

SEDIMENT-PETROLOGIE EN HERKOMST VAN JONG-PLEISTOCÉEN DEKZAND IN NEDERLAND

*A contribution to the sedimentary petrology and
provenance of young pleistocene cover sand in the Netherlands¹⁾*

door/by

R. D. Crommelin²⁾

INLEIDING

In Nederland maken jong-pleistocene dekzanden ongeveer de helft uit van de totale oppervlakte; zij moeten dus als een van de belangrijkste jongere geologische formaties worden beschouwd. In de laatste vijftig jaar hebben verschillende onderzoekers zich beziggehouden met het onderzoek van de zware-mineralensamenstelling om te trachten daarmee een bijdrage te leveren tot het probleem van herkomst en genese. Het meeste onderzoek had betrekking op beperkte gebieden en mede ten gevolge van verschillende analysemethoden was het soms moeilijk resultaten met elkaar te vergelijken en tot een algemeen bevredigende interpretatie te geraken. Een samenvatting van de resultaten tot en met 1948 werd gegeven door Edelman (1948).

Vink (1949) heeft het onderzoek uitgebreid tot praktisch het gehele gebied waar dekzanden in Nederland voorkomen. Hij kwam tot de conclusie dat het grootste deel van deze formatie een uniforme samenstelling heeft en door aanvoer uit het Noordzeebekken moet zijn ontstaan³⁾. Hoewel Vink heeft waargenomen dat in sommige gebieden lokale bijmengingen van de ondergrond een bestanddeel van de dekzanden uitmaken, liet hij zich niet uit over de betrekking tussen deze lokale dekzanden en de meer algemeen voorkomende regionale dekzanden.

Nelson en Van der Hammen (1950) hebben voor het eerst een stratigrafische indeling gegeven, die later is uitgewerkt door de tweede auteur (Van der Hammen, 1951). Het resultaat was een onderverdeling in Ouder en Jonger dekzand, gescheiden door de Bølling-horizont. Vinks regionale en lokale dekzanden bleken grotendeels identiek te zijn met deze thans algemeen erkende stratigrafische begrippen.

Een meer recent Belgisch onderzoek, dat betrekking heeft op de Noorder Kempen en dat gedeeltelijk de mineralogie van de dekzandformatie behandelt, is beschreven in de dissertatie van De Ploey (1961). Voor zover zijn resultaten verband houden met het thans te beschrijven onderzoek, zullen zij, evenals die van Vink en Nelson-Van der Hammen, kort ter sprake komen aan het einde van deze verhandeling.

DOEL VAN HET ONDERZOEK

Intussen ontbrak een mineralogisch onderzoek naar de herkomst en het onderling verband van Ouder en Jonger dekzand volgens de indeling van Van der Hammen. Het leek dan ook nuttig het onderzoek opnieuw ter hand

¹⁾ Een uitgebreide behandeling van hetzelfde onderwerp is onder deze titel in het Engels verschenen in *Geologie en Mijnbouw*, Jrg. 43, no. 9, 1964.

²⁾ Stichting voor Bodemkartering, Afdeling Mineralogie.

³⁾ Zie o.a. de Toelichting bij de Geologische Overzichtskaart van Nederland, schaal 1:200 000 (Pannekoek c.s., 1956).

te nemen, d.w.z. op een bredere basis en volgens een meer uniforme methode dan tot nu toe was geschied.

Wat de herkomst betreft, kunnen in principe twee extreme standpunten worden ingenomen. n.l. 'van elders aangevoerd' en 'lokaal ontstaan door omwerking uit de ondergrond'.

Over het ontstaan van Ouder dekzand bestaat praktisch geen meningsverschil. De meeste geologen nemen aan dat het wijd verbreide en uniforme optreden het gevolg is geweest van aanvoer uit het Noordzeebekken bij noordwesten wind.

Minder eensgezind is de mening over het ontstaan van Jonger dekzand, zij het dat een zekere mate van invloed van de ondergrond over het algemeen aanvaard wordt. Hoewel de hypothese van een allochtone herkomst van Ouder dekzand en een min of meer autochtone herkomst van Jonger dekzand ongeveer de gangbare mening vertegenwoordigt, zijn de alternatieve hypothesen nooit weerlegd. Voor het ogenblik geven wij er dus de voorkeur aan het probleem wat algemener te formuleren en te stellen dat er in principe vier mogelijkheden voor de herkomst van Ouder en Jonger dekzand zijn, n.l.:

- a. Ouder en Jonger dekzand beide allochtoon (Noordzeebekken)
- b. Ouder en Jonger dekzand beide autochtoon
- c. Ouder dekzand allochtoon en Jonger dekzand autochtoon
- d. Ouder dekzand autochtoon en Jonger dekzand allochtoon.

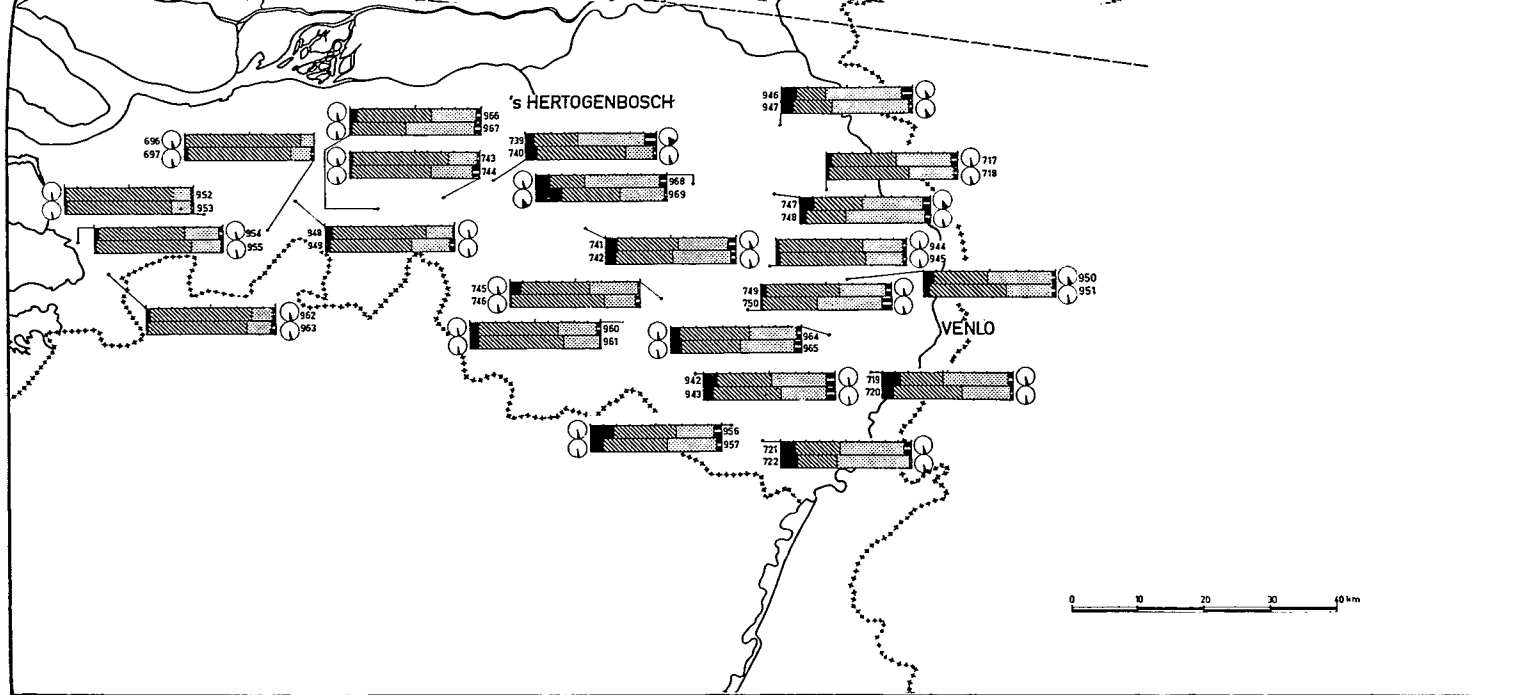
In dit schema vertegenwoordigt (c) de hypothese die over het algemeen de voorkeur geniet; de andere hypothesen zouden dus meer of minder onwaarschijnlijk zijn, speciaal (d) die juist het tegengestelde is van (c). Het is duidelijk, dat de overeenkomst in mineralogische samenstelling tussen Ouder dekzand en Jonger dekzand in de gevallen (a) en (b) groter zal zijn dan in de gevallen (c) en (d). Hiervan uitgaande moet het mogelijk zijn met de mineralogische kennis van de verschillende formaties, die voor de herkomst van dekzand in aanmerking komen, uit de vier hypothesen een keuze te doen.

In tegenstelling tot geologisch georiënteerde onderzoekingen heeft dit onderzoek een specifiek mineralogisch karakter gehad. Daar mineralogische gegevens in getallen worden uitgedrukt, houdt dit in dat de motivering van beslissingen en de conclusies gebaseerd zijn geweest op meer formele en minder intuïtieve gronden dan vaak het geval is bij geologische besluitvorming.

MONSTERNEMING EN LABORATORIUMTECHNIEK

Van 75 profielplekken, zo homogeen mogelijk verdeeld over het totale dekzandareaal, werden monsters in tweevoud genomen, één van Ouder dekzand en één van Jonger dekzand. Daar de Bølling-horizont zelden goed is waar te nemen, werd gebruik gemaakt van de Usselo-laag als gidshorizont; monsters hierboven genomen vertegenwoordigen steeds Jonger dekzand, terwijl monsters beneden deze horizont werden genomen op een diepte, waar het dekzand leemlaagjes vertoonde die typisch zijn voor Ouder dekzand.

Na de gebruikelijke voorbehandeling in het laboratorium werden uit de 210-150 micronfractie de zware mineralen in duplo afgescheiden; het gehalte ervan werd uitgedrukt in het gewichtspercentage van genoemde fractie. De afzonderlijke soorten werden bepaald door telling van driehonderd korrels. De techniek van de analyse verschilt dus in twee opzichten aanmer-



Analyses hebben betrekking op profielen waarin Jonger en Ouder dekzand (respectievelijk boven- en benedenstrook) boven elkaar voorkomen

The upper and lower strips respectively refer to mineral distribution of Younger and Older cover sand sampled from profiles

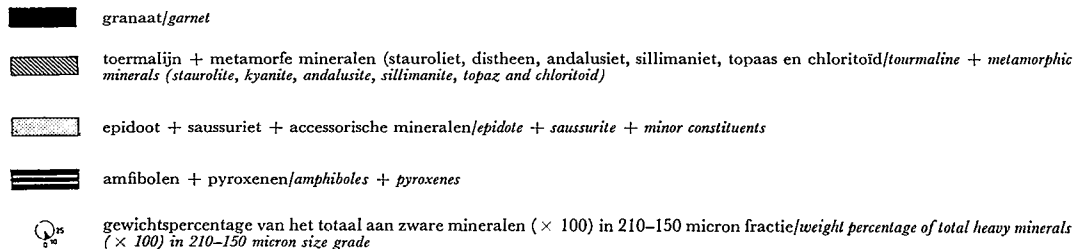


Fig. 1. Zware-mineralensamenstelling van jong-pleistoceen dekzand (korrelgrootte 210–150 micron)
 Fig. 1. Heavy mineral composition of young pleistocene cover sand (size grade 210–150 microns)

kelijk van de conventionele techniek in de sediment-petrologie, waarbij van een veel ruimer korrelgroottegebied ($\pm 40-500$ micron) meestal slechts honderd korrels worden geteld. De herziening was nodig, omdat in de eerste plaats de mineralogische samenstelling van een sediment niet alleen afhankelijk is van de herkomst, doch ook – en wel in sterke mate – een functie is van de korrelgrootte. Door een fractie binnen wijde grenzen te onderzoeken, introduceert men derhalve een zeer storende factor, die kan veroorzaken dat het herkomsteffect gestrengeld wordt met het korrelgrootte-effect. Met andere woorden: enerzijds worden interessante verschillen, die men wenst op te sporen, gemaskeerd, terwijl anderzijds verschillen worden gevonden die van geen belang zijn voor het gestelde probleem. Dit is slechts te vermijden door één of meer korrelgroottegebieden binnen nauwe grenzen te onderzoeken. Hier kon met één fractie (210–150 micron) worden volstaan, omdat deze in dekzanden verreweg de belangrijkste is (Dücker-Maarleveld, 1958, en Maarleveld, 1960) en bovendien in mineralogisch opzicht een goed onderscheidingsvermogen biedt.

In de tweede plaats heeft, wat het aantal te analyseren korrels betreft, de ervaring van de laatste jaren geleerd dat bij sediment-petrologische problemen, waar conclusies berusten op mineralogische analyses, een steekproefgrootte van $n = 100$ te klein is en $n = 300$ pas een redelijke waarborg voor voldoende nauwkeurigheid geeft.

HOOFDTYPEN DEKZAND EN HUN BETREKKING TOT DE GEOLOGIE VAN DE ONDERGROND

Figuur 1 en de daarvan afgeleide diagrammen, figuren 2a en 2b, geven een schematische samenvatting van de resultaten (uitgedrukt in procenten) van vier, respectievelijk drie der voornaamste mineralen (of mineraalgroepen)¹⁾. In figuur 1 is bovendien voor elk monster het gehalte aan zware mineralen in gewichtspercentages van de fractie 210–150 micron gegeven.

Een beschouwing op het eerste gezicht van de kaart suggereert dat op zijn minst drie mineralogisch van elkaar verschillende gebieden²⁾ kunnen worden onderscheiden, ongeveer volgens de aangegeven begrenzing. Aanvaardt men deze indeling als grondslag voor een nadere beschouwing, dan kan men vervolgens vragen naar een meer gedetailleerd verband tussen de in totaal 150 analyses. Hoewel deze alle onderling min of meer verschillen vertonen, valt toch een zekere rangorde op te merken wat betreft de aard van die verschillen. Zo blijkt bij nader inzien dat drie soorten van verschillen kunnen worden onderscheiden, die elk een bepaald niveau vertegenwoordigen; het zijn van 'hoog' naar 'laag' de niveaus van verschillen tussen gebieden (1), tussen profielen binnen gebieden (2) en ten slotte tussen Ouder en Jonger dekzand binnen profielen (3).

Intussen bedenke men wel dat bovengenoemde indruk van een driedeling in het Nederlandse dekzandareaal wat betreft mineralogische samenstelling in feite op de intuïtieve overweging berust, dat de verschillen *tussen* gebieden (hoogste niveau) van een duidelijk grotere orde zijn dan die *binnen* gebieden (tweede en derde niveau). Deze belangrijke overweging vormt in het algemeen het uitgangspunt van een meer exacte behandeling van de vraag, wat voor betekenis aan het begrip 'verschil' moet worden toegekend. Waar het contrast tussen de drie gebieden echter zo evident is, kon een statistische

¹⁾ Voor de juiste plaatsaanduiding en kwantitatieve gegevens, zie Crommelin (1964).

²⁾ In het vervolg aangeduid met Noorden, Midden en Zuiden.

toetsing in dit geval achterwege blijven. Wel is die toegepast bij de beschouwing van de moeilijker te ontwarren verschillen (zie fig. 1) binnen elk van deze gebieden. Op dit punt zal hieronder in deze verhandeling in het kort¹⁾ nader worden ingegaan met vermelding van de resultaten.

Voor het ogenblik zijn wij echter in eerste instantie geïnteresseerd in het contrast tussen de drie gebieden en het verband met de ondergrond, zodat wij voorlopig de samenstelling per profiel mogen beschouwen als het gemiddelde van Ouder en Jonger dekzand ter plaatse.

Wat zijn nu, deze vereenvoudiging in aanmerking genomen, de voornaamste mineralogische kenmerken in elk der drie gebieden? De belangrijkste mineraalcombinatie voor het Noorden is granaat + toermalijn + de metamorfe mineraalgroep; voor het Midden: epidoot + saussuriet + de amfibool-pyroxengroep; voor het Zuiden: toermalijn + de metamorfe mineraalgroep. Deze kenmerken zijn zo karakteristiek, dat het reëel zijn van de verschillen tussen de gebieden wel vaststaat en niet statistisch getoetst behoeft te worden. De gewichtspercenten van de zware mineralen zijn in overeenstemming met de driedeling; de waarden zijn het hoogst voor het Midden, het laagst voor het Zuiden, terwijl het Noorden een tussenpositie inneemt.

Van een geologisch standpunt beschouwd, valt op te merken dat de ondergrond van de drie gebieden uit zeer verschillende afzettingen bestaat. In het

1) Voor een uitvoeriger behandeling, zie Crommelin (1964).

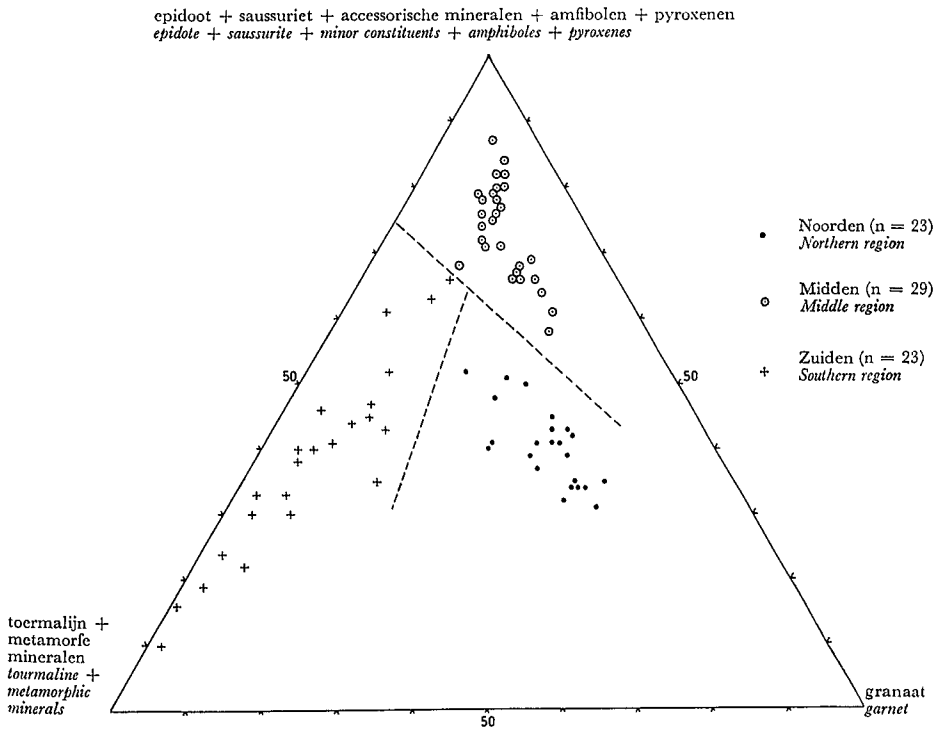


Fig. 2a. Zware-mineralensamenstelling van Ouder dekzand in korrelgroottefractie 210-150 micron (n = 75)

Fig. 2a. Heavy mineral composition of Older cover sand in size grade 210-150 microns (n = 75)

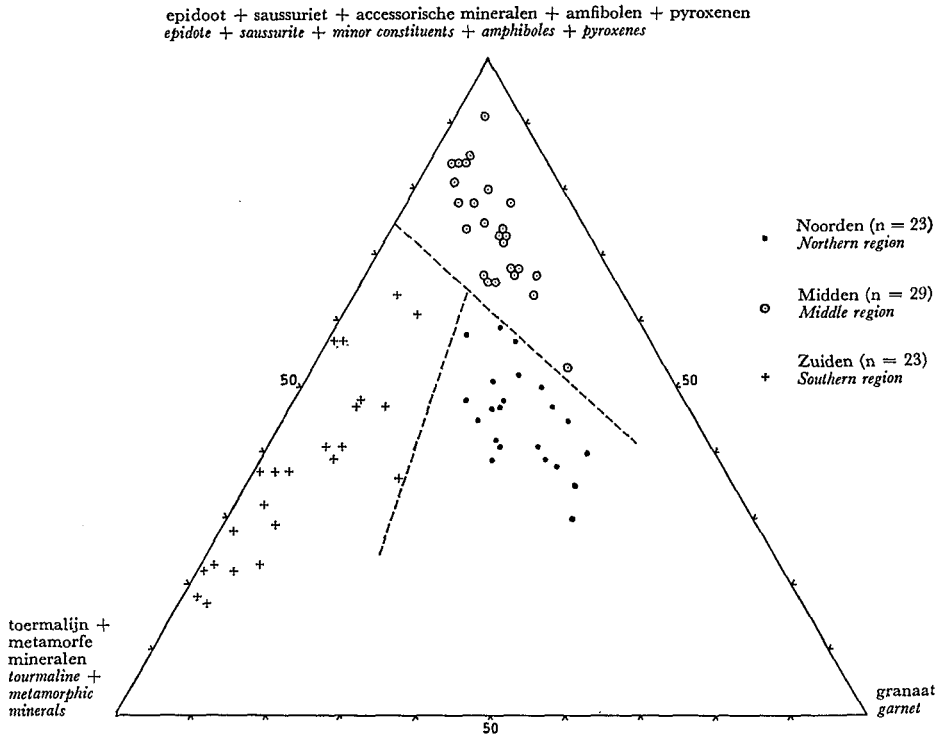


Fig. 2b. Zware-mineralensamenstelling van Jonger dekzand in korrelgroottefractie 210-150 micron (n = 75)

Fig. 2b. Heavy mineral composition of Younger cover sand in size grade 210-150 microns (n = 75)

Zuiden vinden we de oud- en midden-pleistocene afzettingen van de Maas, noordelijk van de grote rivieren wordt de ondergrond uit de gestuwde midden-pleistocene sedimenten van hoofdzakelijk de Rijn gevormd, terwijl de basis van de dekzanden in het Noorden grotendeels uit keileem en fluvioglaciaal is opgebouwd. We zien dus, dat de geologische grenzen tussen de formaties van de ondergrond min of meer samenvallen met mineralogische grenzen binnen de daarop rustende dekzandformatie. In het volgende zullen de betrekkingen tussen de mineralogie van ondergrond en dekzand per gebied nader beschouwd worden.

a. Zuiden

De samenstelling van de dekzandmonsters is duidelijk gedifferentieerd in een west-oostrichting. De component toermalijn + metamorfe mineralen is in westelijk Noordbrabant het hoogst en neemt af in oostelijke richting, waar het aandeel van granaat + epidoot belangrijker wordt. De totaalpercentages van de zware mineralen vertonen – hoewel niet zo duidelijk als de afzonderlijke componenten – eveneens een differentiatie: de laagste waarden in het westen, hoger wordend naar het oosten.

De ondergrond bestaat van west naar oost uit respectievelijk de Kedichem-, de Sterksel- en de Veghelformaties, waarvan zware-mineralenanalyses (Zonneveld, 1958, en eigen waarnemingen) eveneens een gradatie van west naar oost laten zien, die goed met die van de dekzanden overeenstemt.

Het duidelijkst komen de Kedichemformatie en de dekzanden in de

westhoek van Noordbrabant met elkaar overeen. De dekzanden van het Midden en Oosten van Noordbrabant vormen een vrij homogene groep; maar het is niet mogelijk daarin met zekerheid de invloed van het patroon van de Sterksel- en de Veghelformaties aan te tonen zonder een gedetailleerder bemonstering. In grote lijnen echter stemt het zware-mineralenbeeld van de dekzanden in het Zuiden voldoende goed overeen met dat van het onderliggende oud- en midden-Pleistoceen om de herkomst van de dekzanden in verband te brengen met de geologie van de ondergrond.

b. Midden

De meest kenmerkende eigenschap is de combinatie epidoot-hoornblende, die gemiddeld 75% van de samenstelling uitmaakt. Tevens zijn de totaalpercentages van de zware mineralen in dit gebied het hoogst. Dezelfde eigenschappen vinden we terug bij de preglaciale zanden van de stuwwallen die overwegend uit Rijnmateriaal zijn samengesteld, zodat het hier voor de hand ligt de herkomst van de dekzanden te verklaren uit de omwerking van de ondergrond. Op basis van deze veronderstelling wordt het begrijpelijk, dat ten gevolge van de complexe opbouw van de ondergrond (schubstructuur) de dekzandverschillen een wat onregelmatiger verdeling vertonen (fig. 1) en niet – zoals in het Zuiden – in een bepaalde richting georiënteerd zijn.

De oudere witte zanden van oostelijke origine met een totaal afwijkende samenstelling komen in het centrale gedeelte van het Middengebied slechts sporadisch aan de oppervlakte (De Jong, 1952; Crommelin, 1953); invloed ervan op de dekzanden is nauwelijks te verwachten. De witte zanden overheersen echter in de noordoosthoek van het Midden. Toch hebben de dekzanden daar de samenstelling van de Rijnzanden, zoals in het overige deel van het Midden. Een verklaring zou kunnen zijn, dat omgewerkte Rijnzanden met westelijke winden over enige afstand verstoven zijn alvorens als dekzand te worden afgezet.

c. Noorden

De diagrammen hebben met elkaar gemeen dat granaat, epidoot en de amfibolen-pyroxenen ongeveer 75% van de zware-mineralensamenstelling uitmaken. De totaalpercentages van de zware mineralen zijn duidelijk hoger dan voor het Zuiden, maar lager dan voor het Midden. De beschikbare gegevens over de sediment-petrologie van de keileem en het fluvioglaciaal, die grotendeels de ondergrond vormen, wettigen de veronderstelling dat de dekzanden hun materiaal aan deze formaties hebben ontleend. Waarschijnlijk komt de granaat-component voor rekening van het fluvioglaciaal en heeft de keileem de epidoot + amfibool-pyroxeen-component geleverd. Beide afzettingen vormen in de ondergrond een ingewikkeld patroon; de lokale omwerking ervan tot dekzand zal een vermenging hebben veroorzaakt, waardoor het contrast in samenstelling vervaagd is. Mogelijk vormen deze omstandigheden de verklaring voor het feit, dat de dekzandanalyses een vrij homogeen beeld vertonen zonder bepaalde regionale differentiatie.

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat naast essentiële verschillen tussen de gebieden er binnen elk gebied sprake is van een duidelijk verband tussen de samenstelling van het dekzand en die van de ondergrond. Deze feiten vormen een voldoende motivering voor de zienswijze, dat onze dekzanden moeten zijn ontstaan door min of meer lokale omwerking van de ondergrond;

zij zijn in tegenspraak met de theorie dat zij over lange afstand vanuit het Noordzebekken zouden zijn aangevoerd (Vink, 1949). In het laatste geval zouden we niet de afhankelijkheid tussen dekzanden en ondergrond verwachten, zoals die werd geconstateerd.

BETREKKINGEN TUSSEN PROFIELEN EN TUSSEN OUDER EN JONGER DEKZAND BINNEN GEBIEDEN

Daar wij tot dusverre geïnteresseerd waren in een eerste indeling van het totale dekzandgebied (het hoogste niveau) en in het verband met de ondergrond, zijn de verschillen binnen de onderscheiden gebieden, en wel tussen profielen en tussen Ouder en Jonger dekzand, voorlopig niet nader geanalyseerd. Thans zal op de relaties tussen beide soorten verschillen (respectievelijk op het tweede en het derde niveau) wat nader worden ingegaan. De profielpunten zullen van nu af aan worden opgevat als paarsgewijze waarnemingen van Ouder en Jonger dekzand.

Uit het overzicht van de mineraalassociaties (fig. 1) bleek al dat de onderlinge betrekkingen te ingewikkeld zijn om er bepaalde conclusies aan te kunnen verbinden wat de betekenis van de optredende verschillen betreft. Als hulpmiddel voor een dergelijke waardering is daarom een objectieve statistische analyse de aangewezen weg. Hierbij viel de keuze op de tweevoudige variantie-analyse. Deze methode kan worden toegepast, wanneer elk kenmerk volgens twee categorieën kan worden ingedeeld. In dit geval schat zij zowel het profieffect van de geografische verschillen tussen de profielen als het laageffect van de stratigrafische verschillen tussen Ouder en Jonger dekzand. Met voorbijgaan van details kan van het principe van de methode het volgende worden gezegd; wij beschouwen bijvoorbeeld het totaal aantal waarnemingen van granaat in het Zuiden, n.l. $23 \times 2 = 46$ waarnemingen. De spreiding tussen deze 46 waarnemingen kan worden toegeschreven aan drie oorzaken, 1e. verschillen tussen profielen, 2e. verschillen tussen Ouder en Jonger dekzand binnen profielen en 3e. toevallige verschillen, resulterend in respectievelijk een profieffect, een laageffect en een toevalseffect. De eerstgenoemde twee effecten zullen des te belangrijker worden geacht, naarmate het toevalseffect kleiner is, en omgekeerd. Hoe belangrijk een effect moet zijn om significant te kunnen worden genoemd, is een kwestie van afspraken en het vervolgens toepassen van een bepaalde rekentechniek.

Wanneer men de variantie-analyse aldus uitvoert voor de vijf mineraal-kenmerken in de drie onderscheiden gebieden, blijkt dat het profieffect in veel meer gevallen significant is dan het laageffect (Crommelin, 1964).

a. Profieffecten

Een significant profieffect betekent een sterke positieve correlatie tussen Ouder en Jonger dekzand. Uitgedrukt in geologische termen wil dit zeggen, dat de vorming van Jonger dekzand uit Ouder dekzand (door omwerking) een lokaal karakter moet hebben gehad. Als Jonger dekzand van een andere bron afkomstig was, zou de betrekking tot Ouder dekzand zeker niet een dergelijk regelmatig verband vertonen. Intussen is er, wat het gedrag van het profieffect betreft, verschil tussen de drie gebieden; het Zuiden en het Midden vertonen het verschijnsel in veel sterkere mate dan het Noorden. Voor het Zuiden blijkt dit evident uit het kaartbeeld; het west-oost gerichte verloop in mineralogische samenstelling accentueert duidelijk de positieve cor-

relatie die tussen overeenkomstige kenmerken van Ouder en Jonger dekzand bestaat.

Het Midden vertoont een significant profieffect voor evenveel kenmerken als het Zuiden, wat het kaartbeeld van fig. 1 zeker niet suggereert. Deze schijnbare tegenspraak wordt echter opgelost als men zich rekenschap geeft van de onregelmatige structuur van de ondergrond; de daarvan afgeleide dekzanden vertonen verschillen die veel minder dan in het Zuiden aan een bepaalde richting zijn gebonden, veeleer onregelmatig zijn georiënteerd en daarom in de diagrammen minder opvallen.

De afwezigheid van significante profieffecten in het Noorden volgt logischerwijze uit het reeds beschouwde verband met de ondergrond in dit gebied; de onderlinge afstand tussen de profielen is te groot ten opzichte van de veel kleinere afstanden tussen de begrenzingen van keileem en fluvio-glaciaal. Het essentiële verschil tussen beide laatste formaties kan met een dergelijk wijd monsterpatroon via de dekzanden niet opgespoord worden, zodat de verschillen tussen de profielen slechts van toevallige aard kunnen zijn.

b. Laageffecten

De hierboven besproken profieffecten geven geen informatie over een eventueel systematisch effect tussen Ouder en Jonger dekzand in elk van de gebieden. Is dit aanwezig, zijn bijvoorbeeld de percentages van bepaalde kenmerken van Jonger dekzand systematisch groter (of kleiner) dan van Ouder dekzand, dan spreken we van een significant laageffect. Zoals reeds is opgemerkt, is dit effect in de regel van geen betekenis en hebben de verschillen tussen Ouder en Jonger dekzand een toevallig karakter. Een uitzondering vinden we in het Noorden, waar zowel de waarden van granaat als van het totaal aan zware mineralen in Jonger dekzand gemiddeld duidelijk hoger zijn dan in Ouder dekzand.

Voor een verklaring zouden de volgende alternatieven aangevoerd kunnen worden: Ouder dekzand is gewoonlijk fijner dan Jonger dekzand; de gemiddelde korrelgrootte van Ouder dekzand ligt dan ook meer in de buurt van de ondergrens van de onderzochte korrelgrootte 210–150 micron, terwijl de gemiddelde korrelgrootte van Jonger dekzand meer verschoven is naar de bovengrens. Indien de korrelgrootteverdeling van granaat een top heeft, die eveneens dichter bij de bovengrens dan bij de ondergrens ligt, zal over het algemeen in de 210–150 micronfractie van Jonger dekzand meer granaat aanwezig zijn dan in die van Ouder dekzand. De korrelgrootteverdeling van granaat is echter een probleem op zichzelf waarvan nog weinig bekend is, zodat de verklaring een hypothetische is, die niet door feiten gesteund wordt.

Een andere mogelijke verklaring die in verband staat met de genese van Jonger en Ouder dekzand, is de volgende. Indien Jonger dekzand is ontstaan door eolische omwerking van Ouder dekzand, kan men veronderstellen dat een selectie naar het soortelijk gewicht heeft plaatsgehad. Kwarts, veldspaten maar ook de lichtere mineralen van de zware fractie zullen verder weg worden getransporteerd, terwijl de zwaardere geconcentreerd worden. Dit zou verklaren dat Jonger dekzand gemiddeld meer granaat heeft en tevens dat het percentage zware mineralen hoger is dan in Ouder dekzand. Met de idee van selectie door wind zou ook in overeenstemming zijn het feit dat Jonger dekzand qua granulaire samenstelling veel beter gesorteerd is en minder fijn dan Ouder dekzand.

CONCLUSIES

De resultaten van het onderzoek samenvattend, kan geconstateerd worden dat er een grote mate van overeenkomst bestaat tussen 1e. de zware-mineralensamenstelling van dekzand en die van de basis-formaties en 2e. meer in het bijzonder tussen Ouder en Jonger dekzand in elk van de drie gebieden.

Deze feiten zijn niet in overeenstemming met de gangbare mening dat Ouder dekzand een allochtone herkomst heeft en uit het Noordzeebekken is aangevoerd. Dit betekent dat van de vier hiervoor genoemde mogelijkheden hypothese (c) niet houdbaar is. De keus moet thans vallen op hypothese (b) n.l. een lokale herkomst voor zowel Ouder dekzand als voor Jonger dekzand. Als eerste benadering demonstreert fig. 1 dit voldoende duidelijk. Speciaal met betrekking tot de relatie: dekzand-ondergrond moet men bedenken dat de term 'lokaal' niet in te nauwe betekenis moet worden opgevat, maar meer als tegenstelling tot 'aangevoerd over lange afstand'.

Zoals in de inleiding is opgemerkt, zijn vroegere onderzoekers tot andere conclusies gekomen, die bovendien onderling niet altijd overeenstemden. Om met goed gevolg de mineralogische samenstelling van een sediment te kunnen aanwenden als functie van de herkomst, moet aan bepaalde voorwaarden voldaan zijn. Een belangrijke voorwaarde is dat mineralogische verschillen die gebonden zijn aan de korrelgrootte, gescheiden worden van verschillen, veroorzaakt door herkomst. Wanneer dit punt verwaarloosd wordt – hetgeen veelal het geval is –, kan men licht tot misleidende resultaten komen, waarbij het herkomsteffect gemaskeerd wordt door het korrelgrootte-effect en als gevolg daarvan niet meer te onderkennen is. Dit verklaart waarom Vink, die – zoals destijds gebruikelijk – met ongefractioneerde monsters werkte, er niet in slaagde gedifferentieerde eenheden in de dekzandformatie te herkennen. Zijn conclusie, dat het grootste deel van het dekzand afkomstig is van afzettingen uit het Noordzeebekken, was gebaseerd op het gemeenschappelijk kenmerk van de granaat-epidoot-hoornblendende associatie (Edelmans A-provincie). De gevolgtrekking is echter niet juist, omdat deze mineraalassociatie in ongefractioneerde sedimenten steeds de voornaamste associatie is in praktisch alle midden- en jong-pleistocene sedimenten van zowel mariene als fluviatiele herkomst en daarom als onderscheidend kenmerk geen waarde heeft. Zoals we gezien hebben, zijn nauwkeurigere methoden vereist om de interactie van storende factoren te vermijden.

Een andere illustratie van de misverstanden, voortkomende uit het onderzoek van ongefractioneerde analyses, levert beschouwing van de resultaten van Nelson (Nelson-Van der Hammen, 1950) en van De Ploey (1961), die beide betrekking hebben op dekzandonderzoek in het zuidwestelijk grensgebied noordelijk van Antwerpen. Het betreft hier gedetailleerde onderzoeken, uitgevoerd aan een klein aantal profielen van gelijksoortige geologische opbouw. Nelson en De Ploey interpreteren echter de verandering in mineralogische samenstelling bij de overgang van Ouder naar Jonger dekzand ieder op hun eigen wijze; dat kan ook niet anders als men bedenkt, dat Nelson het korrelgroottegebied tot ± 500 micron onderzocht, terwijl de bovengrens van De Ploey's monsters ± 250 micron bedroeg. In het eerste geval is de invloed van het grovere Jonger dekzand op die verandering in samenstelling veel groter dan in het tweede. Het is dan ook niet verwonderlijk dat beide auteurs, ofschoon werkend in vrijwel hetzelfde gebied en aan hetzelfde onderwerp, verschillende resultaten krijgen en tot verschillende opvattingen komen, wat de herkomst van dekzand betreft.

Andere voorbeelden zouden kunnen worden genoemd, waar de interpretatie van de resultaten beïnvloed is geweest door de strengeling van herkomst-effecten met korrelgrootte-effecten. Het streven moet er derhalve op gericht zijn het tweede effect zoveel mogelijk te elimineren, een principe waarvan bij het bovenomschreven onderzoek gebruik is gemaakt.

De schrijver betuigt hierbij zijn dank aan de heer M. Keuls, Centrum voor Landbouwwiskunde, Wageningen, en aan ir. L. R. Verdooren, Instituut voor Rassenonderzoek van Landbouwgewassen, Wageningen, voor hun waardevolle suggesties voor het statistisch gedeelte van dit onderzoek en voorts aan prof. dr. G. C. Maarleveld, door wiens medewerking een verantwoordelijke keuze van de profielplaatsen mogelijk was.

SUMMARY

The aim of the investigation was to examine the mineralogy of young pleistocene cover sands as related to their depositional environment and more specifically to study the interrelationship between subsurface, Older cover sand and Younger cover sand in terms of heavy mineral composition.

75 Profiles over the total cover sand area of the Netherlands were sampled in pairs. Heavy mineral analysis based on counts of 300 grains, was confined to the 210–150 micron fraction so as to minimise confounding provenance and grain-size effects.

The results permit a subdivision into three distinct regions, each showing a characteristic heavy mineral composition which moreover appeared to be closely related to the mineralogy of the subsurface. Hence a more or less local provenance of the cover sand formation is advocated, 'local' being taken in the opposite meaning to 'conveyed over a long distance' as would be the case if the North Sea basin was taken as the source area.

The relations between profiles and between Older and Younger cover sand within the three regions were both tested by the two-way analysis of variance method. It was found that there is often a very significant locality contrast, whereas the stratum contrast is usually not significant. This indicates that local reworking of Older cover sand gave rise to Younger cover sand, whereas the absence in most cases of significant mineralogical changes when passing from Older to Younger cover sand suggests that usually no systematic agents were active in this process.

Research of previous authors on this subject is reviewed and results are discussed with regard to the conclusions arrived at in the present paper.

LITERATUUR

- Crommelin, R. D.*, 1953: Over de stratigraphie en herkomst van de preglaciale afzettingen in Midden-Nederland. *Geol. en Mijnb.*, NS 15, pp. 305–321.
- Crommelin, R. D.*, 1964: A contribution to the sedimentary petrology and provenance of young pleistocene cover sand in the Netherlands. *Geol. en Mijnb.* 43, no. 9, pp. 389–402.
- Dücker, A. and G. C. Maarleveld*, 1951: Hoch und spätglaziale Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. *Geol. Jb.* 73, pp. 215–234.
- Edelman, C. H.*, 1948: Samenvatting van nieuwe resultaten van het sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen.* 65, afl. 6, pp. 753–780.
- Hammen, Th. van der*, 1952: Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. *Leidse Geol. Meded.* 17, pp. 71–183.
- Jong, J. D. de*, 1952: On the structure of the preglacial Pleistocene of the Archemerberg (Province of Overijssel, Netherlands). *Geol. en Mijnb.*, NS 14, pp. 86–90.
- Maarleveld, G. C.*, 1960: Wind directions and cover sands in the Netherlands. *Biuletyn Periglacialny*, no. 8, p. 49–58.

- Nelson, H. W. en T. van der Hammen*, 1950: Een kwartair-geologisch onderzoek van het SW-deel van Noord-Brabant. Geol. en Mijnb., NS 12, no. 8 en 9, pp. 241-251 en 272-276.
- Pannekoek, A. J. c.s.*, 1956: Geological History of the Netherlands. Government Printing and Publishing Office, Den Haag.
- Ploey, J. de*, 1961: Morfologie en kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. Acta Geogr. Lovaniensia 1, pp. 5-130.
- Vink, A. P. A.*, 1949: Bijdrage tot de kennis van löss en deorzanden. Dissertatie, Wageningen.
- Zonneveld, J. I. S.*, 1958: Lithostratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoecen. Meded. Geol. Stichting, NS 12, pp. 31-64.