

32/446 (233) 2^e ex

gifu
STAD 56 11 51

**Microscopisch onderzoek van glauconiethoudende zanden bij
Ellewoutsdijk/Borssele in de provincie Zeeland**

**J.F.Th. Schoute
E.B.A. Bisdom**

**D. Schoonderbeek
O.H. Boersma
D. Schreiber
E.C. Vos**

Rapport 233

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1992

12 NOV. 1992

18n 561151*

REFERAAT

Schoute, J.F.Th, E.B.A. Bisdorff, D. Schoonderbeek, O.H. Boersma, D. Schreiber en E.C. Vos. Microscopisch onderzoek van glauconiethoudende zanden bij Ellewoutsdijk/Borssele in de Provincie Zeeland. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 233. 42 blz.; 7 tab.; 14 fig.; 8 ref.

In het kader van een ingenieursgeologisch onderzoek van een tunneltracé ten behoeve van de Westerschelde Oeververbinding is micromorfologisch en geologisch onderzoek verricht om het niet goed bekende afwijkende gedrag van uit een boring afkomstige glauconiethoudende zanden beter te begrijpen. Hiervoor werden dunne, verharde doorsneden (slijpplaten) van de ongestoorde monsters van zanden gemaakt die vervolgens met licht- en elektronenmicroscopie en beeldanalyse bestudeerd zijn. Zo zijn gegevens over glauconiet, cementaties, verkittingen, porositeit en samenstelling van de sedimenten verzameld. De belangrijkste conclusies zijn: (1) het gehalte aan glauconiet neemt toe met de diepte, (2) de gemiddelde korrelgrootte van de glauconiet varieert tussen 84 en 181 μm , (3) het bovenste jongere sediment heeft het grootste volume aan grotere holten ($\geq 30 \mu\text{m}$), heeft de hoogste totale porositeit ($\geq 1 \mu\text{m}$) en is vergelijkenderwijs los gepakt, (4) het diepere sediment is dichter gepakt, vooral dat van het oudste en diepste sediment in de boring, (5) verkittend fijn materiaal, vooral carbonaat en amorf ijzerhydroxide maar weinig klei, komt weinig in de slijpplaten A (bovenste laag) en D (onderste) voor en veel meer in B en C, (6) in de wanden van graafgangen zijn vaak hogere concentraties glauconiet aangetroffen die verkit kunnen zijn, (7) het afwijkend gedrag van de zanden kan vermoedelijk worden toegeschreven aan eigenschappen van glauconiet, aan de wijze van voorkomen van dit mineraal en aan de aanwezigheid van verkittingen.

Trefwoorden: tunneltracé, micromorfologie, glauconiet, slijpplaten, zandlagen, licht- en elektronenmicroscopie, beeldanalyse, cementatie, verkittingen, porositeit, pakkingen.

ISSN 0927-4499

©1992 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO). Postbus 125, 6700 AC Wageningen. Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VI-SI-NL.

DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

INHOUD

	blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	11
2 MONSTERS EN MONSTERBEHANDELING	13
3 MICROMORFOLOGISCHE ANALYSEMETHODEN	15
4 HET MINERAAL GLAUCONIET	17
5 RESULTATEN MICROMORFOLOGISCHE ANALYSE	19
5.1 Lagen in slijpplaten	19
5.2 Glauconietgehalte	21
5.3 Korrelgrootte glauconiet	22
5.4 Porositeitsmetingen	24
5.5 Pakking	25
5.6 Beschrijving van samenstelling en cementatie in de slijpplaten	26
5.6.1 Slijpplaat A	26
5.6.2 Slijpplaat B	29
5.6.3 Slijpplaat C	33
5.6.4 Slijpplaat D	35
5.7 Vergelijking ongeroerd met geroerd materiaal	37
5.8 Mogelijke oorzaken afwijkend mechanisch gedrag van glauconiethoudende zanden	38
6 CONCLUSIES	39
LITERATUUR	41
TABELLEN	
1 Monster- en slijpplaatdiepten	13
2 Zandlagen in slijpplaat A	20
3 Zandlagen in slijpplaat B	20
4 Oppervlaktepercentages (volumes) van glauconiet in zandlagen	21
5 Gemiddelde korrelgrootte van glauconiet in zandlagen	22
6 Totale porositeit ($\geq 1 \mu\text{m}$) in volumepercentages van zandlagen	25
7 Grootteklassen en volumepercentages van holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) in zandlagen	25
FIGUREN	
1 Overzicht van slijpplaat A waarin 4 glauconiethoudende zandlaagjes onderscheiden zijn	19
2 Overzicht van slijpplaat B waarin 2 glauconiethoudende zandlaagjes en graafgangen waargenomen zijn	20
3 Overzicht van slijpplaat C, zonder duidelijke laagjes	21

4	Overzicht van slijpplaat D, zonder goed herkenbare laagjes	22
5	Twee met een elektronenmicroscop gemaakte 'backscattered' beelden van verschillende typen doorlopende poriën en holten	23
6	Overgang van een erg los gepakt laagje 1a naar het dichter gepakte laagje 2 van slijpplaat A	27
7	Glaucaniet en kwartskorrels in laagje 2 van slijpplaat A	28
8	Een wat dichter gepakt gedeelte van laag 2 in slijpplaat A	29
9	Overgang van los naar dichter gepakt zand met zwarte bandjes op en tussen de korrels (slijpplaat B)	30
10	Grotere, gedeeltelijk verkitte, samengestelde eenheid (centrum) in losser gepakt zand (links onder en rechts boven) in slijpplaat B	31
11	Uitvergroting van de eivormige graafgang onderin slijpplaat B (fig. 2)	32
12	Dichter gepakte verkitte samengestelde eenheid in slijpplaat C	34
13	Grijze verweerde glauconiet in slijpplaat C	35
14	Verwerende glauconiet, soms met meerdere barstjes in één korrel en met of zonder de zwarte korreltjes (slijpplaat C)	37

WOORD VOORAF

In het kader van een ingenieursgeologisch onderzoek van een tunneltracé ten behoeve van de Westerschelde Oeververbinding voor de Rijkswaterstaat is in opdracht van de Rijks Geologische Dienst (RGD) door DLO-Staring Centrum (SC-DLO) gedurende de zomer van 1992 een micromorfologisch en geologisch onderzoek uitgevoerd aan glauconiethoudende zanden afkomstig uit een boring bij Ellewoutsdijk in de gemeente Borssele, provincie Zeeland. Deze zanden vertonen een afwijkend gedrag waarvan de oorzaken niet goed bekend zijn. Gegevens over glauconiet, cementaties, verkittingen, porositeit en samenstelling van de sedimenten zijn verzameld door bestudering en meting van dunne verharde doorsneden (slijpplaten) via licht- en elektronenmicroscopie en beeldanalyse.

De voorlopige resultaten van dit onderzoek zijn in een concept-rapport in juli 1992 toegeleverd. Deze resultaten zijn met Drs. W.E. Westerhoff en Drs. F. Schokking (RGD) op 10 juli 1992 in Wageningen besproken. Tijdens dit bezoek werden meetgegevens, sedimentaire verschijnselen en porositeitskarakteristieken getoond en besproken.

Voor dit definitieve rapport is de porositeit van alle zandlagen opnieuw gemeten. Dit was noodzakelijk om resultaten van de meting van doorlopende poriën, gedaan met een lichtmicroscop (grotere holten) en een elektronenmicroscop (kleinere poriën en grotere holten), met inzicht te interpreteren.

SAMENVATTING

In opdracht van de Rijks Geologische Dienst (RGD) heeft DLO-Staring Centrum (SC-DLO) micromorfologisch onderzoek uitgevoerd aan boorkernmonsters van glauconiethoudende zanden afkomstig uit boring nr. 48G158 bij Ellewoutsdijk in de gemeente Borssele, provincie Zeeland, d.m.v. verharde dunne doorsneden (slijpplaten) en licht- en elektronenmicroscopie gecombineerd met beeldanalyse.

Glauconiethoudende zanden blijken een afwijkend mechanisch gedrag te vertonen, waarvan de oorzaken niet goed bekend zijn. Vermoed werd dat oorzaken zouden kunnen liggen in de hoeveelheid glauconiet en in het voorkomen van cementaties, waaronder verkittingen, in het sediment. Zo zou ook een deel van de porieruimte door fijn materiaal in beslag kunnen zijn genomen. Daarnaast bestond meer in het algemeen interesse voor nadere gegevens over de porositeit in verband met doorlatendheden van het doorboorde sediment. Tevens is de opdrachtgever geïnteresseerd in gegevens over hoe en waarlangs glauconiethoudend sediment bij verstoring breekt.

Ten behoeve van bovengenoemde vragen zijn vier slijpplaten vervaardigd van ongeroerd materiaal uit boorkernen van verschillende diepten en tevens een aantal kleinere slijpplaatjes van geroerd materiaal. Hieraan zijn de volgende bepalingen uitgevoerd:

- a) glauconietgehalte en korrelgrootte van de glauconietkorrels;
- b) porositeit in slijpplaten;
- c) samenstelling en mate van cementatie van het sediment;
- d) vergelijking van ongeroerd met geroerd materiaal.

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het gehalte aan glauconiet in het sediment van de vier slijpplaten (A t/m D) neemt toe van 5-14 vol. % in A tot meer dan 20 vol. % in de slijpplaten C en D.
- De gemiddelde korrelgrootte van de glauconiet varieert tussen 84 en 181 μm .
- De totale porositeit tussen 1 en 3000 μm is maximaal 45.3 vol. % in laag A.1a van slijpplaat A en het laagst in slijpplaat D met 30.9 vol. %. De waarden voor de overige slijpplaten (B en C) bevinden zich tussen deze twee uitersten.
- De pakking van dit sediment kan goed worden afgelezen aan porositeitswaarden. Het materiaal in slijpplaat A bezit een betrekkelijk groot volume aan grotere holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) en is vergelijkenderwijs los gepakt. Het dieper liggende sediment is dichter gepakt, vooral het materiaal van slijpplaat D.
- De slijpplaten A en D bezitten weinig verkittend materiaal, terwijl in B en C veel meer verkittend fijn carbonaat en amorf ijzerhydroxide voorkomt. Klei is nauwelijks aangetroffen.
- In de slijpplaten komen gangen voor die geïnterpreteerd zijn als graafgangen. Deze zijn macroscopisch goed herkenbaar in B en C. Deze graafgangen zijn in het algemeen opgevuld met glauconiethoudend zandig materiaal met een losse of dichtere pakking. Vooral de dichter gepakte graafgangen vertonen vaak fijn verkittend materiaal, bestaande uit carbonaat en amorf ijzerhydroxide, tussen de zandkorrels. In de wand van menige graafgang, vooral in de slijpplaten B en C, komen hogere concentraties glauconiet dan in het omringende sediment voor.

- Het glauconiethoudende materiaal valt bij verstoring uiteen in losse korrels en in brokjes door carbonaat en amorf ijzerhydroxide verkit zand.
- Het afwijkend gedrag van glauconiethoudende zanden kan vermoedelijk worden toegeschreven aan eigenschappen van dit mineraal, aan de wijze van voorkomen van glauconiet en aan de aanwezigheid van verkittingen.

1 INLEIDING

In opdracht van de Rijks Geologische Dienst (RGD) heeft DLO-Staring Centrum micromorfologisch onderzoek uitgevoerd aan boorkernmonsters van glauconiethoudende zanden afkomstig uit boring nr. 48G158 bij Ellewoutsdijk in de gemeente Borssele, provincie Zeeland. Voor de micromorfologische analyses zijn vier slijpplaten vervaardigd van ongeroerd materiaal, afkomstig van verschillende diepten, en tevens een aantal kleinere slijpplaatjes van geroerd materiaal.

De volgende bepalingen zijn uitgevoerd:

- Glauconietgehalte en korrelgrootte van de glauconietkorrels per onderscheiden laag;
- Volume grotere holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) en de totaal-porositeit ($1\text{-}3000 \mu\text{m}$) per onderscheiden laag;
- Samenstelling en mate van cementatie per onderscheiden laag;
- Vergelijking van ongeroerd met geroerd materiaal.

Ter verduidelijking van de tekst zijn enige foto's, van microscopisch waar te nemen beelden in slijpplaten, toegevoegd.

2 MONSTERS EN MONSTERBEHANDELING

Kernen afkomstig uit boring 48G158 bij Ellewoutsdijk (coördinaten 44.298-379.937) van maart 1992 zijn op 4 juni 1992 op vier verschillende diepten voor micromorfologisch onderzoek met behulp van microscopie in slijpplaten bemonsterd (Tabel 1).

Tabel 1 Monster- en slijpplaatdiepten

Monster	Diepte (m - mv)	Slijpplaatdiepte (m - mv)
A	25,25-25,50	25,339-25,407
B	36,25-36,55	36,348-36,416
C	39,60-39,65	39,600-39,645
D	42,25-42,55	42,363-42,431

De boorkernen bestonden uit matig grofzandig materiaal met naar de diepte toenemende hoeveelheden donkere korrels.

Uit elk van de boorkernen is een verticaal monster genomen in een blikje van 7,5 x 5 x 3 cm voor de vervaardiging van slijpplaten.

De monsters zijn in een droogstoof gedroogd bij 40 °C en vervolgens geïmpregneerd met een polyester kunsthars (Jongorius and Heintzberger, 1975) en uitgehard met behulp van gamma-radiatie (Bisdom et al., 1983).

Hierna zijn van de uitgeharde monsters ca 25 µm dikke slijpplaten (7,5 x 5 cm) vervaardigd.

Tevens werden enkele kleinere slijpplaatjes van geroerd materiaal vervaardigd.

3 MICROMORFOLOGISCHE ANALYSEMETHODEN

Voor de micromorfologische analyse van de slijpplaten zijn drie analysemethoden gebruikt:

- lichtmicroscopie;
- elektronenmicroscopie;
- beeldanalyse.

— Voor de bepaling van het glauconietgehalte en de korrelgrootte van glauconiet is gebruikt gemaakt van lichtmicroscopie gecombineerd met beeldanalyse. In doorvallend licht zijn glauconietkorrels zo goed in een slijpplaat herkenbaar dat deze met een elektronisch beeldanalysesysteem (Leica, Quantimet 970), dat via een scanner aan de microscoop is gekoppeld, gemeten kunnen worden (Ismail, 1975). Elke sedimentaire laag wordt opgedeeld in een aantal meetvelden, van elk 800 x 625 beeldpunten (pixels). Een beeldpunt vertegenwoordigt variabele afmetingen die afhankelijk zijn van de gekozen vergroting van het objectief van de lichtmicroscoop. Alle metingen zijn uitgevoerd met een vergroting van 25 x, zodat zij onderling goed te vergelijken zijn. De resolutie bedraagt dan 2,4 μm per beeldpunt.

Het gehalte aan glauconiet is gegeven in oppervlaktepercentages per laag met een standaarddeviatie. Bij de interpretatie van de resultaten is het goed om te bedenken dat dit oppervlaktepercentage een gedeelte is van het totale oppervlak van de gemeten laag in een slijpplaat, dus van de vaste delen en de holten/poriën gezamenlijk. Het glauconietgehalte is dus geen percentage van uitsluitend vaste delen zoals dat bijvoorbeeld bij gewichtspercentages het geval is.

Gemeten oppervlaktepercentages van onder andere glauconiet en poriën mogen zondermeer in volumepercentages worden omgezet (Weibel 1987: the aerial fraction is an unbiased estimate of the volume fraction-Delesse's principle).

De gegeven standaarddeviaties zijn een maat voor de spreiding van de gemeten eenheden.

— Voor de bepaling van de gemiddelde korrelgrootte van glauconiet is ca. 10 % van het voor de bepaling van het glauconietgehalte in slijpplaten gemeten oppervlak genomen. Dit door gebruikmaking van aselechte lotingstabellen voor de keuze van te meten velden.

— De porositeit is bepaald langs een tweetal wegen: de totale porositeit via elektronenmicroscopie en beeldanalyse (Bisdom et al., 1990), terwijl metingen van grotere holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) aan structuurfotogrammen heeft plaatsgevonden (Ismail, 1975).

De totale porositeit is bepaald met een raster-elektronenmicroscoop met vergrotingen van 30 maal en 400 maal. De hoogste vergroting is voor dit eindrapport

ingeschakeld om ook kleine poriën, met een ECD ('Equivalent Circle Diameter') van minimaal 1 µm, te kunnen meten. Bij een vergroting van 30 maal bedraagt het totale gemeten oppervlak van iedere slijpplaat ca. 10% en bij 400 maal ca. 1%.

De gemeten totale porositeit is weergegeven in volumepercentages. Dit vindt beeldanalytisch als volgt plaats. Het oppervlak van elke individuele porie of holte wordt gerelateerd aan de 'Equivalent Circle Diameter' (ECD) door gebruikmaking van de formule:

$$ECD = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

waarin A het oppervlak van de gemeten individuele porie is.

Structuurfotogrammen zijn met polarisatiefilters vervaardigde fotocomposities bij een tweemaal vergroting van het totale oppervlak van de slijpplaten. Op deze structuurfotogrammen zijn de poriën zwart en de minerale korrels wit of grijs. De fotogrammen worden in doorvallend licht, met de scanner gekoppeld aan het beeldanalysesysteem, opgenomen en vervolgens gemeten in meetvelden per onderscheiden laag. De resolutie van een beeldpunt is in dit geval 15 µm en geschikt voor het meten van grotere holten. Voor het meten van kleinere poriën worden geen structuurfotogrammen gebruikt en wordt, met de elektronenmicroscoop, direct aan 'backscattered' beelden (Bisdom and Thiel, 1981) van slijpplaten gemeten.

— De beschrijving van de samenstelling en mate van cementatie is tot stand gekomen door bestudering van de slijpplaten met behulp van de polarisatiemicroscoop.

4 HET MINERAAL GLAUCONIET

Glauconiet is een groen microkristallijn tot amorf mineraal uit de mica-groep. Glauconiet ontstaat synsedimentair (autigeen) tot diagenetisch op de bodem van de zee in een gereduceerd milieu (bacteriële omzetting van organisch materiaal) in de vorm van losse onregelmatige bol- tot cilindervormige korrels en aggre-gaatjes ter grootte van zandkorrels.

Formule: $(K, Ca, Na) (Fe^{3+}, Al, Mg, Fe^{2+}) [(OH)_2 / Al_{0.5-0.8} Si_{3.5-4} O_{10}]$

Hardheid: 2

Dichtheid: 2,5-2,86 (gem. 2,69)

'Fusibility' (smeltbaarheid): "easy".

(Winchell and Winchell, 1951; Tröger 1967)

5 RESULTATEN MICROMORFOLOGISCHE ANALYSEN

5.1 Lagen in slijpplaten

Microscopische bestudering van de slijpplaten heeft aanleiding gegeven om in de slijpplaten A en B tot een nadere onderverdeling in lagen te komen. In slijpplaat A (Fig. 1) zijn de volgende lagen (Tabel 2) onderscheiden:

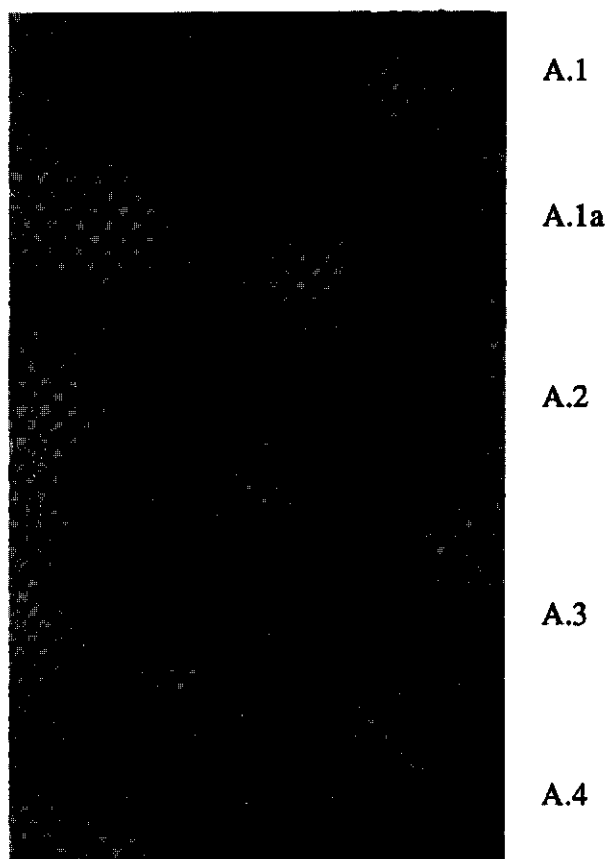


Fig. 1 *Overzicht van slijpplaat A waarin 4 glauconiethoudende zandlaagjes onderscheiden zijn. Alle laagjes bevatten weinig verkittend materiaal. De pakking is vooral los en open in het bovenste en wat dichter in het onderste gedeelte van de slijpplaat. Vergroting ca. 1,7 x.*

In slijpplaat B (Fig. 2) is een onderverdeling in een tweetal lagen (Tabel 3) mogelijk. De grens tussen beide lagen verloopt niet horizontaal. Aan de linkerkant van de slijpplaat is laag B.1 veel dikker dan aan de rechterkant.

Tabel 2 Zandlagen in slijpplaat A

Laag	Diepte (m - mv)
A.1	25,339-25,362
A.1a (wig)	25,347-25,362
A.2	25,362-25,377
A.3	25,377-25,397
A.4	25,397-25,407



B.1

B.2

Fig. 2 Overzicht van slijpplaat B waarin 2 glauconiethoudende zandlaagjes en gaaftgangen waargenomen zijn. Het sediment heeft meestal een dichtere pakking en bevat op veel plaatsen fijn verkittend materiaal. De gaaftgangen kunnen zowel los als dichter verpakt zijn. Een eivormige grotere gaaftgang is rechtsonder op de foto aanwezig. De zwarte clusters van deeltjes in de wand van de gaaftgang bestaan vooral uit glauconiet. Vergroting ca. 1,7 x.

Tabel 3 Zandlagen in slijpplaat B

Laag	Diepte (m - mv)
B.1	36,348-36,363/,394
B.2	36,363/,394-36,416

Bij de verdere micromorfologische analyse van de slijpplaten is met bovengenoemde onderverdeling in lagen rekening gehouden.

In de slijpplaten C en D (Fig. 3, 4) zijn geen lagen onderkend.

In de lagen zelf is steeds een zekere mate van interne variabiliteit of heterogeniteit waar te nemen.



Fig. 3 Overzicht van slijpplaat C, zonder duidelijke laagjes. Ook hier is glauconiet in de wand van veel graafgangen geconcentreerd. De graafgangen kunnen met los en dicht gepakt materiaal gevuld zijn. Het laatste materiaal en het sediment kunnen plaatselijk verkit zijn. Vergroting ca. 1,7 x.

5.2 Glauconietgehalte

De volgende oppervlaktepercentages (volumes) glauconiet zijn in de slijpplaten en in de lagen gemeten (Tabel 4).

Tabel 4 Oppervlaktepercentages (volumes) van glauconiet in zandlagen

Slijpplaat/Laag	Opp. (%)	Standaarddeviatie
A.1	4,8	1,85
A.1a	4,9	2,01
A.2	11,4	4,16
A.3	13,5	3,69
A.4	14,3	5,11
B.1	15,9	8,23
B.2	21,7	11,50
C	23,0	5,64
D	21,6	6,42

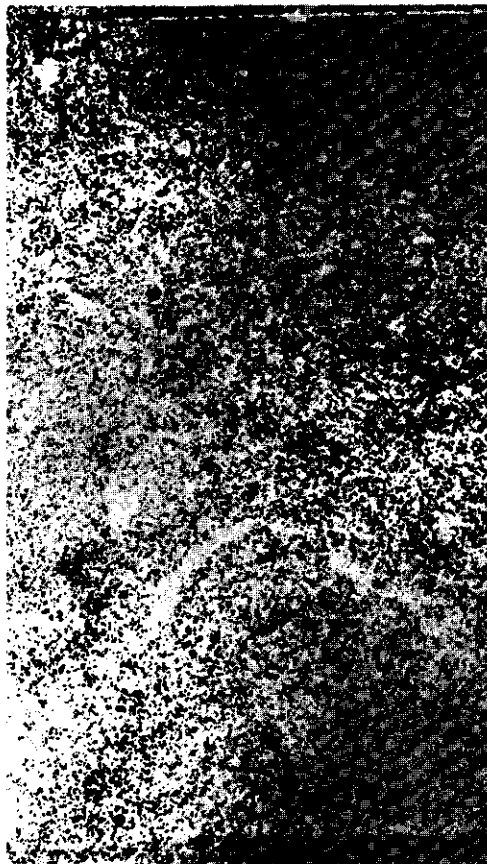


Fig. 4 Overzicht van slijpplaat D, zonder goed herkenbare laagjes. Vrij dicht gepakt glauconiet bevattend zand met weinig verkittend materiaal tussen de zandkorrels. Vergroting ca. 1,7 x.

5.3 Korrelgrootte glauconiet

Hieronder wordt een gemiddelde korrelgrootte van glauconiet per onderscheiden laag (A-B) of per slijpplaat (C-D) gegeven (Tabel 5).

Tabel 5 Gemiddelde korrelgrootte van glauconiet in zandlagen

Slijpplaat/Laag	Gem. diam. glauconiet (μm)
A.1	84
A.1a	149
A.2	126
A.3a	133
A.3b	181
A.4	170
B.1	104
B.2	106
C	130
D	130

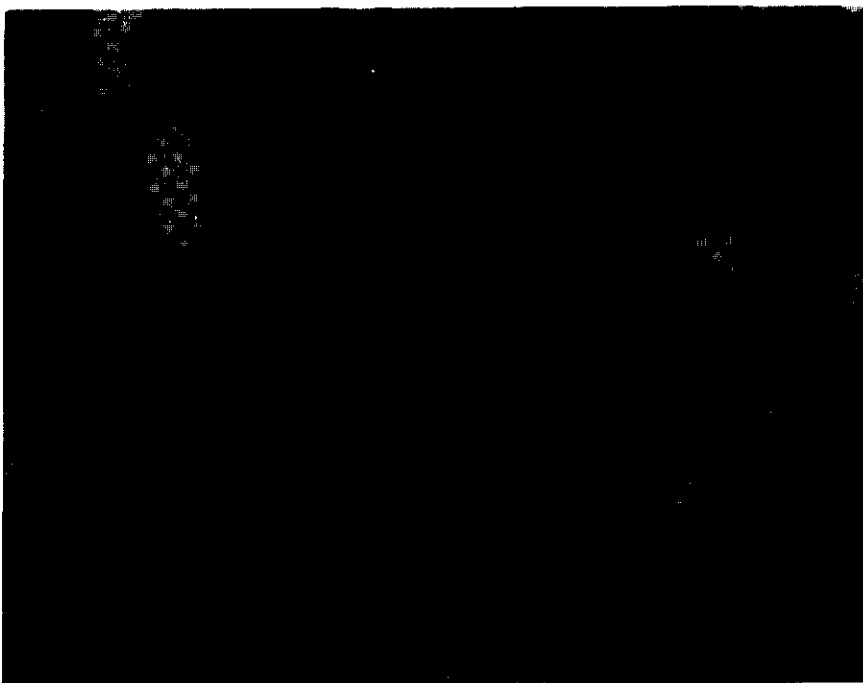
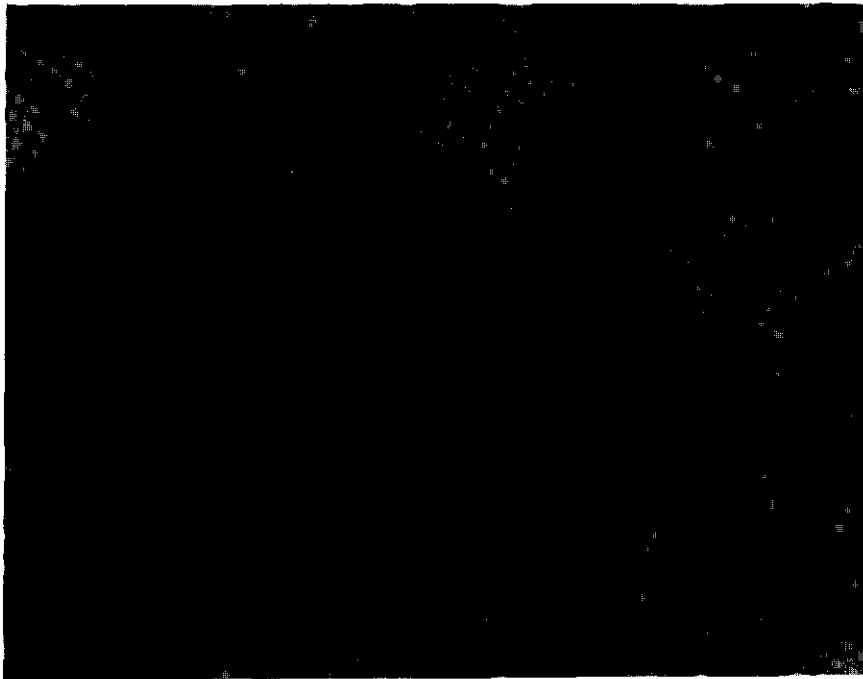


Fig. 5 Twee met een elektronenmicroscop gemaakte 'backscattered' beelden van verschillende typen doorlopende poriën en holten. De zandkorrels (wit/grijs) liggen in het bovenste beeld (A) veel dichter op elkaar waardoor de verbindingen tussen grotere holten (zwart) vaak smaller zijn dan in het onderste beeld. Door het vrijwel ontbreken van fijn sediment en van cementatie tonen de beide beelden pakkingsholten die alle onderling met elkaar in verbinding staan. Vergroting 30 x.

5.4 Porositeitsmetingen

In de concept-rapportage is gewezen op verschillen in porositeitsgegevens afkomstig van licht- en elektronenmicroscopische beelden. Een nadere analyse was gewenst. Hiervoor zijn alle slijpplaten opnieuw gemeten. Dit leverde de volgende resultaten op.

De waarden van de totale porositeit, gemeten aan elektronenmicroscopische 'backscattered' beelden bij vergrotingen van 30 maal en 400 maal, zijn betrouwbaar. Structuurfotogrammen (zie hoofdstuk 3) vervaardigt bij een lage vergroting staan de meting van grotere discrete holten toe, maar niet van kleinere poriën die de holten kunnen verbinden. Hiervoor zijn hogere lichtmicroscopische vergrotingen nodig die voor dit definitieve rapport gebruikt zijn om de elektronenmicroscopische resultaten te verifiëren.

In de onderzochte sedimentaire lagen is vaak geen of erg weinig fijn materiaal tussen de zandkorrels aanwezig en zijn de poriën nauwelijks opgevuld. Dit betekent dat de meeste grotere holten en kleine poriën met elkaar verbonden zijn en doorlopen. Het zijn simpele pakkingsholten. Een onderverdeling in grootteklassen volgens ECD's is dan niet zoveel zeggend meer, bijvoorbeeld voor een berekening van de waterdoorlatendheid. Beeldanalyse van structuurfotogrammen levert uitsluitend gegevens over grotere semi-afgesloten discrete holten omdat kleine verbindingen niet gedetecteerd worden bij een lage vergroting. Bij hogere licht- of elektronenmicroscopische vergrotingen worden de smalle verbindingen wel zichtbaar maar treedt een meetprobleem op.

Elektronenmicroscopische beelden geven een goede indruk van zowel grote holten als kleine poriën, dus van de totale porositeit. Doorlopende poriën en holten zijn moeilijk meetbaar omdat deze niet volledig afgegrensd zijn (Fig. 5). Bij meting van de 'backscattered' beelden van poriën worden de smalle gedeelten bij de bredere opgeteld en ontstaat bij een onderverdeling in ECD's een overmaat aan grotere poriën (holten).

Bovenstaande metingen, berekeningen en conclusies zijn zodanig dat het niet zinvol is om de kleinere poriëngrootteklassen in ECD's uit het conceptrapport in dit eindrapport te handhaven. Thans wordt de totale porositeit gegeven alsmede een opgave van de grotere holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) zoals gemeten via structuurfotogrammen.

De hoogste totale porositeit treedt in laag A.1a (45,3 %) en de laagste in slijpplaat D (30,9 %) op (Tabel 6). In slijpplaat A is het gemiddelde poriënvolume 43.2 procent en in slijpplaat B 39.5 procent.

Tabel 6 Totale porositeit ($\geq 1 \mu\text{m}$) in volumepercentages van zandlagen

Slijpplaat/Laag	Totale porositeit (vol. %)
A.1	41,8
A.1a	45,3
A.2 en A3	40,7
A.4	44,8
B.1	37,3
B.2	41,6
C	37,7
D	30,9

De meeste grotere holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) zijn in laag A.1a aangetroffen (Tabel 7). Het totaal-volume van deze grotere holten is in laag A.1a 30,2 procent en wordt vooral opgebouwd door holten in de klassen 500-1200 μm (14,1 %) en 1200-3000 μm (8,1 %). Het laagste volume (2,7 %) aan grotere holten is in slijpplaat C aanwezig.

Tabel 7 Grootteklassen en volumepercentages van holten ($\geq 30 \mu\text{m}$) in zandlagen

Slijpplaat/Laag	Grootteklassen ($\geq 30 \mu\text{m}$ in ECD) van holten in vol. %						
	Totaal	30-100	100-300	300-500	500-1200	1200-3000	>3000
A.1	7,4	1,7	4,3	1,0	0,4	-	-
A.1a	30,2	0,5	3,2	4,3	14,1	8,1	-
A.2 en A3	22,0	1,4	7,9	6,3	6,4	-	-
A.4	26,1	0,9	7,2	6,3	10,1	1,6	-
B.1	4,4	0,7	1,4	1,2	1,1	-	-
B.2	5,4	1,4	2,9	1,1	-	-	-
C	2,7	0,3	1,6	0,8	-	-	-
D	5,2	-	1,4	2,1	1,7	-	-

5.5 Pakking

De pakking van de verschillende sedimentaire lagen is in sectie 5.5 beschreven en is vaak nader te karakteriseren door porositeitsmetingen. Een losse pakking en de hoogste totale porositeit komen in de lagen A.1a en A.4 voor volgens zowel licht-microscopische als elektronenmicroscopische metingen. De laatste geven aan dat slijpplaat D, met een totale porositeit van 30,9 procent, dichter gepakt is dan slijpplaat C met 37,7 procent. Indien uitsluitend grotere holten gemeten worden, is slijpplaat C met 2,7 procent totaal volume grotere holten dichter gepakt dan slijpplaat D met 5,2 procent.

5.6 Beschrijving van samenstelling en cementatie in de slijpplaten

5.6.1 Slijpplaat A

Samenstelling

Er zijn 5 lagen (1, 1a, 2, 3a,b en 4) in slijpplaat A (Fig. 1) onderscheiden. Laag 1 is horizontaal en bevat een wigvormige losser gepakt gedeelte (1a). De lagen 2 tot en met 4 zijn eveneens horizontaal. Laag 1 bevat het bovenste sediment. Alle lagen bestaan vooral uit grovere kwarts, glauconiet en minder uit veldspaat. In de lagen 1 en 1a komen eveneens grovere carbonaat (calciet, dolomiet) en schelpfragmenten voor. Enkele grotere verschillend samengestelde verkitte eenheden. Het fijnere materiaal, aanwezig op het oppervlak van zandkorrels en in poriën, bestaat in de lagen 1 en 1a vooral uit carbonaat met wat fijne glauconiet en in de lagen 2 tot en met 4 hoofdzakelijk uit glauconiet. Klei is nauwelijks aanwezig.

Samenvattend: het fijne materiaal geeft nauwelijks binding aan de zandkorrels. De fijne kalk van laag 1 kan hierin misschien wat verkittend werken, maar kan de zandkorrels in de overige lagen van de slijpplaat nauwelijks binden omdat carbonaat niet in voldoende mate aanwezig is. De fijne glauconietkorrels zijn onvoldoende tot klei verweerd om een sterkere binding tussen zandkorrels van de lagen 2 tot en met 4 te veroorzaken.

Cementatie

Slijpplaat A, laag 1

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: vrij veel, vooral smalle kalkbruggetjes tussen zandkorrels.

Verwering van glauconiet: vrij veel weinig verweerde glauconiet.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: vrij losse tot vrij dichte pakkingen aanwezig.

Verschillen in compactie: weinig tot matig compact.

Slijpplaat A, laag 1a (Fig. 6, boven)

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: weinig, vooral smalle kalkbruggetjes tussen grovere korrels.

Verwering van glauconiet: vrij veel weinig verweerde glauconiet.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: vooral een losse pakking.

Verschillen in compactie: geen compactie.

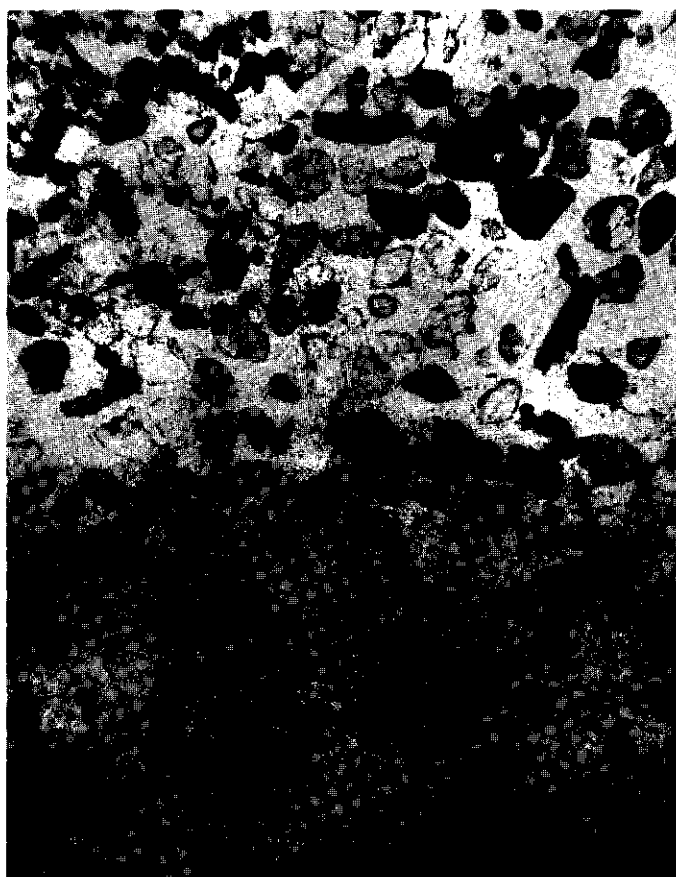


Fig. 6 Overgang van een erg los gepakt laagje 1a (bovenin) naar het dichter gepakte laagje 2 van slijpplaat A. Nauwelijks verkittend materiaal tussen de zandkorrels. Vergroting 16 x.

Slijpplaat A, laag 2 (Fig. 6, onder; Fig 7 t/m 8)

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: veel bredere uit fijne glauconiet bestaande bruggetjes tussen de zandkorrels.

Verwerking van glauconiet: vrij veel weinig verweerde glauconiet.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: vrij losse tot vrij dichte pakking aanwezig.

Verschillen in compactie: weinig tot matig compact.

Slijpplaat A, laag 3a

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: weinig tot matig veel smalle en bredere glauconietbruggetjes tussen de zandkorrels.

Verwerking van glauconiet: vrij veel weinig verweerde glauconiet.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

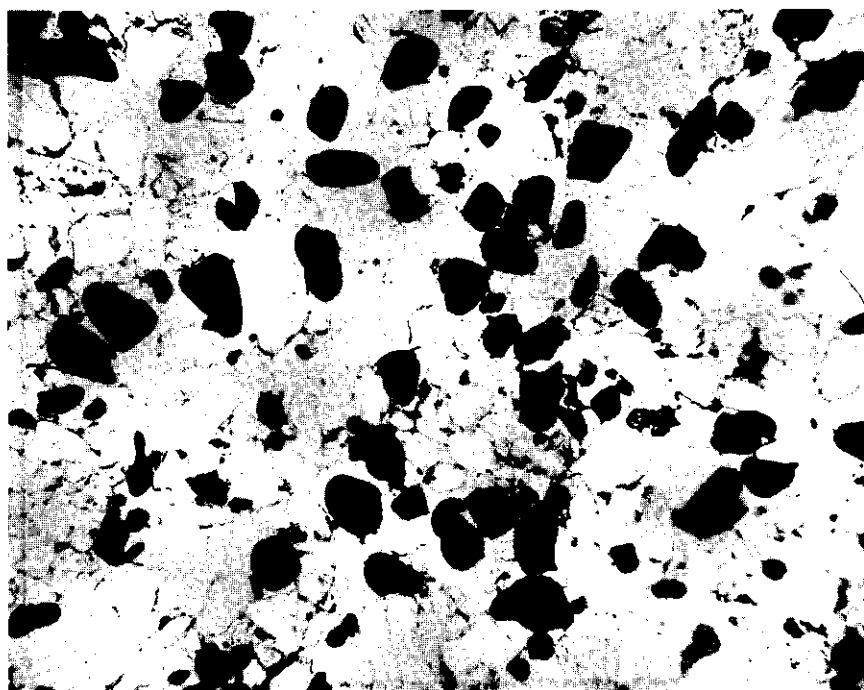


Fig. 7 Glauconiet (grijs) en kwartskorrels (wit tot lichtgrijs) in laagje 2 van slijpplaat A. Nauwelijks verkittend materiaal tussen de zandkorrels. Vergroting 25 x.

Verschillen in pakking: vooral een vrij dichte pakking.

Verschillen in compactie: vooral matig compact.

Slijpplaat A, laag 3b

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: weinig smalle en bredere glauconietbruggetjes tussen de zandkorrels.

Verwerking van glauconiet: vrij veel weinig tot matig verweerde glauconiet.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: vrij losse tot vrij dichte pakking.

Verschillen in compactie: weinig tot matig compact.

Slijpplaat A, laag 4

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: heel weinig smalle en bredere glauconietbruggetjes tussen zandkorrels.

Verwerking van glauconiet: vrij veel weinig tot matig verweerde glauconiet.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: vooral een vrij losse pakking.

Verschillen in compactie: geen tot weinig compactie..

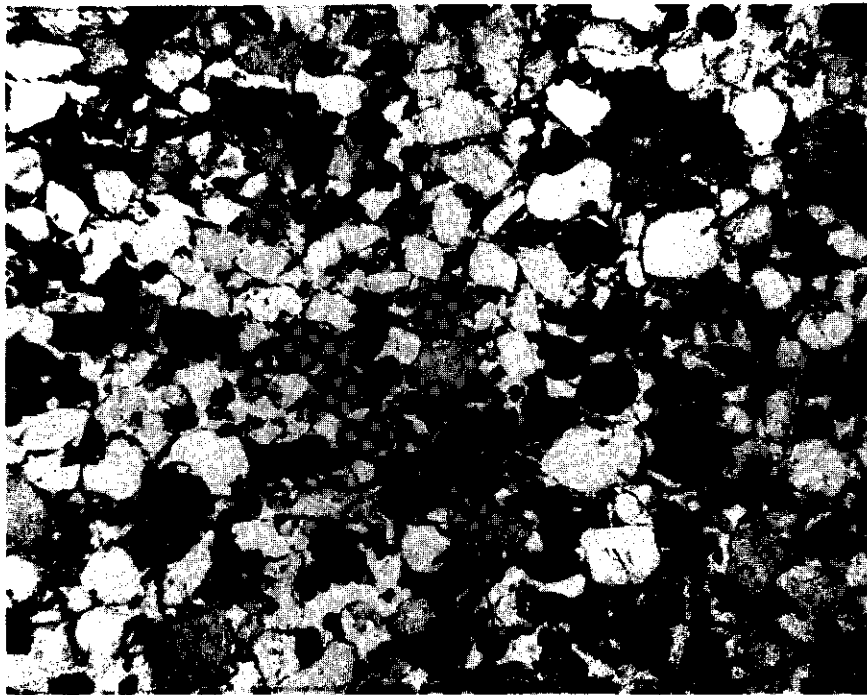


Fig. 8 Een wat dichter gepakt gedeelte van laag 2 in slijpplaat A. Vooral fijne glauconiet tussen merendeels glauconiet- en kwartskorrels. Vergroting 25 x.

5.6.2 Slijpplaat B

Samenstelling

Er zijn 2 lagen in slijpplaat B (Fig. 2) onderscheiden. Laag 1 is de bovenste laag. Deze verloopt niet horizontaal en is aan de linkerkant van de slijpplaat veel dikker dan aan de rechterkant. Het grensvlak tussen laag 1 en laag 2 verloopt golvend. Alle lagen bestaan vooral uit grovere kwarts, glauconiet en minder uit veldspaat. Laag 1 bevat hoofdzakelijk los gepakte graafgangen met weinig fijn materiaal en, linksboven in de slijpplaat, een gedeelte van het oorspronkelijke zandige sediment met vrij veel fijn materiaal; vooral carbonaat en amorf ijzerhydroxide (Fig. 9). Op één plaats is goethiet, een gekristalliseerde vorm van ijzerhydroxide, in het oorspronkelijke sediment van laag 1 waargenomen. Laag 2 bestaat in hoofdzaak uit oorspronkelijk sediment met hier en daar een graafgang met een wat lossere pakking. Op verschillende plaatsen komt vrij veel fijne kalk en amorf ijzerhydroxide voor en is eveneens verkittend fijn materiaal in graafgangen aangetroffen. Fijn carbonaat en het amorge/gekristalliseerde ijzerhydroxide kunnen grovere kwarts, glauconiet en veldspaat tot vrij veel voorkomende samengestelde eenheden verkitten (Fig. 10). Glauconietkorrels zijn op verschillende plaatsen in de slijpplaat rondom graafgangen geconcentreerd (Fig. 6 en 11). Veel glauconietkorrels bevatten zwarte insluitsels waarvan een gedeelte uit pyriet bestaat. Schelpfragmenten zijn nauwelijks aanwezig.

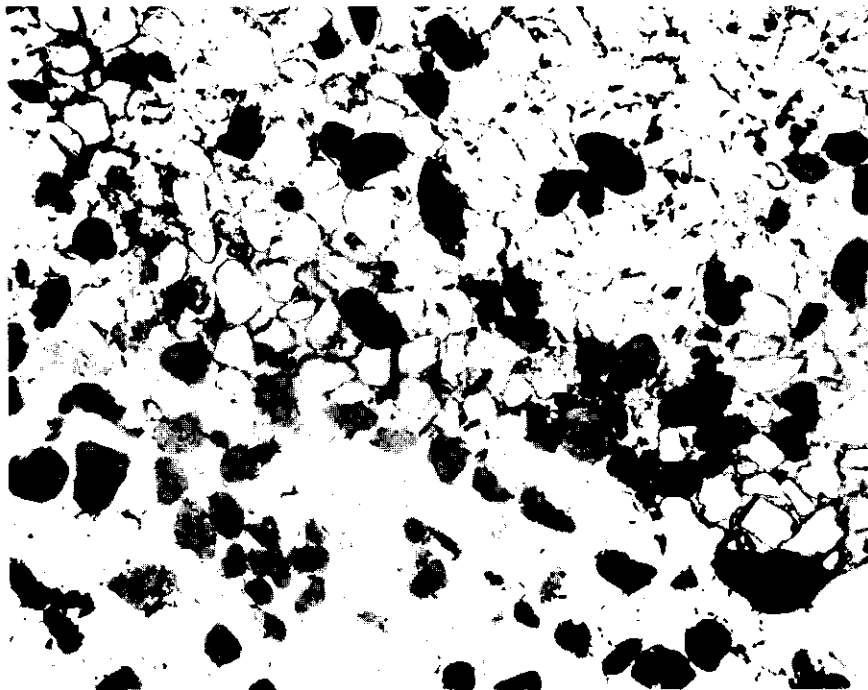


Fig. 9 Overgang van los (onderin) naar dichter gepakt zand met zwarte bandjes op en tussen de korrels (slijpplaat B). Deze bandjes bestaan uit fijn amorf ijzerhydroxide en carbonaat. De grijze korrels vertegenwoordigen glauconiet. Vergroting 32 x.

Samenvattend: slijpplaat B bestaat zowel uit los gepakt als uit vrij compact glauconiet en kwarts houdend zand. Verkitting van zandkorrels door fijn carbonaat en amorf ijzerhydroxide treedt vooral in het compactere zand van het oorspronkelijke sediment op en in de graafgangen van laag 2; nauwelijks in de graafgangen van laag 1.

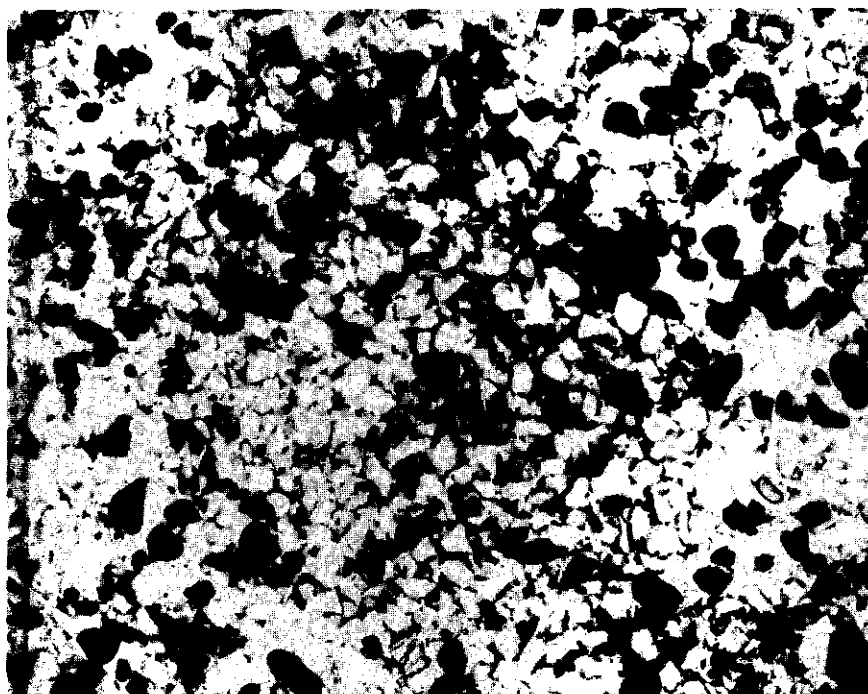


Fig. 10 Grotere, gedeeltelijk verkitten, samengestelde eenheid (centrum) in losser gepakt zand (links onder en rechts boven) in slijpplaat B. De zwarte bandjes bestaan vooral uit ijzerhydroxide en fijn carbonaat. Vergroting 20 x.

Cementatie

Slijpplaat B, laag 1

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig. Op sommige plaatsen lijkt vergroeiing van glauconiet voor te zijn gekomen. Vaak zijn op deze plaatsen verweringsbreukjes aanwezig en is een grotere glauconietkorrel in kleinere opgedeeld.

Verkittingen: komen vooral in het oorspronkelijke sediment en niet in de jongere graafgangen voor. De vergroeiingen bestaan vooral uit fijne kalk en amorf ijzerhydroxide (Fig. 9). Zij kunnen een hele porie opvullen en zo zandkorrels verkitten tot grotere samengestelde eenheden. Echter, het meeste fijne materiaal cimenteert poriën maar gedeeltelijk en verkit dan niet meer dan een paar zandkorrels.

Verwerking van glauconiet: veel van de glauconiet is verweerd. Deze verwerking treedt vooral op langs de randen van en via breukjes in de glauconiet en kan het mineraal grotendeels hebben aangetast. Amorf ijzerhydroxide komt vaak op verweerde plaatsen in de glauconiet voor. Er zijn weinig samengestelde glauconieteenheden aanwezig. Wel een aantal grovere korrels die door meerdere breukjes doorsneden zijn en zo van één meerdere glauconietkorrels maakten. De zwarte insluitsels in de glauconiet, waaronder pyriet, zijn meestal niet of nauwelijks aangetast. Zwarte insluitsels zijn nog vaak aanwezig in verweringsbreukjes.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

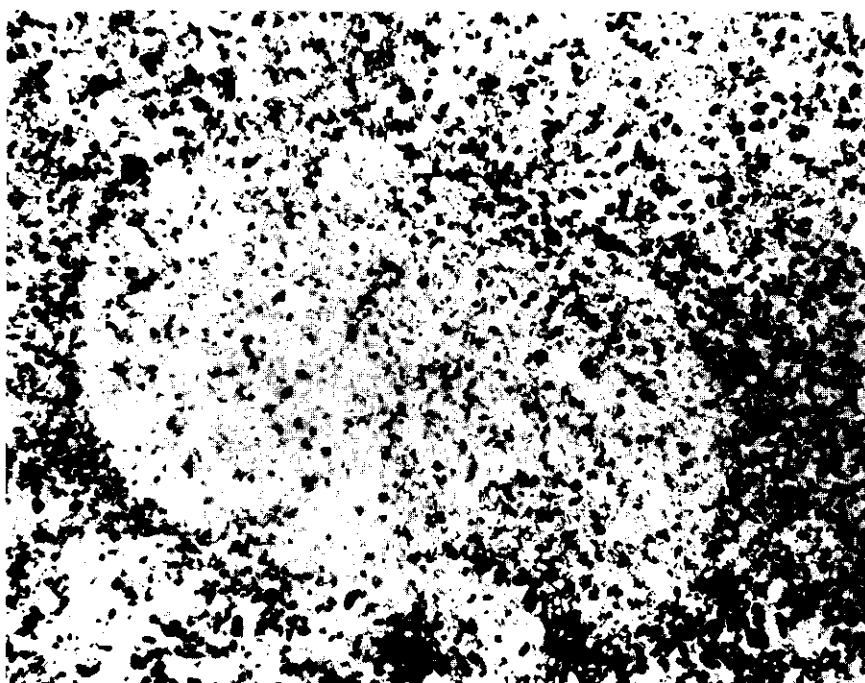


Fig. 11 Uitvergroting van de eivormige graafgang onderin slijpplaat B (Fig. 2). Glauconiet is vooral in de wand van de graafgang geconcentreerd maar komt, samen met vooral kwarts, ook voor in het zand dat de graafgang opvult. Vergroting 6,3 x.

Verschillen in pakking: graafgangen zijn zowel los als dichter gepakt. Het oorspronkelijke sediment is dichter gepakt.

Verschillen in compactie: compactie treedt in een aantal graafgangen en in het oorspronkelijke sediment op.

Slijpplaat B, laag 2

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig. Op sommige plaatsen lijkt vergroeiing van glauconiet voor te zijn gekomen. Vaak zijn op deze plaatsen verweringsbreukjes aanwezig en is een grotere glauconietkorrel in kleinere opgedeeld.

Verkittingen: treden zowel in het oorspronkelijke sediment als in graafgangen op. De vergroeiingen bestaan vooral uit fijne kalk en amorf ijzerhydroxide. Zij kunnen een hele porie tussen zandkorrels opvullen en zo samengestelde eenheden vormen (Fig. 10). Echter, het meeste fijne materiaal cementeert poriën maar gedeeltelijk en verkit dan niet meer dan een paar zandkorrels.

Verwerking van glauconiet: veel van de glauconiet is verweerd. De verwerking treedt vooral op langs de randen van en via breukjes in het mineraal en kan de glauconiet grotendeels hebben aangetast. Amorf ijzerhydroxide komt vaak op verweerde plaatsen voor. Er zijn weinig samengestelde glauconieteenheden aanwezig. Wel een aantal grovere korrels die door een of meerdere breukjes geheel doorsneden zijn en zo van één meerdere glauconietkorrels

maakten. De zwarte insluitsels in de glauconiet, waaronder pyriet, zijn meestal niet of nauwelijks door verwerking aangetast. Zwarte insluitsels in verweringsbreukjes zijn nog vaak aanwezig.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: graafgangen (Fig. 11) zijn zowel los als dichter gepakt. Het oorspronkelijke sediment is dichter gepakt.

Verschillen in compactie: compactie treedt in een aantal graafgangen en in het oorspronkelijke sediment op.

5.6.3 Slijpplaat C

Samenstelling

Er zijn geen lagen in slijpplaat C (Fig. 3) onderscheiden. Deze slijpplaat bestaat uit zandig en, afhankelijk van de ligging in de slijpplaat, vrij veel tot heel weinig fijn materiaal dat zandkorrels kan verkitten of los in poriën kan voorkomen. De zandkorrels bestaan vooral uit kwarts en glauconiet en minder uit veldspaat, het fijnere materiaal hoofdzakelijk uit carbonaat en amorf ijzerhydroxide (Fig. 12). In sommige graafgangen is vrij weinig fijn materiaal aanwezig en is het opvullende zand vaak los gepakt. In andere graafgangen en in het oorspronkelijke sediment is plaatselijk veel fijn materiaal aanwezig. Dit fijne materiaal kan grovere kwarts, glauconiet en veldspaat tot grotere vrij veel voorkomende samengestelde eenheden verkitten. Veel glauconietkorrels bevatten zwarte insluitsels waarvan een gedeelte uit pyriet bestaat. Vrij veel schelpfragmenten met een ingesloten accumulatie van pyriet.

Samenvattend: slijpplaat C bestaat zowel uit los gepakt als uit vrij compact glauconiet en kwarts houdend zand. Verkitting van de zandkorrels met fijn carbonaat en amorf ijzerhydroxide treedt vooral in het compactere zand op.

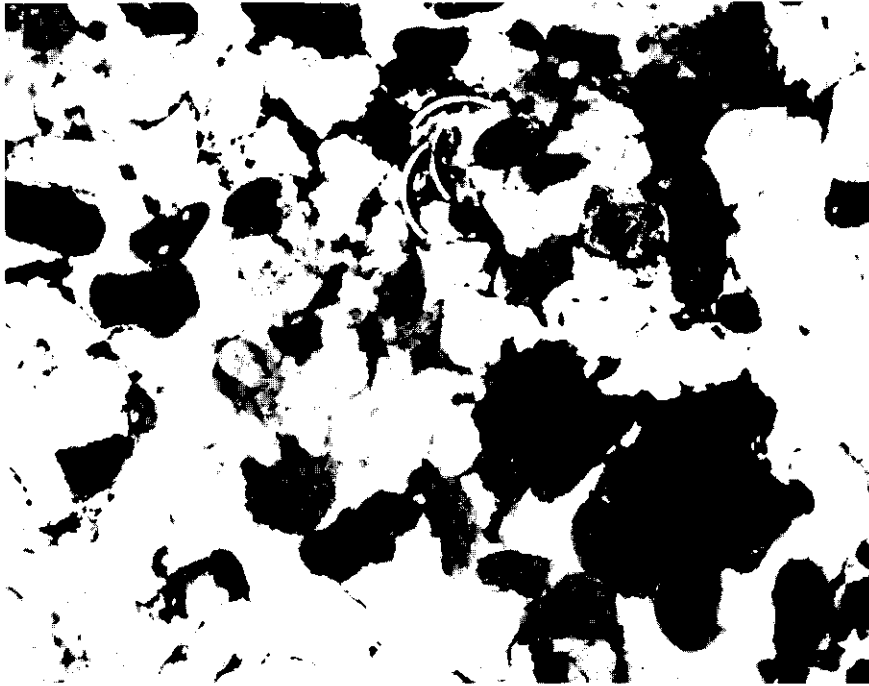


Fig. 12 Dichter gepakte verkitte samengestelde eenheid in slijpplaat C. De verkitting bestaat vooral uit fijn carbonaat en amorf ijzerhydroxide (zwart) tussen grovere glauconiet (grijs) en kwartskorrels (wit). Vergroting 50 x.

Cementatie

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: door fijne kalk met amorf ijzerhydroxide. Vooral aanwezig in wat dichter gepakte graafgangen en in het oorspronkelijke sediment. Kan een porie tussen zandkorrels geheel opvullen en zo samengestelde verkitte eenheden vormen. De meeste zandkorrels hebben echter niet meer dan bruggetjes met fijne kalk en amorf ijzerhydroxide als verkitting. Losser gepakte graafgangen bevatten gewoonlijk veel minder fijne kalk en ijzerhydroxide dan de compactere graafgangen en zijn nauwelijks verkit.

Verwerking van glauconiet: veel van de glauconiet is nog vers. De verwerking van de glauconiet treedt vooral op langs de randen van en via breukjes in het mineraal (Fig. 13). Amorf ijzerhydroxide komt vaak op de verweerde plaatsen voor. Er zijn weinig samengestelde glauconieteenheden aanwezig. Wel een aantal grovere korrels die door een of meerdere breukjes geheel doorsneden zijn en zo van één meerdere glauconietkorrels maakten (Fig. 14). De zwarte insluitsels in de glauconiet, waaronder pyriet, zijn meestal niet of nauwelijks door verwerking aangetast. Zwarte insluitsels in verweringsbreukjes zijn vaak nog aanwezig.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

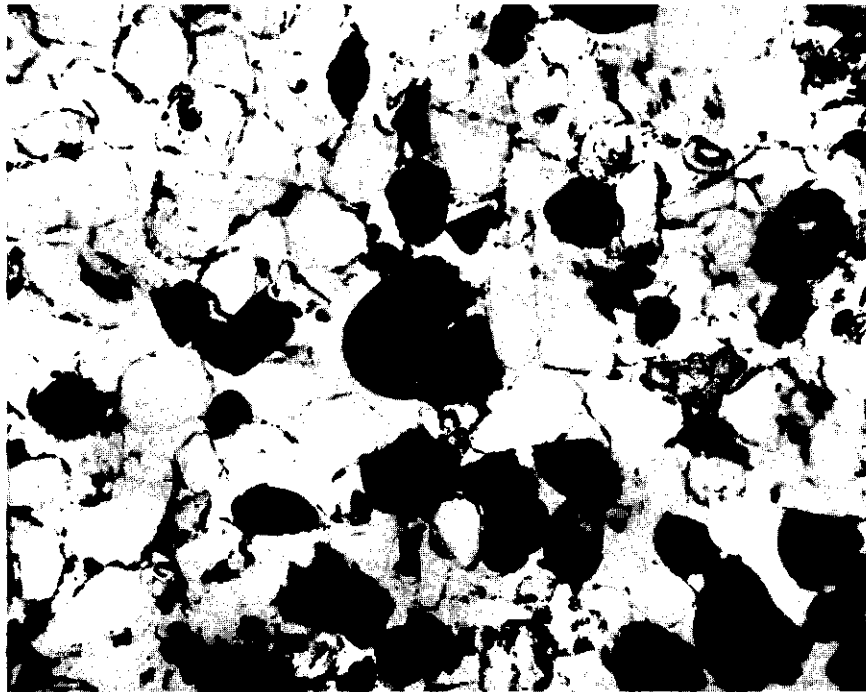


Fig. 13 Grijze verweerde glauconiet in slijpplaat C. Grotere glauconietkorrel (centrum) in twee gedeelten gesplitst door een breukje. In dit breukje zijn zwarte, niet of nauwelijks verweerde, korreltjes aanwezig die soms uit pyriet bestaan. Vergroting 64 x.

Verschillen in pakking: zowel losse als dichter gepakte graafgangen. Het oorspronkelijke sediment is dichter gepakt.

Verschillen in compactie: compactie treedt vooral in de dichter gepakte graafgangen en in het oorspronkelijke sediment op.

5.6.4 Slijpplaat D

Samenstelling

Er zijn geen lagen in slijpplaat D (Fig. 4) onderscheiden. Deze slijpplaat bestaat vooral uit zandig glauconiethoudend sediment. Hierin zijn verschillende graafgangen aangetroffen die met glauconiethoudend zand zijn opgevuld. Het bovenste gedeelte van het zand, dat vooral uit grovere glauconiet, kwarts en veldspaat bestaat, bevat wat fijne kalk en amorf ijzerhydroxide dat de zandkorrels op sommige plaatsen kan verkitten. In de bovenste helft van de slijpplaat komt hier en daar een enkele door kalk verkitten samengestelde eenheid met vooral grovere glauconiet en kwarts voor. Het onderste gedeelte van de slijpplaat is vrijwel kalkloos en bevat ook minder amorf ijzerhydroxide dat smalle en bredere bruggen tussen aangrenzende zandkorrels kan vormen. Een enkele samengestelde eenheid bestaat voornamelijk uit klei met een gering aantal grovere kwarts- en

glaucanietkorrels. Veel glaucanietkorrels bevatten zwarte insluitsels die gedeeltelijk uit pyriet bestaan. Een schelpfragment met ingesloten pyriet is eveneens aanwezig.

Samenvattend: slijpplaat D bestaat vooral uit vrij compact gestapeld glaucaniet en kwarts houdend zand met hier en daar wat fijne kalk (bovenste helft slijpplaat) en amorf ijzerhydroxide (hele slijpplaat). Dit fijnere materiaal bindt de individuele zandkorrels waarschijnlijk maar weinig.

Cementatie

Vergroeiingen: nauwelijks aanwezig.

Verkittingen: vooral door smalle en bredere bruggen van fijne carbonaat en/of amorf ijzerhydroxide tussen grovere kwarts en glaucanietkorrels. Dit type verkitting is vrij veelvuldig aanwezig maar zal waarschijnlijk weinig binding tussen zandkorrels geven.

Verwerking van glaucaniet: veel glaucanietkorrels zijn gedeeltelijk verweerd. Dit gebeurt vooral langs de randen van en via breukjes in het mineraal. Amorf ijzerhydroxide komt veelvuldig op verweerde plaatsen in de glaucaniet voor. Er zijn weinig samengestelde glaucanieteenheden aanwezig. Wel een groter aantal grovere korrels die door een of meerdere breukjes doorsneden worden en zo van één meerdere glaucanietkorrels vormen. De zwarte insluitsels in de glaucaniet, waaronder pyriet, zijn meestal niet of nauwelijks door verwerking aangetast. Zwarte insluitsels zijn vaak nog in verweringsbreukjes aanwezig.

Rekristallisatie: nauwelijks aanwezig.

Verschillen in pakking: deze worden vooral door bioturbatie veroorzaakt. De pakking in opgevulde graafgangen is vaak wat losser dan in niet of minder verstoorde gedeelten van het sediment.

Verschillen in compactie: er zijn van plaats tot plaats verschillen in compactie waar te nemen.



Fig. 14 Verwerende glauconiet, soms met meerdere barstjes in één korrel en met of zonder de zwarte korreltjes (slijpplaat C). Glauconiet verweert in deze zanden vooral aan de randen en in breukjes. Hierbij wordt vaak amorf ijzerhydroxide afgezet. Vergroting 64 x.

5.7 Vergelijking ongeroerd met geroerd materiaal

In de boorstaten worden op de bemonsterde diepten zandige kleibrokjes aangegeven. Bij nadere bestudering bleken deze niet uit klei maar vooral uit fijne carbonaat en amorf ijzerhydroxide te bestaan. De totale hoeveelheid klei in het sediment is bij microscopisch onderzoek uiterst gering gebleken.

De overgrote meerderheid van het sediment valt verstoring gemakkelijk in losse korrels uiteen. Daarnaast blijven min of meer verkitte brokjes materiaal bestaan. Waarschijnlijk komen deze brokjes overeen met de in de boorstaten genoemde zandige kleibrokjes. In slijpplaatjes van licht-geroerd sediment zijn deze brokjes te herkennen door verkittingen van zandig materiaal met carbonaat en amorf ijzerhydroxide. Het sediment breekt vooral langs het oppervlak van individuele zandkorrels en daarnaast langs de randen van genoemde brokjes.

5.8 Mogelijke oorzaken afwijkend mechanisch gedrag van glauconiethoudende zanden

Het afwijkend mechanisch gedrag van glauconiethoudende zanden wordt vermoedelijk bepaald door de eigenschappen van het mineraal glauconiet zelf en de wijze van voorkomen in het sediment. Glauconiet heeft een geringe hardheid ($H = 2$) en heeft een zeer lage smeltbaarheidsgraad en mogelijk ook een gemakkelijke vervormbaarheid, waardoor het in combinatie met mineralen met een hoge hardheid en hoge smeltbaarheidsgraad en geringe vervormbaarheid (bijvoorbeeld kwarts $H = 7$, $F. = 7$; veldspaten $H = 6-6,5$, $F. = 5-6$) een zekere taatheid aan de dag kan leggen die aanleiding geeft tot relatief hoge wrijvingen en kleeft wanneer er druk op zandig sediment met dichte pakkingen en met een betrekkelijk hoog gehalte aan glauconiet wordt uitgeoefend.

Daarnaast kan een aanvullende verklaring gezocht worden in het voorkomen van een zekere mate van clustering en cementatie van glauconietkorrels. In de slijpplaten zijn deze clusteringen met enige cementatie wel gevonden. Met name kan gewezen worden op op de 'gebioturbeerde' delen van het sedimentpakket waar gangen voorkomen die geïnterpreteerd zijn als graafgangen. Langs deze graafgangen komen veelvuldig hoge concentraties van glauconiet voor, hoger dan in het omringende sediment. Bedacht moet worden dat deze graafgangen een driedimensionaal stelsel vormen, die op deze wijze het sediment een grotere sterkte en taatheid kunnen geven. Tevens komt pleksgewijze versterking van het skelet voor door vormen van cementatie.

6 CONCLUSIES

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

— Het gehalte aan glauconiet neemt toe van 5-14 vol. % in het sediment van slijpplaat A tot meer dan 20 vol. % in dat van de slijpplaten C en D.

— De gemiddelde korrelgrootte van de glauconiet varieert tussen 84 en 181 μm .

— De totale porositeit van kleinere poriën en grotere holten (ECD's 1-3000 μm), gemeten aan elektronenmicroscopische 'backscattered' beelden bij vergrotingen van 30 en 400 maal, is het hoogst in slijpplaat A (ca. 43 %) en het laagst in slijpplaat D (ca. 31 %). Het totale volume van grotere holten (ECD's 30-3000 μm) is het hoogst in slijpplaat A (ca. 21 %) en het laagst in slijpplaat C (ca. 3 %).

— De pakking van een sediment kan vaak nader gekarakteriseerd worden door porositeitsmetingen. Het sediment in slijpplaat A heeft bijvoorbeeld een hoge porositeit, veel grotere poriën en is los gepakt. Het dieper liggende sediment is dichter gepakt. Als uitsluitend grotere poriën van belang zijn, is het sediment van slijpplaat C het dichtst gepakt. Indien zowel kleinere als grotere poriën meegeteld worden, heeft het sediment van slijpplaat D de dichtste pakking.

— De slijpplaten A en D bezitten weinig verkittend materiaal, terwijl in de slijpplaten B en C veel meer verkittend fijn carbonaat en amorf ijzerhydroxide voorkomt. Klei is nauwelijks aangetroffen.

— In de slijpplaten komen gangen voor die geïnterpreteerd zijn als graafgangen. Deze zijn macroscopisch goed herkenbaar in B en C. Deze graafgangen zijn in het algemeen opgevuld met glauconiethoudend zandig materiaal met een losse of dichtere pakking. Vooral de dichter gepakte graafgangen vertonen vaak fijn verkittend materiaal, bestaande uit carbonaat en amorf ijzerhydroxide, tussen de zandkorrels. In de wand van menige graafgang, vooral in de slijpplaten B en C, komen hogere concentraties glauconiet voor dan in het omringende sediment.

— Het glauconiethoudende sediment valt bij verstoring uiteen in losse korrels en in brokjes door carbonaat en amorf ijzerhydroxide verkit zand.

LITERATUUR

Bisdorn, E.B.A. and F. Thiel, 1981. Backscattered electron scanning images of porosities in thin sections of soils, weathered rocks and oil-gas reservoir rocks using SEM-EDXRA. In: Bisdorn, E.B.A. Submicroscopy of Soils and Weathered Rocks. 1st Workshop of the International Working-Group on Submicroscopy of Undisturbed Soil Materials (IWGSUSM), 1980, Wageningen. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 320 pp. (p. 191-206).

Bisdorn, E.B.A., A. Boekestein, P. Curmi, P. Lagas, A.C. Letsch, J.P.G. Loch, R. Nauta and C.B. Wells., 1983. Submicroscopy and chemistry of heavy-metal-contaminated precipitates from column experiments simulating conditions in a soil beneath a landfill. *Geoderma*, 30: 1-20.

Bisdorn, E.B.A., D. Tessier and J.F. Th. Schoute, 1990. Micromorphological techniques in research and teaching (submicroscopy). In: L.A. Douglas. Soil Micromorphology. Proc. 8th Int. Working-Meeting of Soil Micromorphology, 1988, San Antonio, Texas, U.S.A. *Developments in Soil Science* 19, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 716 pp. (p. 581-603).

Ismail, S.N.A., 1975. Micromorphometric soil-porosity characterization by means of electro-optical image analysis (Quantimet 720). Wageningen, Neth. Soil Surv. Inst. Soil Surv. Pap., 9: 104 pp.

Jongebius, A. and G. Heintzberger, 1975. Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections. Wageningen, Neth. Soil Surv. Inst. Soil Surv. Pap., 10: 48 pp.

Tröger, W.E., 1967. *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*. 2. Textband. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, B.R.D., 822 pp.

Weibel, E.R. 1987. *Stereological Methods*. 1. Practical methods for biological morphometry. 2. Theoretical foundations. Academic Press, London, England, 755 pp.

Winchell, A.N. and H. Winchell, 1951. *Elements of Optical Mineralogy*. 2. Descriptions of minerals. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., 551 pp.