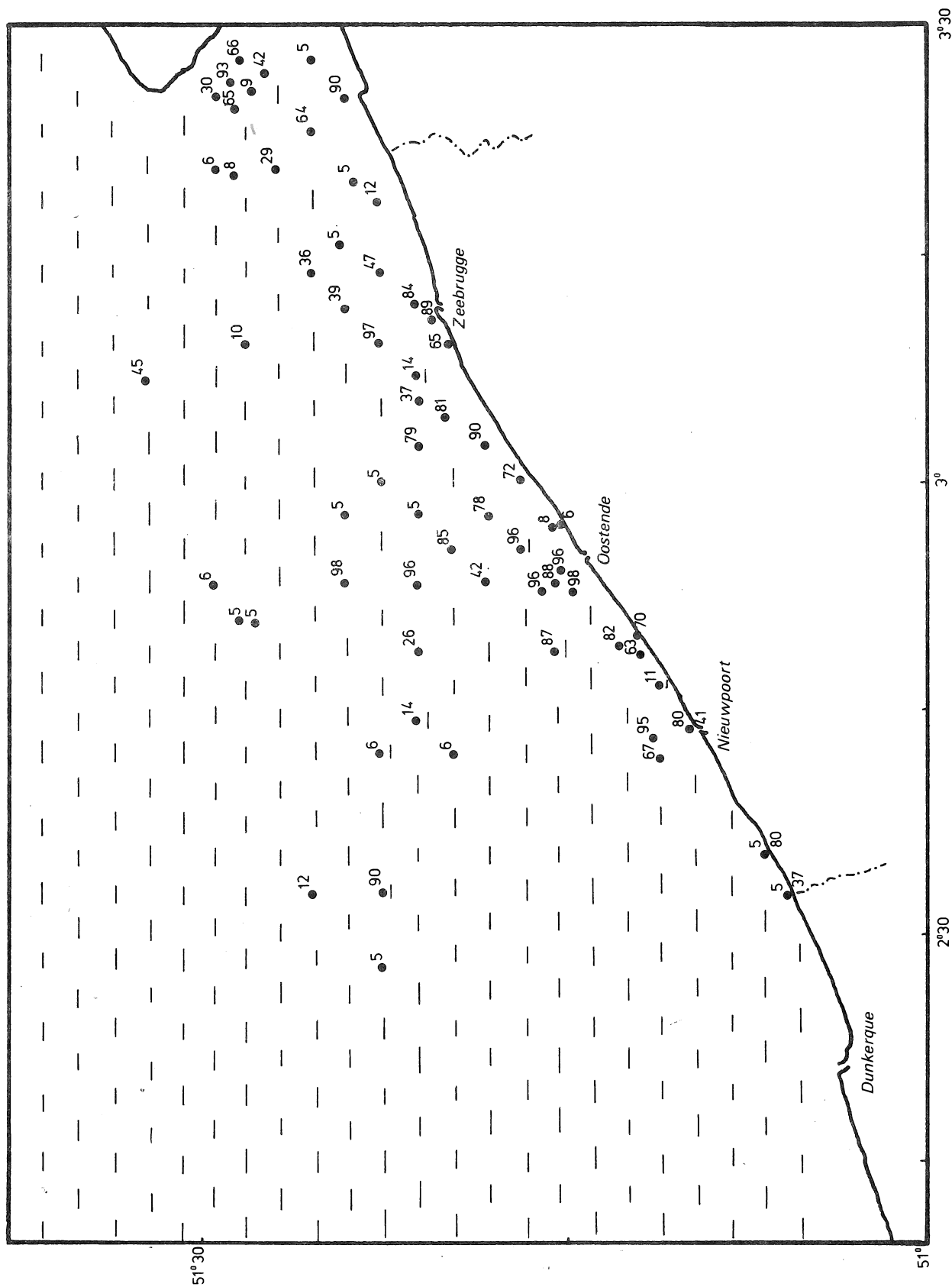


fig. 28.
% < 62 μ in de bodemonsters (vanaf 5 %)

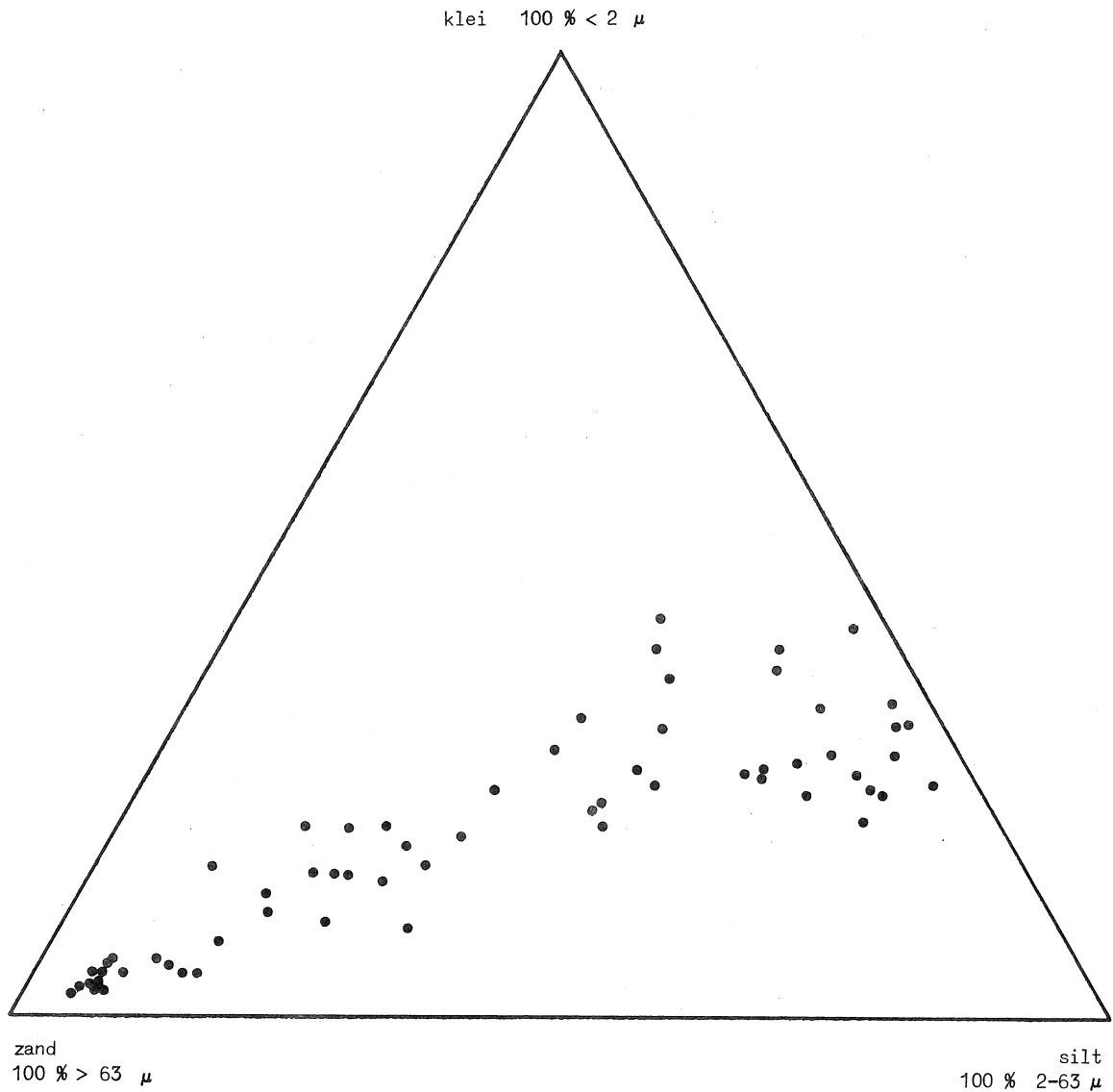


fig. 29.

Zand-silt-klei-samenstelling van de bodemonsters

Diagramma 30 zet op dezelfde wijze de fractie boven 16 μ uit tegenover klei en fijne silt. De goede correlatie tussen klei en fijne silt, verhouding 55/45 wijst er weer op dat klei niet alleen kan afgezet zijn, doch in complex met grover materiaal is gesedimenteerd.

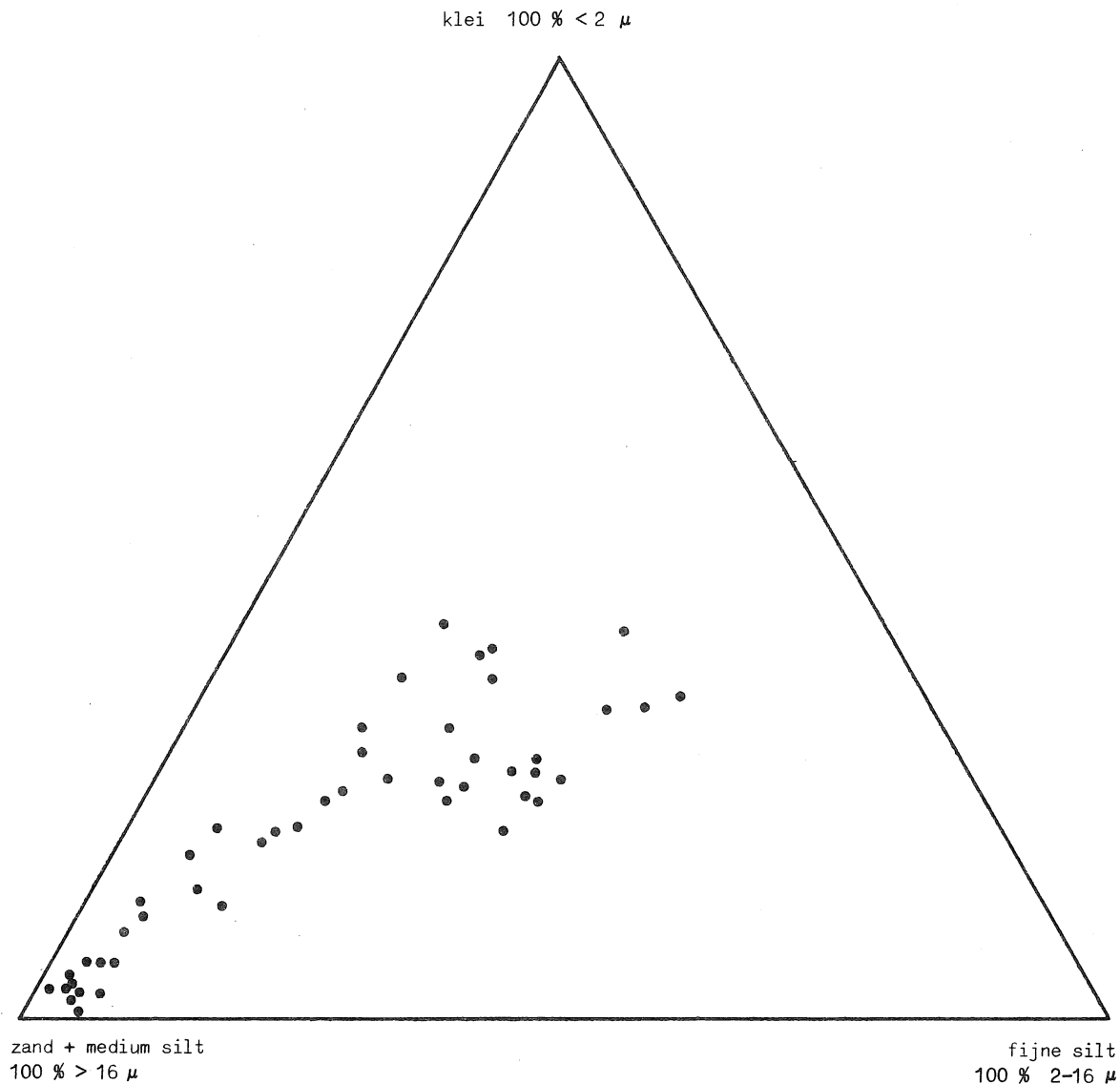


fig. 30.

Verhouding tussen fijne silt en klei in bodemonsters

Een profiel langs de kust en één loodrecht erop, fig. 31 tonen het samen variëren van klei en fijne siltfractie, en het hoge kleigehalte van de monsters voor de middenkust.

Om de verhoudingen tussen de verschillende fracties na te gaan werden vier parameters berekend : Scr, Scmr, Cr en Ocr. Zij kunnen enige

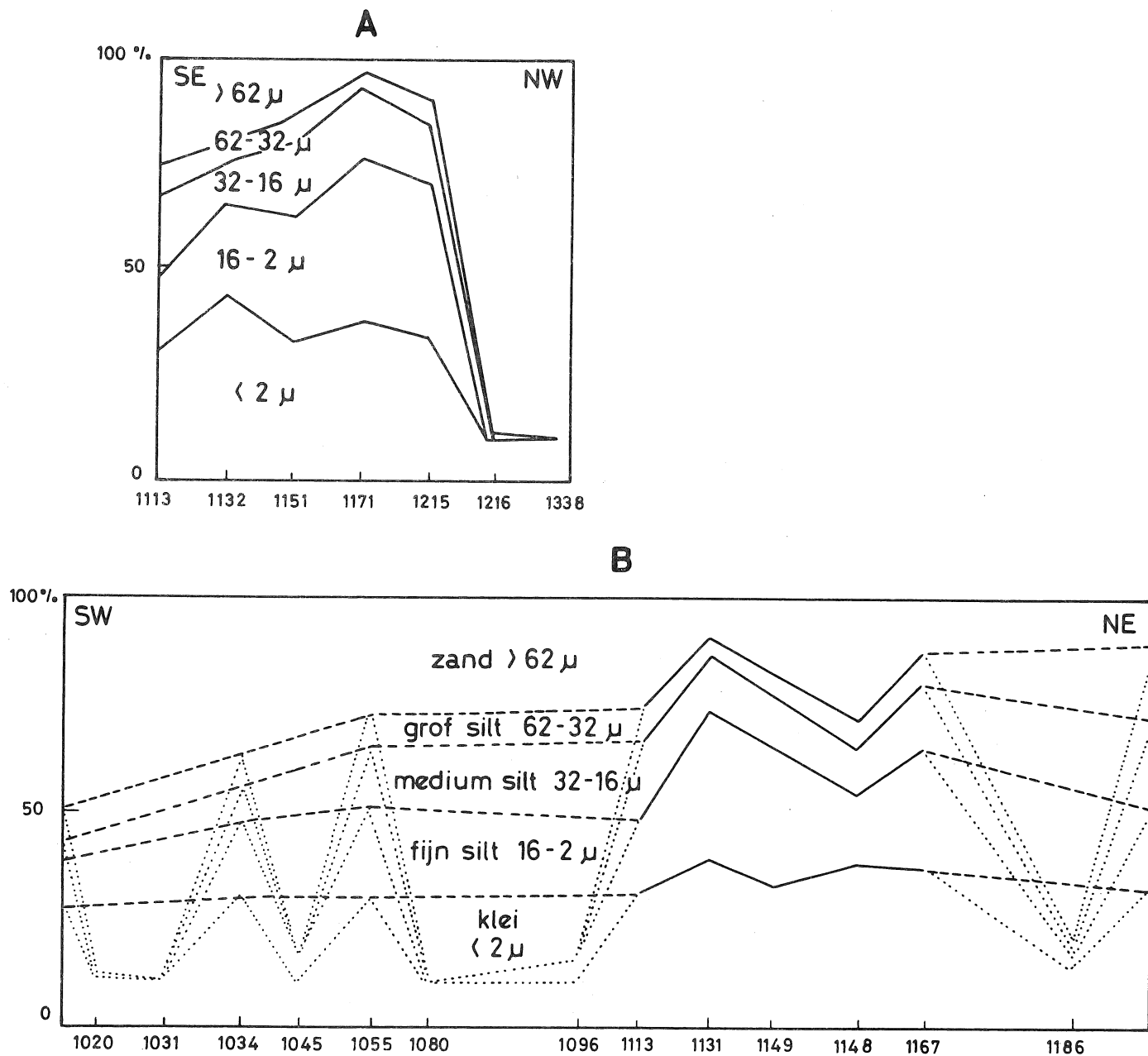


fig. 31.

A. Korrelgrootteprofiel loodrecht op de kust in De Haan.

B. Korrelgrootteprofiel langs de kust van De Panne tot de Scheldemonding.

informatie verstrekken over herkomst van het materiaal. Ze werden uitgezet in de figuren 32, 33, 34, 35 en worden hier kort besproken.

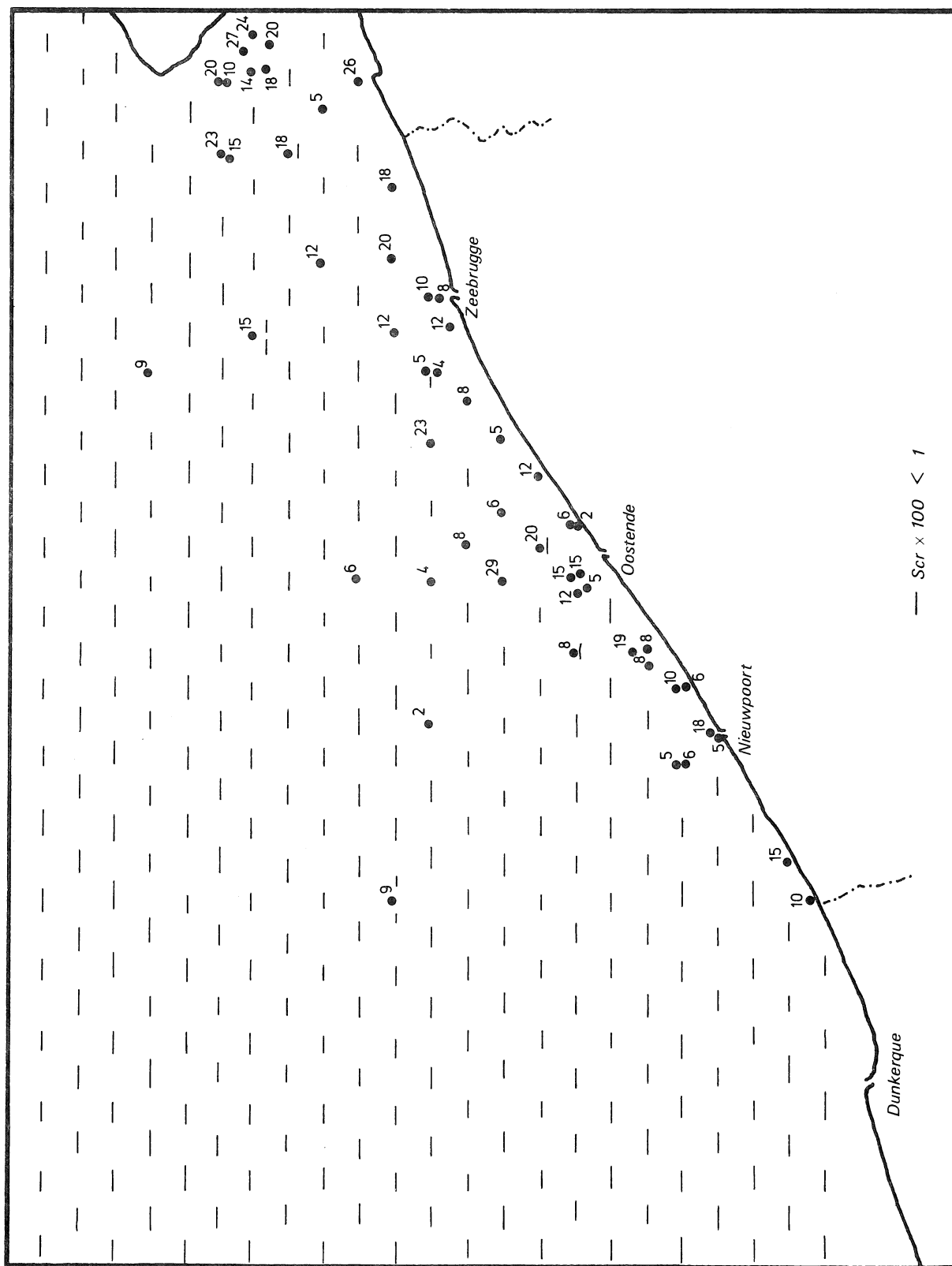


fig. 32.

Scr - parameter van de bodemonsters

$$\text{Scr : silt coarse ratio} = \frac{\text{fractie } 62 \mu - 32 \mu}{\text{fractie } < 62 \mu} .$$

Geeft het aandeel van de grove silt in de fractie $< 62 \mu$ weer. De waarden van deze parameter liggen tussen 0,01 en 0,29 ; het gemiddelde bedraagt 0,12 .

Deze waarde is beduidend lager dan het gemiddelde voor deze parameter in het Scheldebekken : 0,30 . De stations 5 en 7 vertoonden echter wel zulke hoge waarden, wat er zou kunnen op wijzen dat Scheldemateriaal aanwezig is. Voor station 5 is dit praktisch zeker. Toch moet men opmerken dat station 1133 een hoog grof silt-gehalte heeft, waar men niet onmiddellijk een bron kan voor aanwijzen buiten de Schelde.

$$\text{Scmr : silt coarse and medium ratio} = \frac{\text{fractie } 62 \mu - 16 \mu}{\text{fractie } < 62 \mu} .$$

Geeft het aandeel aan van grof en gemiddeld silt in het suspensiemateriaal Ps; fractie $< 62 \mu$. De waarden van Scmr liggen tussen 0,06 en 0,63 met een gemiddelde van 0,32 . Dit is weer lager dan de overeenkomstige waarde voor het Scheldebekken : $\pm 0,55$.

De verdeling van de Scmr-waarden over het aantal monsters is bimodaal met een eerste modus rond 0,25 à 0,30 , een tweede rond 0,40 à 0,45 . Hoge waarden worden weergevonden rond de Scheldemonding en ten W ervan langs de kust. Loessrijk materiaal afkomstig uit de Schelde kan hier aangevoerd zijn.

Dit zou dus wijzen op uitvoer van de Schelde.

In de stations 1049, 1065, 1097, 1113, 1114 en 1133 werden eveneens hoge waarden vastgesteld, met in 1133 een waarde van 0,63 .

$$\text{Cr : clay ratio} = \frac{\text{fractie } < 2 \mu}{\text{fractie } < 62 \mu} .$$

Geeft het aandeel van de kleifractie weer in de fractie $< 62 \mu$. De Cr-waarden schommelen tussen 0,22 en 0,64 met een gemiddelde van 0,36 , wat hoger is dan het gemiddelde voor het Scheldebekken : 0,30 . Dit zou er kunnen op wijzen dat wat de uitvoer betreft, de fijnere fracties bevoordeligd zijn t.o.v. vb. de silt, grof en middelmatig.

Hoge Cr-waarden werden gevonden in de stations 1168, 1188, 1148, 1132, 1172, 1173 en 1007 waar dus een relatief rijke kleisedimentatie

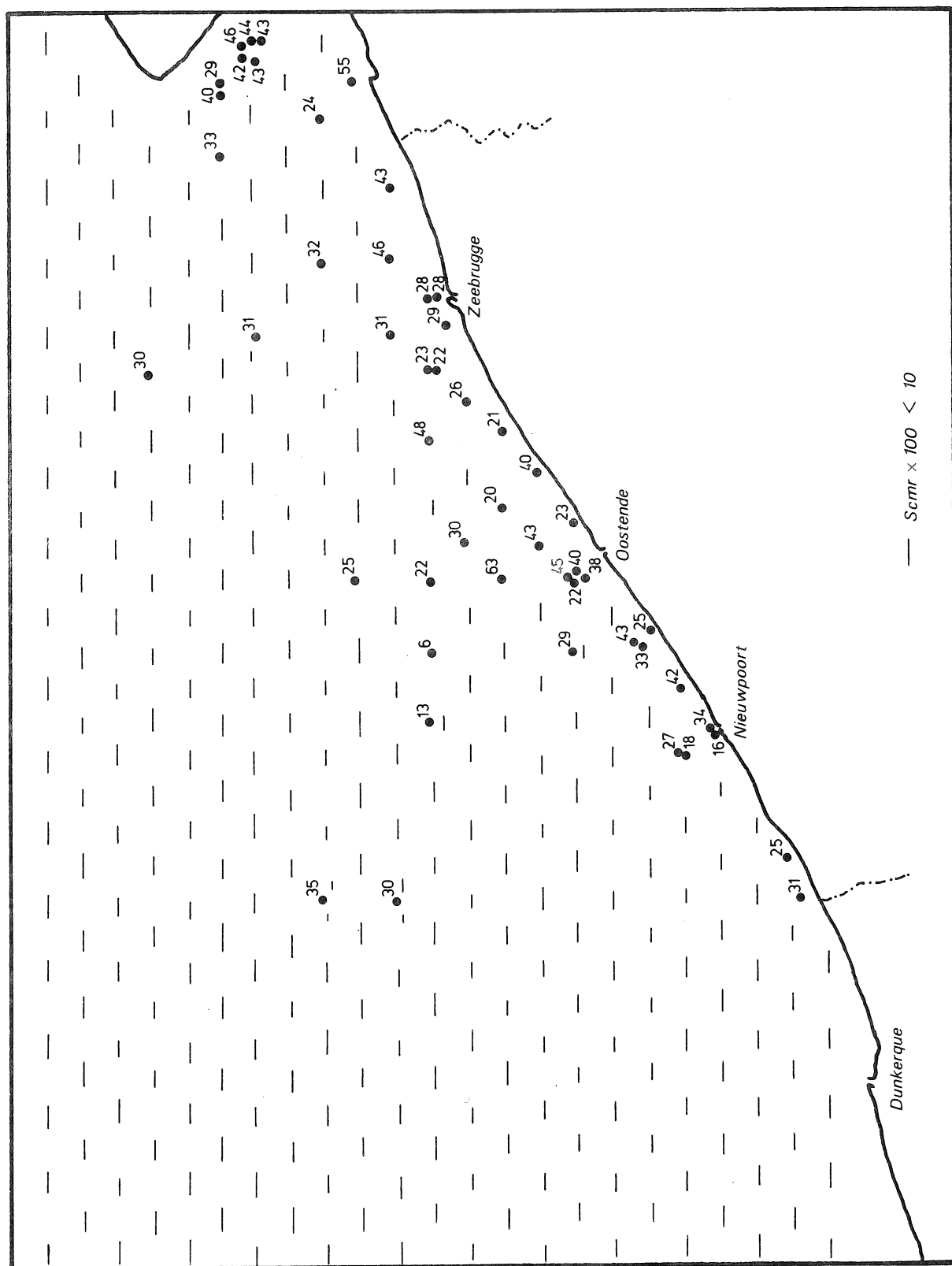


fig. 33.

Scmr - parameter van de bodemonsters

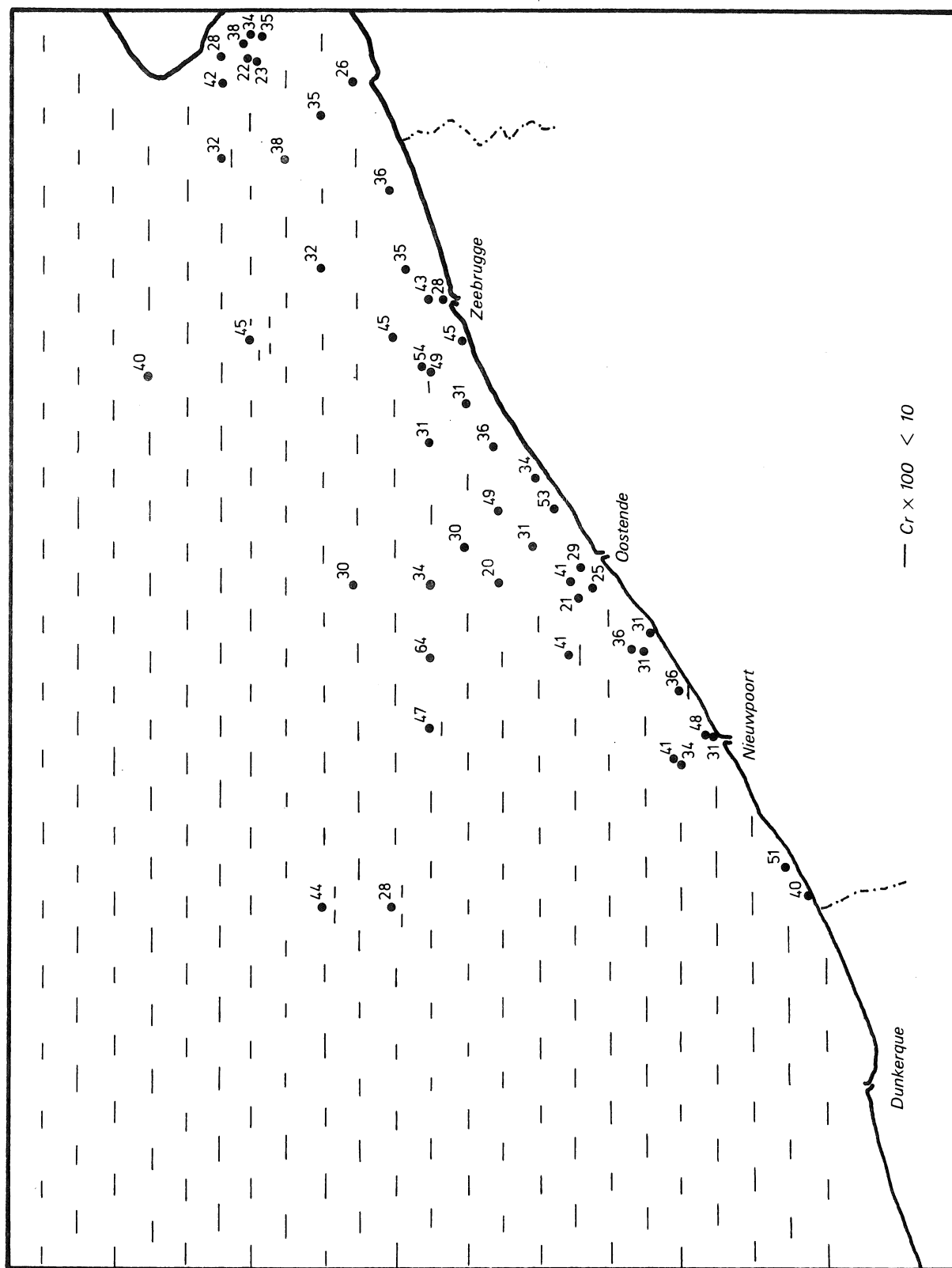


fig. 34.

Cr - parameter van de bodemonsters

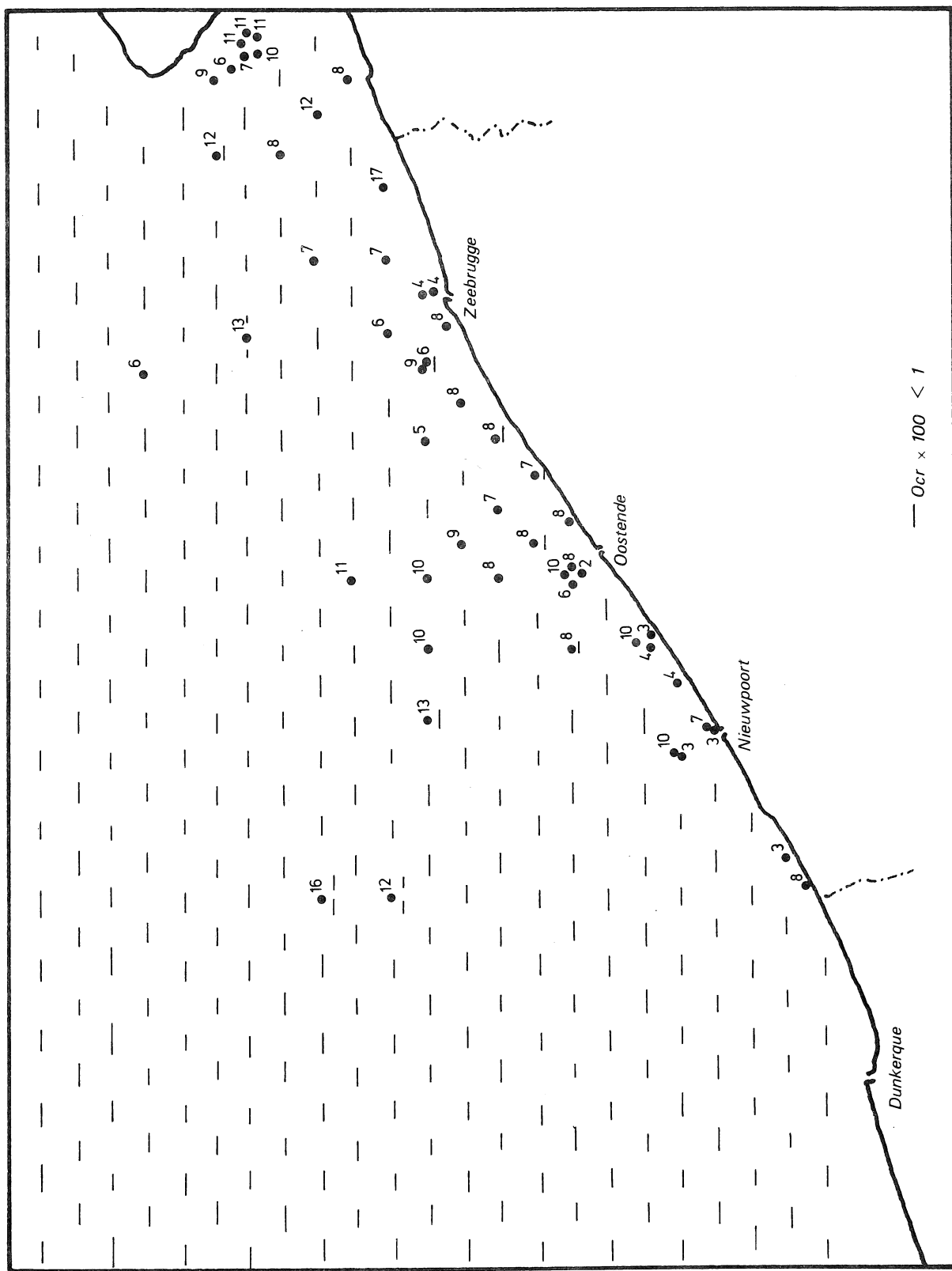


fig. 35.

Ocr - parameter van de bodemonsters

moet bestaan. Het bleek ook dat deze parameter aan sterke variatie onderhevig is. De sedimentatie van materiaal $< 62 \mu$ is dus granulometrisch wel gevarieerd. Siltrijk en kleirijk slib kan in hetzelfde station gevonden worden vb. 1097, 5. Dit kan er tevens op wijzen dat de numerische waarden van de ratio's mede bepaald zijn door hydrodynamische condities.

$$\text{Ocr : organic clay ratio} = \frac{\text{organische fractie (H}_2\text{O}_2\text{)}}{\text{fractie } < 2 \mu} .$$

De Ocr-waarden schommelen tussen 0,02 en 0,17 met een gemiddelde van 0,08 . In het Scheldebekken bedraagt deze waarde 0,24 . Men gaat er bij deze berekening van uit dat organisch materiaal zich hoofdzakelijk in de kleifractie bevindt. Daar de kleifractie echter goed gecorreleerd is met de fijne siltfractie, mogen we stellen dat organisch materiaal hoofdzakelijk in de fijne fracties zit.

Zeewater is over het algemeen oververzadigd met zuurstof zodat verbranding van organische stoffen hier sneller en beter gaat.

Waarden voor de Ocr-parameter die boven het gemiddelde liggen werden gevonden vóór de Schelde, ten W van de monding in 1186. Verder in zee, waar de bodem minder aan herwerking door golven onderhevig is, worden ook hogere waarden aangetroffen : 6 , 1173 en 1941.

Besluit

Er bestaat een goede overeenkomst tussen het suspensiemateriaal uit de Z.O-zone en het daar aangetroffen slib wat het kleigehalte in de fractie $< 62 \mu$ betreft. Voor het eerste bedraagt dit $\pm 32 \%$, voor het tweede $\pm 35 \%$.

Op basis van de parameters Scr en Scmr bestaat er een gelijkenis tussen de fijne sedimenten uit de Schelde [Gullentops (1972)] en slib dat langs de oostkust vanaf de Scheldemonding gevonden wordt.

De zone waar slib wordt gevonden is tevens een zone met relatief hoge turbiditeit. Deze hogere suspensiegehalten veroorzaken blijkbaar een verhoging van het planktonbestand, zodat aan een steeds min of meer verse toevloed moet gedacht worden.

3.4.3.- De hydrodynamische voorwaarden voor de Belgische kust

Op basis van de gegevens van de *Stroomatlas* van het Ministerie van Openbare Werken, werd voor elk station van de Atlas de vectoriële som van de stromingen gemaakt voor springtij en doodtij : figuren 36 en 37.

Materiaal dat in suspensie blijft, moet noodzakelijk vervoerd worden in de richting van deze resultanten. Bij springtij zijn deze resultanten N tot NO-gericht voor de westkust, W tot ZW gericht voor de oostkust. Tussen Zeebrugge en Oostende ontmoeten dus deze reststromen mekaar [zie ook Bastin (1964)], waar uitvoer naar zee plaatsgrijpt. Tijdens springtij wordt dus suspensiemateriaal aangevoerd vanaf de Scheldemonding en vanaf de westkust naar bovengenoemde ontmoetingsplaats. Uit de gegevens van de *Stroomatlas* blijkt tevens dat de watersnelheden het langst laag blijven wanneer de snelheidsvector naar zee is gericht. Dit betekent een moeilijke uitvoer naar zee toe.

De situatie tijdens doodtij is *grosso modo* gelijk aan deze hier-voor beschreven. Alleen schijnt er minder kans te zijn op vervoer van suspensiemateriaal (dat in suspensie blijft) vanuit de Scheldemonding naar het ZW toe.

Fijnkorrelig materiaal wordt echter niet uitsluitend en voortdurend in suspensie vervoerd; het kan zich bij lage watersnelheden afzetten, om bij hogere snelheden terug geërodeerd te worden, wat maakt dat het gedurende een zekere tijd van de getijdecyclus, niet deelneemt aan de algemene waterbeweging. Hun bewegingsrichting kan dan ook verschillend zijn van bovengenoemde resultanten. Voorwaarde hiertoe is echter dat na afzetting het sediment de kans krijgt enigszins te compacteren om niet bij de eerste stroomsnelheidsverhoging terug geërodeerd te worden.

Volgens Terwindt en Breusers (1972) zou een zandig (37 %) , slibhoudend sediment in functie van de tijd na de afzetting aan erosie kunnen weerstaan zoals weergegeven in fig. 38. Daar we in navolging van voornoemde auteurs de kritische sedimentatiesnelheid (V_{100}) op ± 20 cm/s

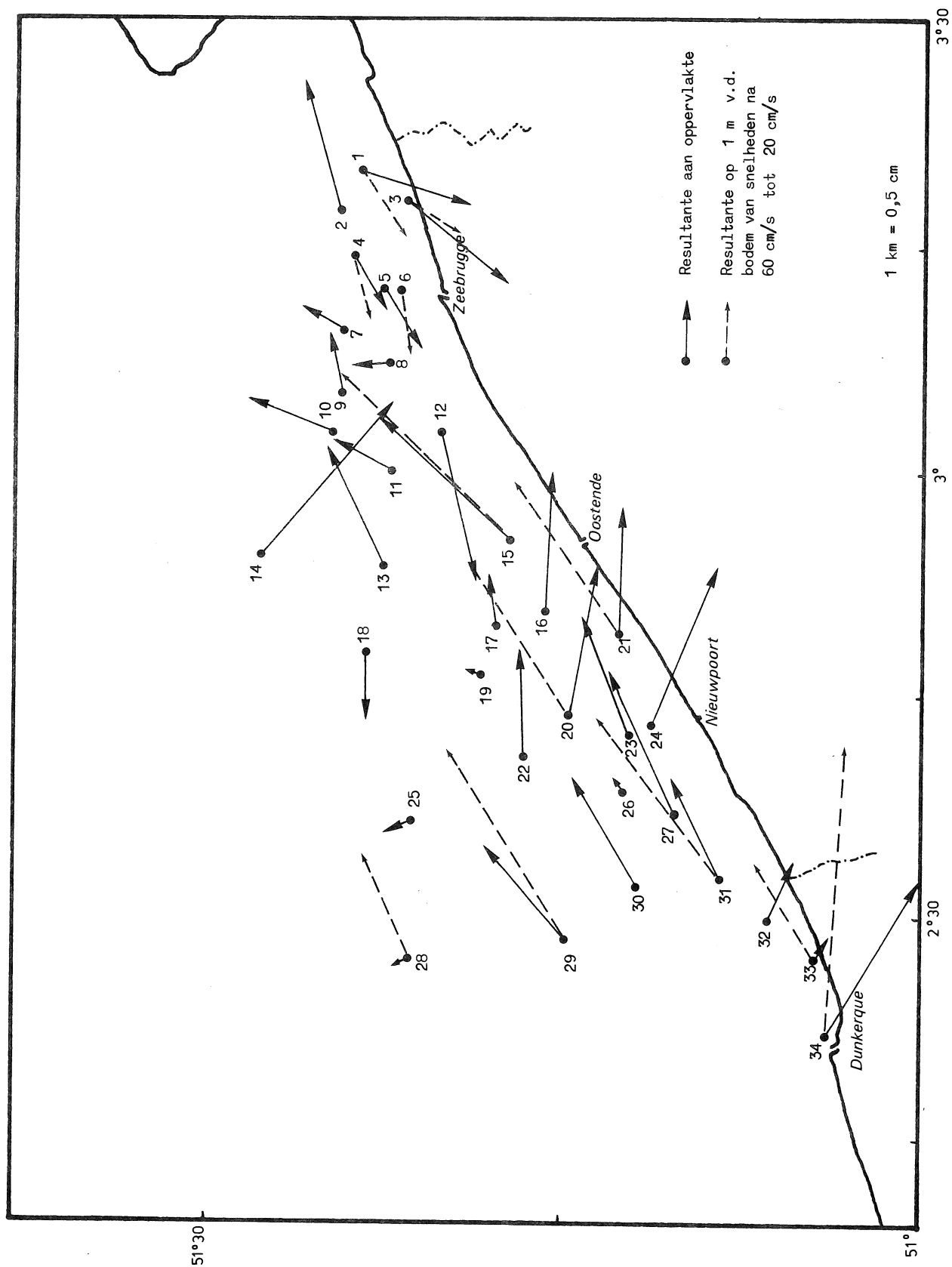


fig. 36.
Resultanten van de getijdestromingen over een getijdecyclus bij springtij (Stroomatlas)

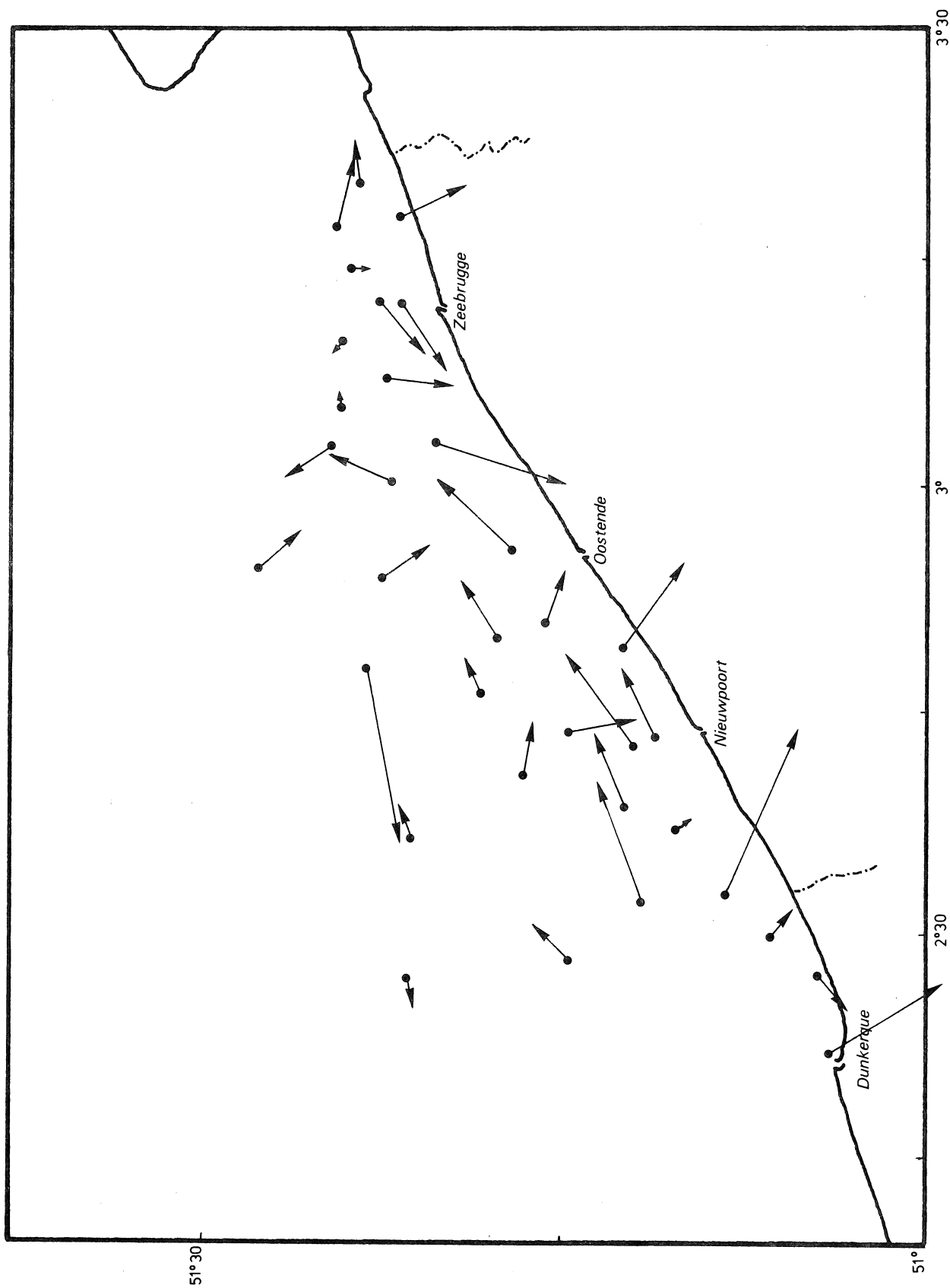


fig. 37.
Resultanten van de getijde stromingen over een getijdecyclus bij doortij (Stroomatlas)

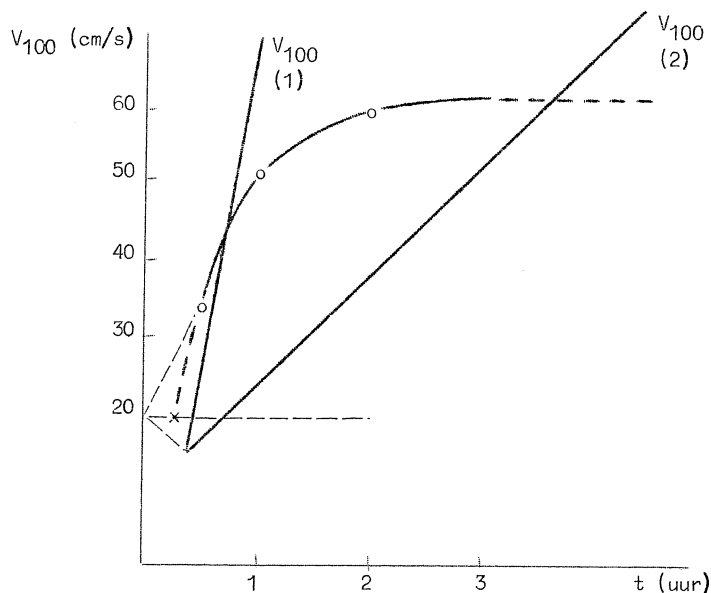


fig. 38.

Kritische erosiesnelheid in functie van de compactietijd volgens Terwindt en Breusers (1972) van een slibmonster met 37 % zand.

stellen, nemen we als minimale kritische erosiesnelheid ook 20 cm/s als V_{100} , daar er logischerwijze geen sedimentatie kan zijn wanneer er reeds erosie is.

Er kunnen zich nu volgende gevallen voordoen wat het verloop van de snelheid op 1 m van de bodem (V_{100}) betreft.

1) V_{100} stijgt, na beneden 20 cm/s gedaald te zijn, sneller dan de curve uit fig. 38. Dit betekent dat het gesedimenteerde slib niet de kans krijgt te compacteren en dat onmiddellijk de erosie kan aanvangen.

2) V_{100} stijgt minder snel dan de erosiecurve : compactie wordt mogelijk; de latere erosiesnelheid V_{100} zal ongeveer 60 cm/s bedragen bij benadering. V_{100} snijdt de erosiecurve : het snijpunt geeft dan de erosiesnelheid V_{100} .

Op basis van de *Stroomatlas*-gegevens, en aan de hand van de formule van Van Veen (1936) werden zowel voor springals voor doodtij minimum en maximumsnelheden op 1 m van de bodem berekend.

De vergelijking is

$$V = a \sqrt[5]{h}$$

met a is de snelheid op 1 m van de bodem, h is de totale waterdiepte, V is de snelheid aan de oppervlakte; a werd in de figuren 39 tot 42 genoteerd als $V_{100}^{\max}$ en $V_{100}^{\min}$. De twee mogelijkheden werden nagegaan voor alle stations van de *Stroomatlas*, waar $V_{100}^{\min} < 20$ cm/s.

Voor springtij deed zich voor de meeste punten geval 2 voor. Voor de enkele punten waar zich situatie 1 voordeed was de begin-erosiesnelheid respectievelijk in cm/s : ± 55 , ± 52 , ± 60 voor de punten 1, 3 en 4; punten 6, 10, 33 en 34 zou onmiddellijke erosie optreden van de pas afgezette toplaag. Hieruit besluiten we dat 60 cm/s als er erosiesnelheid V_{100} een aanvaardbare waarde is, zo de samenstelling van het sediment *in situ* overeenkomt met deze in de studie van Terwindt. Hierover hebben we geen uitsluitel, doch geoordeeld volgens onze korrelgrootte-analyses menen we deze hypothese te mogen aannemen wanneer we een gemiddelde toestand trachten te benaderen.

Zodoende werd voor de punten uit de *Stroomatlas* waar $V_{100}^{\min} < 20$ cm/s en $V_{100}^{\max} > 60$ cm/s en die in hoger beschreven geval 2 kunnen ondergebracht worden, de resultante van V_{100} berekend met weglating van de snelheidsvectoren 20 cm/s $< V_{100} < 60$ cm/s. Het resultaat is weergegeven in fig. 36. In deze punten geeft de gestipte pijl dus de transportrichting aan van sediment dat kon bezinken en na compactie weer geërodeerd werd. Deze richting valt *grosso modo* samen met de eerst berekende resultante, en brengt voor het Scheur nog duidelijker de ZW-transportrichting van slib naar voor. Voor de punten waar onmiddellijke erosie na afzetting plaatsvindt, ligt de transportrichting tussen deze van de algemene resultante en deze van de "gestipte" resultante.

Bij onderzoek van de situatie bij doottij stellen we vast dat op punt 3 na, waar de kritische erosiesnelheid $V_{100} \pm 58$ cm/s bedraagt, zich steeds situatie 2 voordoet. Dit betekent dat in punten waar $V_{100}^{\min} < 20$ cm/s, zich sedimentatie zal voordoen. Daar de $V_{100}^{\max}$, buiten punt 3 nooit boven 60 cm/s uitkomt, achten we herhaalde sedimentatie zonder erosie tijdens doottijcycli, zeer waarschijnlijk.

Het vervoer van de suspensiefractie gebeurt hier dus volkomen in de richting van de algemene resultanten van figuren 36 en 37.

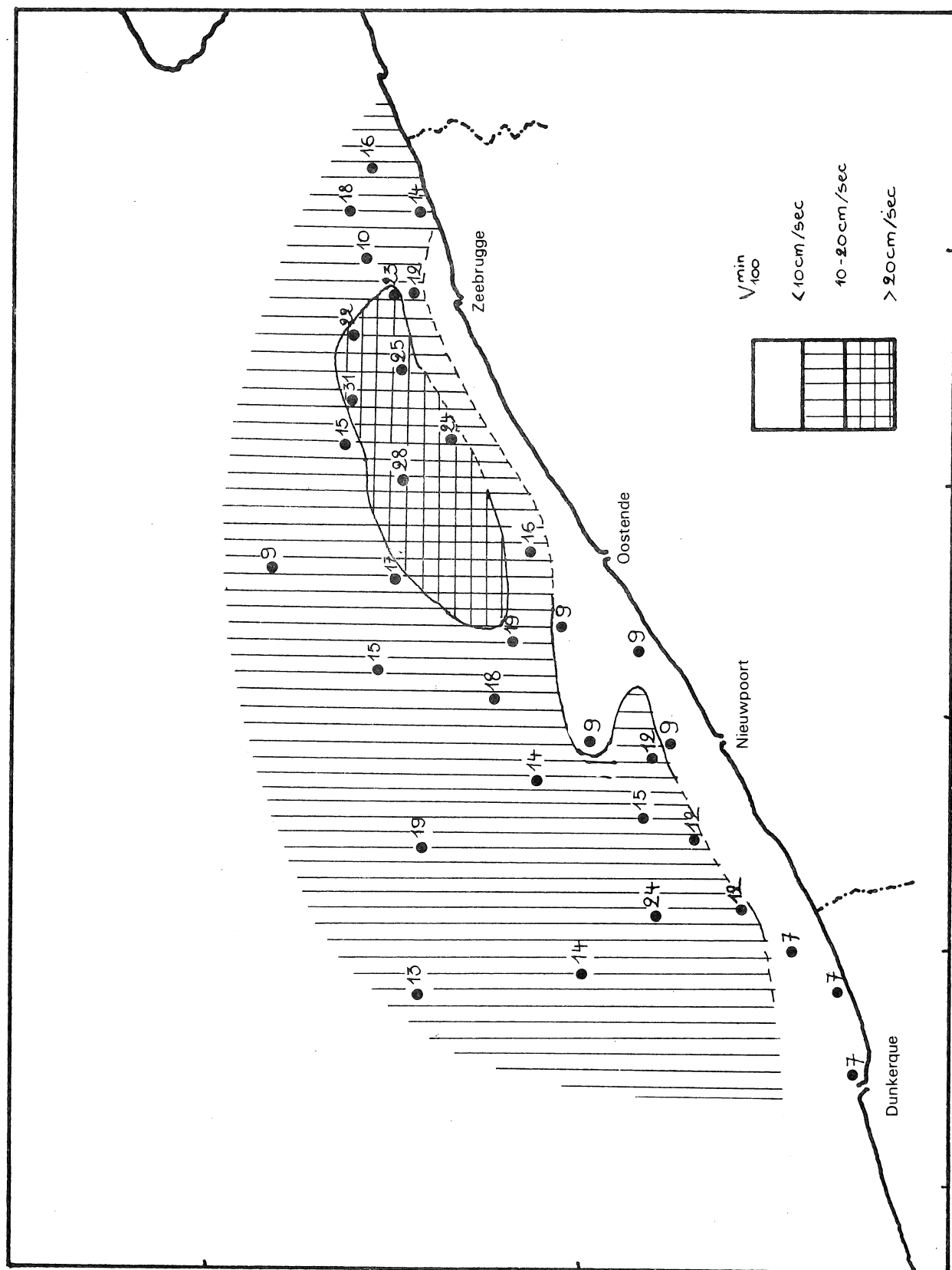


fig. 39.
Verdeling van de V_{100}^{min} bij springtij (minimumsnelheid op 1 m van de bodem)

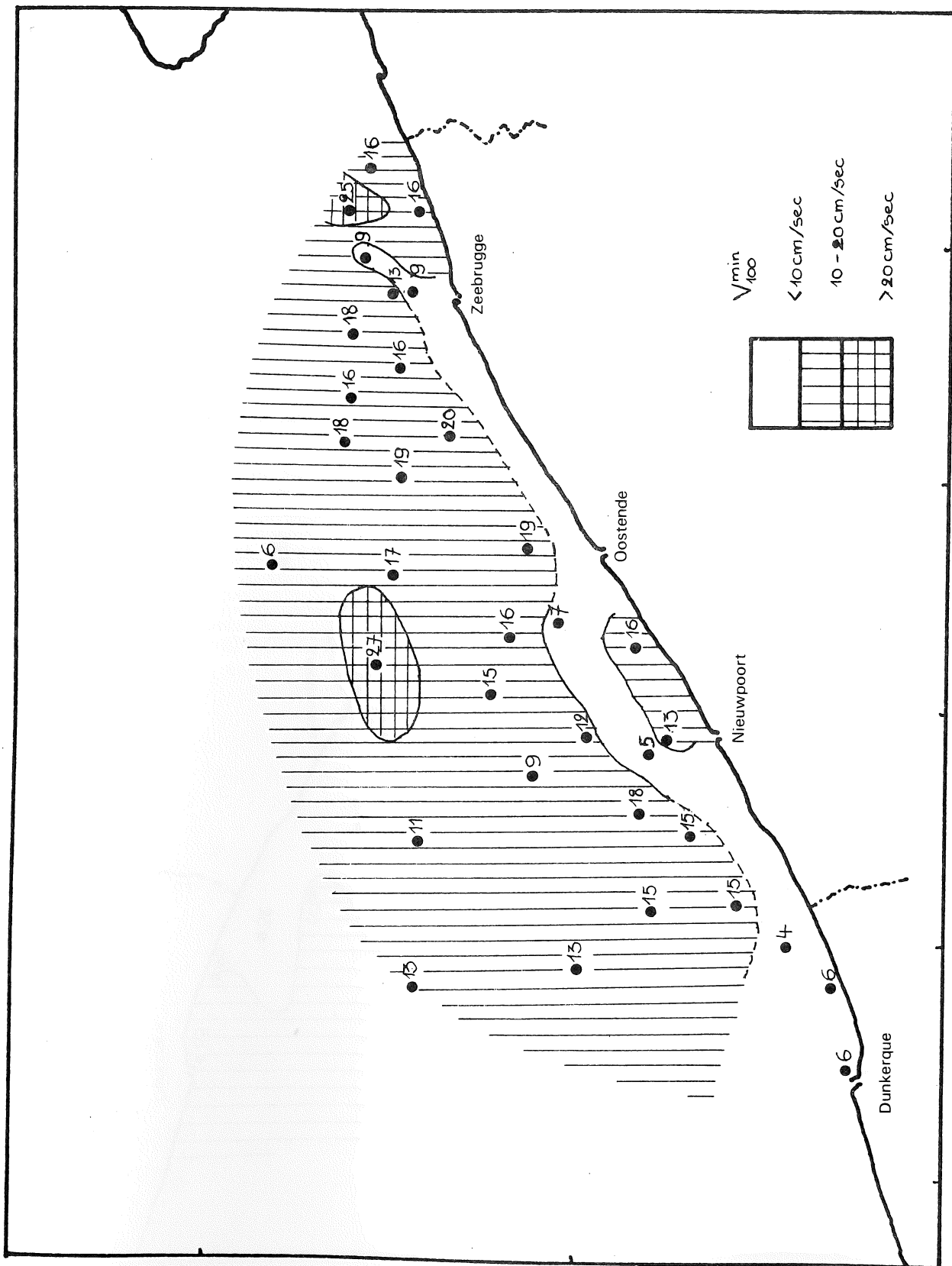


fig. 40.
Verdeling van de V_{100}^{min} bij doortij (minimumsnelheid op 1 m van de bodem)

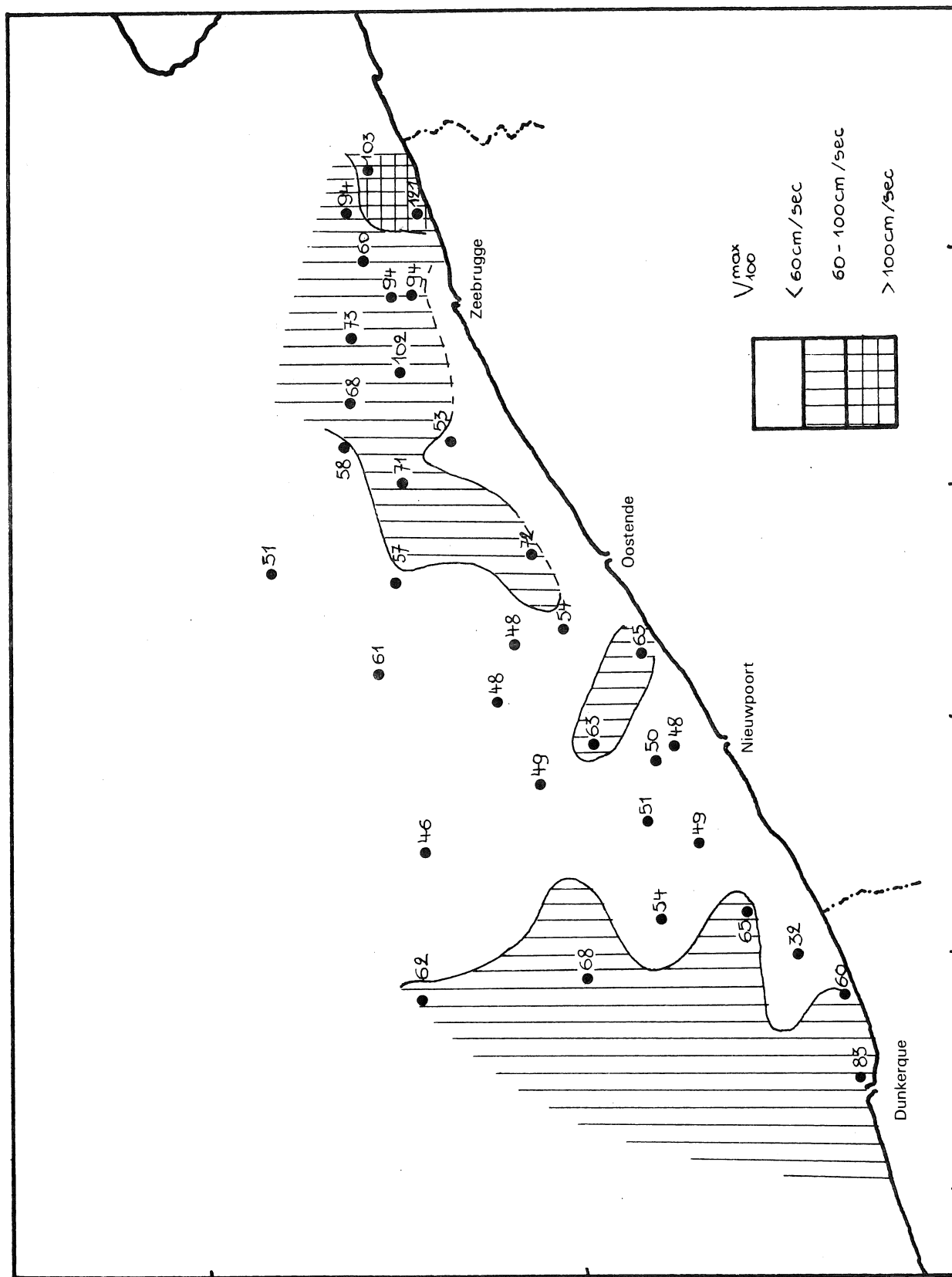


fig. 41.
Verdeling van de $V_{100}^{\max}$ bij springtij (maximumsnelheid op 1 m van de bodem)

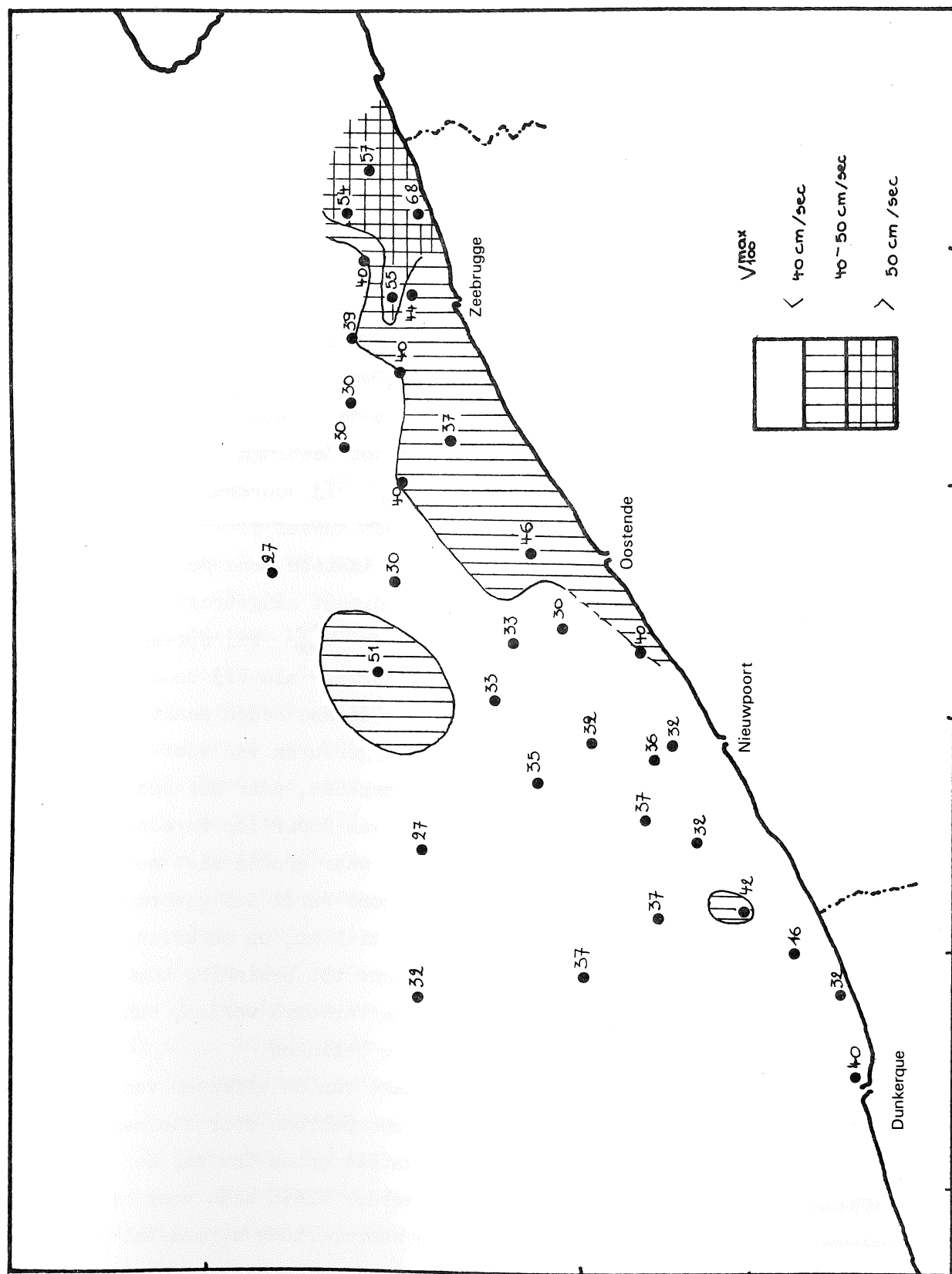


fig. 42.
Verdeling van de V_{100}^{max} bij doortij (maximumsnelheid op 1 m van de bodem)

Fig. 39 geeft de verdeling van de minimumsnelheid op 1 m van de bodem, gedurende springtij. Een zone waar de $V_{100}^{\min}$ niet beneden 20 cm/s daalt ligt voor Zeebrugge en strekt zich uit tot bijna voor Oostende. Volgens de gestelde hypothese zou tijdens springtij hier geen massale sedimentatie plaatshebben. Er worden echter fijnkorrelige sedimenten gevonden. Deze kunnen afgezet zijn tijdens doodtij, wanneer de $V_{100}^{\min}$ in dit areaal wel tot beneden 20 cm/s daalt. Ook kan de kritische sedimentatiesnelheid hier hoger zijn, daar hoge suspensiegehalten, zelfs op plaatsen waar het hydrodynamisch gezien weinig waarschijnlijk is, sedimentatie kunnen veroorzaken [McCave (1970)]. Op de figuren 39 en 40 tekent zich dus langs de kust vanaf de westkust tot Zeebrugge, een zone af waar sedimentatie wegens de extra lage $V_{100}^{\min}$ bij voorkeur zal plaatsgrijpen. Ons inziens bestaat er een overeenkomst tussen de slibverdeling en deze verdeling van $V_{100}^{\min}$, daar binnen deze laatste zone de hoogste gehalten aan suspensiemateriaal in het bodemsediment aangetroffen worden.

Figuren 41 en 42 geven de verdeling van de $V_{100}^{\max}$ bij spring- en doodtij. Hoge snelheden doen zich, zowel bij spring- als bij doodtij voor tegenover de oostkust. Deze verdeling van de snelheden maakt op zichzelf reeds duidelijk dat er transport moet gebeuren van voor de Scheldemonding en van de westkust naar de middenkust, daar het sediment dat periodisch afgezet wordt, door het effect van *scour lag* en *settling lag* [Postma (1976)], in een areaal terechtkomt waar erosie niet meer mogelijk is door stroming. Zulk een stabiele zone wordt dus gevormd door de zone waar $V_{100}^{\max}$ niet boven 50 cm/s uitkomt, en materiaal komend van voor de Franse kust moet in deze zone tot bezinking komen. Fijnere fracties, die voortdurend in suspensie vervoerd worden, kunnen deze zone overschrijden om meer naar het NO te bezinken.

Er werd in deze studie abstractie gemaakt van de effecten van golfwerking en verstoring van het normale stroompatroon door stormactiviteit. Waar in normale hydrodynamische situaties onzes inziens de ontsnappingsmogelijkheden naar de zee toe, eerder klein zijn voor fijne sedimenten, kan dit wel zo zijn wanneer een stormperiode stroomsnelheden en richtingen tijdelijk wijzigt.

3.4.4.- Besluit

Op basis van de hydrodynamische gegevens, de resultaten van het onderzoek op de actieve suspensie en van het bodemslib, kunnen nu een aantal besluiten geformuleerd worden wat betreft herkomst, vervoer, transportrichting en gedrag van fijnkorrelige sedimenten voor de Belgische kust.

Het suspensiemateriaal dat in relatief hoge concentraties boven de slibzone gevonden wordt, heeft deze zone opgebouwd. Voor de herkomst van dit materiaal kunnen twee bronnen in aanmerking genomen worden; enerzijds de westkust (IJzer, Franse kust, Kanaal), anderzijds de Westerschelde.

Wat aanvoer uit het ZW langs de kust betreft, deze moet aangenomen worden op basis van hydrodynamische argumenten : de reststromingen enerzijds, de afname van de maximale stromingen naar de middenkust toe, anderzijds. Het is echter waarschijnlijk dat materiaal van deze herkomst voor de westkust tot rust komt, tussen Nieuwpoort en Oostende.

Op sedimentologische argumenten en hydrodynamische aanwijzingen, moet transport van vóór de Westerscheldemonding naar het ZW, mogelijk tot vóór Oostende aangenomen worden. Het slib dat zich ten O van Oostende bevindt, moet in hoofdzaak afkomstig zijn van de Schelde.

We achten het waarschijnlijk dat in normale hydrodynamische omstandigheden, het transport der fijne sedimenten zich het meest massaal zal voordoen rond springtij. Dit betekent echter nog niet dat even massale uitvoer naar de open zee plaatsheeft, daar de resultanten van fig. 36 en 37, ter hoogte van de plaats waar uitvoer dan mogelijk is, ofwel klein zijn, ofwel eerder wijzen op een terugkeer van de watermassa.

Dit verklaart meteen waarom fijne sedimenten gevonden worden [zie ook de sedimentenkaart van Bastin (1964)] tussen Oostende en Zeebrugge, in een zone waar bij springtij vrij hoge snelheden voorkomen (fig. 41) : wegens de gereduceerde ontsnappingsmogelijkheid moet oplopen van het suspensiegehalte zich voordoen, gevolgd door sedimentatie.

3.5.- Bibliografie

- BASTIN, A., (1964). Het gebruik van tracers voor sedimentologisch onderzoek, *Ingenieursblad*, 33, (8), 416-428.
- BERTHOIS, L., GHATELIN, P. et MARCOU (1953). Influence de la salinité et de la température sur la vitesse de sédimentation dans les eaux de l'estuaire de la Loire, *C.R. Hebd. Acad. Sci.*, 237, 465-467.
- BERTHOIS, L. et PACHECO, J., (1968). Essais sur les vitesses de dépôt des sédiments, *Bull. B.R.G.M.* (2), IV, 101-109.
- DRAPER, L., (1966). Wave activity at the sea bed around north-western Europe, *Marine Geol.*, 5, 133-140.
- FAVEJEE, (1960). On the origin of the mud deposits, *in* Das Ems-estuarium (Nordsee). Ein sedimentologisches Symposium, Ph. H. Keunen Verhand. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Genootsch., *Geol. Ser.*, XIX, 1-300.
- GIBBS, R.J., MATTHEWS, M.D. and LINK, D.A., (1971). The relationship between sphere size and settling velocity, *Journ. Sed. Petr.*, 41, 7-18.
- GROOT, A.J. de -, (1964). Origin and transport of mud (fraction < 16 microns) in coastal waters from the Western Scheldt to the Danish frontier, *in Deltaic and shallow marine deposits*, Elsevier, Amsterdam, 93-100.
- GRIM, R.E., (1953). *Clay Mineralogy*, McGraw-Hill, New York.
- GULLENTOPS, F., (1972). Recente sedimenten van het Scheldebekken. Voor- dracht Belg. Ver. Geol. te Borgerhout, ongepubl.
- HOUBOLT, J.J.H.C., (1968). Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea, *Geol. Mijnb.*, 47, 245-273.
- JERLOV, N.G., (1963). Optical Oceanography, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1, 89-114, Harold Barnes Ed.
- KUKAL, Z., (1971). *Geology of recent sediments*, Academic Press, London.
- MCCAVE, I.N., (1970). Deposition of fine-grained suspended sediment from tidal currents, *Journ. Geophys. Res.*, 75, 4151-4159.
- MCCAVE, I.N., (1971). Wave effectiveness at the sea bed and its relation- ship to bed-forms and deposition of mud, *Journ. Sed. Petr.*, 41, 89-96.
- MIGNIOT, C., (1968). Etude des propriétés physiques de différents sédi- ments très fins et de leur comportement sous des actions hydrodyna- miques, *La Houille Blanche*, 23, 595-620.

- PARTHENIADES, E., (1965). Erosion and deposition of cohesive soils, Journ. Hydr. Div., Proc. A.S.C.E., 105-139.
- POSTMA, H., (1967). Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment, in *Estuaries*, G.H. Lauff, Ed., Am. Ass. Adv. Sci., Publ. n° 83, Washington D.C.
- RIVIERE, A., VERNHET, S., (1951). Sur la sédimentation des minéraux argileux en milieu marin en présence de matières humiques, *C.R. Hebd. Acad. Sci.*, 233, 807-808.
- STRIDE, A.H., (1963). Current-swept sea floors near the southern half of Great Britain, *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 119, 175-199.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. and FLEMING, R.H., (1946). *The Oceans, their physics, chemistry and general biology*, Prentice-Hall, New York.
- TERWINDT, J.H.J., (1967). Mud transport in the Dutch delta area and along the adjacent coastline, *Neth. Journ. Sea Res.*, 3, 505-531.
- TERWINDT, J.H.J., BREUSERS, N.H.C. and SVASEK, J.N., (1968). Experimental investigation on the erosion-sensitivity of a sand-clay lamination, *Sedimentology*, 11, 105-114.
- TERWINDT, J.H.J. and BREUSERS, N.H.C., (1972). Experiments on the origin of flaser, lenticular and sand-clay alternating bedding, *Sedimentology*, 19, 35-98.
- VAN ANDEL, T. and POSTMA, H., (1954). Recent sediments of the Gulf of Paria, Rep. Orinoco Shelf Exp., Vol. I, *Verh. Kon. Ned. Akad. Wet.*, Afd. Natuurk., Eerste reeks, XX, Nr 5.
- VAN CAUWENBERGHE, C., (1971). *Stroomatlas Vlaamse banken Noordzee*, Minist. Openb. Werken, Dienst der Kust, Hydrografie, Oostende.
- VAN STRAATEN, L.M.J.V., (1954). Composition and structure of recent marine sediments in the Netherlands, *Leidse Geol. Med.*, XIX, 1-110.
- VAN VEEN, J., (1936). *Onderzoekingen in de hoofden in verband met de gesteldheid van de Nederlandse kust*, Algem. Landsdruk, 's Gravenhage.
- VERGER, F., (1968). *Marais et wadden du littoral français*, Biscaye Frères, Bordeaux.

4.- Algemeen besluit

De studie van de sedimenten liet toe de bodemsamenstelling van de zuidelijke Noordzee te verklaren in functie van de getijdestromingen. Korrelgrootte, grint-en schelpgehalte zijn evenredig met de stromings-snelheid, die uiteindelijk eveneens het bodemreliëf verklaart. De aanwezigheid van slibvelden integendeel bleek te correleren met de stroommondingen, waarbij de invloed van de Schelde bijzonder belangrijk werd.

De studie der molluskenfauna bracht een opmerkelijke variatie van de fauna naar dieper water en naar het Noorden aan het licht. Ze leerde vooral hoe de aanwezigheid van stabiele biotopen tussen de zuidelijke zandbanken een gunstige invloed had op de verscheidenheid en de hoeveelheid van de mollusken, in tegenstelling met de monotone beweeglijke zandbodem meer noordelijk. De suspensierijke riviermonden hebben een duidelijk negatieve invloed vooral vóór de Belgische Oostkust.

Een deelonderzoek aangaande de mineralogische samenstelling van de zandfractie kan een duidelijke invloed tonen van Schelde-hinterland op de sedimenten vóór de Belgische kust terwijl ten Noorden veel meer noordelijk een alpien materiaal aanwezig is.

Het belang van het uitzonderlijke slibveld vóór onze kust wettigde speciale aandacht hieraan. Er kon aangetoond worden dat niet alleen het suspensiegehalte hier verschillende malen hoger is dan elders, maar dat zijn samenstelling in klei, silt en organische stoffen specifiek is. Dezelfde eigenheid werd teruggevonden in het bodemslib en een grote verwantschap met Schelde-slib kon aangetoond worden. De bezinkings- en erosiesnelheden werden onderzocht en een hydrodynamische mogelijkheid voorgesteld, om een afzetting in een gelokaliseerd slibveld te verklaren. Geofysisch onderzoek en boringen zijn echter nodig om verder de dikte, de ouderdom en de evolutie van deze afzettingen te bepalen.

Wij zijn echter overtuigd dat dit verschijnsel historisch is genomen en dient gecorreleerd te worden met de verslijking van onze rivieren. Toename van puinafvoer enerzijds en verdwijnen van sedimentatie mogelijkheid in de alluviale vlakten van de rivieren verklaart een voortdurende toename van de uitvoer naar zee. Vermits weinig kans bestaat dat gunstig zou ingegrepen kunnen worden in het stromingspatroon voor

onze kust om de slibsedimentatie te beletten, dient de grootste aandacht besteed aan een vermindering van de puinafvoer van onze rivieren.

