LANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT T. N. O.
GRONINGEN

DUIN- EN ZEEZAND

DUNE AND MARINE SAND

BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN DE GRANULOMETRISCHE SAMENSTELLING VAN NEDERLANDSE GRONDSOORTEN

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF DUTCH SOILS

J. D. DE JONG

STAATSDRUKKERIJ UITGEVERIJBEDRIJF

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. No. 57.5 - 'S-GRAVENHAGE - 1951

INHOUD

Blz.

WOORD VOORAF 3

I. LITERATUUROVERZICHT 4

II. BESPREKING VAN DE RESULTATEN DER GRANULOMETRISCHE ANALYSES 5

1. Oud duinzand 5

2. Jong duinzand 9

3. Jong zeezand 15

III. DE GRAFISCHE VOORSTELLING VAN DE ANALYSE-RESULTATEN . . 20

1. De distributie-grafiek 20

2. De grafische methode van GRY 22

a. Oud duinzand 25

b. Jong duinzand 29

c. Jong zeezand 31

3. De decielwaarden 42

a. Oud duinzand 43

b. Jong duinzand 43

c. Jong zeezand 45

IV. CONCLUSIE 48

SAMENVATTING 49

CONTENTS AND SUMMARY 50

LITERATUUR 52

WOORD VOORAF

Sinds het verschijnen van de publicatie „De granulaire samenstelling van Nederlandsche grondsoorten" door Prof. Dr O. DE VRIES (13) [1], heeft het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., mede door samenwerking met het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen, de beschikking gekregen over een groter aantal resultaten van granulometrisch grondonderzoek. Het aantal gegevens omtrent de granulometrische samenstelling van verschillende grondsoorten is daardoor sindsdien zozeer vergroot, dat het wenselijk is om de verschillende, in de bovengenoemde publicatie behandelde grondsoorten aan een nieuwe bewerking te onderwerpen. Als eerste bijdrage is thans een studie over de granulometrische samenstelling van Nederlandse duin- en zeezanden afgesloten. Van de zeezanden zijn in deze studie alleen de bedijkte gronden betrokken, dus niet de gronden, die nu nog geregeld door de zee overstroomd worden [2].

[1] De cijfers tussen ( ) verwijzen naar de literatuurlijst (pag. 52).

[2] De auteur, Dr J. D. DE JONG, thans geoloog bij de Geologische Dienst te Haarlem, bewerkte in de winter 1944—1945 de granulometrische analyses van duin- en zeezanden aanwezig op het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T. N. O. De leemten in het materiaal waren door het ontbreken van transport- en communicatiemiddelen toentertijd niet aan te vullen. Kort daarop ging de schrijver in een andere werkkring over en verbleef hij enige jaren in het buitenland. — Een en ander is oorzaak dat van een bespreking van de, inmiddels verschenen, publicatie van Dr D. J. Doeglas (*Verh. Ned. Geol.-Mijnbouwk. Gen., Geol. Ser. XV*, 1950, 247—329), welke publicatie voor een deel hetzelfde gebied bestrijkt als de onderhavige, moest worden afgezien.

De tabellen, waarin de analyse-resultaten alsmede de berekeningen zijn opgenomen, kunnen op aanvraag van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T. N. O., Groningen, ter inzage worden ontvangen.

I. LITERATUUROVERZICHT

Het aantal auteurs, dat zich met de korrelgrootte-verdeling van duin- en zeezanden heeft bezig gehouden, is gering. Wel vinden we in de literatuur enkele vermeldingen van de meest voorkomende korrelgrootten, maar daar de korrelgroottebepaling niet doorging tot in de onderverdeling, die thans gebruikelijk is, waren deze mededelingen voor deze studie van betrekkelijk weinig waarde.

SCHROEDER VAN DER KOLK (8) bepaalde zich bij zijn duinzand-onderzoek meer tot de mineralogische dan tot de granulometrische samenstelling. De duinzanden blijken naar zijn gegevens geheel te bestaan uit korrels kleiner dan 0.5 mm.

JESWIET (6) deelt mede, dat het grootste deel van de korrels een grootte heeft, die tussen 0.5 en 0.25 mm ligt. Waar JESWIET analyse-resultaten gebruikt die naar de aantallen korrels berekend zijn en niet de gewichtsprocenten vermelden, zoals tegenwoordig gebruikelijk is, kunnen zijn opgaven niet zonder meer met de onze vergeleken worden. De conclusie echter, dat oud duinzand grover is dan jong duinzand en dat oud duinzand zich onderscheidt door een fijn-stof-gehalte, worden niet bevestigd bij het door ons bestudeerde materiaal.

TESCH (11) wijst er op dat 80—96 % van de korrels ligt tussen 0.40 en 0.15 mm, en dat het duinzand in zijn geheel, van Boulogne tot Schiermonnikoog, een opmerkelijke gelijkmatigheid in korrelgrootte vertoont.

VAN STEYN (9) publiceert korrelgrootte-analyses van zanden uit verschillende duingebieden, verricht door het voormalige Rijksbosbouwproefstation. De uitkomsten van deze analyses leveren cijfers die op veel grovere zanden wijzen dan ons van naburige monsterplaatsen bekend zijn geworden; het is daarom waarschijnlijk, dat er andere methoden bij de analyses gebruikt werden, waardoor een vergelijking met de analyse-resultaten, zoals zij door de Groninger instellingen worden gegeven, niet mogelijk is [1].

Kon in de studie van DE VRIES uitsluitend het duinzand van de geestgronden in beschouwing worden genomen, wij zijn thans in staat ook het duinzand van de duinen zelf in onze studie te betrekken. Naast oud en jong duinzand zal in de volgende bladzijden mede jong zeezand beschouwd worden.

[1] Uit een mededeling van de zijde van het Staatsbosbeheer naar aanleiding van een vraag mijnerzijds, betreffende deze kwestie, blijkt dit inderdaad het geval te zijn.

II. BESPREKING VAN DE RESULTATEN DER GRANULOMETRISCHE ANALYSES

1. Oud duinzand

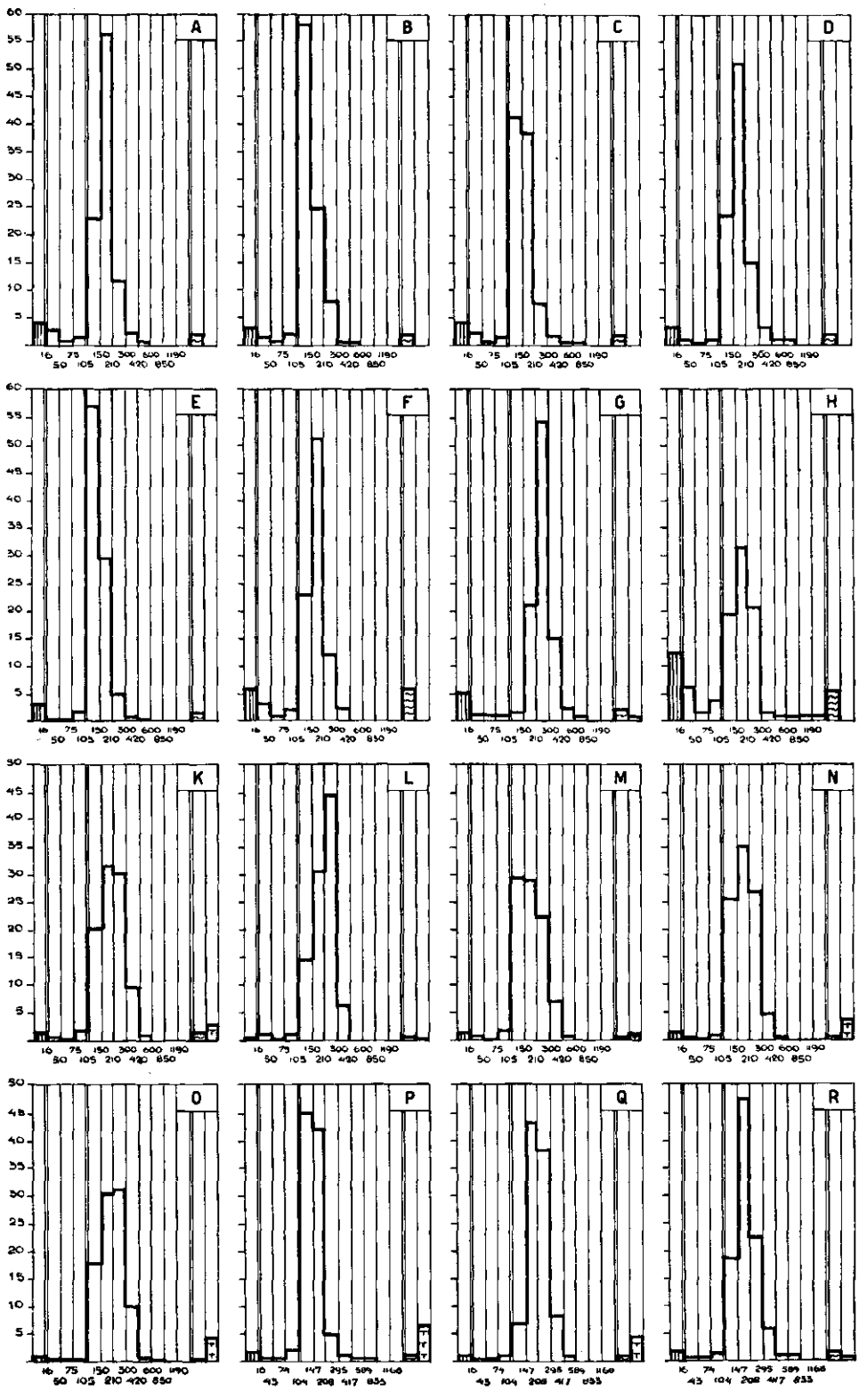
Naast monsters uit de omgeving van Rijnsburg [12] [1], Noordwijkerhout [2], Lisse [10] en Uitgeest [1] is ons cijfermateriaal over oud duinzand belangrijk uitgebreid door de onderzoekingen naar de wateronttrekking in verband met de tunnelbouw te Velsen. Behalve de reeds gepubliceerde gegevens (13, blz. 666—669), die vanwege het onderzoek bij de bouw van de Zuidelijke tunnelpunt werden verkregen (voortaan aangeduid met de, in onze Dienst gebruikelijke, kenwoorden onderzoek TuVe-Zuid) werden met onderzoekingen naar de wateronttrekking door de bouw van de tunnelput (onderzoek WoTuVe), een 120-tal monsters op hun granulaire samenstelling onderzocht, met het onderzoek naar de wateronttrekking in het aardbeiengebied van Beverwijk (onderzoek Wota) 120 monsters, van een aantal waterhuishoudingsproefvelden bij Heemskerk, Beverwijk en Velsen 56 monsters en met een onderzoek naar de bodemgesteldheid van de terreinen rondom de Noordelijke bouwput (onderzoek TuVe-Noord) 64 monsters. In totaal dus 360 nieuwe granulometrische analyses uit de omgeving van Velsen.

Het oude duinzand, zoals we het leren kennen in het onderzoek WoTuVe, laat een sterk gesorteerd zand [2] zien met 150—210 μ als belangrijkste subfractie (in grootte variërend van 45—70 %). De fijnere subfractie 105—150 μ vertoont hier bij het merendeel der monsters zeer weinig variatie (19—24 %), terwijl in de grootte van 210—300 μ twee maxima, een meer voorkomende in het gebied 12—15 % en een in aantal minder aanwezige tussen 26 en 30 %, worden aangetroffen. Deze beide maxima komen overeen met maxima, die aangetroffen worden onder het M-cijfer of de mediaanwaarde van 172—173 en 181—182 en met een U-cijfer van 66 en 60.

In de distributiegrafiek (Fig. 1, A) loopt de voet aan de linkerzijde wat omhoog door een slibgehalte, dat doorgaans wel beneden 5 % blijft, maar toch tot 6.8 % kan stijgen. Het dalletje, dat de distributiegrafiek tussen de slibfractie en het uiterst fijne zanddeel ter ene zijde en de hoofdportie > 105 μ ter andere zijde vertoont, is nauwer dan in werkelijkheid het geval zal zijn, ja, het bestaat waarschijnlijk in het geheel niet, omdat de beide subfracties 16—50 μ en < 16 μ niet als gelijkwaardig zijn te beschouwen met de subfracties > 50 μ. De subfracties 16—50 μ en < 16 μ omvatten nl. bij de hier gebruikte, nog onvolledige analyse-methode in verhouding een veel groter korrelgrootte-gebied dan de grovere subfracties, die een verhouding van de fractiegrenzen hebben van $1 : \sqrt{2}$.

[1] De cijfers tussen [ ] geven het aantal monsters aan.

[2] De uitdrukking gesorteerd zand wil zeggen dat een differentiatie in een min of meer nauw korrelgrootte-gebied heeft plaats gehad. Een sterk gesorteerd zand heeft dus dezelfde betekenis als een zand met een grote gelijkmatigheid of hoog gelijkmatigheidspercentage (zie hiervoor Normaalblad 210).


A
B
C
D
E
F
G
H
K
L
M
N
O
P
Q
R

De deeltjes met een doorsnede groter dan 420 μ maken slechts enkele tienden van procenten van het minerale deel van de grond [1] uit. Het koolzure-kalkgehalte blijft meestal beneden 1 %, terwijl het in slechts enkele gevallen iets hoger ligt, met 2.3 % maximaal.

Ook het humusgehalte, hoewel steeds aanwezig, blijft laag (1—3 %); in enkele gevallen worden waarden tot 9.6 % bereikt.

Het duinzand uit het onderzoek Wota is iets fijner dan hetgeen we bij het zo juist besproken WoTuVe-materiaal ontmoetten.

Bij de uitkomsten van de granulometrische analyses zijn hier twee duidelijk gescheiden groepen te onderscheiden, de ene met een M-cijfer van 135—141 (U = 72—75), de andere met een M-cijfer van 164—173 (U = 62—68), terwijl een geringer aantal monsters M-cijfers van tussenliggende waarden hebben. In de distributiegrafiek (Fig. 1, B, C en D) zien we, gaande van de fijnere naar de grovere monsters, een hoge top in de 105—150 μ subfractie voor een iets minder hoge top in 150—210 μ plaats maken. Bij de mengmonsters treden de beide genoemde fracties in ongeveer gelijke hoeveelheid op.

Het gehalte aan afslibbare delen varieert tussen 2 en 3 %, terwijl een enkele maal de waarde 5 % voorkomt.

Van koolzure-kalk- en humus-gehalte kan hetzelfde gezegd worden als bij de WoTuVe-monsters.

Eenzelfde onderscheid in fijner en iets grover type oud duinzand, als hierboven genoemd, wordt aangetroffen bij de monsters van het onderzoek TuVe-Noord. De fijnere groep heeft een M-cijfer van ongeveer 142, de grovere van ongeveer 176. Het koolzure-kalkgehalte kan onder invloed van schelpenlagen sterk omhoog lopen (van 0 tot 6 à 7 %).

De zanden van TuVe-Zuid vormen, zoals reeds door DE VRIES is gezegd, een sterk gesorteerde, zeer eenvormige groep, met een gemiddelde mediaanwaarde van 170 en een U-cijfer van 65. Ook de monsters afkomstig van de waterhuishoudingsproefvelden bij Heemskerk, Beverwijk en Velsen blijken alle sterk gesorteerde zanden te zijn met een hoge en steile top in de subfractie 150—210 μ. Enkele fijnere en grovere typen hebben de top van de distributiegrafiek (Fig. 1, E, F en G) resp. in 105—150 μ en 210—300 μ liggen; de M-cijfers voor deze typen bedragen resp. $\pm$ 130 en $\pm$ 242. Een percentage aan deeltjes < 16 μ van 3—6 % is algemeen.

Vanwege het onderzoek „Phaenologische waarnemingen aan bolgewassen" (onderzoek -Phaebo) werden monsters ontvangen uit de omgeving van Uitgeest en Lisse (10).

Het oud-duinzand monster van Uitgeest blijkt een menging te zijn van een matig sterk gesorteerd zand met M = $\pm$ 175 en een fijnzandige klei (Fig. 1, H).

[1] Onder het minerale deel van een grond wordt verstaan de droge stof (bij 105° C gedroogde grond), zonder humus en koolzure kalk.

FIG. 1. Distributiegrafieken van de gemiddelde samenstelling van een aantal monsters oud duinzand.

FIG. 1. *Distribution graphs showing the average composition of old dune sand samples with the variation in percentages of subfractions.* A—G = *Velsen-area;* H = *Uitgeest;* K, L = *Lisse;* M—O = *Rijnsburg;* P—R = *Bennebroek.*

De zanden die bij Lisse verzameld werden zijn van een iets grofkorreliger type; de mediaanwaarden liggen tussen 191 en 215. Van de fijnere naar de grovere gaande zien we in de distributie-figuur (Fig. 1, K, L) de top van 150—210 μ naar 210—300 μ overgaan; in het meest grove monster (M = 215) bereikt 210—300 μ een waarde van rond 45 %. De meest grove zanden zijn iets sterker gesorteerd dan de zanden met lagere mediaanwaarden (bouwvoormonsters met M-waarden van resp. 191, 193 en 195) welke laatste een bredere top in de distributiefiguur vertonen. Er hebben dus tijdens de afzetting van onder- en bovengrond verschillende omstandigheden geheerst. De sterker gesorteerde, grovere zanden van de ondergrond kunnen door de wind direct afgezet zijn, dan wel het product zijn, dat na uitblazing van het fijnere materiaal uit een fijner zand is achtergebleven. De laatste mogelijkheid zou in combinatie met de aard van het bovengrondszand wijzen op een afnemend transportvermogen van de wind: eerst afzetting van een middelmatig tot vrij grof type, daarna uitblazing van het fijnere materiaal (resultaat het ondergrondszand), en bij verminderde windsnelheid afzetting van het fijnere bovengrondszand. Ook kunnen de minder sterk gesorteerde bovenlaagmonsters als een mengproduct van sterker gesorteerde fijnere en grovere laagjes worden opgevat; de menging zou dan door bodembewerking bewerkstelligd zijn.

Enkele [2] monsters uit de omgeving van Noordwijkerhout behoren tot de niet zeer sterk gesorteerde iets grovere duinzanden met M-cijfers van 210 en 215.

Tenslotte werden uit de omgeving van Rijnsburg een twaalftal monsters beschouwd; het M-cijfer varieert van 173 tot 200. Gaande van de fijnere naar de grovere zanden loopt de top in de distributiegrafiek (Fig. 1, M, N, en O) over de drie subfracties 105—150 μ, 150—210 μ en 210—300 μ; de „duinzand" fractie 150—210 μ is bij alle monsters vrijwel even groot. Opvallend is in deze monsters de geringe hoeveelheid < 105 μ, vooral van de subfractie 75—105 μ.

Bij een koolzure-kalkgehalte dat gemiddeld 4.9 % bedraagt wordt een zeer laag percentage humus (hoogstens 0.7 %) aangetroffen.

Na hetgeen De Vries over de zanden uit de Bloembollenstreek door Kalisvaart beschreven (7) gezegd heeft, zij hier, mede in verband met de andere nieuwe gegevens nog opgemerkt, dat deze zanden, met een gemiddeld M-cijfer van 189 en een gemiddeld U-cijfer van 59, met voor sommige monsters (van de plekken 1, 3, 10 en 12) een top in de 208—295 μ subfractie en voor het merendeel der overige met deze subfractie als de op een na meest aanwezige, tot een iets grover type behoren dan de duinzanden uit de omgeving van Velsen. Enkele monsters blijken, naar de analyse-gegevens, een geringe bijmenging van fijnzandige klei te bezitten. De zanden bezitten, voor zover zij gewaardeerd worden als zeer goede en goede hyacinthengrond, een koolzure-kalkgehalte van gemiddeld resp. 4 en 2.2 %. De monsters uit de omgeving van Bennebroek, eveneens reeds door De Vries besproken, blijken evenals dat bij andere gebieden werd geconstateerd, in meer fijnzandige en meer grofzandige groepen uiteen te vallen. De fijnere, met M = $\pm$ 146 en U = 71, en grovere, met M = $\pm$ 204 en U = 51, tonen eenzelfde vorm van de distributiefiguur (Fig. 1, P, Q en R); de grovere ligt alleen t.o.v. de fijnere één subfractie naar rechts verschoven.

Bij de zanden met tussengelegen M-waarden neemt, gaande van fijner naar grover, de subfractie 104—147 μ af, en 208—295 μ toe, terwijl 147—208 μ de top blijft vormen. Het gehalte afslibbaar komt in deze zanden niet boven de 3 % uit.

Het koolzure-kalkgehalte bedraagt gemiddeld 3.7 %.

Deze gegevens voor oud duinzand tot een karakteristiek samenvattend is dit dus vrij sterk tot sterk gesorteerd zand met een mediaanwaarde van $\pm$ 175. Dit cijfer heeft echter alleen waarde wanneer we oud duinzand willen kenmerken ten opzichte van geheel andere zanden of gronden. Wanneer we met het vrij omvangrijke materiaal, dat ons nu ter beschikking staat het wezen van het oude duinzand iets meer benaderen, zien we een differentiatie van het oude duinzand in fijnere en grovere typen. We herinneren hierbij aan hetgeen gezegd werd bij het overzicht van de Wota, TuVe-Noord en Bennebroek-monsters, waar we groepen oud duinzand zagen met M-cijfers van $\pm$ 145, $\pm$ 168, $\pm$ 204. Zanden met tussenliggende M-cijfers waren dan, gezien de meest aanwezige subfracties, te beschouwen als mengingen, in alle verhoudingen van de fijnere en de grovere typen. De subfractie 150—210 μ (of 147—208 μ) zagen we in de meeste gevallen als de grootste optreden; de fijnere en grovere typen hadden dan veelal een top in 105—150 μ en 210—300 μ (resp. 104—147 μ en 208—295 μ).

Het gehalte aan deeltjes < 16 μ blijft gewoonlijk beneden 5 %.

Wat het koolzure-kalkgehalte betreft, is de opvatting als zou oud duinzand zeer kalkarm zijn (FABER (4) noemt als karakteristiek gehalte van jong duinzand meer dan 3 %, dat van oud duinzand minder dan 1 %), voor zeer vele monsters wel juist, maar wanneer men dit generaliseert worden toch te veel afwijkingen veronachtzaamd. Het blijkt uit onze gegevens, dat bij grote aantallen monsters, die op minder dan 100 cm diepte genomen werden, het $CaCO_3$-gehalte inderdaad veelal beneden 1 % blijft; daartegenover staat, dat bij zeer vele monsters (TuVe-Zuid) op grotere diepte (150—210 cm) kalkgehalten voorkomen die 6 % bereiken. In het gebied van het TuVe-Noord onderzoek komen ook dergelijke gevallen voor; hier werden plaatselijk schelpenlagen geconstateerd. Rijnsburg heeft een gemiddeld gehalte van 4.9 % en Bennebroek laat, ongeacht of de monsters van boven- of ondergrond genomen werden, een vrij hoog gehalte van gemiddeld 3.7 % zien.

Uit een en ander blijkt, dat de door FABER geciteerde opvatting in het algemeen wel geldt voor oppervlakte-zanden, al zijn ook hier door een sterk ontkalkende begroeiing wel uitzonderingen bekend. Beneden het grondwaterniveau kan oud duinzand echter evenzeer kalkhoudend zijn als jong duinzand. De ontkalking heeft zich in hoofdzaak beperkt tot de bodemlagen boven het grondwaterniveau.

2. JONG DUINZAND

Toen DE VRIES aan de hand van de bestaande gegevens een karakteristiek van oud duinzand gegeven had, werd eens te meer de behoefte gevoeld om nu ook tot een karakteristiek van jong duinzand op grond van korrelgrootte-analyses te komen. De wenselijkheid daartoe werd reeds in „De Granulaire Samenstelling . . ." geuit.

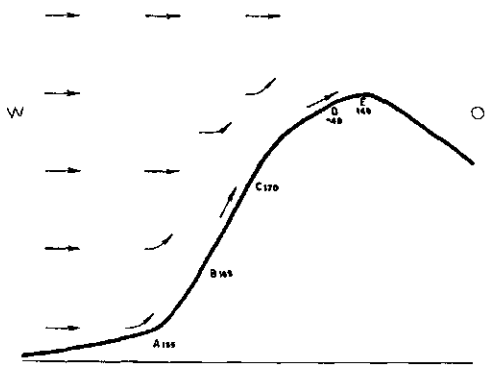


FIG. 2. Schematische doorsnede van het bemonsterde duin Z van IJmuiden. Het bij C bemonsterde zand heeft de hoogste M-waarde.

FIG. 2. *Schematic section through the dune sampled S of IJmuiden. Numbers indicate* M-*values of the samples collected at* A, B, C, D *and* E. *The sand at* C *has highest* M-*value.*

In aansluiting op veldwerk in de omgeving van de tunnelput bij Velsen werd op instigatie van DE VRIES door de veldassistent H. J. MEYER een monsterneming in de duinen tussen IJmuiden en Zandvoort verricht (24 monsters).

Naar aanleiding van een na het verschijnen van DE VRIES' „Granulaire Samenstelling . . ." gevoerde correspondentie tussen DE VRIES en Dr D. J. DOEGLAS over het vrij hoge gehalte aan deeltjes $< 75\ \mu$ en $< 105\ \mu$ in de door DE VRIES genoemde monsters, werden van DOEGLAS enige duinzandmonsters ontvangen afkomstig van het landgoed „Duin en Kruidberg" nabij Santpoort. Het percentage deeltjes $< 105\ \mu$ bleek in deze monsters klein te zijn (1.5—3.2 %), zodat het hogere gehalte dat DE VRIES in oud duinzand vond, en waarover DOEGLAS zich verbaasde, geweten moet worden aan het feit, dat de

FIG. 3. Distributiegrafiek van de gemiddelde samenstelling van een aantal monsters jong duinzand. A = IJmuiden; B = Castricum; C = Castricum, iets fijner type; D = Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden (M = 227—259).

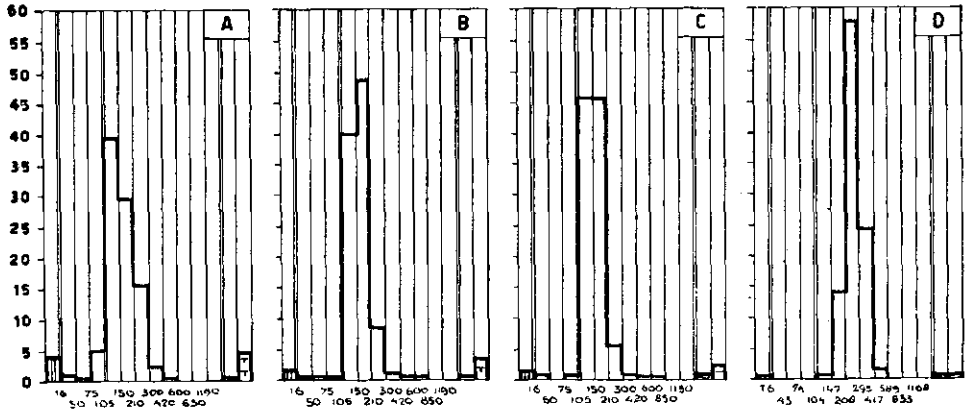


FIG. 3. *Distribution graphs showing the average composition of samples of young dune sand.* A = *IJmuiden;* B = *Castricum;* C = *Castricum, somewhat finer type:* M-*value of* 152 *to an average for this locality of* 163; D = *Zealand and South-holland islands* (M-*value varying from* 227 *to* 259).

monsters die KALISVAART, DE VRIES en ZUUR (Bennebroek) bestudeerden, alle bouwvoormonsters waren. De analyse resultaten van de monsters van Duin en Kruidberg [3] zijn mede in deze studie gebruikt. Behalve deze voor dit doel genomen monsters zal bij de hiernavolgende beschrijving gebruik gemaakt worden van analyseresultaten van voor andere doeleinden genomen jong duinzand-monsters, zoals die van de lysimeter-installatie van het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noordholland bij Castricum [34] en 11 monsters door Dr. J. F. STEENHUIS genomen op punten in het duingebied, die van belang waren voor de drinkwatervoorziening. Ook een enkel monster uit Haamstede, dat bij het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen [1] als praktijkmonster binnenkwam, wordt in dit onderzoek betrokken.

De monsters uit het duin ten Z. van IJmuiden leveren goed materiaal om een idee te krijgen van de variatie in korrelgrootte-verdeling, die op een bepaalde plaats aan de kust maar op verschillende plaatsen in het duin, kan voorkomen. Deze monsters werden alle dicht aan de oppervlakte genomen; aan de loefzijde (Westkant) van het duin is een toenemende grofheid tot op $\frac{2}{3}$ van de hoogte waar te nemen, terwijl het zand, dat op en dicht bij de top werd verzameld, fijner is. De windsnelheid zal door de duinwand plaatselijk enige veranderingen kunnen ondergaan. Zo zal de windsnelheid ongeveer bij punt C (zie fig. 2) relatief het grootst zijn, omdat daar de ophoping van de aankomende luchtmassa het grootst is: er treedt hier een vernauwing op, die bij D, waar de duinhelling geringer is, gevolgd wordt door een verwijding. De gevonden waarden van het M-cijfer voor de oppervlaktemonsters mogen in de verandering van de windsnelheid, langs het oppervlak, een verklaring vinden: de M-cijfers van de monsters verzameld bij A, B, C, D en E zijn resp. 155, 165, 170, 148 en 149. De monsters op 10—20 cm diepte genomen vertonen dit verschijnsel niet; hierbij treedt slechts een afname met de hoogte op, voor A, B, C, D en E resp. 178, 158, 160, 151 en 158.

Dat de windsnelheid in de luchtlaag onmiddellijk grenzend aan het bodemoppervlak geringer is dan op enige afstand daarvan verwijderd, kan hier buiten beschouwing blijven omdat hier slechts met relatieve windsnelheden gerekend wordt. Wanneer de windsnelheid op 2 m van het oppervlak in C groter zal zijn dan in A, zal ook de windsnelheid in de onderste 10 of 20 cm groter zijn dan die in A. Mogen we uit de cijfers van de op andere plaatsen genomen monsters niet direct een conclusie betreffende de vorming kunnen trekken, zij leveren ons toch wel een aanwijzing omtrent de mogelijke variatie, die in een bepaald duingebied kan optreden. Zo zien we bij alle monsters, zowel voor de boven- als ondergrond (uitgezonderd de beide stuifrichelmonsters), dat de hoge top, van $\pm$ 40 %, in de distributiegrafiek (Fig. 3, A) ligt in de subfractie 105—150 μ. Het gemiddelde M-cijfer bedraagt 157, met 147 en 178 als uitersten.

De stuifrichelmonsters tonen een top in 150—210 μ en 210—300 μ met M-cijfer van resp. 173 en 231. De zanden vormen echter, gelet op de monsterplaatsen met zeer verschillende ligging, een tamelijk eenvormig gezelschap van sterk gesorteerde zanden. Zij tonen een gehalte $< 105\ \mu$ en $> 300\ \mu$ van resp. 5.4 % en 2.8 % (het stuifrichelmonster van de top van het duin er niet in betrokken), dus zanden met 92 % van de korrels tussen 105—300 μ.

[1] In het vervolg zal de naam van deze instelling afgekort worden tot B.L.

Het koolzure-kalkgehalte varieert van 2.8 tot 9.8 %, met 4.3 % als gemiddelde. Het humusgehalte is laag (0.1—0.6 %).

Het ware nu, gezien de resultaten van de analyses van de aldus genomen monsters, wel wenselijk om eens laagje voor laagje te bemonsteren; de dikte van de laagjes zou dan zeer gering moeten zijn. Er zou dan wellicht een meer gefundeerde mening omtrent de korrelgrootte-verdeling van het zand in verband met zijn ligging naar voren kunnen worden gebracht.

Een 34-tal monsters uit de duinen bij Castricum, bij de aanleg van de lysimeter-bakken genomen, zowel van grond in als buiten de bakken, levert een sterk gesorteerd, zeer eenvormig gezelschap. De top in de distributiegrafiek (Fig. 3, B) ligt bij alle monsters bij 150—210 μ, behalve in het fijnste monster, met M = 152 waar 105—150 μ en 150—210 μ van gelijke grootte zijn (Fig. 3, C). Het gemiddelde M-cijfer voor 34 monsters bedraagt 163, met 152 en 175 als uitersten. Het gehalte aan deeltjes < 16 μ beweegt zich tussen 1 en 2 % met éénmaal 6 en éénmaal 9 % als uitzonderingen. Het koolzure-kalkgehalte wisselt tussen 1 en 5 % sterk; enkele monsters (die met 6 en 9 % deeltjes < 16 μ) bevatten 7.6 en 20.8 %. Het humusgehalte blijft voor 30 van de 34 monsters beneden 1 %; de 4 overige bereiken waarden van 10 en 11 %.

De door DOEGLAS genomen monsters van het landgoed „Duin en Kruidberg", nabij Santpoort, zijn sterk gesorteerde zanden met 105—150 μ als meest aanwezige subfractie. De mediaanwaarde heeft een gemiddelde van 154, met 144 en 171 als uitersten. Het koolzure-kalkgehalte bedraagt gemiddeld 4.1 % en het humusgehalte overschrijdt 0.4 % niet.

De monsters van verschillende duinterreinen tussen Walcheren en Bergen aan Zee, door STEENHUIS ingezonden, geven een gelegenheid om de korrelgrootte van het duinzand in verband met de ligging van de monsterplaats aan de kust te beschouwen. Waar het gehalte aan deeltjes < 16 μ en ook het fijn zand bestanddeel 16—75 μ met slechts zeer kleine gehalten aanwezig is, hebben we in het M-cijfer een goed punt ter vergelijking. Het zand, dat op Walcheren (bij Biggekerke en Oranjezon), Schouwen (Wester-Schouwen) en Goeree en Overflakkee (W.-punt Goeree) bemonsterd werd, behoort tot de meest grove; hiervan werden M-cijfers berekend van 227, 259, 241 en 234 met de resp. U-cijfers 47, 40, 44 en 46. Dan volgen langs de kust noordwaarts gaande tot Castricum een aantal zanden met M-cijfers tussen 170 en 190, met een hoge waarde van 218 voor het zand van de Leidse duinwaterleidingmaatschappij ten Z. van Katwijk, om als meest noordelijke monster een zand uit het duin bij Bergen met M = 223 aan te treffen.

De vier zuidelijke monsters tonen een distributiegrafiek (Fig. 3, D) met een hoge steile top in de subfractie 208—295 μ.

Bij de meer noordelijk gelegen monsters wordt de top gevormd door 147—208 μ. De grootte van de subfractie 208—295 μ vertoont, gaande van Walcheren naar Bergen, evenals we dat bij het M-cijfer zagen, behoudens bij het grovere monster ten Z. van Katwijk, een dal van Voorne tot Castricum. In hoeverre deze monsters voor de betreffende gebieden representatief zijn, kunnen we nu nog niet beoordelen. Onze kennis van de variatie, die we in het duin van IJmuiden verkregen, staat echter niet toe, dat we in het algemeen tot een afname van de korrelgrootte, gaande van Zuid naar Noord, zoals vroeger wel eens verondersteld is, zouden moeten concluderen.

Het M-cijfer van het monster uit het duin bij Castricum stemt niet zeer overeen met dat der lysimeterzanden. Hetzelfde kan gezegd worden van het monster Wester-Schouwen, op de grens van de gemeenten Haamstede en Burgh genomen, met een M-cijfer van 241, en een monster uit het duingebied van Haamstede, dat bij het B.L. binnenkwam met een M-cijfer van 201. In beide gevallen, zowel bij Castricum als bij Haamstede was er echter sprake van een geheel andere monsterplaats (de monsters van STEENHUIS zijn genomen aan het strand of er dicht bij, de andere meer aan de landzijde van het duingebied).

Het gehalte aan deeltjes $< 16\ \mu$ is bij alle monsters zeer klein; het overschrijdt de 1 % niet. Het koolzure-kalkgehalte is zeer wisselend, het varieert van 0 in Bergen tot 6.2 % in Vogelenzang.

De Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden echter tonen een kalkgehalte, dat de 3 % niet overschrijdt en dat daarmede beneden het gemiddelde percentage van de jonge duinzanden uit Zuid- en Noordholland blijft. FABER (4) oppert in dit verband de mogelijkheid, dat op die plaatsen, waar het oude duinzand is verdwenen de jonge duinen zijn opgebouwd uit de afbraakproducten van de reeds ontkalkte oude duinen. De Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden zijn zulke plaatsen; hier komt het oude duinzand ten minste niet aan de oppervlakte voor. De vroegere duinen liggen hier W. van de tegenwoordige kust. Wij zijn echter van mening, dat FABER's opvatting ook voor het overige deel van de Nederlandse kust geldt.

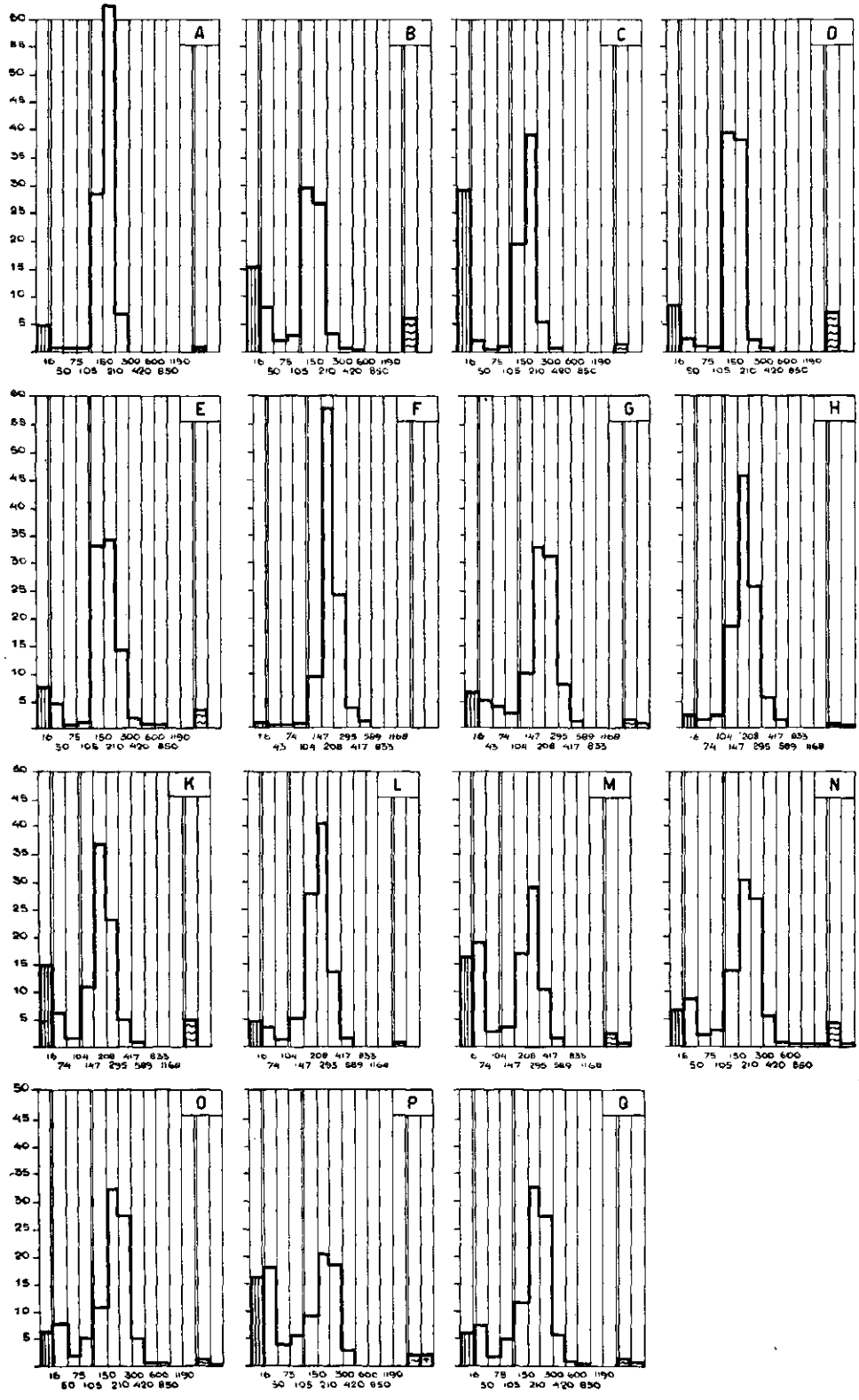
In het monster uit het duingebied van Haamstede, waarvan hier boven sprake was, vinden we de top in de distributie-grafiek bij de 210—300 μ subfractie. Door een aanzienlijk gehalte van de korrelgrootten tussen 105 μ en 210 μ ligt echter het M-cijfer niet hoger dan 201.

Bij de monsters, die KALISVAART van het Koegras-gebied noemt, zijn enkele jonge duinzanden uit het meest noordelijke deel van het gebied (B4472—4477)[1]. 147—208 μ is hier de meest aanwezige subfractie; het M-cijfer schommelt om 175 (U-cijfer = 60). Het koolzure-kalkgehalte is voor 4 van de 6 monsters nihil, éénmaal 0.2 % terwijl voor één ondergronds monster (50—90 cm) het gehalte 1.0 % bedraagt.

Uit het bloembollengebied tussen Haarlem en Leiden werden jonge duinzanden onderzocht uit het gebied N. van Katwijk en W. van Overveen. Dit zijn zanden, die weinig verschil in hun korrelgrootte-verdeling vertonen. Beide zijn sterk gesorteerd met 147—208 μ als meest aanwezige subfractie, en M-cijfers van resp. 197 (U = 52) en 202 (U = 51). Het koolzure-kalkgehalte bedraagt hier 2.2 en 6.1 %.

De analyse-resultaten, die VAN STEYN in „Duinbebossing" geeft, wijken nogal sterk af van alle zo juist besprokene. Er wordt hier in bijna alle gevallen een hoge en steile top in 196—273 μ aangetroffen. Behalve voor Ameland, waar een M-cijfer van 192 berekend werd, liggen alle M-waarden boven 200. Deze algemeen grote verschillen met de hierboven besproken analyses — de zanden die VAN STEYN noemt zijn alle aanmerkelijk grover — vinden een verklaring in de geringere desintegratie die bij de voorbehandeling van het monster werd teweeg gebracht. De monsters werden door het voormalige

[1] Nummers voorafgegaan door B duiden op de bij het Bodemkundig Instituut ingeschreven monsters.


A
B
C
D
E
F
G
H
K
L
M
N
O
P
Q

Rijksbosbouwproefstation geanalyseerd; de bij alle bovengenoemde analyses gebruikelijke voorbehandeling met HCl en H_2O_2 bleef in deze gevallen achterwege. De cijfers zijn dus niet zonder meer vergelijkbaar.

De opgesomde kenmerken resumerend, komen we tot de slotsom, dat jong duinzand sterk gesorteerd zand is, met een vrij aanzienlijke variatie in korrelgrootte. De mediaanwaarden van jong duinzand lopen met de ligging van de plaats van monsterneming aan de kust vrij sterk uiteen. Er is, mede door het geringe aantal analyses, dat van de verschillende punten langs de kust beschikbaar is, geen sprake van een verband tussen korrelgrootte, korrelverdeling en plaats aan de kust. Het gemiddelde M-cijfer voor de monsters van onderzoekingen tussen Santpoort en Castricum bedraagt 154, 157 en 163, dus cijfers die beneden de gemiddelden van oud duinzand liggen. Het kalkgehalte bedraagt in het algemeen omstreeks 4 %.

3. Jong zeezand

Naast de door Kalisvaart gegeven analyseresultaten van monsters afkomstig uit de Anna-Paulownapolder, de Zijpe en het Koegras, is er in de laatste jaren door onderzoek van monsters in verband met de phaenologische waarnemingen aan bolgewassen (Breezand [4], Eierland [1] en Naaldwijk [4]) en door onderzoek van monsters ten behoeve van ruilverkavelingen op Ameland [21] en Terschelling [24], enig nieuw materiaal ter beschikking gekomen. Dit materiaal is voor het overgrote deel uit de omgeving van de Waddenzee afkomstig, zodat ons overzicht tot dit gebied beperkt moet blijven.

Het jonge zeezand, dat we uit de analyses van de monsters van Terschelling leerden kennen (2), is een sterk gesorteerd zand met de subfractie 150—210 μ in belangrijke mate aanwezig (tot 64 %) (Fig. 4, A). Daarnaast wordt 105—150 μ in een vrij constante hoeveelheid aangetroffen; de meeste waarden liggen tussen 25 en 32 %, met 7 en 36 % als uitersten.

Het opvallende verschil met het oude en jonge duinzand is het voorkomen, in vele monsters, van een bijmenging van fijnzandige klei. Het gehalte deeltjes < 16 μ wisselt sterk; het varieert van 0 tot 30 %.

In de meeste monsters gaat een bepaald gehalte aan deeltjes < 16 μ vergezeld van een zekere hoeveelheid uiterst fijn zand (16—50 μ), welke beide

---

Fig. 4. Distributiegrafieken van de gemiddelde samenstelling van een aantal monsters jong zeezand. A, B en C = Terschelling, monsters met een verschillende bijmenging fijnzandige klei of alleen klei (C), D = Ameland; E = Eierlandse polder, Texel; F = Zuid-Texel; G = Breezand; H en K = Koegras; L en M = Zijpe; N, O, P en Q = uit een profiel in de Proeftuin Naaldwijk (N = 0—25 cm, O = 25—50 cm, P = 50—75 cm en 75—100 cm onder maaiveld).

Fig. 4. *Distribution graphs showing the average composition of a number of samples young marine sands.* A, B *and* C = *Terschelling, samples with a different admixture of silt or clay* (C); D = *Ameland;* E = *Eierland Polder, Texel;* G = *Breedzand (North-holland);* H *and* K = *Koegras (North-holland);* L *and* M = *Zijpe (North-holland);* N, O, P *and* Q = *from a profile at the Experiment station Naaldwijk,* N = 0—25 *cm,* O = 25—50 *cm,* P = 50—75 *cm and* Q = 75—100 *cm below the surface. For situation of the North-holland polder areas see fig.* 5.

subfracties de hoofdportie van de bijgemengde fijnzandige klei vormen (Fig. 4, B).

Er zijn echter ook gevallen waar een aanzienlijk percentage aan afslibbare delen niet vergezeld is van een fijnzand-gehalte. Dit zien we bijv. in fig. 4, C waar een gehalte van 30 % $< 16\ \mu$, slechts 2 % 16—50 μ naast zich vindt.

Koolzure kalk werd in deze zanden niet of in slechts minimale hoeveelheid aangetroffen. Het humusgehalte varieert tussen 1 en 10 %; een enkel monster venig zand bevat 31 %.

Het M-cijfer geeft voor verscheidene monsters door de bijmenging van fijnzandige klei geen juist idee van de fijnheid van het matig fijne bestanddeel. Daarom werden voor de berekening van het gemiddelde M-cijfer alleen die monsters gekozen met minder dan 10 % afslibbaar. Het gemiddelde M-cijfer bedraagt dan 164, met 143 en 173 als uitersten. We hadden ook het M_{50}-cijfer, dat is de mediaan van de korrelgrootte-verdeling van de deeltjes grover dan 50 μ kunnen berekenen. Aangezien we echter in de volgende bladzijden toch nog op het vergelijken van de verschillende monsters met en zonder fijnzandige klei-bijmenging zullen terugkomen, gaan we daarop hier nog niet nader in.

Het onderzoek van monsters ten behoeve van de ruilverkaveling de Mieden, gemeente Nes, Ameland, door het B.L. (1) verschaft ons een inzicht in de samenstelling van een groep eenvormige, zeer sterk gesorteerde zanden (Fig. 4, D). De zanden bestaan voor gemiddeld 79 % (met uitersten van 59 en 90 %) uit korrels tussen 105 en 210 μ. Daarnaast komt een sterk wisselend gehalte (van 2—13 %) aan deeltjes $< 16\ \mu$ voor.

De schommelingen in het M-cijfer rond een gemiddelde van 144, met 132 en 150 als uitersten, vinden bij een vrijwel gelijk zijn van de zandfractie dan ook hun oorzaak in de min of meer grote bijmenging van fijnzandige klei. Evenals bij de zanden van Terschelling is het koolzure-kalkgehalte zeer gering. Het humusgehalte wisselt van 1—26 %.

Van Texel zijn uit KALISVAART's publicatie en uit het Phaebo-onderzoek een aantal sterk gesorteerde zeezanden bekend geworden. Het monster uit de Eierlandse Polder bevat in 7.4 % deeltjes $< 16\ \mu$ en 4 % deeltjes tussen 16 en 50 μ, zeer waarschijnlijk een geringe bijmenging van jonge zeeklei (Fig. 4, E).

De zanden van KALISVAART, uit het zuidelijk deel van Texel, zijn grofkorreliger ($M = \pm 185$; $U = 55$) dan die uit de meer noordelijk gelegen Eierlandse Polder ($M = 155$; $U = 75$).

Dit wordt niet alleen veroorzaakt door de waarschijnlijke bijmenging van jonge zeeklei, maar ook door een grotere fijnheid van de zandfractie zelve in het Eierlandse monster. In de monsters van KALISVAART vormt 147—208 μ een top met de subfractie 208—295 μ als op één na de grootste (Fig. 4, F); in het monster uit Eierland ligt weliswaar de top ook in het gebied 150—210 μ, maar daarnaast treedt 105—150 μ in bijna gelijke mate op.

In hoeverre hier van een wezenlijk verschil in korrelgrootte in verband met de aanvoer van het materiaal en de plaats van sedimentatie ten opzichte van het duin sprake is, mag uit deze weinige gegevens niet beoordeeld worden. Daartoe zou de studie van een meer uitgebreid materiaal, met daaraan volgend laboratoriumonderzoek nodig zijn.

Uit de polder het Breezand (noordelijk gebied van de Westpolder, Anna-Paulownapolder) zijn ons uit de publicatie van KALISVAART en door de uitkomsten van de granulometrische analyses ten behoeve van het Phaebo-onderzoek enige zeezanden bekend geworden. Deze zanden vertonen voor het merendeel een top in de subfractie 150—210 μ (of 147—208 μ). De bijmenging van fijnzandige klei is in de monsters van KALISVAART van enige betekenis (maximaal 5.7 % deeltjes $< 16\ \mu$). De zanden vertonen niet zulk een hoge en steile top in de distributiegrafiek (Fig. 4, G) als die van Terschelling, doordat ook de subfracties 75—150 μ (resp. 74—147 μ) en 210—300 μ (resp. 208—295 μ) in aanzienlijke mate aanwezig zijn. Zowel koolzure kalk als humus zijn met een gehalte van $\pm$ 1 % in slechts geringe hoeveelheid aanwezig.

De M-cijfers van KALISVAART's monsters, afkomstig van een betrekkelijk groot gebied, variëren van 137 tot 192, de U-cijfers van 106 tot 60. Die van het Phaebo-onderzoek lopen uiteen van 151 tot 163 (U-cijfers van 72 tot 66).

De zanden uit de polder het Koegras, die door KALISVAART op hun granulaire samenstelling onderzocht zijn, zijn zanden met, wat de zand-subfracties betreft, dezelfde korrelgrootteverdeling: een top in 147—208 μ met een iets grotere 208—295 μ dan 104—147 μ en een gemiddeld M-cijfer van 180 en U-cijfer van 58 (Fig. 4, H). Alleen een bijmenging van jonge zeeklei geeft aan het bouwvoormonster veelal een ten opzichte van de ondergrond relatief hoog gehalte aan deeltjes $< 16\ \mu$; dit gehalte blijft meestal beneden 6 %, maar kan ook op enkele plekken 11 en 18 % bereiken (Fig. 4, K).

Het koolzure-kalkgehalte is in de ondergrond (50—90 cm) het hoogst, maar komt toch niet hoger dan 1.2 %. Humus treffen we hoofdzakelijk in de bouwvoor aan; hier wordt een gehalte van 3—5 % tegen 0.2—0.5 % in de ondergrond gevonden.

De jonge zeezanden uit de Zijpe laten, evenals we hierboven van Koegras zagen, voor het gehele gebied eenzelfde korrelgrootte-verdeling zien. De verhouding der zand-subfracties, een top in 208—295 μ met een in de distributiegrafiek voor alle monsters ongeveer even hoge linkerschouder in 147—208 μ (Fig. 4, L), zien we ook nog in de monsters die ten oosten van het jonge zeezand-gebied, in de zandige zeeklei ($\frac{\text{I 10 K}}{\text{I 14 Z}}$ op blad 14 III van de Geologische Kaart) genomen werden (Fig. 4, M).

Deze monsters laten we hier weliswaar buiten beschouwing — we beperken ons hier alleen tot de zanden — maar door de samenstelling van de zandfractie is de identiteit van de betreffende monsters vastgesteld; de algemeenheid van deze subfractieverdeling ook in de met fijnzandige klei gemengde zanden blijkt dus voor het gehele gebied van de Zijpe kenmerkend te zijn.

De zanden van dit gebied zijn de grofkorreligste die we tot nu toe ontmoet hebben. Het gemiddelde M-cijfer bedraagt 221, het gemiddelde U-cijfer is 57.

Het gehalte aan deeltjes $< 16\ \mu$ wisselt voor de bouwvoormonsters tussen 4 en 8 %; van de diepere lagen bedraagt dit meestal omstreeks 3 %.

Koolzure kalk werd in slechts enkele monsters in een vrij hoog percentage van 7 à 8 % aangetroffen; waarschijnlijk bevonden zich hier schelpenlaagjes in het zand. In alle andere monsters werd in het geheel geen koolzure kalk aangetoond.

De monsters uit een profiel in de proeftuin te Naaldwijk (Phaebo-onderzoek)

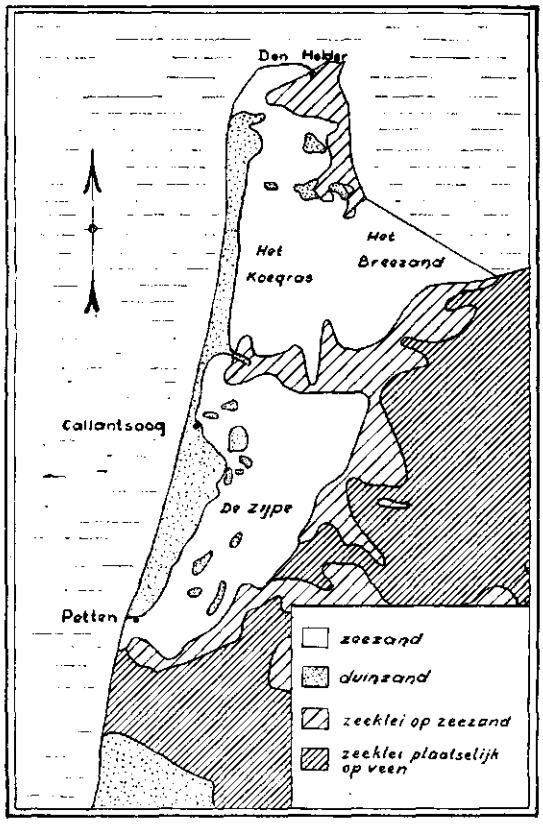


FIG. 5. Geologische schetskaart van noordelijk Noordholland, vereenvoudigd naar de Geologische Kaart.

FIG. 5. *Geological sketchmap of northern North-holland, simplified after the Geological Map.*
blank = young marin esand;
dotted = dune sand;
shaded = young marine clay on marine sand or peat.

tonen, dat van 0—25 cm en 25—50 cm en dieper dan 75 cm vrijwel identieke zanden voorkomen. Het M-cijfer van deze monsters bedraagt 177, 178 en 180; het U-cijfer resp. 90, 85 en 85. Ook in het tussenliggende monster werd dezelfde subfractie-verdeling van de zandfractie waargenomen, top in 150—210 μ met in de distributiefiguren een hoge rechterschouder (210—300 μ) (Fig. 4, N, O, P en Q); de sterke afwijking in M- en U-cijfer (M = 126, U = 135) wordt hier veroorzaakt door een bijmenging van fijnzandige klei, die ook in de andere monsters wel aanwezig is, maar in de laag van 50—75 cm in veel ruimere mate voorkomt (16.5 % deeltjes $< 16\ \mu$).

Het koolzure-kalkgehalte is in het kleihoudende monster het grootst (1.9 %)

Voor noord Noordholland zien we dus het gebied van de Zijpe met een betrekkelijk grof zeezand (M = 221), met de N en NO daarvan gelegen gebieden van het Koegras en het Breezand met gemiddelde M-cijfers van resp. 180 en 163. Een blik op de Geologische Kaart van Nederland (14 Medemblik, kwartbladen I en III) (Fig. 5) roept het beeld voor ogen, dat het jonge zeezand bij Petten het „land" instroomde en in het gebied direct achter de kust (De Zijpe) zijn grofste korrels verloor om de fijnere bestanddelen nog verder mede te nemen en daar tenslotte de zanden van Koegras en Breezand af te zetten.

Weliswaar komt het zeezand ook buiten de genoemde poldergebieden voor, zij het daar onder een bedekking van jonge zeeklei, maar dit verandert aan het essentiële van het te voorschijn geroepen beeld niets.

De beide zeezandgebieden aan de oostzijde van Terschelling en Ameland blijken, naar het M-cijfer, van een verschillende fijnheid te zijn. De zanden „achter" (ten opzichte van de zee) Terschelling blijken iets grover (gemiddeld M-cijfer van 164) dan die van Ameland te zijn (gemiddeld M-cijfer van 144). In een correspondentie naar aanleiding hiervan tussen DE VRIES en Dr Ir J. VAN VEEN, hoofdingenieur van de Rijkswaterstaat te 's-Gravenhage, werd door DE VRIES de vraag gesteld, of uit de kracht van de zeestromingen af te leiden zou zijn, dat inderdaad achter Terschelling grover materiaal verwacht kan worden dan achter Ameland. Omtrent de richting en kracht van de zeestromingen, ten tijde van de afzetting van dat jonge zeezand, blijkt niet voldoende bekend te zijn om op grond daarvan een meer beschut liggen van de oostkant van Ameland en tengevolge daarvan een fijner sediment te verwachten. De mogelijkheid, door VAN VEEN geopperd, dat hier wellicht van een invloed van vroeger land tussen Ameland en Friesland sprake zou zijn, lijkt ons zeer redelijk. De aanwezigheid van dit land zou dan remmend op de zeestromingen gewerkt kunnen hebben terwijl veel fijn materiaal vrij kwam door vernieling van land. De aard van dit vernielde land is ons niet bekend. Ons is wel uit onderzoekingen in soortgelijke gebieden bekend, dat deze wad-afzettingen zeer fijn zijn.

In het volgende hoofdstuk komen we bij de bespreking van jong zeezand op de zanden van Terschelling en Ameland terug.

III. DE GRAFISCHE VOORSTELLING VAN DE ANALYSE-RESULTATEN

1. De distributie-grafiek

Bij de studie van de granulometrische samenstelling van grondsoorten, in het algemeen van sedimentaire gesteenten, dient in vele gevallen een antwoord gegeven te worden op de vragen, welke korrelgrootte(n) door de natuur werd(en) uitgekozen en in welke mate dit geschiedde. In de voorgaande bladzijden hadden we ter beantwoording van deze vragen een zeer goede hulp aan de distributiegrafieken, die ons door de ligging van de top en de hoogte ervan in één oogopslag een indruk verschaffen van de mate, waarin de door de analyse gegeven zandsubfracties bij het sorteringsproces werden uitverkoren. Bij de bepaling van het M-cijfer, hetgeen geschiedt door te meten op welk punt in de sommeringsgrafiek de 50 % lijn de sommeringscurve snijdt, geeft, wanneer een zand niet symmetrisch gebouwd is (dus aan beide zijden van de grootste fractie een ongelijke hoeveelheid materiaal bezit) of wanneer door een tweetoppigheid in de distributiegrafiek van een menging van twee bestanddelen (zoals van fijnzandige klei en matig fijn zand bij de jonge zeezanden) sprake is, het M-cijfer een korrelgrootte aan, die in werkelijkheid niet de betekenis heeft die men geneigd is er aan toe te kennen. Bij een der monsters jong zeezand uit Naaldwijk (fig. 4, P) zagen we een menging van fijnzandige klei met een matig fijn zand. Het matig fijne zand vertoont in dit monster dezelfde subfractieverdeling als in de andere monsters, maar is door een aanzienlijk gehalte fijnzandige klei relatief in mindere mate aanwezig. Het M-cijfer van dit monster (= 126) wijkt zeer veel af van dat der andere overigens identieke zanden (M-cijfers van 177, 178 en 180).

Dit alles kon direct uit de distributiegrafiek worden afgelezen. Het is hier wellicht de plaats om enige opmerkingen te maken over de distributiegrafiek. Als voorbeelden namen we een paar monsters, beide mengingen, het ene van fijnzandige klei met een matig fijn zand (het geval, dat we bij de jonge zeezanden herhaaldelijk zagen), het andere stelt een matig tot middelgrof zand voor met een gelijke bijmenging van fijnzandige klei (Fig. 6). De relatieve fractieverdeling is voor beide bestanddelen dezelfde; beide zanden zijn in dezelfde mate gesorteerd, alleen de korrelgrootte is verschillend. Beelden we deze zanden af in een distributiegrafiek (Fig. 7), waarin we op de abscis niet de logarithmen van de korrelgrootten maar de korrelgrootten zelf afzetten en het gehaltecijfer van iedere subfractie aangegeven wordt door het oppervlak van het desbetreffende blok, dan krijgen we voor de beide zanden, die alleen in korrelgrootte verschillen, een zeer verschillend beeld. In de grafiek, waarin op de abscis de logarithmen van de korrelgrootte worden afgezet, hebben de kolommen, wanneer de grenzen van de subfracties zich alle gelijk verhouden ($1 : \sqrt{2}$ in ons geval), gelijke bases. Het percentage van de verschillende subfracties wordt dan dus direct door de hoogte van de kolommen voorgesteld. Dit feit nu is een groot voordeel, vooral bij een sterk visuele voorstelling als

FIG. 6. Distributiegrafiek met logarithmische indeling van de abscis. A = matig fijn zand met bijmenging van fijnzandige klei; B = matig tot middelgrof zand met bijmenging van fijnzandige klei.

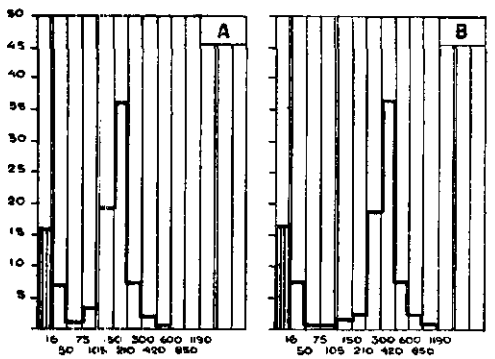


FIG. 6. *Distribution graph with abscis on logarithmic scale.* A = *medium fine-grained sand with an admixture of sandy clay* (0—50 μ) B = *somewhat coarser sand with an admixture of sandy clay* (0—50 μ).

FIG. 7. Distributiegrafieken van dezelfde monsters A en B, uit fig. 6; op de abscis zijn de korrelgrootten afgezet. Het gewichtspercentage van de verschillende subfracties vindt uitdrukking in de grootte van het oppervlak van de kolommen. Ook langs de ordinaat zijn micra afgezet.

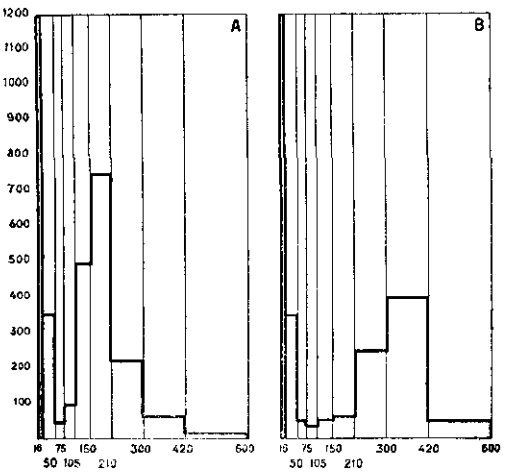


FIG. 7. *Distribution graphs of samples* A *and* B, *from fig.* 6; *on the abscis grainsizes, on the ordinate micra. The weight percentages of the different subfractions is expressed by the surface area of the bars.*

deze, boven de afzetting van de directe korrelgrootte op de abscis. Immers, de vorm van de distributiefiguur (hetzij als blok-, hetzij als lijnfiguur) hangt uitsluitend en alleen af van de relatieve korrelgrootte-verdeling; de absolute korrelgrootte speelt hierbij geen rol. Dit feit stelt ons dus in staat om van meerdere monsters de mate van sortering, twee-toppigheid en dergelijke, kortom de essentiële kenmerken van een sediment, te vergelijken. In de distributiegrafiek komt de absolute korrelgrootte slechts tot uiting in de plaats van de kromme of van de blokken, nl. of deze meer naar de linker- of naar de rechterzijde van de figuur verschoven is. Bij de logarithmische indeling van de abscis kan men de problemen, die er omtrent de absolute korrelgrootte bestaan, dus scherp scheiden van de problemen der korrelgrootte-verdeling.

Bij de logarithmische indeling van de abscis komt de symmetrische variatiecurve naar voren; dit feit toont aan, dat bij het sorteren in de natuur de variabele grootheid de logarithme van de korrelgrootte is. Het gebruik van de logarithmen van de korrelgrootte is dus veel natuurlijker dan het gebruik van de directe korrelgrootte.

2. De grafische methode van Gry

Bij de beantwoording van de bovengestelde vraag: welke korrelgrootte in het bijzonder bij het sorteringsproces door de natuur werd uitgezocht, vergenoegt de Deense onderzoeker Gry (5) zich er niet mee te zeggen, dat een bepaalde subfractie het meest aanwezig is, al of niet met de bijvoeging of de naast grovere en fijnere fracties in min of meer sterke mate aanwezig zijn (hogere of lagere linker of rechter schouder in de distributiefiguur). Gry bepaalt uit de door de analyse gegeven percentages van de subfracties de maxima en minima der aanwezige korrelgrootten.

De korrelgrootte-maxima worden nauwkeurig aangegeven; wij dienen deze echter op te vatten als slechts bij benadering waarschijnlijk. Men dient er zich immers, bij het gebruik van de analyse-resultaten, steeds van bewust te zijn, dat iedere stap om uit de gegevens van de analyse nadere „bepalingen" te doen, met een praedicaat „waarschijnlijk" dient te worden voorzien. Deze waarschuwing moge er echter niet toe leiden de pogingen van Gry als niet verantwoord te betitelen. Gry verkiest slechts de meest aanwezige korrelgrootte(n) boven de mediaanwaarde. We zagen reeds bij het monster uit Naaldwijk van hoe weinig betekenis het M-cijfer kan zijn. Nu kunnen we wel, bijv. bij de Naaldwijk-monsters, de invloed van een kleibijmenging ontgaan door niet de mediaanwaarde van alle minerale delen te nemen, maar bijv. alleen die voor de deeltjes grover dan 16 μ (M_{16}) of grover dan 50 μ (M_{50}). (Dit is reeds het geval bij het gebruik van het U-cijfer, in de berekening waarvan alleen de zandfractie betrokken wordt). Men rekent dan de percentages der minerale delen grover dan 16, 50 . . . μ om op 100, sommeert en bepaalt uit de sommeringskromme de mediaanwaarde. Dit is in het geval van de Naaldwijk-monsters ook zeer wel mogelijk. Wanneer we echter met mengingen van bijv. matig fijn met middelgrof zand te maken hebben, komen we er op die wijze niet; het M-cijfer is dan een grootheid van slechts geringe betekenis. Bij de bepaling van het M-cijfer worden dus in die gevallen te veel deeltjes in beschouwing genomen. Bij de bepaling van de „meest aanwezige korrelgrootten" zijn we er uitsluitend op gespitst om die korrelgrootten aan te wijzen die door de natuurlijke sorteringsproeven in het betreffende sediment zijn opgehoopt.

Gry gaat er van uit, dat in het algemeen het midden van de meest aanwezige subfractie niet zal samenvallen met de meest aanwezige korrelgrootte. Dezelfde distributiegrafiek, als boven beschreven, dus die met de logarithmische indeling van de abscis wordt gebruikt. Bezien we van een bepaald monster distributiegrafieken met verschillende subfractie-indeling, getekend naar de analyse-resultaten, met daarin aangegeven de meest aanwezige korrelgrootte, dan blijkt, dat in die gevallen, waarin de meest aanwezige korrelgrootte in het midden van een subfractie valt, deze haar maximale grootte bereikt. Naar Gry's aanwijzingen wordt nu de meest aanwezige korrelgrootte bepaald en vervolgens om die korrelgrootte een subfractie met grenzen in de verhouding 1 : $\sqrt{2}$ geformeerd. Gry gebruikte weliswaar een subfractie met grensverhouding 1 : 2, maar voor ons doel, het geven van een karakteristiek van niet zeer verschillende zanden, is het beter om als verhouding 1 : $\sqrt{2}$ te kiezen. Subfractiegrenzen met deze verhouding worden dus door ons gekozen; zij staan in geen enkel verband met de grenzen die bij de analyse gebruikt werden. Het

vinden van dit maximum had ook kunnen geschieden door in de sommeringskromme het meest steile deel op te zoeken, maar dit zou een zeer subjectieve factor in de bewerking brengen, temeer daar de kromme bij enigszins sterk gesorteerde zanden veelal over een aanzienlijk stuk recht of vrijwel recht is. Ter bepaling van de meest aanwezige korrelgrootte wordt uit de analysegegevens een verschil-kromme geconstrueerd, d.w.z. in verticale richting worden op een abscis, waarop de logarithmen van de korrelgrootte zijn afgezet op de bij de analyse gebruikte subfractiegrenzen, de verschillen tussen de waarden van de grootste en de beide aangrenzende subfracties afgezet met dien verstande, dat bij een lezen van de analyse-cijfers van fijn naar grof een toename van de subfractie in positieve, een afname in negatieve zin in deze figuur wordt getekend. Waar de verbindingslijn, tussen die punten, de abscis snijdt, waar dus de verschil-kromme de abscis, de 0-lijn, snijdt, liggen de maxima en minima en kunnen de, wederom logarithmische, waarden van de resp. meest en minst aanwezige korrelgrootten worden afgelezen. Bij een meer-toppige distributiefiguur moeten dus de maxima en minima bepaald worden. De delen aan weerszijden van de minima worden vervolgens op dezelfde wijze, als betrof het één-toppige figuren, behandeld.

In de sommeringskromme, getekend met behulp van de analyse-resultaten wordt nu om de meest aanwezige korrelgrootte symmetrisch een subfractie getekend, met grenzen die zich verhouden als $1 : \sqrt{2}$. Dit doen we door om het punt op de abscis, dat de meest aanwezige korrelgrootte aangeeft, naar beide zijden de halve breedte van een subfractie af te zetten; de snijpunten van de in de aldus verkregen punten opgerichte verticalen met de sommeringskromme geven de grenzen aan van de geconstrueerde meest aanwezige subfractie. De grootte van deze fractie wordt uit het verschil in ordinaat-waarden afgelezen. Grootte en ligging van deze subfractie geven nu aan hoe, in welke mate en om welke korrelgrootte de korrels in het betreffende sediment gegroepeerd zijn. Door de geformeerde subfractie is nu het sediment in drie delen gesplitst, nl. de meest aanwezige subfractie (Max. sf), het deel dat fijner (F) en het deel dat grover (G) is. De aldus gevonden waarden geven dus een karakteristiek van het sediment. Deze waarden kunnen nu in een driehoeksdiagram met Max. sf als top ingetekend worden. De granulometrische karakteristiek van het sediment is dus nu in één punt samengevat. De ligging van dit punt t.o.v. de basis geeft dan een directe indruk van de mate van sortering; punten die hoog in de driehoek liggen zijn sterk gesorteerd. De afstand van het punt tot de verticale zwaartelijn van de driehoek toont de mate van asymmetrie aan. Wat hierboven gezegd werd over de nauwkeurigheid van de bepaling van de meest aanwezige korrelgrootte geldt natuurlijk evenzeer voor de F- en G-waarden.

De hier beschreven grafische methode van GRY nu werd toegepast op een groot deel van de hier besproken duin- en zeezanden. Als voorbeeld van een berekening volgens de methode van GRY moge hier het reeds meer genoemde monster jong zeezand uit Naaldwijk (fig. 4, P), van het Phaebo-onderzoek genomen worden.

Hoofdbestanddelen in % van droge grond				subfracties in % van minerale delen														
humus	$CaCo_3$	klei	zand	< 2	2–4	4–8	8–16	16–25	25–35	35–50	50–75	75–105	105–150	150–210	210–300	300–420	420–600	600–850	M
1.9	1.94	15.8	80.4	10.0	1.5	1.5	3.5	4.1	10.4	3.6	4.7	6.0	9.4	22.0	19.7	3.3	0.2	0.1	126

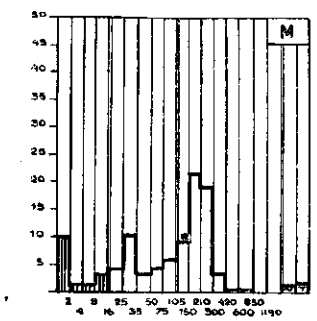


FIG. 8. Distributiegrafiek van een monster jong zeezand (Naaldwijk). De slib- en uiterst fijn zand-fracties zijn in fijnere subfracties onderverdeeld dan in fig. 4—P.

FIG. 8. *Distribution graph of a sample young marine sand (Naaldwijk). Silt and very fine sand fractions have been subdivided (compare fig. 4—P).*

Dit monster is als voorbeeld gekozen omdat hier een matig fijn zand met een bijmenging van fijnzandige klei wordt aangetroffen. Het M-cijfer, dat betrekking heeft op alle minerale delen, geeft in dit geval een korrelgrootte aan, die in het monster in slechts geringe hoeveelheid aanwezig is (sub-fractie 105—150 μ heeft een gehaltecijfer van slechts 9.4 %) en vooral voor dergelijke zanden geeft de methode van GRY ons een goed inzicht in de samenstelling van het zand, terwijl we in het bijzonder de samenstelling van het matig fijne deel kunnen leren kennen.

Schrijver dezes ondervond veel gemak van een op millimeter-papier getekende indeling volgens de logarithmische schaal van de subfractiegrenzen. De grenzen van de subfracties werden daarbij 5 cm uit elkaar genomen (zie fig. 9). De subfractie 150—210 μ is de grootste, 22.0 %. Aan de fijne kant (150 μ) van de subfractie vindt dus een sprong in positieve zin plaats van 22.0—9.4 = 12.6 %; aan de grove kant (210 μ) een sprong in negatieve zin van 22.0—19.7 = 2.3 %. Nu worden, zoals in bijgaande figuur is gedaan, deze beide punten direct met elkaar verbonden; — het verschil tussen het snijpunt van de verschil-kromme en de verschil-lijn met de 0-lijn, maakt bij de geringe eis tot nauwkeurigheid van de meest aanwezige korrelgrootte, weinig uit. Men leest af, dat de meest aanwezige korrelgrootte (M_{max}) ligt bij 196. Nu wordt om 196 μ een subfractie gevormd met grenzenverhouding van 1 : $\sqrt{2}$, dus evenals 150—210 μ met een breedte van 5 cm (stippellijn), dus 2½ cm aan weerszijden van het absciscijfer 196. In dezelfde figuur wordt dan, met eveneens rechte lijnen, een stukje van de sommeringskromme getekend, zodat de beide grenzen van de geformeerde subfractie gesneden worden. Deze snijpunten liggen bij 62 en 84 %, zodat nu bekend is, dat de grootte van de meest aanwezige subfractie (Max. sf) 22 % is. Het deel fijner dan deze fractie (F) bedraagt dus 62, het grover deel 16 %. Nu is door de waarden M_{max}, Max. sf, F en G dit zand gekarakteriseerd.

FIG. 9. GRY's methode ter bepaling van de waarden M_{max}, Max.sf., F en G, toegepast op het monster zeezand uit Naaldwijk (fig. 8).

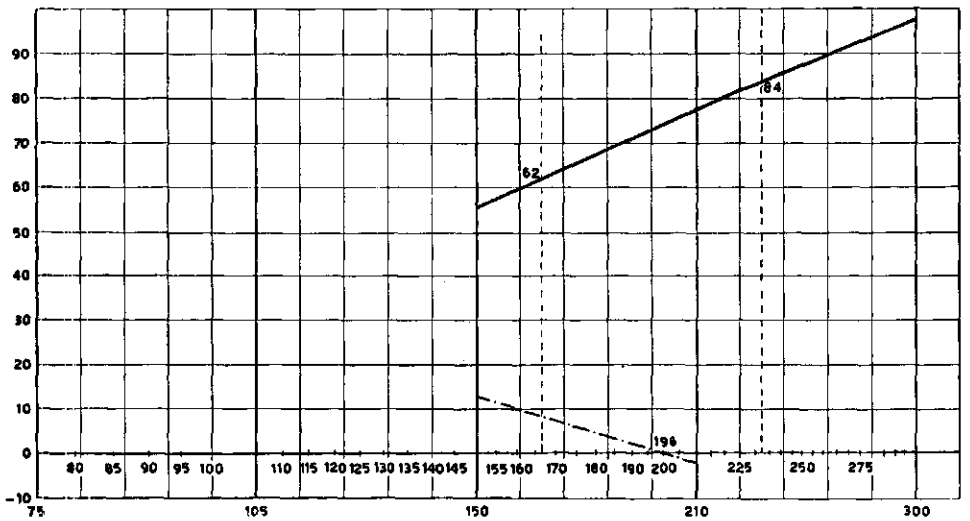


FIG. 9. GRY's *method of determination* M_{max}, Max.sf., F *and* G, *examplified in the granulometric analysis of the Naaldwijk sample (marine sand). From the positive and negative differences, around the main subfraction* (150—210 μ) *the* M_{max}*-value* (= 196) *is determined graphically. An imaginary subfraction with boundaries (in relation* $1 : \sqrt{2}$) *is drawn. On millimetre paper the* Max.sf., F *and* G *values may be read directly.*

De wijze van voorstellen van GRY heeft in hoofdzaak tot doel om de uit de sommeringsgrafiek bepaalde mediaanwaarde te vervangen door de voor de genese zeer veel belangrijkere „meest aanwezige korrelgrootte". De M_{max}-waarde komt de mediaanwaarde des te meer nabij, naarmate het zand meer symmetrisch is samengesteld. Onder een symmetrisch samengesteld zand wordt dan in dit verband een zand verstaan, waarin F en G ongeveer even groot zijn. De mate van asymmetrie van een zand kan uitgedrukt worden door de scheefheid (S), welke grootheid wordt berekend uit het verschil tussen F en G.

Hieronder zal voor ieder der drie groepen zandgrond worden nagegaan in hoeverre de met de methode GRY verkregen resultaten nieuwe gezichtspunten opleveren.

a. Oud duinzand

De monsters van WoTuVe vormen in de Max. sf-F-G-driehoek (Fig. 10) een apart groepje, dat zeer weinig aan de fijne kant van de mediaan ligt. De mate van sortering loopt nogal sterk uiteen; Max. sf wisselt van 44—67 %. De sterker gesorteerde, blijken een duidelijk afgescheiden groepje van de minder sterk gesorteerde te vormen; de sterker gesorteerden (Max. sf 52-67%) blijken de zanden te zijn met de relatief kleinere korrelgrootte (M_{max} = 174—178), terwijl de minder sterk gesorteerde met Max. sf-waarden van 44 en 45 bij de grover-korrelige monsters (M_{max} = 179—186) behoren.

Dit feit moge leiden tot de conclusie, dat deze oude duinzanden een product zijn van voortgaande sortering, waarbij de korrelgrootte van grof naar fijn gaat. De ligging van de punten in de grafiek, vrijwel langs de mediaan, kwam reeds tot uiting in de ongeveer gelijke waarden van M en M_{max}. We zagen immers bij de bespreking van de distributiecurven, dat de grootste subfractie maximaal is, wanneer de meest aanwezige korrelgrootte in het midden van die subfractie valt. In dat geval zullen M- en M_{max} -cijfer aan elkaar gelijk zijn.

De cijfers van de Wota-monsters leveren een gelijksoortig beeld op (Fig. 11). Ook hier zijn de groepen, die we aan de hand van de M-cijfers konden onderscheiden, in de grafiek als groepjes te herkennen. Hier zien we, dat het fijne (M_{max} = 132—135) en het grove type (M_{max} = 171—174) in gelijke mate

FIG. 10. WoTuVe-monsters in Max.sf.—F—G driehoek.
Sterker gesorteerde zanden (hoger in de driehoek) zijn fijner dan de iets minder sterk gesorteerde.

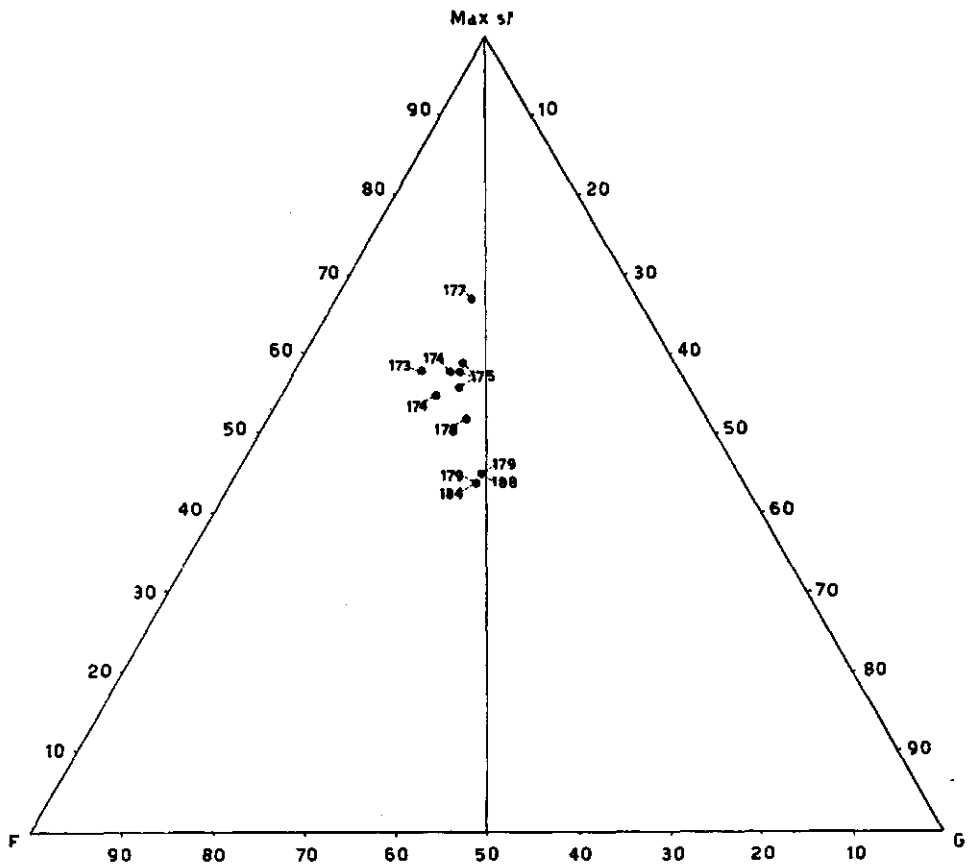


FIG. 10. *Samples from the Velsen-area in* Max.sf.—F—G-*triangle.*
Better sorted sands (points relatively higher in the triangle, show a somewhat smaller M_{max}*-value than the less sorted ones.*

gesorteerd zijn. De mengingen van beide, met tussengelegen M_{max}-cijfer, behoren tot een duidelijke, minder sterk gesorteerde groep. Hier treffen we de beide componenten naast elkaar aan, een feit, dat we uit de analyse-cijfers ook reeds onmiddellijk zagen, nl. een voorkomen van de ongeveer even grote subfracties 105—150 μ en 150—210 μ, terwijl in de sterk gesorteerde zanden òf 105—210 μ, òf 150—210 μ een hoge en steile top vormt.

Wat er over de zanden van Lisse-Phaebo is gezegd (zie blz. 8 e.v.) komt ook in de cijfers van GRY naar voren. Belangrijk is het verschil in de mate van sortering echter niet (Fig. 12). De zanden zijn niet zeer sterk gesorteerd. De betrekkelijke asymmetrie van deze zanden, die zich uit in een veelal groot verschil tussen het M- en M_{max}-cijfer, wordt in de grafiek

FIG. 11. Wota-monsters in Max.sf.—F—G-driehoek.
De fijnere en grovere monsters zijn sterker gesorteerd dan de monsters met tussengelegen M_{max}-waarden.

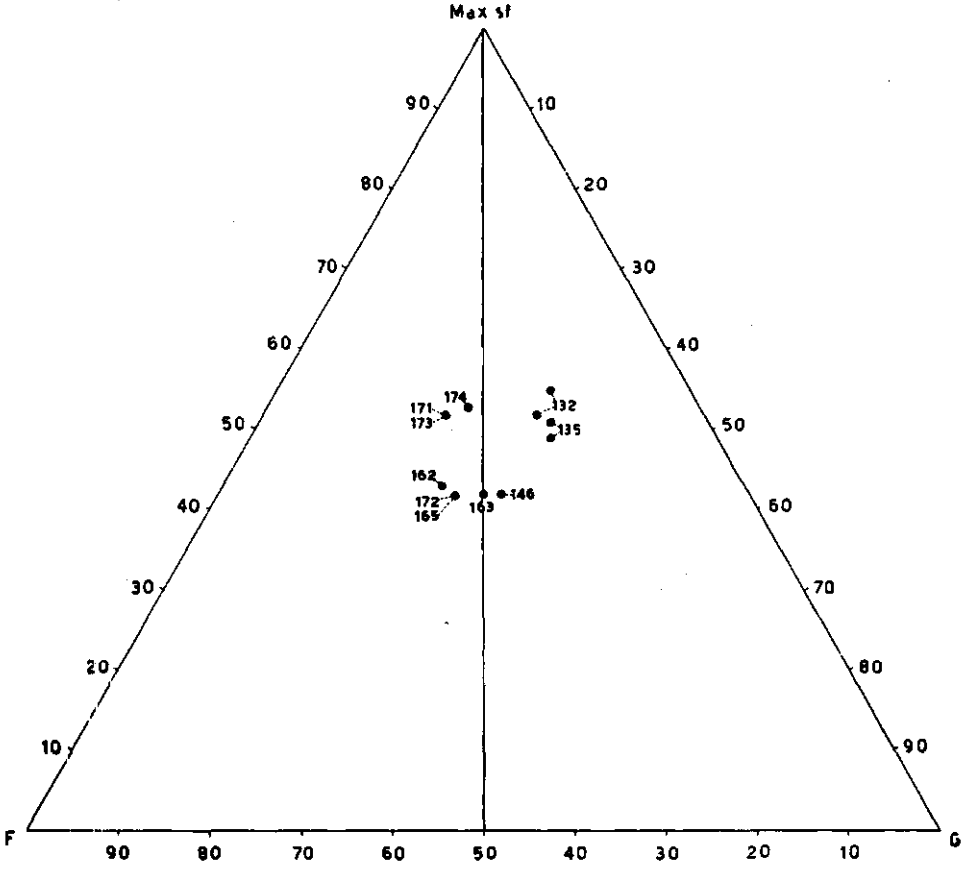


FIG. 11. *Samples from the Velsen-Beverwijk-area in* Max.sf.—F—G-*triangle.*
Samples with lowest and highest M_{max}-*values are better sorted than those with intermediate values.*

gedemonstreerd door de, voor oud duinzand grote afstand van de mediaan.

Na hetgeen er over de zanden van Bennebroek (zie blz. 8) gezegd werd, is het interessant ook deze monsters in het GRYse driehoeksdiagram te zien (Fig. 13). De zanden met M_{max}-cijfers van 185—200, welke overeenkomen met de M-cijfers van $\pm$ 204 liggen dicht opeen gedrongen, terwijl het meer fijnkorrelige type met de overigens vrij grote variatie van M_{max}-cijfers van 150—180 een meer verspreide groep voorstellen met enige variatie in de mate van sortering.

Zowel de grover- als fijner-korrelige typen zijn in vrijwel gelijke mate, sterk gesorteerd.

Een beschouwing van de ligging van alle oud-duinzand-punten in de grafiek

FIG. 12. Lisse-Phaebo-monsters.
Punten tonen geringe spreiding. De grofste monsters hebben de tendens iets sterker gesorteerd te zijn dan de minder grove.

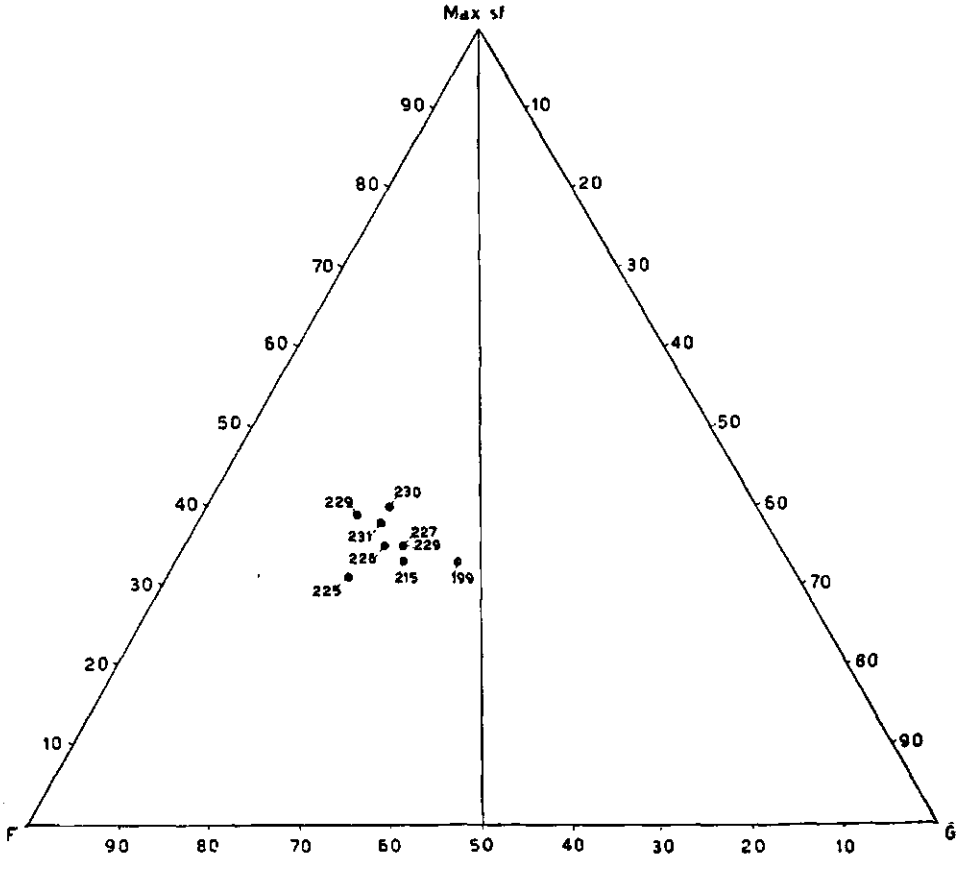


FIG. 12. *Samples from the Lisse-area.*
Asymetrically built sands with coarsest ones showing somewhat better sorting.

(Fig. 14) leert, dat oud duinzand als een sterk gesorteerd, symmetrisch gebouwd zand kan worden gekarakteriseerd.

b. Jong duinzand

Voor het duin ten Z. van IJmuiden, waar in verband met het voorkomen van grover zand op de helling een mogelijke oorzaak hiervan werd genoemd, wijzen ook de waarden van GRY voor de plaatsen B en C op zand met een grovere korrelgrootte. De M_{max}, de door de wind uitverkoren korrelgrootte, geeft voor de punten A—E resp. de waarden 137, 146, 145, 140 en 141. De zanden op de top en aan de voet van het duin zijn het sterkst uitgesorteerd (Max. sf-waarden van 43 en 41, tegen 34, 34 en 38 voor de punten op de helling van het duin).

FIG. 13 Monsters-Bennebroek.

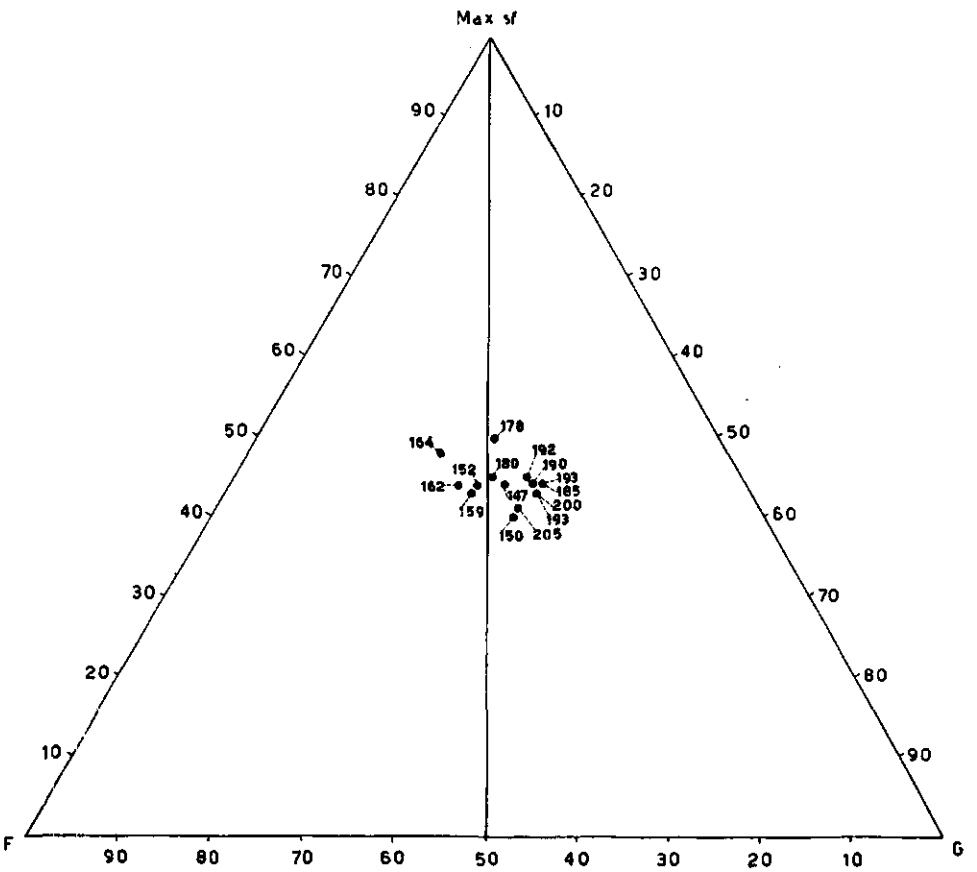


FIG. 13 *Samples from Bennebroek.*
Sands with M_{max} = 185—200 *are closely together on the right of the vertical median; the finer sands, with* M_{max} = 150—180, *show a somewhat more scattered group.*

De variatie in de M_{max}-waarde is, de beide stuifrichelmonsters buiten beschouwing gelaten, van 136 tot 148. De Max. sf-waarde varieert slechts van 34 tot 43.

De zanden van het landgoed „Duin en Kruidberg" bij Santpoort blijken volgens deze beschouwing iets eenvormiger te zijn. De M_{max}-waarden bedragen 133, 135 en 147. Daar in deze zanden niet een hoeveelheid fijnzandige klei van enige betekenis is bijgemengd, doet het er niet veel toe of men de M-waarden dan wel de M_{max}-waarden van GRY gebruikt.

De M_{max}-cijfers van de duin- en strandmonsters van Walcheren tot Bergen leveren na hetgeen hierover gezegd is geen nieuws op. De mate van sortering is voor de verschillende zanden zeer ongelijk. De verschillen in M_{max}-waarden die er bestaan tussen enige monsters uit het duin bij Haamstede, blijken geringer te zijn dan bij het M-cijfer het geval was, nl. 216 en 232 tegen 201 en 241. Fig. 15 geeft de punten voor jong duinzand in de driehoeksgrafiek.

FIG. 14. Alle oudduinzand monsters in Max.sf.—F—G-driehoek.

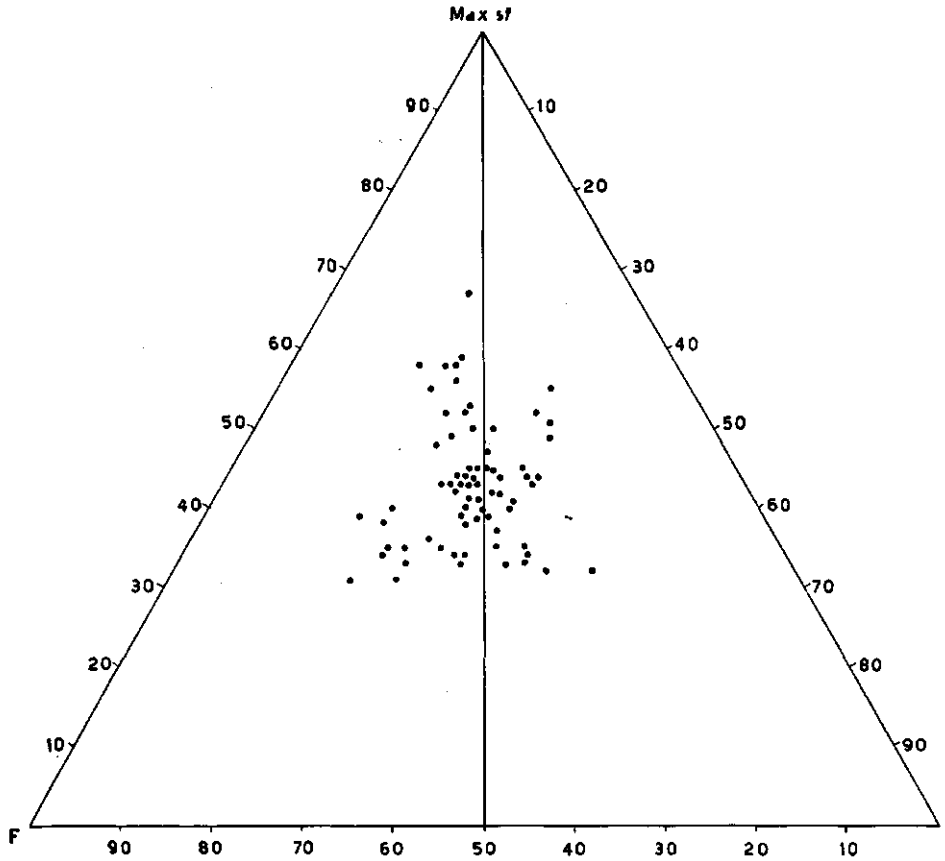


FIG. 14. *Samples of old dunesand in* Max.sf.—F—G-*triangle; the distribution of the points shows a strongly sorted and symmetrically built type of sand.*

c. Jong zeezand

Zoals reeds eerder is gezegd, bij de bespreking van de grafische methode van GRY, past het ondergrondsmonster uit het profiel in de proeftuin te Naaldwijk, waar fijnzandige klei was bijgemengd, wat het zandbestanddeel betreft, geheel bij de zanden van de andere lagen in het profiel. De meest aanwezige korrelgrootte voor de vier bemonsterde lagen is resp. 198, 198, 199 en 196.

De zeezanden, die we uit het noordelijk deel van Noordholland en van enkele der Waddeneilanden hebben leren kennen, zijn ook dankbare objecten geworden voor een beschouwing met behulp van GRY's grafische methode.

De drie te beschouwen gebieden in N. Noordholland, van Zuid naar Noord de polders de Zijpe, Koegras en Breezand, liggen als een hoorn van zeezand, die vanaf Petten, waar het duin voor jonge zeezand-afzettingen plaats

FIG. 15. Jong duinzand monsters in Max.sf.—F—G-driehoek.

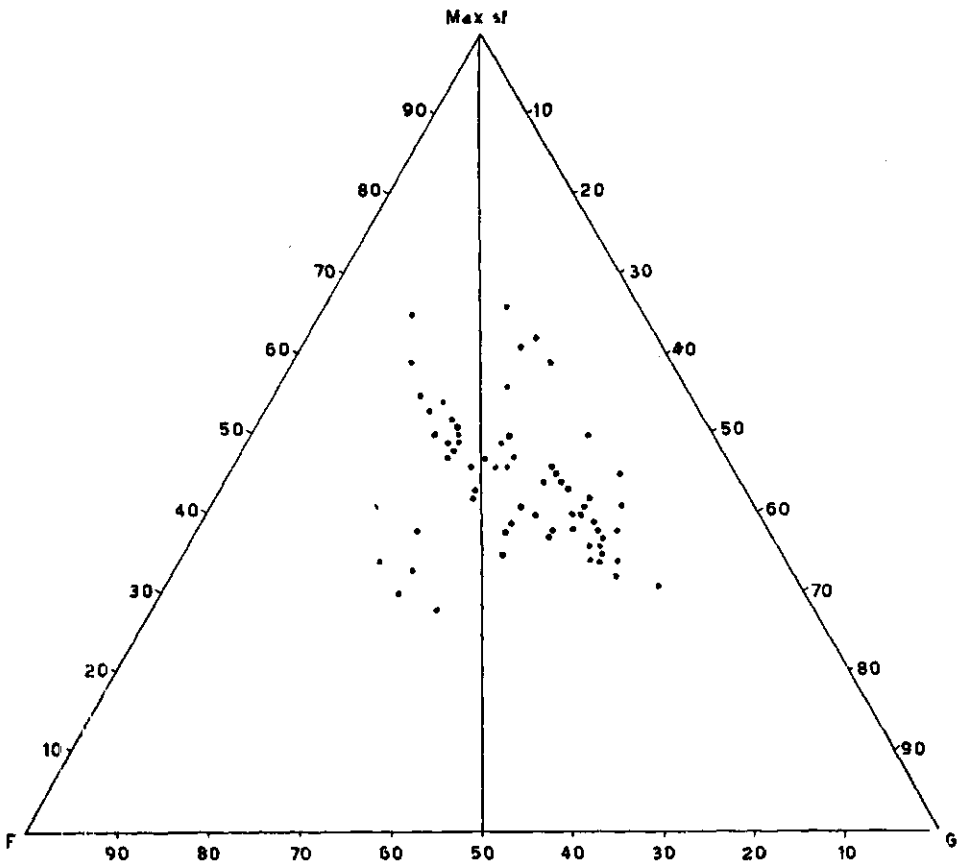


FIG. 15. *Distribution of the analysed young dunesand samples in* Max.sf.—F—G-*triangle.*

FIG. 16. Kop van Noordholland in 1288; vrij naar G. DE VRIES AZN.

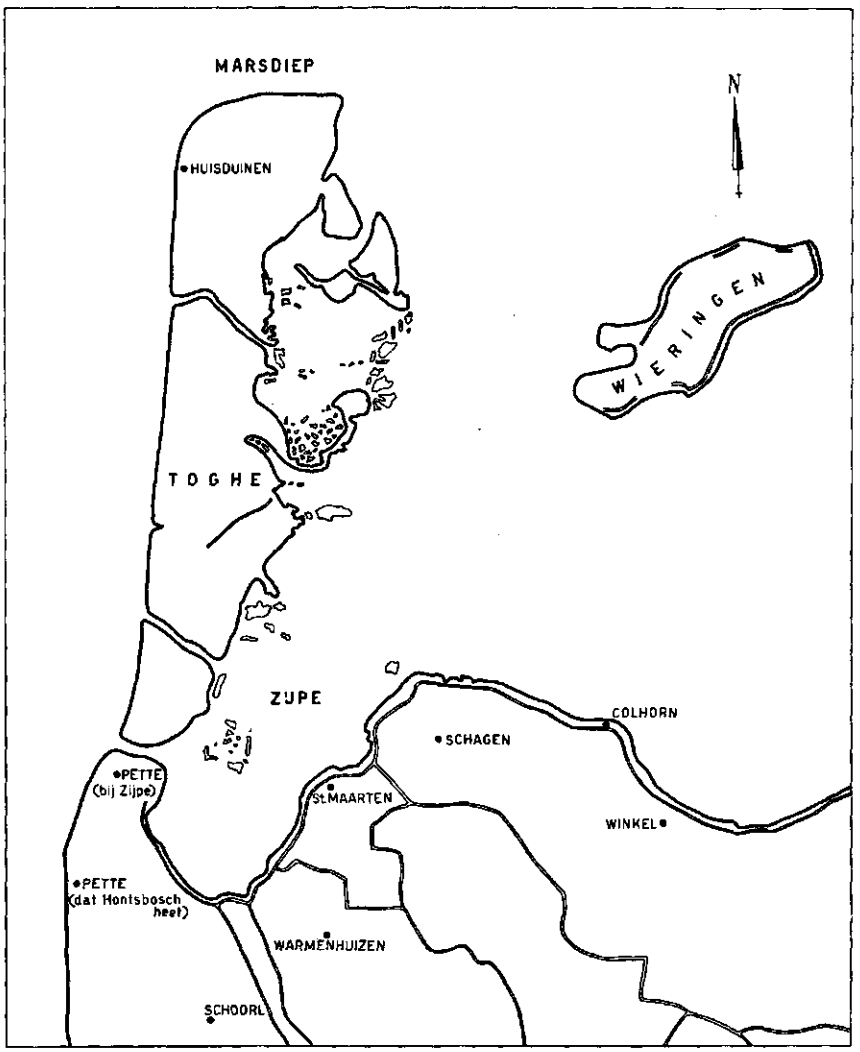


FIG. 16. *Northern part of North-holland in* 1288; *simplified after* G. DE VRIES AZN.

maakt, noordoostwaarts het land overstroomt (zie de Geologische Kaart 9 III, 14 I en 14 III en Fig. 5). De gemiddelde M_{max}-waarden van alle monsters, waarvan we de analyse-cijfers bij KALISVAART vinden, bedragen voor de Zijpe 232, voor het Koegras 186 en voor het Breezand 174.

Het gemiddelde voor de 4 Breezand-Phaebo-monsters bedraagt 150. Deze cijfers passen dus in de bovengenoemde vergelijking, waarbij we de voorstelling gaven, als zou het zeezand vanaf Petten in noordoostelijke richting over het land zijn uitgespreid, daarbij het meest grove materiaal in de Zijpe deponerend

en het fijnere verder met zich mede voerend tot de stroomsnelheid ook daar verminderde en dus fijner materiaal werd afgezet. Wanneer dan later deze jonge zanden droog kwamen te liggen, werden zij alleen bij hoog water nog door het zeewater overstroomd. Deze latere zeebedekkingen, waarbij het water met een zeer geringe snelheid over het land stroomde en het land enige tijd bedekt hield, zetten de fijnzandige klei af, die we hier en daar in het zeezand vinden bijgemengd. De profielen van KALISVAART, die vrijwel zonder uitzondering het min of meer „zuivere" zeezand in de ondergrond hebben, laten in de bovenste 25 cm meestal duidelijk de bijmenging van fijnzandige klei zien. In elk gebied op zichzelf valt geen differentiatie naar het M_{max}-cijfer in verband met de plaats van monstername te bespeuren.

Het hier op grond van de korrelgrootte geschilderde beeld, dat in de geologische kaart zo niet een bevestiging dan toch een steun schijnt te vinden, zien

FIG. 17. Verspreiding van de monsters van Breezand in de Max.sf.—F—G-driehoek.

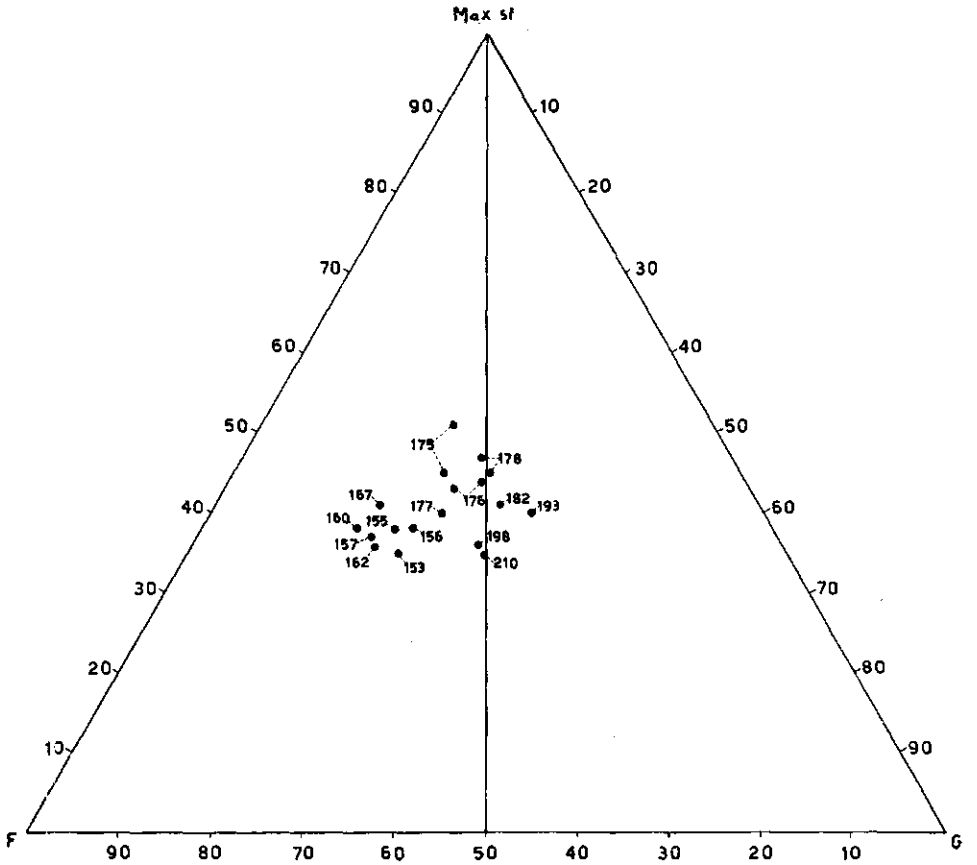


FIG. 17. *Distribution of samples from the Breezand (northern part of North-holland, see map fig. 5) in the* Max.sf.—F—G-*triangle.*

we gecompleteerd met een afbeelding van het noordelijk deel van de kaart van Hollands Noorderkwartier in 1288, dus na de verwoestingen van land, door grote vloeden aangericht, en voor het ingrijpen door de mens, zoals die door G. DE VRIES AZ. uit oude oorkonden werd ontworpen, fig. 16 (12). Het duin bij Petten wordt door de Zijpe onderbroken en het zeewater had door dit zeegat gelegenheid met al het materiaal, dat het met zich voerde, zich uit te spreiden over de ten oosten van de duinen gelegen gebieden. De uitbreiding van het water ten O en NO van Petten stemt zeer goed overeen met het voorkomen van jong zeezand in dit gebied, zoals dit door de geologische kaart wordt aangegeven.

Volgens V. DE VRIES (14) ligt het tijdstip van ontstaan van het zeegat de Zijpe misschien wel in de Romeinse tijd; een bestaan in de 9e eeuw is zeker. Het zeegat is definitief afgesloten in 1597.

De zanden van het Breezand tonen dezelfde spreiding en dezelfde mate

FIG. 18. Verspreiding van de monsters van de Zijpe.

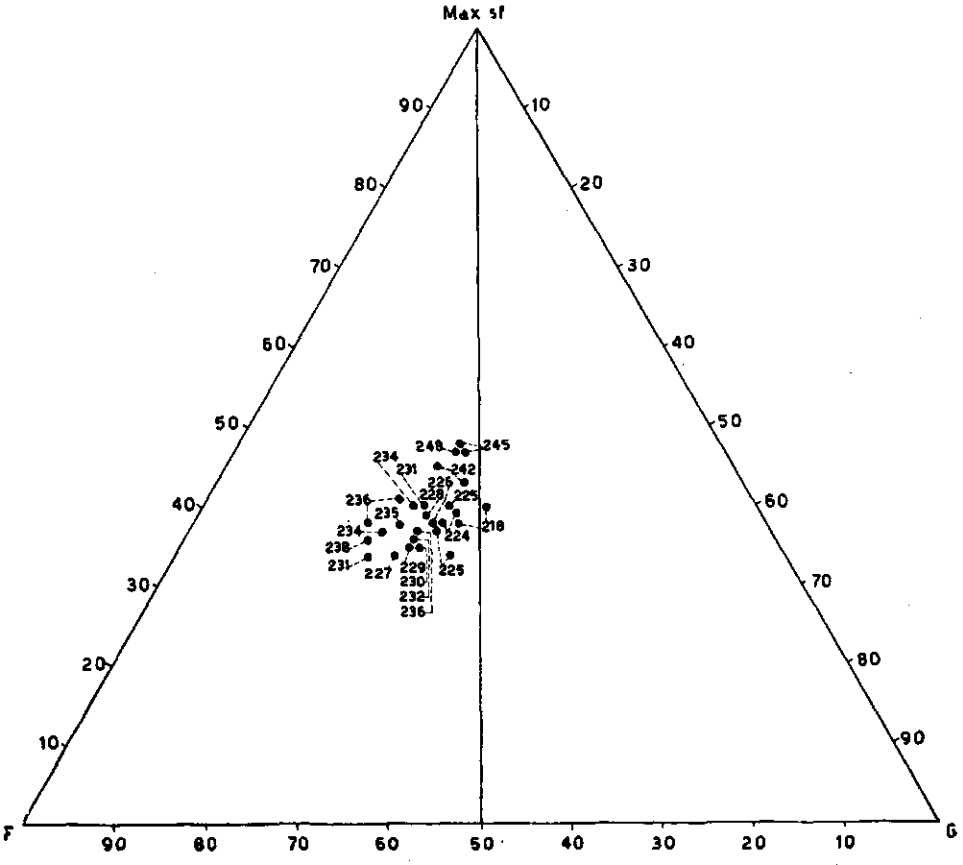


FIG. 18. *Distribution of samples from the Zijpe (northern North-holland).*

van sortering als die van de Zijpe en Koegras (Fig. 17, 18 en 19); het verschil is, zoals gezegd, dat zij fijnkorreliger zijn.

Het gehalte aan deeltjes $< 16\ \mu$ vertoont geen verband met de plaats van monsterneming.

De monsters van Texel hebben met de monsters van KALISVAART een gemiddelde M_{max} van 185, terwijl het Phaebo-monster uit het noordelijk deel van het eiland een M_{max} van 154 heeft. Ook hier dus een duidelijk verschil in de korrelgrootte van het zand.

Bij de monsters jong zeezand van Terschelling werd bij de bespreking van de grootte van de subfracties en M-cijfers reeds gesproken over de moeilijkheid, die de bijmenging van fijnzandige klei bij de studie van de bouw en de mate van sortering van het zanddeel hier teweeg brengt. Vergelijken we bijv. de monsters A en B, dan is uit hoofde van hun subfractie-verdeling slechts een zeer weinig hoger M-cijfer van A te verwachten. Het M-cijfer is met 162

FIG. 19. Verspreiding van monsters van Koegras.

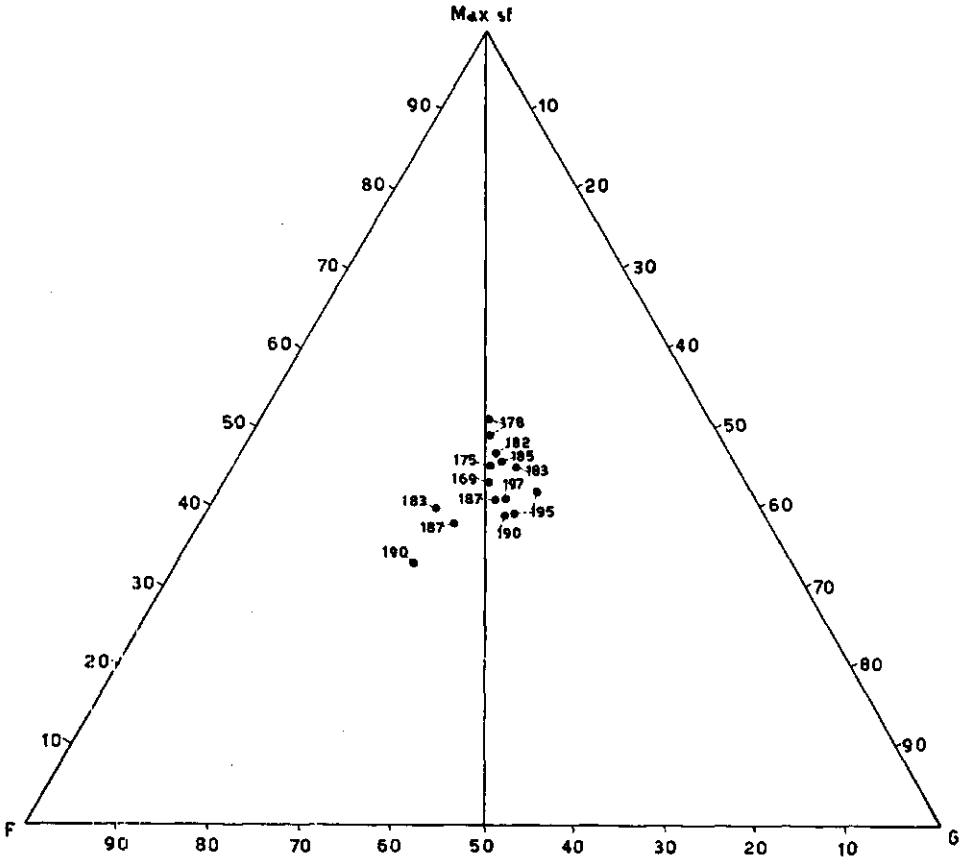


FIG. 19. *Distribution of samples from Koegras (northern North-holland).*

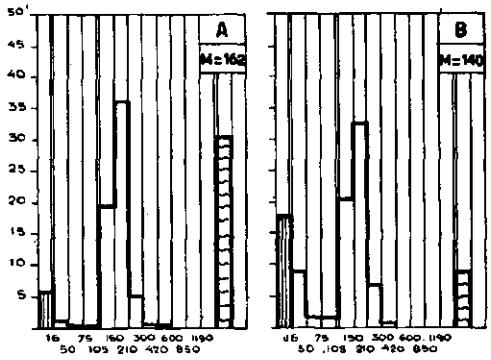


FIG. 20. Distributiegrafiek van twee monsters jong zeezand van Terschelling. Het matig-fijn-zand-bestanddeel in beide monsters is van gelijk type. Het monster B heeft door een bijmenging van fijnzandige klei een aanzienlijk lagere M-waarde.

FIG. 20. *Distribution graph of two samples young marine sand from Terschelling island.*
The fine sand components in both sands show about the same composition; by an admixture of clay, silt and very fine sand the M*-value for sample* B *is considerably lower.*

voor A tegen 140 voor B echter aanzienlijk hoger. In de subfractie-verdeling, duidelijk gemaakt in de distributiefiguur (Fig. 20), zien we, dat het matig fijne zandbestanddeel van ongeveer hetzelfde type is; het M-cijfer wordt echter beinvloed door de bijmenging van de fijnzandige klei.

De grafische methode van GRY biedt ook hier een goede mogelijkheid om de invloed van dit fijner deel te elimineren. Immers daarbij wordt het matig fijne zand alleen beschouwd; de meest aanwezige korrelgrootte voor de beide monsters blijkt nagenoeg even groot te zijn: 168 voor A tegen 166 voor B. De M_{max}-cijfers voor alle monsters van Terschelling in de driehoeksgrafiek geplaatst (Fig. 21) laten een grote spreiding in de mate van sortering zien en wel zo, dat de grover-korrelige sterker gesorteerd zijn dan de meer fijnkorrelige. De M_{max}-cijfers lopen uiteen van 147 tot 190. Het monster van $M_{max} = 190$ ligt als uitzondering in het gebied van de fijner-korrelige.

Beschouwen we nu de ligging van de diverse monsters in het terrein en de plaats van dezelfde monsters in de grafiek, dan blijkt er een zeer nauw verband te bestaan. De grover-korrelige zanden, die in de grafiek een hoge plaats kregen door de hoge Max.sf-cijfers, blijken in het terrein alle langs de noordrand van het gebied te liggen (Fig. 22), de fijner-korrelige monsters, die een vrij grote spreiding in de mate van sortering vertonen, zijn op één uitzondering na alle gelegen in het zuidoostelijk deel, het kustgebied, terwijl de zanden met de middelmatige korrelgrootte ($M_{max} = 165$—170) en die sterk gesorteerd zijn, d.w.z. in de mate van sortering tussen de eerste en tweede groep inliggen, alle gelegen zijn in een zone tussen de duinen in het noordwesten en de kust in het zuidoosten. We zien hier dus, dat het grovere zeezandtype het sterkst gesorteerd is en het diepst landinwaarts gelegen is. Tevens blijkt, dat, wanneer we het gehalte aan deeltjes $< 16\ \mu$ met een en ander in verband brengen, de zeer sterk gesorteerde zanden een laag slibgehalte (0—4 %), de sterk gesorteerde een matig slibgehalte (2—12 %) en de matig sterk gesorteerde een hoog slibgehalte (10—30 %) bezitten. De zeer sterk gesorteerde zanden moeten we ons afgezet denken in een milieu waar slechts grove zanden konden sedimenteren, maar waar tegelijkertijd sterk sorterende krachten werkzaam zijn, dus in de branding. De minder sterk gesorteerde zanden, met een kleinere korrelgrootte, moeten dus uit minder woelig water zijn afgezet.

Omdat veldwerk onder de thans heersende omstandigheden echter niet

mogelijk is, ontbreekt ons de mogelijkheid om door een dergelijk onderzoek bewijzen te verkrijgen die de veronderstelling wettigen dat zand van uit de duinen door de lucht getransporteerd zou zijn. Gezien hetgene, dat uit andere duingebieden bekend is, achten wij deze mogelijkheid zeer zeker aanwezig.

Van de jonge duinzanden van Terschelling staat ons slechts één korrelgrootte-analyse ter beschikking (Duinbebossing-VAN STEYN); de meest aanwezige korrelgrootte in dit zand heeft een doorsnede van 223 μ, dus voor duinzand zeer grof. We kunnen echter niet verder hierop ingaan omdat, zoals ook reeds bij jong duinzand gezegd werd, de korrelgrootten, die VAN STEYN noemt,

FIG. 21. Monsters van Ameland en Terschelling in Max.sf.—F—G-driehoek.
De monsters van Terschelling vertonen een grotere spreiding dan die van Ameland. De grover korrelige (hogere M_{max}-waarde) monsters van Terschelling zijn sterker gesorteerd dan de fijner korrelige (het monster met $M_{max} = 190$ vormt een uitzondering). Voor Ameland bestaat een dergelijk verband niet.

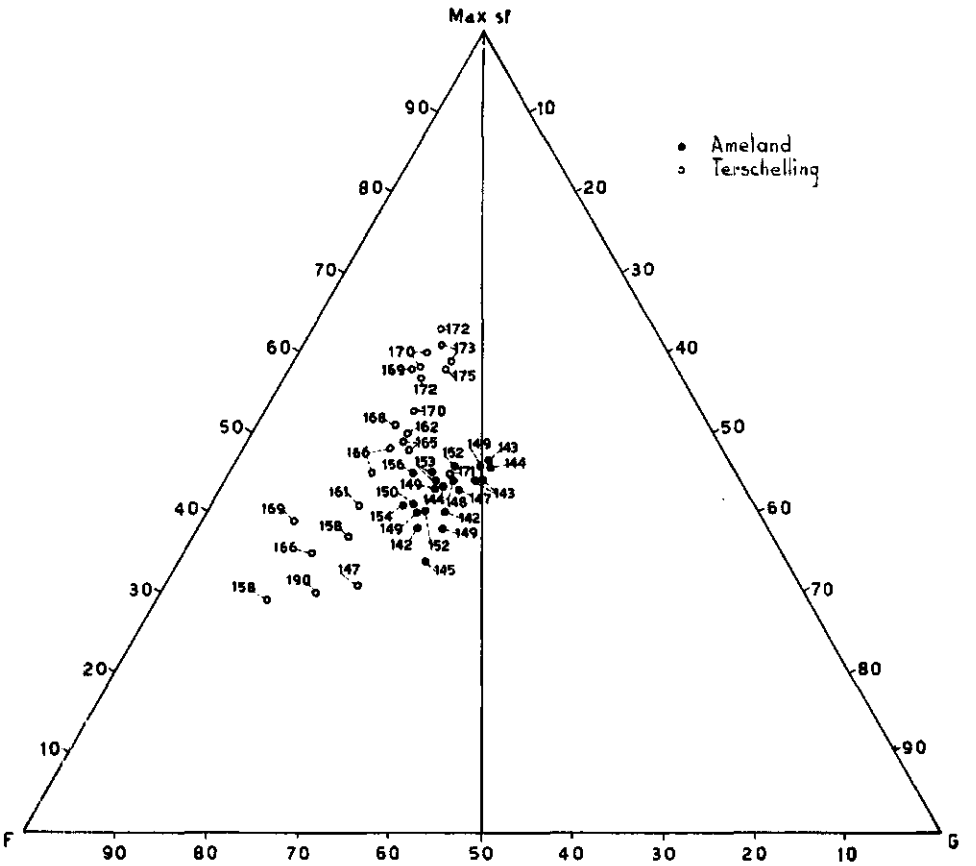


FIG. 21. *Samples of Ameland and Terschelling islands.*
Samples of Terschelling are more scattered in GRY's *triangle-diagram than those of Ameland. The distribution shows a better sorting for coarser sands (sample with* $M_{max} = 190$ *is an exception). The Ameland samples do not show this relation.*

FIG. 22. Ruilverkavelingsgebied Terschelling.
De sterk gesorteerde grove zanden liggen alle in een strook langs de duinen. Bij de gearceerde blokjes, die de mate van sortering aangeven, staan van links naar rechts het slibgehalte, Max.sf. en M_{max} vermeld.

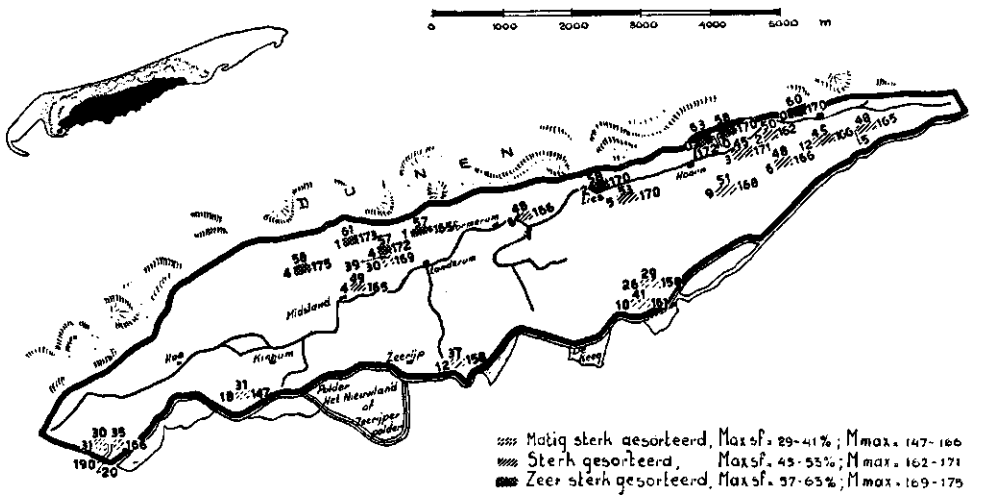


FIG. 22. *Cultivated area of Terschelling island.*
The better sorted, coarser grained sands collected in a strip along the dunes in the northwest. The numbers around the shaded blocks indicate: silt content (< 16 μ) Max.sf. and M_{max}.
Translation of legend of blocks:
matig sterk gesorteerd = *rather strongly sorted*
sterk gesorteerd = *strongly sorted*
zeer sterk gesorteerd = *very strongly sorted*

ons zeer grof voorkomen, (vergelijk onze M_{max}-cijfers voor Castricum en Wassenaar met de M_{max}-waarden, die uit de analyse-resultaten van VAN STEYN's zanden werden berekend).

De mogelijkheid blijft dus bestaan, dat het zand van de noordwestelijke zone, het fijnere, uitgeblazen deel van de grovere jonge duinen zou zijn.

Profielstudie en analyses van monsters op NW-ZO-raaien van duin tot wad zouden wellicht kunnen helpen om deze kwestie tot een oplossing te brengen. Volgens VAN DIEREN (3, blz. 62—63) is er aan de binnen- (land-)zijde van het duin een jong wad gevormd. Hierbij heeft de jong-holocene waddenzee vanaf de westpunt van Terschelling een strandwal opgebouwd, die in het Westen sterk zandig is, maar naar het Oosten toe uit steeds fijner materiaal bestaat. Op deze wal zouden later de gehuchten Hee, Midsland, Landerum, Formerum, Lies en Hoorn gebouwd zijn, terwijl op een tweede, meer zuidelijk gevormde strandwal Kinnum en Zeerijp zouden liggen. Het zuidoostelijk deel van het eiland is volgens VAN DIEREN een gebied, dat door de Waddenzee uit fijn materiaal is opgebouwd (fijn in tegenstelling met het grovere kalkarme zand van de duinen).

Van de monsters van Ameland valt vooralsnog minder te zeggen dan van de zo juist besproken groep. De zanden liggen in de driehoeksgrafiek vrij dicht

FIG. 23. Ruilverkavelingsgebied Ameland.
De sterkst gesorteerde zanden worden in het noordelijk deel van het gebied aangetroffen.
Voor de cijfers bij de blokjes zie onderschrift van fig. 22.

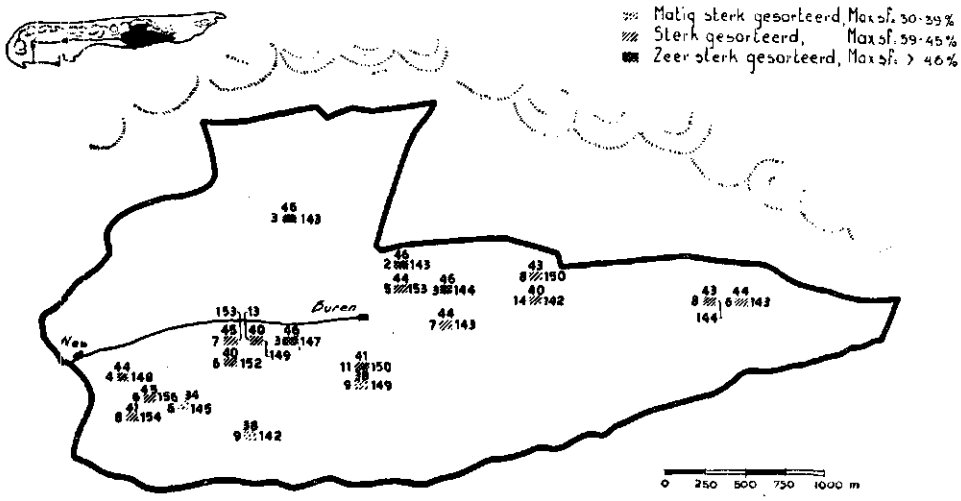


FIG. 23. *Cultivated area of Ameland island.*
On Ameland grade of sorting and distribution can be correlated in a similar way as on Terschelling (see fig. 22), but less clear. For numbers with blocks see text fig. 22.

bij elkaar (Fig. 21). Monsters, die enigszins ver buiten de groep vallen, kwamen niet voor. Er bestaat, al is de groep als geheel klein, eenzelfde tendens als die bij Terschelling geconstateerd werd nl. een iets sterkere sortering voor de zanden met een hoger M_{max}-cijfer. De differentiatie verloopt hier ten gunste van een toename van de meest aanwezige subfractie bij een gelijktijdige, even grote afname van het grover deel, terwijl het percentage fijner deel constant blijft. In de figuur wordt dit geillustreerd doordat de richting van toenemende M_{max}-waarde evenwijdig aan de driehoekszijde G-Max. sf verloopt. Bij de monsters van Terschelling zagen we eveneens een differentiatie ten gunste van de meest aanwezige subfractie, maar daar ten koste van het fijner deel bij gelijkblijvend grover deel.

Ook op Ameland zien we parallelisme tussen de mate van sortering en de plaats van monsterneming, zij het minder sprekend dan op Terschelling (Fig.23) Hier komen de sterkst gesorteerde zanden (Max. sf = > 45 %) in het noordelijk deel van het gebied voor; de minder sterk gesorteerde liggen dichter bij de kust. Er is hier geen verband met de korrelgrootte, wel met de zwaarte van de grond: de zwaarste gronden zijn minder sterk gesorteerd.

De grofste zanden van Ameland zijn dus blijkens het M_{max}-cijfer nog fijner dan het fijnste van Terschelling, 156 tegen 158. Dit feit en de ligging van Ameland t.o.v. Terschelling, maken de veronderstelling geoorloofd, dat hier van een materiaaltransport sprake is in noordoostelijke richting, waarbij in Ameland werd afgezet wat bij Terschelling in het stromende water nog zwevende

kon blijven. De waterstroom moet dus bij Ameland een geringere snelheid gehad hebben; hij moet zijn geremd. Dit kan veroorzaakt zijn door de nabijheid van land, door geringere diepte, maar ook doordat het water, dat bij Terschelling direct na het passeren van het Vlie een grote snelheid had, in de grotere ruimte van de Waddenzee aan snelheid heeft verloren en zodoende op grotere afstand van het Vlie fijner materiaal kon doen bezinken. Het Vlie en/of een nog meer naar het ZW. gelegen geul moet dus als toevoerkanaal voor de Waddenzee gediend hebben; de rol als zodanig van het Amelander Gat moet gering geweest zijn.

Terugkomende op hetgeen van de zanden in de N. Noordhollandse polders de Zijpe, Koegras en Breezand gezegd werd, kan de ligging van deze drie gebieden, ieder als een eenheid beschouwd, thans worden vergeleken met de zanden in het zuidoostelijk deel van Terschelling en Ameland.

FIG. 24. Verspreiding van de monsters jong zeezand in GRY's driehoek-grafiek.

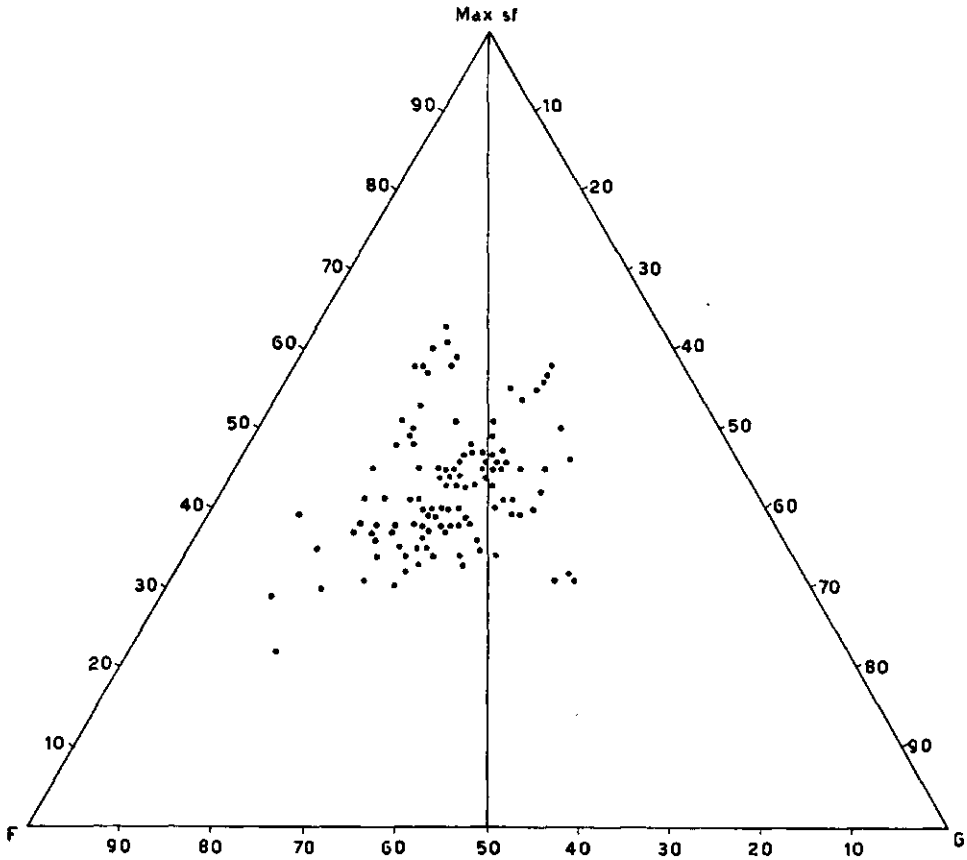


FIG. 24. *Distribution of samples young marine sand in the* Max.sf.—F—G-*triangle.*

In beide gevallen zien we naar het Noordoosten een toenemende sortering gepaard gaan met een fijner worden van het zand. De mate van sortering wijst er voor beide gebieden op, dat het zeezand vanuit het Zuidwesten is aangevoerd.

De punten van alle jonge zeezanden, in één driehoeksgrafiek samengebracht (Fig. 24), blijken een vrij groot gebied te beslaan.

Een vergelijking tussen de drie groepen, oud en jong duinzand en jong zeezand (Fig. 25), laat zien, dat oud duinzand t.o.v. jong duinzand in de grafiek iets naar het fijner deel (F) is verschoven en dat jong zeezand vrijwel het gehele gebied van oud en het grootste deel van jong duinzand omvat. Wat het oud en jong duinzand betreft, betekent dit, voor zover een aantal monsters, als hier besproken, conclusies toelaat, dat oud duinzand een iets groter fijner deel heeft,

FIG. 25 De verspreiding van alle geanalyseerde duinzand en zeezand monsters in de Max.sf.—F—G-driehoeksfiguur van GRY.

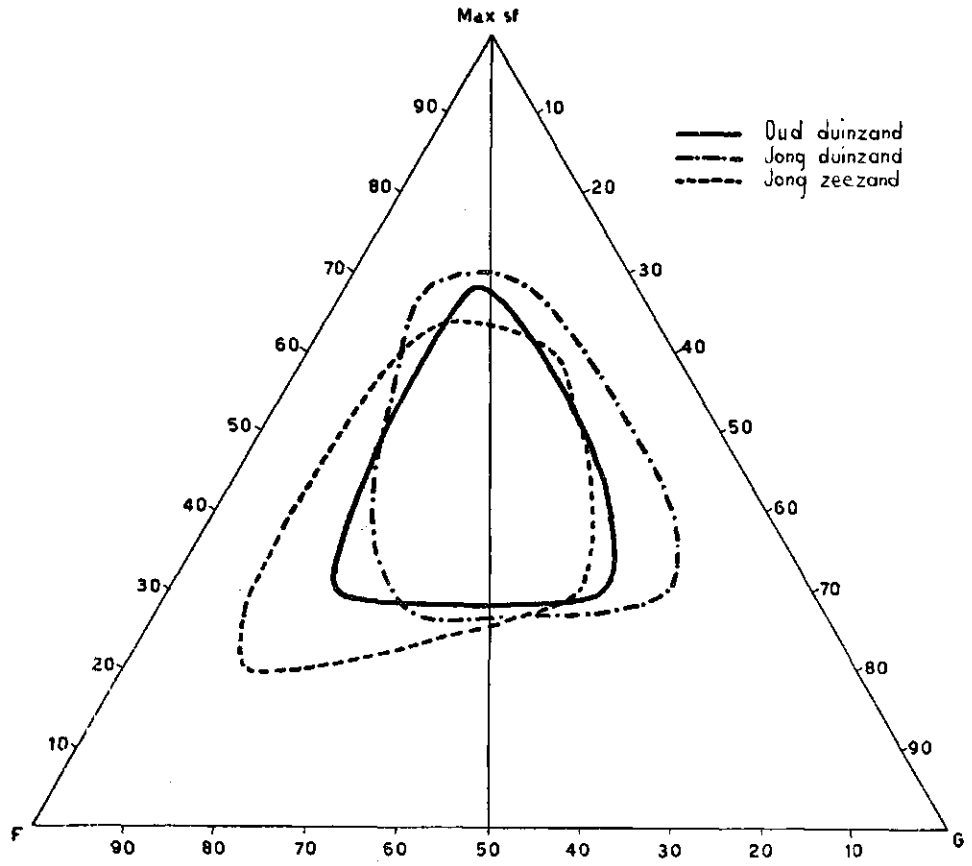


FIG. 25. *Distribution of all analysed dune sands and marine sands in* GRY'S *triangle-diagram.*

FIG. 26. Grafiek van de decielwaarden van alle monsters oud duinzand.

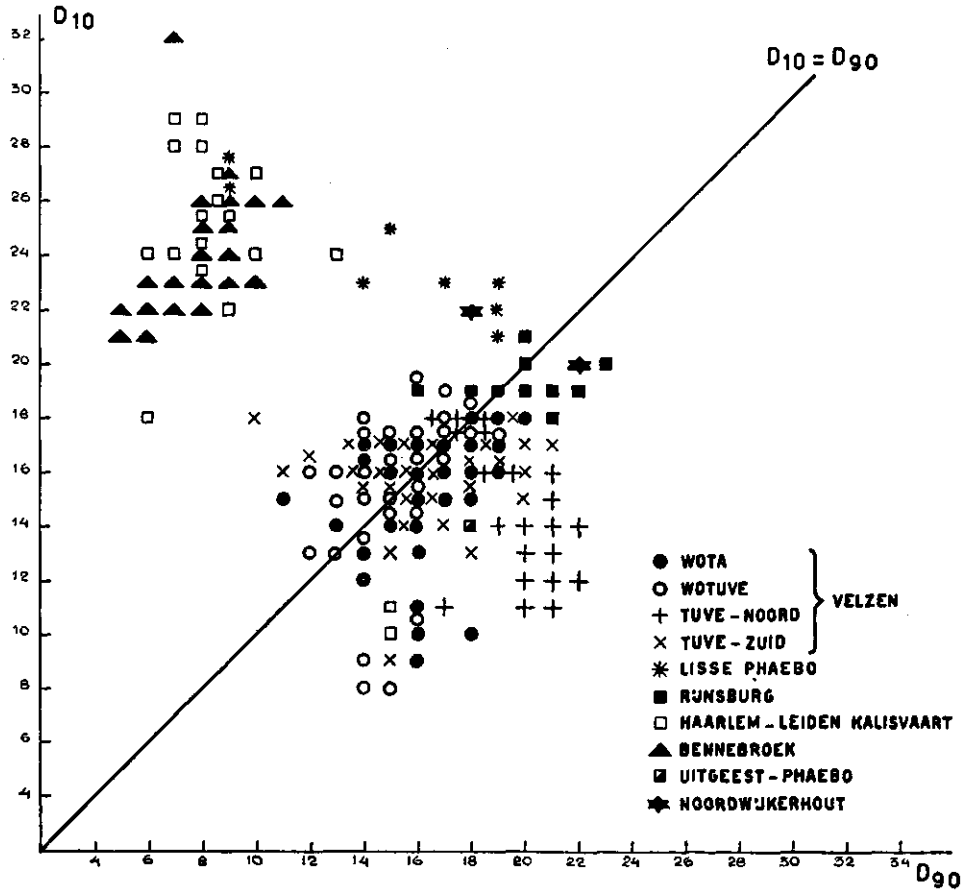


FIG. 26. *Graph showing distribution of deciles of the analysed samples old dune sand. The Velsen-samples seem to be more symmetrically built than those of the Haarlem—Leiden and Bennebroek groups.*

dus dat korrels, die kleiner zijn dan de meest aanwezige korrelgrootte, in oud duinzand in meerdere mate aanwezig zijn dan bij jong duinzand het geval is. De differentiatie, zij het dan ook een zeer kleine, van oud naar jong duinzand is verlopen volgens een lijn, die de hoek tussen de zwaartelijnen vanuit Max. sf en G ongeveer middendoor deelt, d.w.z. in de richting van een sterkere sortering en een iets meerdere aanwezigheid van het grover deel.

3. DE DECIELWAARDEN

Om de vorm van de distributiegrafiek in enkele of een enkel cijfer te karakteriseren is het bij onderzoekingen van veel en gelijksoortig materiaal

niet meer voldoende om het M (eventueel M_{16}, M_{50})-cijfer te noemen en er bij te vermelden of de distributiegrafiek een hoge en steile of meer brede en platte top heeft. Om de vorm van de distributiegrafiek in een enkel getal weer te geven worden veelal de kwartiel-, quintiel- of decielwaarden berekend, dat zijn de getallen, die aangeven hoe steil de sommeringskromme verloopt in het deel tussen de snijpunten van de 50 % en 25 %, en 75 %, of de 20 % en 80 %, of de 10 % en 90 % lijnen. Voor onze zanden hebben we de decielwaarden gekozen, omdat we daarbij te maken hebben met zeer steile sommeringskrommen. Bij gebruik van de kwartiel- of quintielwaarden zou in vele gevallen slechts het rechte of nagenoeg rechte stuk van de sommeringskromme tussen de beide lijnen vallen; omdat we zoeken naar een weergave van de analysecijfers, waarbij verschillen duidelijk en op karakteristieke wijze uitkomen, om de vinger op de verschilpunten te kunnen leggen daar, waar deze er inderdaad ook zijn, zijn in dit onderzoek van het merendeel der geanalyseerde monsters de decielwaarden berekend.

Om een invloed van een bijmenging van fijnzandige klei, of klei alleen, in de decielwaarden te ontgaan, werden alleen de zanddeeltjes grover dan 50 μ in deze beschouwing betrokken. De gevolgde gang van zaken was de volgende: de waarden van de zandfracties grover dan 50 μ worden omgerekend op totaal = 100 %. Met behulp van de nu te tekenen sommeringskromme worden de korrelgrootten op de snijpunten met de 10 %-, 50 %- (M_{50}) en 90 %-lijnen bepaald. De decielwaarden, D_{50} en D_{90}, worden nu berekend uit het verschil van resp. log. M_{50}-log. korrelgrootte 10 % en van log. korrelgrootte 90 %-log.M_{50}.

Het zal duidelijk zijn, dat sterk gesorteerde zanden, dus met een steil verlopende sommeringskromme, kleine waarden voor D_{10} en D_{90} vertonen. In een symmetrisch gebouwd zand zullen de decielwaarden ongeveer even groot zijn; in zanden, waarin $D_{10} > D_{90}$, is het deel, fijner dan de gemiddelde korrelgrootte, minder sterk gesorteerd dan het grovere deel.

De decielwaarden werden in grafieken tegen elkaar uitgezet. De mate, waarin een zand van een symmetrisch gebouwd zand afwijkt, wordt aangegeven door de afstand van het punt in de grafiek tot de $D_{10} = D_{90}$ (= de 45°)-lijn.

Beschouwen we de drie grote groepen oud duinzand, jong duinzand en jong zeezand thans aan de hand van de decielwaarden.

a. Oud duinzand (Fig. 26)

De zanden die in de omgeving van Velsen, Beverwijk (onderzoekingen Wota, WoTuVe, TuVe-Noord, TuVe-Zuid, waterhuishoudingsproefvelden) en van Rijnsburg bemonsterd werden, blijken door hun ligging om de 45°-lijn als groep symmetrisch gebouwd te zijn. De zanden uit het bloembollengebied, door KALISVAART genoemd, en uit de omgeving van Bennebroek (12, blz. 668—671) vormen een groep met belangrijk grotere D_{10} dan D_{90}-waarden, terwijl de zanden uit Lisse en Noordwijkerhout een tussenliggende positie innemen.

b. Jong duinzand (Fig. 27)

De verschillende jonge duinzanden liggen als groep min of meer om de 45°-lijn heen. De zanden uit de duinen bij IJmuiden en Santpoort vallen als een groepje onder de 45°-lijn, dus met $D_{10} < D_{90}$. De andere onderzochte

FIG. 27. Decielwaarden-grafiek van de monsters jong duinzand.

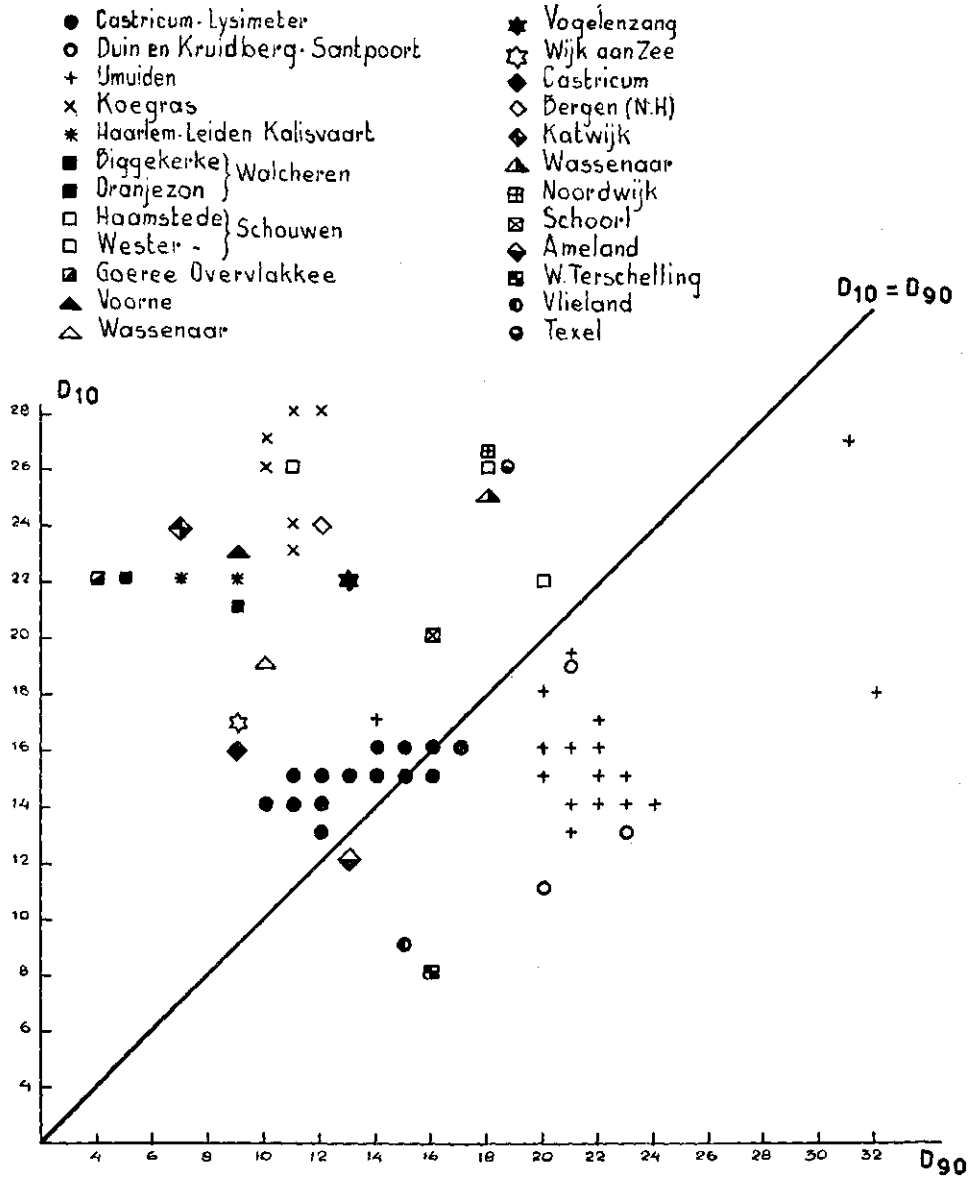


FIG. 27. *Deciles of young dunesand.*

zanden krijgen vrijwel allemaal een plaats boven de 45°-lijn, de verschillen tussen D_{10} en D_{90} zijn echter niet groot.

c. Jong zeezand (Fig. 28)

Als groep ligt het jong zeezand bij $D_{10} > D_{90}$. De zanden van Terschelling, Ameland en Breezand (Phaebo) liggen om de 45°-lijn heen, de andere alle er boven.

De punten, die de Terschellinger zanden voorstellen, beslaan in de grafiek een vrij klein gebied. De meest rechts gelegen punten ($D_{10} = D_{90}$) komen overeen met de minst sterk gesorteerde volgens GRY, dus met de zanden nabij de kust; de meer links liggende punten zijn die der sterkst gesorteerde zanden, de grover-korrelige zanden in het noordwestelijk deel van het ruilverkavelingsgebied. De decielwaarden geven echter niet een zo duidelijke scheiding, als volgens de grafische methode van GRY te voorschijn komt.

Bij de grafische weergave van de analyse-resultaten van de monsters van Ameland vallen de punten veelal op elkaar: er blijven van de 21 analyses slechts 5 naast elkaar liggende punten over. Nu vormen de zanden van Ameland weliswaar een zeer eenvormig gezelschap; we zagen dit reeds bij de bespreking van de distributiegrafieken en M-cijfers, terwijl ook de dicht opeen liggende punten in de driehoeksgrafiek van GRY aanvankelijk weinig variatie deden vermoeden.

Maar toch bestaat er een verband tussen de mate van sortering, zoals we die met de methode van GRY konden herkennen, en de plaats van monsterneming in het terrein. De decielwaarden blijken hier veel te verdoezelen; zij roepen niet die schakering te voorschijn die de methode van GRY zo bij uitstek geschikt voor ons onderzoek maakt.

De zanden van de Zijpe, Koegras en Breezand vormen in de D_{10}-D_{90}-grafiek een groep, waarin de drie gebieden niet meer zijn te onderscheiden. De groep als geheel heeft hoge D_{10}- tegen lage D_{90}-waarden. Het fijner deel in deze zanden is dus zwak gesorteerd. De zanden tussen het Noordhollandse zeezandgebied en Ameland vormen in de grafieken een zone met dalende D_{10}-waarden; dit zou dus wijzen op een sterker gesorteerd fijner deel naarmate men noordelijker komt.

Het betrekkelijk kleine areaal, waaruit de hier besproken jonge zeezanden voortkomen in verhouding tot het Nederlandse zeekustgebied, moeten onze conclusies matigen. Ook het aantal onderzochte monsters van de tussenliggende gebieden is te klein.

Vergelijken we tenslotte de grafieken van onze drie hoofdgroepen (Fig. 29), dan zien we, dat het oud en jong duinzand hetzelfde gebied beslaan en dat het jonge zeezand een groep zanden vormt met een duidelijk minder sterk gesorteerd fijner deel.

FIG. 28. Decielwaarden van de monsters jong zeezand.

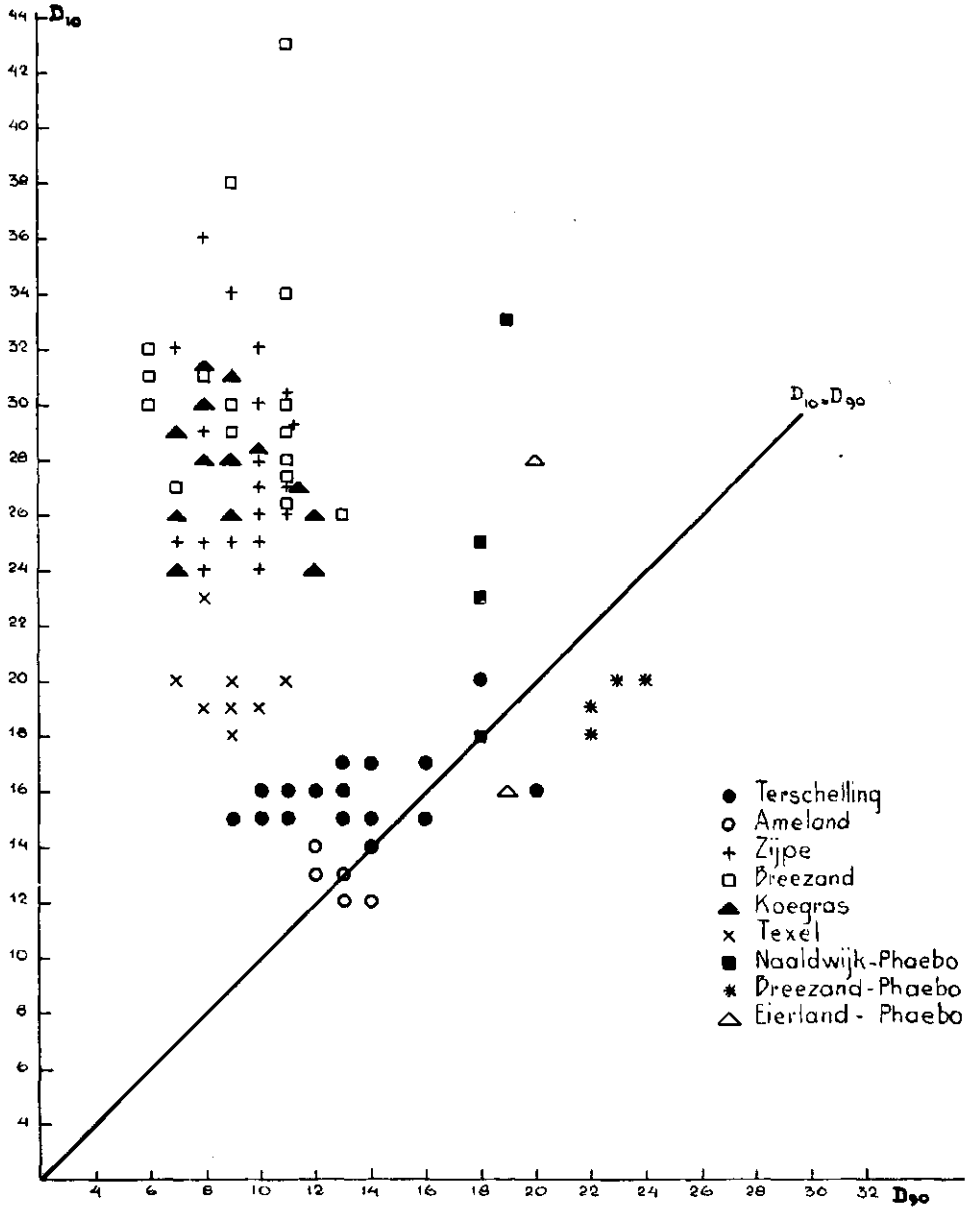


FIG. 28. *Deciles of young marine sand.*
The zonal distribution shown in GRY's *triangle for the Terschelling samples is much less clear in this graph. The Terschelling points, most at left side, represent the better sorted sands.*

FIG. 29. De verspreiding van alle geanalyseerde duinzand en zeezand monsters in de decielwaarden-grafiek.

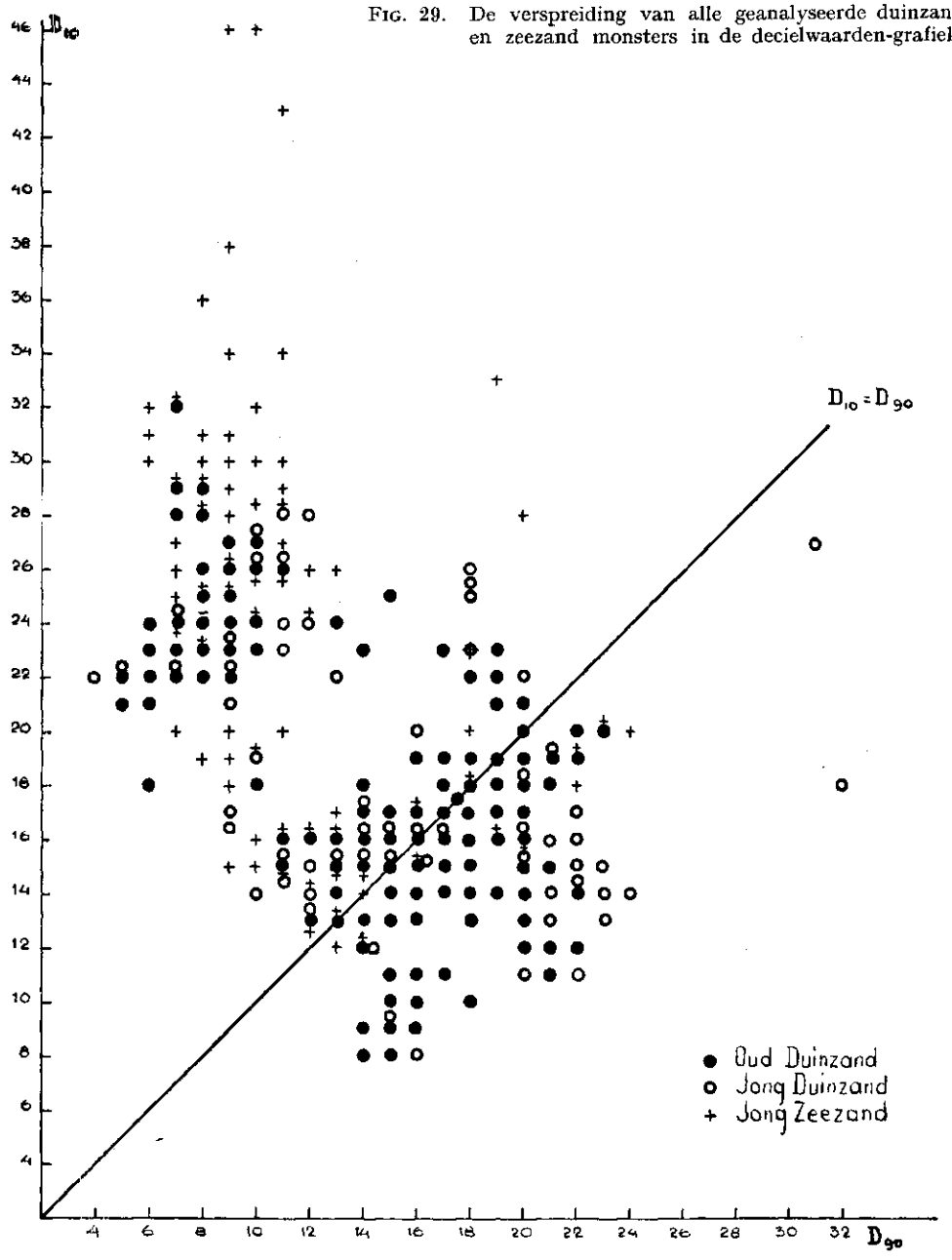


FIG. 29. *Distribution of the samples dune and marine sand in deciles. Old and young dune sands cover the same area, young marine sands show higher deciles and are not so symmetrically built as the dune sands.*

IV. CONCLUSIE

Gezien de gevolgde werkmethode, waarbij aan de hand van de resultaten van uitvoerig granulair onderzochte monsters van verschillende typen kustzanden, verschillende methoden werden gevolgd om te trachten verschillen in de korrelgrootte-verdeling van deze zanden op te sporen, komen wij tot de slotsom, dat op grond van de granulometrische samenstelling in het algemeen gesproken geen onderscheid tussen de zanden kan worden opgemerkt. Dit resultaat moge negatief klinken, het ware echter, gezien de thans heersende opvattingen over de geologie van deze zanden, zeer te verwonderen geweest indien wél bepaalde verschillen naar voren gekomen zouden zijn.

De oude theorie, volgens welke oude en jonge duinen twee, in tijd gescheiden, phasen vertegenwoordigen van zandtransport vanaf het Kanaal-gebied naar het Noordoosten, deed de mogelijkheid bestaan, dat oud en jong duinzand in hun gemiddelde samenstelling in korrelgrootte zouden verschillen, terwijl bovendien een afnemen van de korrelgrootte van Zuid naar Noord voor de hand zou liggen. Door het mineralogisch onderzoek van Nederlandse en Noordzee-zanden is echter de idee naar voren gekomen, dat onze kustzanden omgewerkte zanden uit het Noordzee-gebied zelf zouden zijn, waarbij de herkomst van deze Noordzee-zanden gedacht wordt in de aanvoer door rivieren vanuit het Zuiden en Oosten en van glaciale aanvoer door ijs en water vanuit het noordoosten. — Door ons onderzoek is komen vast te staan, dat de korrelgrootte-verdeling niet in strijd is met de nieuwe opvattingen, integendeel, dat deze daar juist zeer goed in past.

Een tweede conclusie van dit onderzoek betreft de wijze van bemonsteren. De monsters uit het duin bij IJmuiden geven enig inzicht in de variatie van het korrelgrootte-beeld binnen een bepaald gebied. Alle andere monsters zijn „praktijk"-monsters, d.w.z. monsters, die ten behoeve van land- en/of tuinbouw en soms drinkwatervoorziening zijn genomen. Deze monsters zijn bijna steeds op een andere wijze genomen dan voor een onderzoek als dit gewenst zou zijn. De gelaagdheid in onze strandzanden, b.v., zou een bemonsteren van de afzonderlijke laagjes voor de hand doen liggen. De praktijkmonsters zijn echter op een tamelijk uniforme wijze genomen, namelijk in lagen van 0—5, 5—20, 20—40 of 0—20 en 20—40 cm. Toch hebben wij, ondanks deze nadelen, gemeend er goed aan te doen om bij de omstandigheden, zoals die in 1944—1945 hier te lande waren, de gelegenheid te gebruiken om het uitgebreide analysemateriaal van het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek en van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut aan een studie te onderwerpen.

SAMENVATTING

De Nederlandse kustzanden, duin- en zeezand, blijken een tamelijk uniforme samenstelling te hebben. De sorterende krachten en de omstandigheden, waaronder deze krachten sorteren, blijken niet in die mate te verschillen, dat er over grotere gebieden sterk verschillende producten optreden. Zoals we in het duin bij IJmuiden zagen, kunnen door toevallige, locale omstandigheden vrij grote en plaatselijke verschillen optreden. Regionaal gezien vindt men dergelijke verschillen echter niet.

Wel zijn er, binnen het verbreidingsgebied van de hoofdgroepen, plaatsen aan te wijzen, waar, door een verschil in sterkte der sorterende krachten, zanden van verschillende korrelgrootte voorkomen. In oud duinzand zagen we in de onderzochte gebieden, in de omgeving van Velsen (Tuve-Noord en Wota), zones van verschillende korrelgrootten naar voren komen, en in het jonge zeezand konden we zowel in N. Noordholland als op Terschelling en Ameland zones onderscheiden met minder en sterker gesorteerde zanden, zodat voorzichtige conclusies aangaande de sedimentatie-omstandigheden in deze gebieden mogelijk waren.

Het moge uit een en ander duidelijk zijn, dat door nauwkeurig onderzoek in terrein en laboratorium bij een voldoend aantal plaatsen (monsters), het bepalen van de granulometrische samenstelling enige perspectieven kan bieden voor studies over de vorming der Nederlandse kustzand-gebieden. De mogelijkheden zullen echter aanzienlijk groter zijn, indien men bij de beschikbare monsters niet vrijwel uitsluitend zal zijn aangewezen op „praktijk"-monsters. Om de genese beter te begrijpen moet men een of enkele gebieden nauwkeurig en zorgvuldig bemonsteren en daarvan de analyses bestuderen.

SUMMARY

DUNE AND MARINE SAND

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF DUTCH SOILS

CONTENTS

		Page
	INTRODUCTION	3
I.	SURVEY OF LITERATURE	4
II.	REVIEW OF THE RESULTS OF THE GRANULOMETRIC ANALYSES	5
	1. Old dune sand	5
	2. Young dune sand	9
	3. Young marine sand	15
III.	GRAPHS OF THE RESULTS OF THE ANALYSES	20
	1. The distribution graph	20
	2. The graphic method of Gry	22
	a. Old dune sand	25
	b. Young dune sand	29
	c. Young marine sand	31
	3. The decile values	42
	a. Old dune sand	43
	b. Young dune sand	43
	c. Young marine sand	45
IV.	CONCLUSIONS	48
	SUMMARY (Dutch)	49
	LITERATURE CITED	52

The author, now a geologist to the Netherlands Geological Survey at Haarlem, elaborated during the winter of 1944/1945 the granulometric analyses of samples of dune and marine sand present at the Agricultural Experiment Station and Institute for Soil Research T. N. O. The gaps in the material could not be filled at the time through lack of transport and communication facilities. Shortly afterwards the author was occupied elsewhere and was abroad for a few years. These and other reasons have caused Dr D. J. DOEGLAS' publication, which has meanwhile appeared (Verh. Ned. Geol. Mijnb.k. Gen., Geol. Ser. XV, 1950, 247—329) and partly covers the same area as the present article, to be left unreviewed.

Applications for tables containing results of analyses made as well as calculations should be sent and after inspection returned to the Agricultural Experiment Station and Institute for Soil Research T. N. O., Groningen.

The Dutch types of sand, found along the coast, including dune and marine sand, appear to be of a comparatively uniform composition. The sorting powers and the conditions under which sorting took place do not appear to differ so widely that markedly different products occur over wide areas.

The investigation of old dune sand with the help of the visual picture of the distribution figure (fig. 1) reveals a rather strongly to strongly sorted sand with a median value of $\pm$ 175. This value is variable, extremes of 145 and 204 may occur. The sand sub-fraction 150—210 μ is the commonest,

The grain size of sand collected at different heights on the western slope of the IJmuiden dune shows an average M-figure of 157, with 147 and 178 as extreme values (fig. 2). A study of the sand analyses along the entire coast reveals a rather coarse type in the south, possibly a coarser type in the north (at least a few coarser samples) and between Voorne and Castricum a finer type of sand. Deviations occur locally.

The conception that old dune sand is de-calcified to a large extent and should contain less than 1 per cent of lime, whereas young dune sand should contain over 3 per cent, only holds for surface samples. Below the ground water level there appears to be no difference in this respect between old and young dune sands.

Within the distribution area of the three main groups there are localities where as a result of the different forces of the sorting powers sands of varying granular size occur.

In the young dune sand no indications could be observed, which pointed to an increase of the granular size from North to South. In old dune sand we saw zones of varying granular sizes in the investigated areas in the district of Velsen, and in the young marine sand in the north of North-holland and on Terschelling and Ameland we found zones with more or less varying sizes of sand, so that only cautious conclusions in respect of the circumstances of sedimentation in these districts were possible.

The young marine sands of Terschelling appear to be somewhat coarser than those of Ameland; average M-figures resp. of 164 and 144. The distribution graph is discussed. GRY's method is likewise gone into in detail, while of all available analyses of the sands of the different groups the M-maximum, Max.sf, F and G values are laid down graphically in triangle diagrams. The main objective of GRY's method is to substitute the median value calculated on the basis of the cumulative curve by the commonest grain size, which is of far greater importance for the genesis.

The idea, suggested by the geological map, that the recent marine sand extended from Petten in a north eastern direction, is elegantly confirmed by the M_{max} values of GRY (fig. 5).

The samples of Terschelling show in GRY's triangle diagrams that the coarser-grained sands are more sorted, while these sand types are all found along the inner slope of the dunes (fig. 22). The finer-grained samples are almost exclusively found in the south-eastern district, along the coast. So the coarser sands have been deposited by more powerful sorting powers, say, by breakers. The same tendency can be observed in the samples of Ameland, be it less marked. Because possibilities for fieldwork are absent at this time we cannot bring a support to another assumption viz. that a more or less large part of the sand has proceeded by aerial transport from the dunes.

As has been said above when dealing with the M-figure, the coarsest sands of Ameland are still a little finer than the finest types of Terschelling; $M_{max} = 156$ on Ameland, as compared with 158 on Terschelling, while sorting on the isle of Ameland took place to a little greater extent than on the isle of Terschelling. There seems to be a relation between this phenomenon and the existence of a horn-shaped layer of seasand stretching from the Petten estuary inland in a north eastern direction. When we compare old dune sand, young dune sand and young marine sand, it appears that in old dune sand grains that are smaller than the commonest grain size are present in larger quantities than in young dune sand.

The calculation of the decile values shows the more or less steep course of the cumulative curve in the part between the 10 %, 50 % and 90 %-lines. The extent to which a symmetrically constructed sand deviates is indicated by the distance between the point in the graph to the $D_{10} = D_{90}$ (= the 45°)-line. Figures 26, 27 and 28 give a picture of old dune sands, young dune sands and young marine sands in the decile value graph. It appears, however, that the more genetic or geological method of GRY reveals the essential characteristics of the analysis better than does the method of the decile values.

Our investigation revealed that the uniformity of the size frequency distribution does not conflict with the ideas that Dutch coastal sands represent reworked sands of the North Sea area.

From the above it will be clear that by a minute investigation, both in the field and in the laboratory, of the sand in a sufficiently large number of localities (samples) the determination of the granulometric composition may offer some perspectives for studies on the formation of the Dutch coastal sand areas. Possibilities, however, will be considerably increased if the available samples are not exclusively derived from samples drawn for "practical" purposes.

For a better appreciation of the genesis it will be necessary to be accurate and careful when drawing samples from one or a number of areas and only to study the analyses of samples thus drawn.

LITERATUUR

1. BEDRIJFSLABORATORIUM VOOR GRONDONDERZOEK, GRONINGEN: Onderzoek van monsters ten behoeve van de ruilverkaveling de Mieden (gemeente Nes, Ameland), 1941 (getypt rapport).

2. BEDRIJFSLABORATORIUM VOOR GRONDONDERZOEK, GRONINGEN: Onderzoek van monsters ten behoeve van de ruilverkaveling op Terschelling, 1943 (getypt rapport).

3. DIEREN, J. W. VAN, Organogene Dünenbildung. Eine geomorphologische Analyse der Dünenlandschaft der West-Friesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden. Diss. Amsterdam, 1934.

4. FABER, J. Nederlandsche Landschappen, Gorinchem, 1942.

5. GRY, H. Eine Methode zur Charakterisierung der Kornverteilung klastischer Sedimente. *Geol. Rundsch.* 29, 1938, 175—195.

6. JESWIET, J. Die Entwicklungsgeschichte der Flora der holländischen Dünen, Diss. Zürich, 1913.

7. KALISVAART, C. Over de mechanische samenstelling en de practische waardering van een aantal Hollandse zeezandgronden. *Versl. Landbouwk. Onderzoek.*, 41B, 1935, 127—233.

8. SCHROEDER VAN DER KOLK, J. C. L. Bijdrage tot de kartering onzer zandgronden I. *Verh. Kon. Akad. v. Wet.*, 2e Sectie, IV, No. 4, 1895.

9. STEYN, J. A. VAN, Duinbebossing. Diss. Wageningen, 1933.

10. TESCH, P. De vorming van de Nederlandse duinkust. Uitgave No. 4, *Ned. Nat. Hist. Ver.*, 1935.

11. — Duinstudies IX, *T.K.N.A.G.*, XL, 1923, 15-25.

12. VRIES AZ, G. DE, De kaart van Hollands Noorderkwartier in 1288. *Verh. Kon. Akad. v. Wet., Afd. Letterk.* Dl. III, 1865.

13. VRIES, O. DE, De granulaire samenstelling van Nederlandsche grondsoorten. *Versl. Landbouwk. Onderz.*, 48 (11) A. 1942, 565—708.

14. VRIES, V. DE, Historische geografie van de Westpunt van Vlieland. *T.K.N.A.G.* LXIII, 1946, 8—48.