

Grondboor en Hamer	2	1984	pag. 43 – 53	8 afb.	Oldenzaal, april 1984
-----------------------	---	------	-----------------	--------	--------------------------

Een variolitische diabaas-zwerfsteen van Urk; een chemische correlatie met het Zweedse moedergesteente.

J.H. Baker* en H. Scheerboom**

INLEIDING

Kristallijne zwerfstenen afkomstig uit Scandinavië zijn in Nederland in groten getale aangetroffen (zie VAN DER LIJN, 1973). Ze zijn overwegend granitisch van samenstelling en afkomstig uit de grote schildgebieden van proterozoïsche en archaische ouderdom. Tijdens de Saale-ijstijd, zo'n 150.000 tot 100.000 jaar geleden, bedekte het fennoskandinavische landijs een groot deel van Nederland. Met deze ijsskap kwamen talloze losgerukte keien mee uit verschillende delen van het Baltische schild. Binnen de grote variatie aan fennoskandinavische kristallijne gidszwerfstenen worden, aan de hand van de meestal toegepaste inventarisatie-methode van HESEMANN (1930), naar hun noordelijke oorsprongsgebied vier gesteentegroepen onderscheiden (fig. 1). Deze Hesemann-tellingen maken het mogelijk procentueel vast te stellen wat de bijdrage is van elk der groepen in een bepaald zwerfsteengezelschap. Zo blijkt, dat Urker gidszwerfstenen van noordelijke herkomst een gezelschap vormen dat qua samenstelling ligt tussen groep 1, afkomstig uit Noord-Skandinavië, en groep 2, afkomstig uit Midden-Zweden (THOME, 1959; SCHUDEBEURS, 1981). Groep 1 tesamen met groep 3 maken het grootste deel uit van de Noord-Nederlandse gidszwerfstenen. Groep 2 komt hier beduidend minder voor, maar lijkt ruimer vertegenwoordigd te zijn langs de noordoost- en zuidkant van het IJsselmeer. Tot dit tweede skandinavische herkomstgebied in Midden-Zweden behoort ook de oude ijzererts provincie van Bergslagen, die bekend is om zijn zwerfstenen van graniet, verder die van leptiet en hälleflinta (beide metamorfe zure vulkanieten) en de groenstenen (metabasiëten). Deze gesteenten hebben in het westelijk deel van Bergslagen een ouderdom van tussen de 1800 en 1900 miljoen jaar (OEN EN VERSCHURE, 1982). Onderstaande studie betreft een chemische correlatie, verricht door middel van neutronen activeringsanalyses, tussen een op Urk gevonden variolitische diabaas-zwerfsteen, en een z.g. 'jongere' diabaas uit de omgeving van Hjulsjö, die als vast gesteente NNW-ZZO door een deel van Bergslagen loopt, de Hjulsjö-diabaas (fig. 1). Deze diabaasgang behoort waarschijnlijk tot een 900 tot 1200 miljoen jaar oude groep van diabazen of dolerieten, die van de Zweedse geologen de toevoeging 'jongere' heeft gekregen ter onderscheiding van de oudere omliggende gesteenten, die ook metadiabazen bevatten.

DE URKER ZWERFSTEEN; HABITUS

De zwerfsteen werd gevonden door W.T.J. Hellinga in de keileem ten noorden van Urk, na drooglegging van de Noordoostpolder. De steen werd gedetermineerd door de tweede auteur en ligt nu in museum Schokland (niet geëxposeerd). De nu aangezaagde

* Geologisch Instituut, Universiteit van Amsterdam, Nieuwe Prinsengracht 130, 1018 VZ Amsterdam

** Appelgaard 12, 3941 LZ Doorn

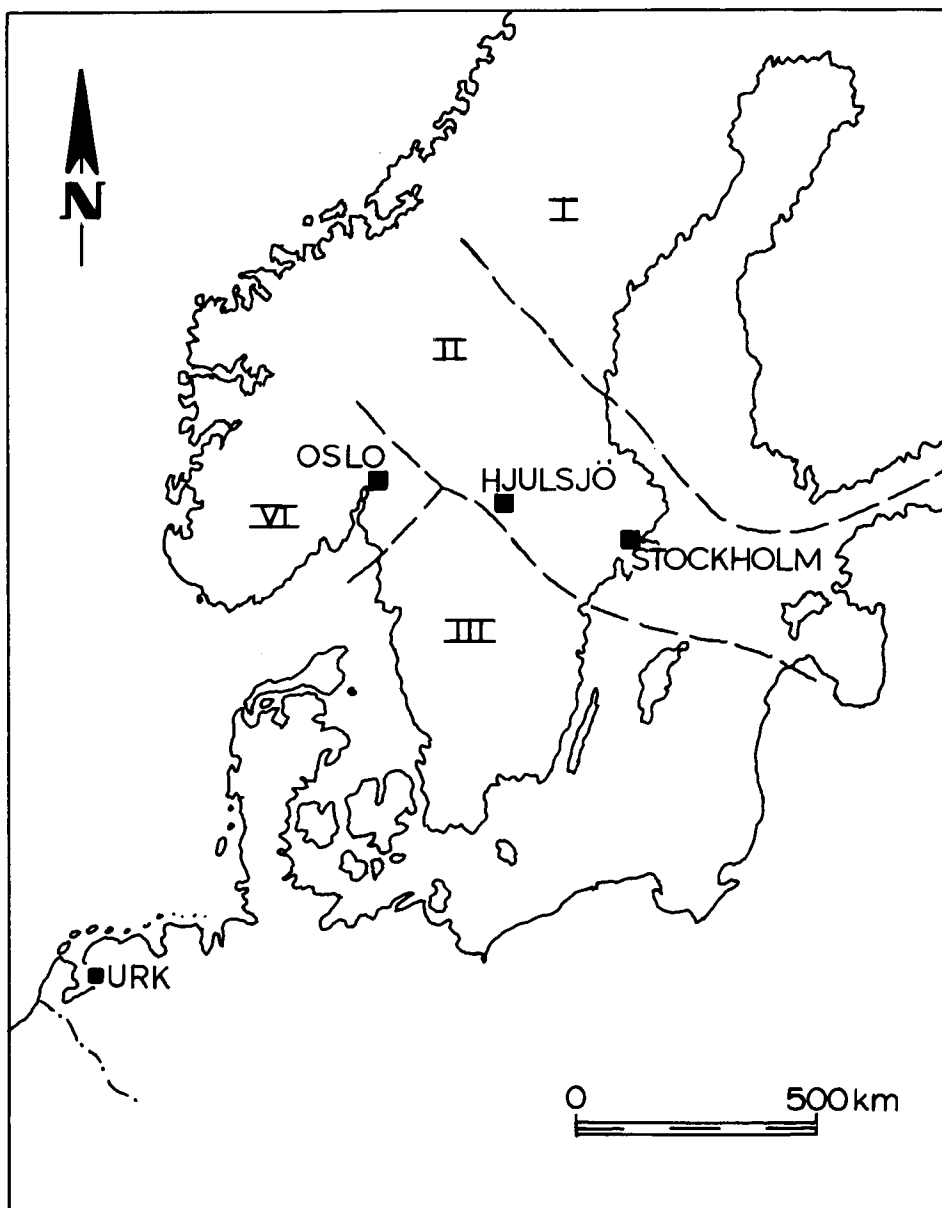


Fig. 1: Kaart van NW Europa met vindplaats van de Urker zwerfsteen en het Zweedse oorsprongsgebied (Hjulsjö). Zones I t/m IV van HESEMANN (1930). De meest zuidelijke begrenzing van het Saale-lands in Nederland (TER WEE, 1962) is aangegeven met een onderbroken lijn.

steen was oorspronkelijk $\pm 20 \times 30$ cm groot, ovaalvormig en afgerond door transport van het landijs. Karakteristiek is de grijsgroene verwerking met de witte, iets uitstekende ovale en ronde variolieten van 1 tot 2,5 cm diameter (fig. 2a). Op het zaagvlak zijn deze variolieten zichtbaar door hun lichtgrijze kleur in een donkergrijze grondmassa. Op een breukvlak komen ze door hun grijze kleur minder duidelijk naar voren; in deze zwerfsteen ontbreekt dus de voor het moedergesteente zo karakteristieke roze-rode

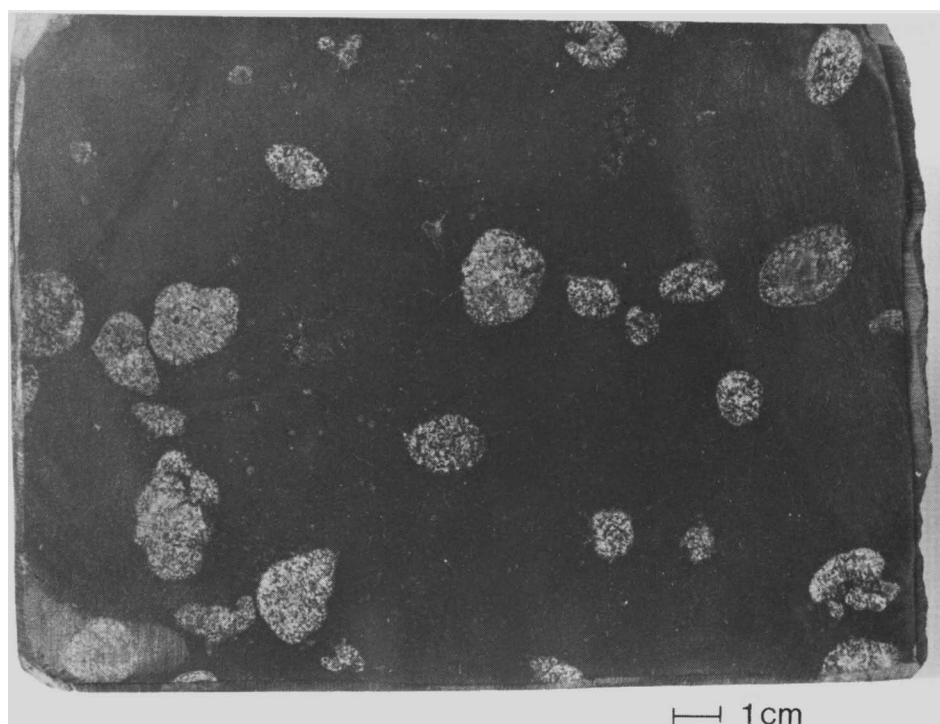
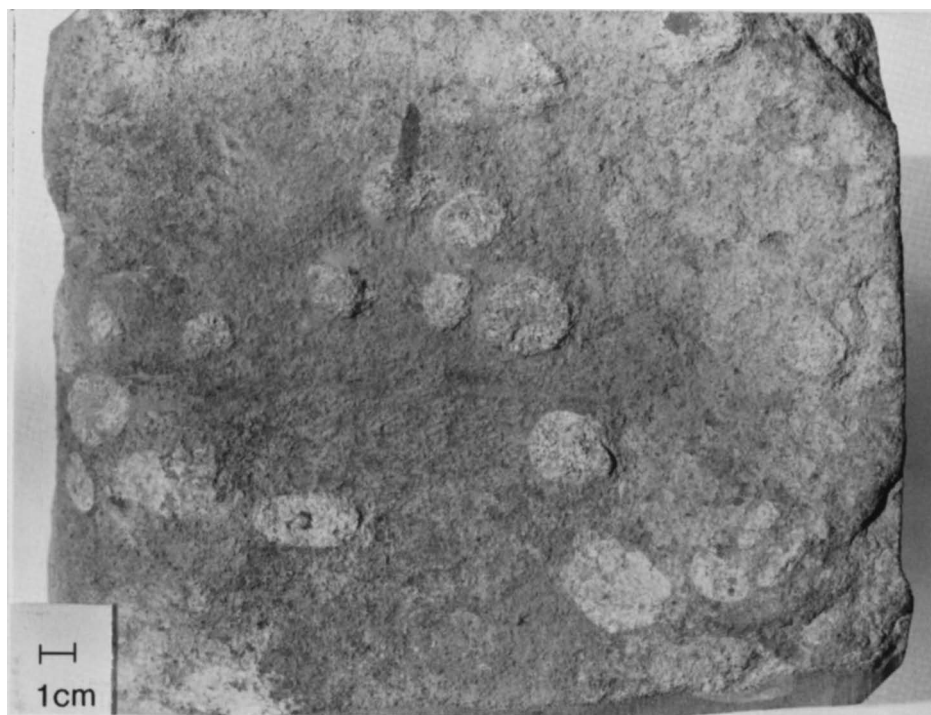


Fig. 2: De variolitische diabaas-zwerfsteen van Urk; boven: verweringsoppervlak; onder: gepolijst zaagvlak.

kleur der variolieten. Macroscopisch is duidelijk de kwarts/veldspaatvergroeiing te zien (fig. 2b).

DE ZWEEDSE HJULSJÖ-DIABAAS; MACROSCOPISCH

De diabaas, gevonden ongeveer 5 km ten ZW van Hjulsjö, komt voor als een subverticale gang met een NNW-ZZO-strekking en is ongeveer 40 km te vervolgen door granieten, metavulkanieten, metabasieten en ertshorizonten. De breedte van de basische gang varieert van 30 tot 50 m. Door de dichte begroeiingen en overvloed aan meertjes en moerassen zijn ontsluitingen van de diabaas vaak moeilijk te vinden. Hij is het beste ontsloten over zijn gehele breedte in en naast de oude ijzer- en molybdeenmijn Killingberget, waarvan de ersten door HÜBNER (1971) zijn beschreven. Er bestaat tot nu toe geen beschrijving van de Hjulsjö-diabaas. Toch is hij waarschijnlijk gezien toen het gebied voor het eerst in kaart werd gebracht door ALBERT BLOMBERG (1879). BLOMBERG (1879, p. 19) heeft het namelijk over: 'de niet onbelangrijke hoeveelheid stenen bolletjes', welke hij vond in een diabaas-ontsluiting bij Jönshyttan, ten westen van Hjulsjö. De Hjulsjö-diabaas wordt namelijk gekenmerkt door het voorkomen van een ongeveer één meter brede variolitische zone langs zijn gehele oostkant. Deze zone bevat veel afgeplatte, rose-gekleurde ovoïde lichaampjes met intern een vaak radiaal-

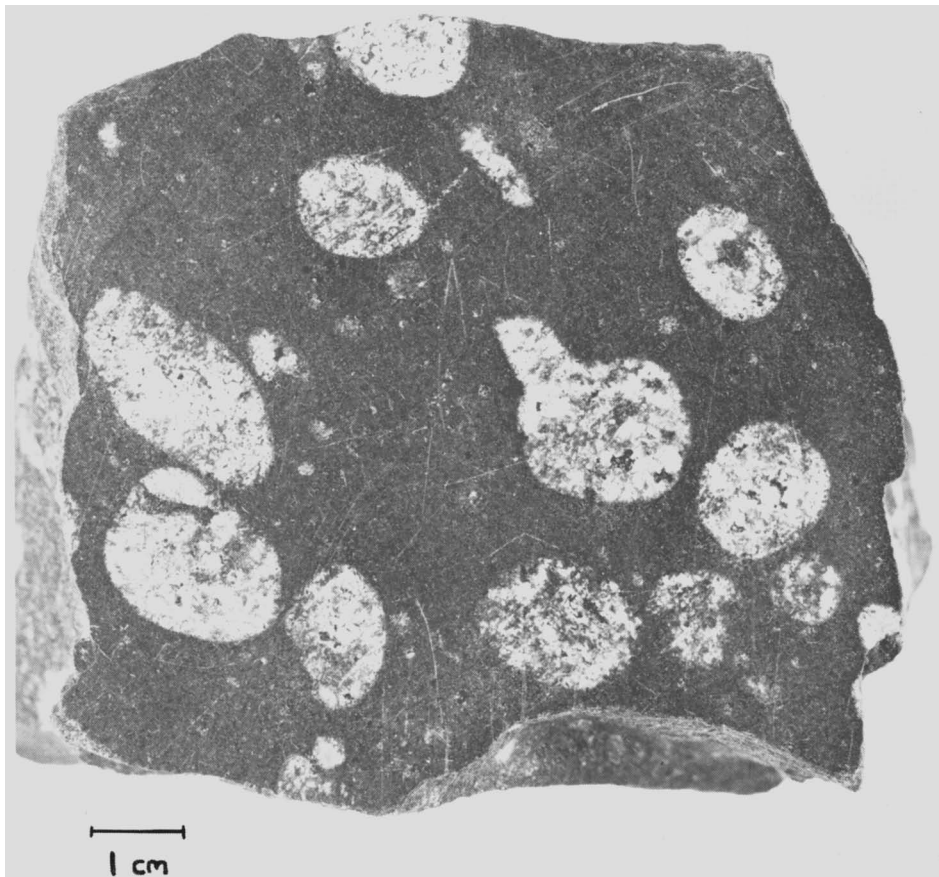


Fig. 3: Gepolijst zaagvlak van een monster van de jongere Hjulsjö-diabaas met variolieten.

stralige textuur en een afmeting van ongeveer $2,5 \times 1,5 \times 0,5$ cm in diameter. Deze variolieten liggen ingebed in een donkere, blauwzwarte grondmassa (fig. 3) en maken ongeveer 10 tot 40% van het gesteente in deze zone uit; ze zijn duidelijk gericht, met hun lange assen evenwijdig aan elkaar. Vaak zijn ze zonair, met kleurverschil van kern naar rand en met concentrisch gerangschikte insluitsels van andere mineralen. Naast de variolieten komen ook enkele relictische gasblazen voor, soms gedeeltelijk opgevuld met kwarts of chloriet. Variolieten ontstaan door verschillende processen tijdens kristallisatie en/of afkoeling, meestal in gang- of uitvloeiingsgesteenten. In tegenstelling tot de basische aard van de grondmassa, zijn deze variolieten rhyodacitisch van samenstelling, d.w.z. kwartsrijk, met ongeveer gelijke hoeveelheden alkaliveldspaten en plagioklaas. Deze textuur karakteriseert ook de Urker zwervsteen en wel zodanig, dat deze macroscopisch niet is te onderscheiden van de variolitische zone van de jongere Hjulsjö-diabaas. Deze overeenkomst maakte het interessant nader te onderzoeken of deze zwervsteen mogelijk van de Hjulsjö-diabaas afkomstig zou zijn. De term variolitisch wordt gebezigd zowel bij macroscopische als bij microscopische beschrijvingen.

Buiten de variolitische zone is de diabaas zeer homogeen van karakter, middenkorrelig, bestaande uit ongeoriënteerde veldspaatlatten, die min of meer zijn ingesloten en vergroeid met pyroxeen, waardoor het basische gesteente op een vers vlak een grijs-groene kleur heeft en later wat bruinig verweert. De diabaas wordt aan beide kanten begrensd door scherpe kontakten met de nevengesteenten en is dan fijnkorrelig tengevolge van snelle afkoeling aan de koude omgeving.

MICROSCOPISCHE BESCHRIJVINGEN:

De Urker zwervsteen

De variolitische Urker zwervsteen bestaat uit onregelmatige ovoïden van hoofdzakelijk alkaliveldspaat die liggen in een fijnkorrelige matrix (fig. 4a). Elke varioliet bestaat uit een aantal alkaliveldspaatindividueen met grillige kontakten onderling. De veldspaten zijn erg troebel, met wat heldere delen die een relictische tweelingstructuur vertonen. Tussen de veldspaatindividueen en ook in de veldspaten van de variolieten, komen granofirische vergroeiingen van kwarts en alkaliveldspaat voor. Relictische gasblazen zijn ook aanwezig, opgevuld met kwarts en radiaal groeiende chloriet. In de variolieten komen ook lichtbruine tot groene amfiboolkristallen voor, die deels zijn omgezet in biotiet. Magnetiet, titaniet en mogelijk klinopyroxeen komen ook voor.

De grondmassa bestaat grotendeels uit plagioklaas met een anorthiet-percentages van 20%, ze is sub-ofitisch vergroeid met augiet. De belangrijkste mafische fase was een hoornblende die nu pseudomorf is omgezet in een vezelige, lichtgroene amfibool. Biotiet is ook deels gechloritiseerd. Ook in de grondmassa komen veldjes van granofirisch vergroeide kwarts en alkaliveldspaat voor. Magnetiet is vaak aangetroffen; apatiet en titaniet zijn accessoria.

De soms wat onregelmatige begrenzingen van de veldspaten in de grondmassa en de ontwikkeling van een albiet-randje, geven tesamen met 1) het voorkomen van epidoot in de veldspaten, 2) de omzetting van de mafische mineralen en 3) een overvloedige ontwikkeling van zeer kleine, groenige amfiboolnaaldjes, duidelijk aan, dat dit gesteente een latere fase van lichte metamorfose heeft ondergaan.

De variolitische zone van de 'jongere' Hjulsjö-diabaas

Uit dunne doorsneden blijkt, dat de variolieten in de Hjulsjö-diabaas grotendeels uit een aantal grote alkaliveldspaatindividueen bestaan, met een onregelmatige begrenzing zowel onderling als met de grondmassa (fig. 4b). De veldspaten worden gekenmerkt

door vele onregelmatige troebele velden, waarvan de randen helder zijn. Insluitsels zijn vaak aanwezig; de meest voorkomende zijn hoornblende, soms met een pyroxeenkern, maar ook titaniet, epidoot en carbonaat-insluitsels komen voor. Binnenin de variolieten komen relictische gasblazen voor, opgevuld met kwarts, chloriet of stilpnomelaan. Een granofirische vergroeiing van kwarts met alkaliveldspaat is sporadisch ook aanwezig binnen de variolieten. In de fijnkorrelige grondmassa ontbreekt pyroxeen bijna geheel, hetgeen in tegenstelling is met het normale beeld van deze diabaas. De grondmassa bestaat grotendeels uit microfenokristen van ongerichte plagioklaas tot 250 µm grootte. De meest voorkomende mafische fase is hoornblende, vergezeld van biotiet, die nu grotendeels in chloriet is omgezet. Ilmeniet, titaniet, en apatiet zijn accessori-sche mineralen.

CHEMISCHE VERGELIJKING

Uit de nog ongepubliceerde chemische gegevens van de Hjulsjö-diabaas kunnen een aantal uitkomsten worden bekendgemaakt. Uit zowel de verhoudingen van de hoofdelementen (ijzer, magnesium en silicium) als uit die van de sporenelementen (titaan, zirkoon, fosfor) blijkt, dat de Hjulsjö-diabaas tholeiitisch* van samenstelling is, met titaan-waarden die vergelijkbaar zijn met de gemiddelde waarden van continentale bazalten.

Voor een vergelijking met reeds geanalyseerde Zweedse monsters werd één varioliet en een deel van de basische grondmassa uit de Urker zwerfsteen gezaagd, fijngemalen en met behulp van neutronenactivering bij het *Interuniversitair Reactor Instituut (IRI)* te Delft geanalyseerd.**

Tabel 1 geeft een aantal hoofd- en sporenelementen uit varioliet en grondmassa van de Urker zwerfsteen, met daarbij vergelijkende analyses van een Hjulsjö-varioliet met omringende grondmassa. Uit de tabel blijkt, dat de waarden van een aantal elementen zeer goed met elkaar overeenkomen; bij een aantal andere elementen doen ze dat minder goed. De grondmassa-monsters URK-1 en 118FA, die enigszins representatief beschouwd mogen worden voor de samenstelling van de bulk van de diabaas, komen zeer goed met elkaar overeen (zie tabel 1).

Kobalt (Co), antimoon (Sb) en thorium (Th) van de Urker grondmassa verschillen minder dan 1% met de Hjulsjö-waarden; alle andere elementen, uitgezonderd natrium (Na), kalium (K), strontium (Sr), zirconium (Zr), barium (Ba) en tantalum (Ta), verschillen minder dan 10%. Ondanks het feit dat bij analyse deze elementen van de Urker grondmassa, met uitzondering van Ba, meer dan 10% afwijken van de Hjulsjö-grondmassa, vallen ze toch binnen de totale spreiding van waarden van de diabaas als geheel. De vergelijking tussen de varioliet van het Urker monster en die van de Hjulsjö-diabaas is wat minder fraai; de elementen Sr, Zr, lanthaan (La), cerium (Ce), lutetium (Lu) en Th verschillen niettemin minder dan 15%, terwijl de andere elementen meer afwijken (tabel 1). Van de elementen gemeten in de varioliet, valt één groep, de lanthaniden (La t/m Lu), met uitzondering van europium (Eu), binnen de spreiding van waarden voor deze elementen in de Hjulsjö-diabaas. De lanthaniden worden tijdens uitkristallisatie van een magma vastgelegd in kristalroosters van magmatische mineralen. De meeste geochemici veronderstellen dat deze elementen immobiel blijven tijdens latere laaggradige omzettingsprocessen, waarbij ze bijvoorbeeld niet worden uitgeloozd. Daarom worden ze tegenwoordig gebruikt om magmatische pro-

* Een bazaltisch gesteente dat bestaat uit plagioklaas-, klinopyroxeen- en ijzeroxide-fenokristen gebed in een glasachtige grondmassa, of in een kwarts-alkaliveldspaat-vergroeiing.

** Een kort artikel over de neutronenactivatietechniek bij het IRI, Delft, en de geologische toepassingen daarvan verschijnt binnenkort in dit tijdschrift.

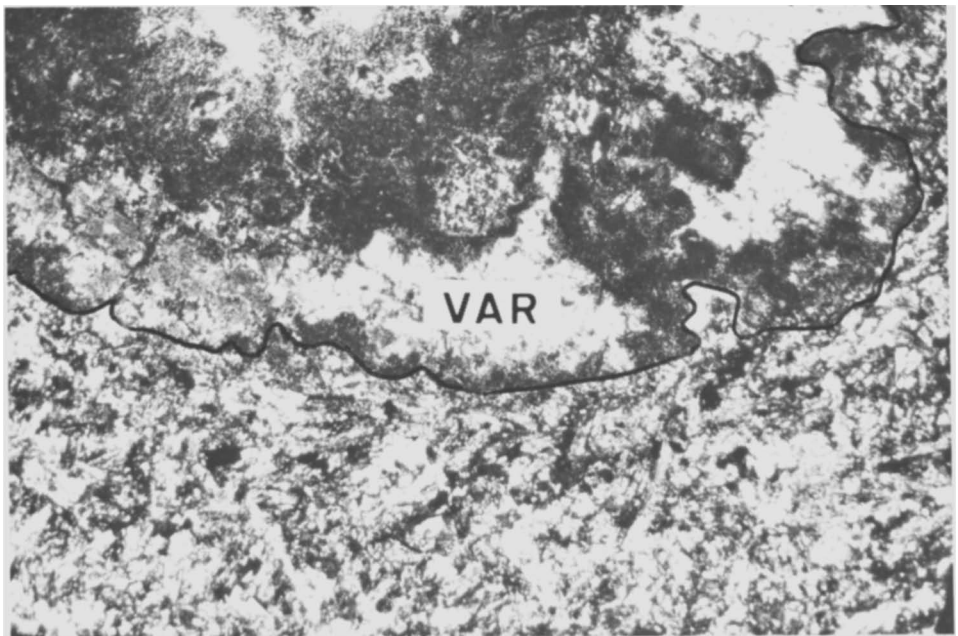
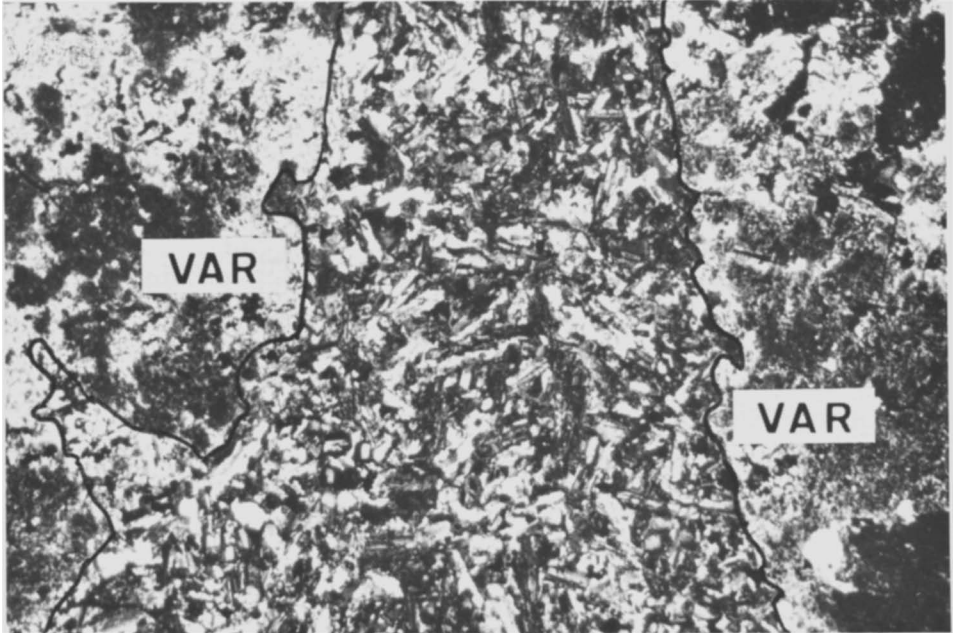


Fig. 4: Microscopische overzichtsbelden, gekruiste nicols, 10 $\times$; boven: de Urker zwervsteen; onder: de variolitische diabaas van Hjulsjö. Let op de contacten tussen de onregelmatig begrensde varioliet (VAR) en de fijnkorrelige grondmassa (met zwarte inkt geaccentueerd).

Tabel 1: Neutronenactiveringsanalyses van grondmassa en variolieten van de Urker zwerfsteen en de jongere Hjulsjö-diabaas.

monster:	grondmassa		variolieten	
	Urk-1	118FA	Urk-2	118FB
(wt%)				
Na	2.60	3.82	3.82	6.61
K	1.54	2.03	2.63	1.23
Fe	7.27	7.01	4.28	1.76
(ppm)				
Sc	18.06	18.64	10.76	3.95
Cr	27.09	25.11	7.09	3.34
Co	34.48	34.37	13.71	5.01
Zn	146.80	151.00	81.92	27.00
Rb	35.50	34.72	66.75	28.20
Sr	411.00	327.80	571.10	533.00
Zr	399.50	266.00	231.50	254.40
Sb	1.93	1.94	dl	0.72
Ba	711.00	608.20	1310.00	294.80
La	39.65	36.59	49.16	52.20
Ce	72.94	71.43	81.33	80.74
Sm	9.17	8.35	9.76	6.31
Eu	2.49	2.40	4.16	5.61
Tb	1.15	1.23	1.10	0.73
Yb	2.99	3.28	3.39	2.29
Lu	0.59	0.56	0.50	0.44
Hf	6.81	6.99	7.85	7.78
Ta	0.65	0.86	dl	0.52
Th	2.96	2.95	3.86	3.44

Urk-1 en Urk-2 zijn respectievelijk de geanalyseerde grondmassa en varioliet van de Urker zwerfsteen. 118FA en 118FB zijn de geanalyseerde grondmassa en variolieten van de jongere Hjulsjö-diabaas. Gewichten van elementen uitgedrukt in wt% = gewichtprocent van het element; ppm = delen per miljoen; 10.000 ppm = 1 wt%.
dl: waarde ligt onder detectiegrens van het meetsysteem.

cessen te identificeren en te kwantificeren (zie bijvoorbeeld overzichtsartikel van HANSON 1980). Ook in deze studie zijn deze elementen belangrijk wegens hun immobiliteit. Alhoewel de lanthaniden gemeten in de Urker varioliet niet zo fraai overeenkomen met die in de Hjulsjö-varioliet, vallen ze desalniettemin binnen de spreiding van waarden die gevonden zijn voor de Hjulsjö-diabaas als geheel, hetgeen voldoende aanwijzing is voor een duidelijk chemisch verband. De optredende verschillen in chemie tussen de Urkse en Zweedse variolieten kunnen zijn ontstaan doordat:

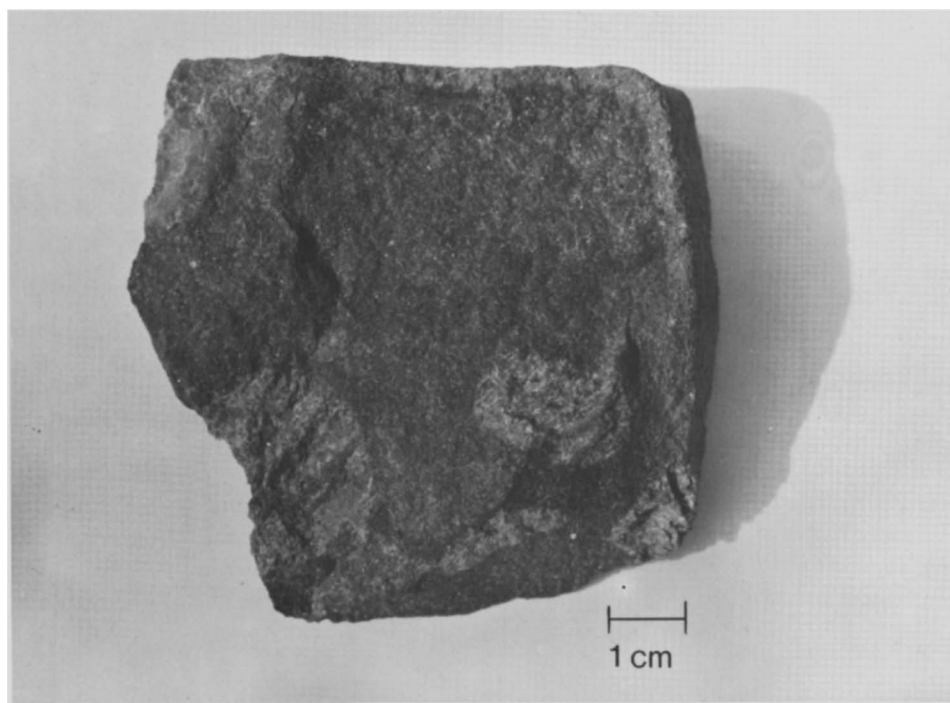
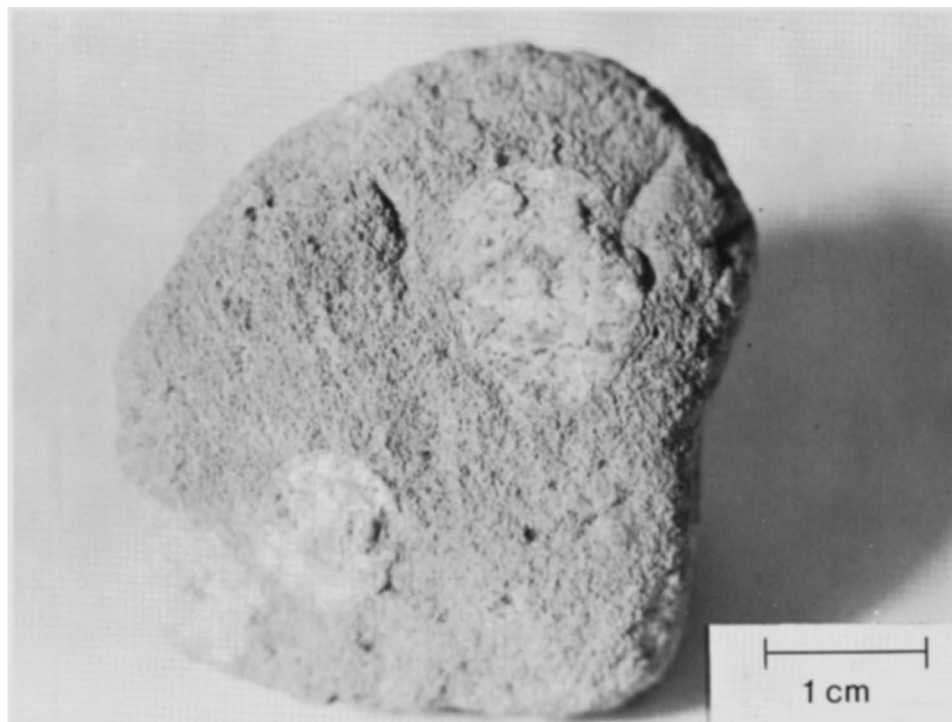


Fig. 5: Zwerfstenen van diabaas met variolieten; boven: van Neuenkirchen, Westfalen, Duitsland, gevonden door H. Scheerboom, onder: van Havelte, Drente, gevonden door R. Bakken.

- 1) de monsters niet bij elkaar horen;
- 2) de monsters wel bij elkaar horen, maar dat de verschillen ontstonden bijvoorbeeld door latere verweringsprocessen.
- 3) de monsters bij elkaar horen, maar dat ze door magmatische ontstaansprocessen (bijv. kristallisatie) voor wat een aantal elementen betreft, na een gemeenschappelijk begin verder verschillende ontwikkelingen hebben doorlopen.

Mogelijkheid 1 kan verworpen worden, omdat de variolieten er in alle monsters, zowel makroskopisch als in dunne doorsnede, identiek uitzien. Bovendien vertoont de matrix duidelijke chemische overeenkomsten.

Punt 2 zou een mogelijkheid kunnen zijn, omdat een aantal elementen tijdens secundaire processen mobiel kunnen zijn geweest. Maar als bijvoorbeeld natrium uitgeloozd zou zijn tijdens verwerking, zou dat hebben moeten leiden tot een algehele toename van het gehalte aan andere elementen, en niet tot een eenzijdig toenemen van elementen zoals bijvoorbeeld ijzer.

De derde mogelijkheid lijkt het meest aannemelijk. De waarden van de z.g. immobiele lanthaniden gemeten in de Urker varioliet vallen binnen het bereik van waarden gevonden voor de 'jongere' Hjulsjö-diabaas als geheel, d.w.z. ze zijn niet aangerijkt, terwijl andere elementen variëren. De overeenkomst in lanthanide-waarden van de Urker varioliet en die van de Hjulsjö-diabaas als geheel, toont het magmatisch verband aan tussen de monsters. De variatie in het gehalte aan elementen is zeer waarschijnlijk het gevolg van het optreden van verschillen tijdens de kristallisatie van de variolieten.

VONDSTEN VAN ZWERFSTENEN MET VARIOLIETEN IN NEDERLAND EN DUITSLAND

Naast de door W.T.J. Hellinga gevonden Urker zwerfsteen, zijn vergelijkbare vondsten van anderen tot nu toe bekend:

- een exemplaar van Neuenkirchen, Westfalen, gevonden door de tweede auteur (fig. 5a).
- een van Noordoost-Nederland, gevonden door A.P. Schuddebeurs.
- een van Echten, gevonden door K. van der Kley.
- en een van Havelte, Drente, gevonden door R. Baken (fig. 5b).

KONKLUSIES

Op grond van een makroskopisch en een mikroskopisch onderzoek en op grond van vergelijkende chemische analyses met het Zweedse moedergesteente kon worden vastgesteld, dat de Urker zwerfsteen een variolitische diabaas vertegenwoordigt, afkomstig uit Hjulsjö, Bergslagen, Midden-Zweden.

Gezien de kleine oppervlakte van de diabaas van Hjulsjö, die bovendien kennelijk was blootgesteld aan de eroderende werking van het landijs, mag het inderdaad een grote toevalligheid worden genoemd, dat daarvan een rolsteen zo'n 1400 km zuidelijker bij Urk is teruggevonden.

Dat het al met al tot een vergelijk tussen beide diabazen - Urker zwerfsteen en Zweedse vaste rots - kon komen, is zonder twijfel te danken aan de opvallende macroscopische kenmerken van de fraai contrasterende variolieten. Met praktisch elke andere diabaas- en groensteen-zwerfsteen zou een dergelijke chemische correlatie met Skandinavische moedergesteenten, gezien de grote variatie en verhouding in minerale samenstelling alsmede de verschillen in ouderdom, niet of nauwelijks uitvoerbaar zijn geweest.

DANKBETUIGING EN OPROEP

De heer W.T.J. Hellinga danken wij voor het ter beschikkingstellen van de steen voor het onderzoek. M. DE BRUIN en medewerkers van het Interuniversitair Reactor Instituut te Delft zijn wij erkentelijk voor de verleende faciliteiten. Wij danken ook de heer Th.M.G. van Kempen voor de vele discussies en het kritisch doorlezen van dit manuscript.

Vinders van een variolitische diabaas-zwerfsteen nodigen wij uit te reageren en H. Scheerboom van hun vondst op de hoogte te brengen, met vermelding van vindplaats en andere gegevens.

SUMMARY

A glacial erratic of variolitic dolerite, found on the former island of Urk, the Netherlands, has an unusual and characteristic macroscopic appearance, with up to 2 cm long ovoids of reddish material (varioles), embedded in a fine-grained blueish-black matrix (fig. 2). Rocks with an identical macroscopic character (fig. 3) have been found *in situ* in W. Bergslagen, Central Sweden, where the subvertical, Proterozoic Hjulsjö dolerite strikes NNW-SSE for at least 40 km through a 1.8 - 1.9 Ga supracrustal series. The dyke is characterized by a 1 m wide variolitic margin along its whole eastern length. Microscopically the variolitic dyke sampled at Hjulsjö, and the erratic from Urk are identical (fig. 4). The varioles are composed chiefly of alkali-feldspar with inclusions of amphiboles which are often arranged in zones around a core of quartz and chlorite. The matrix is fine-grained with microphenocrysts of plagioclase, hornblende, and minor augite, together with intergranular biotite and quartz.

Instrumental neutron activation analyses were made of separated varioles and surrounding matrix from both the erratic from Urk and the dyke from Hjulsjö. Matrix values for Co, Sb and Th differ by less than 1%, Fe, Sc, Cr, Zn, Rb, REE, and Hf by less than 10% (table 1).

The elements Na, K, Sr, Zr, and Ta measured in the erratic differ by more than 10% but still fall within the spread of values given by a series of analyses of the dolerite dyke (BAKER, unpubl. data). The varioles values are less consistent. However, while only Sr, Zr, La, Ce, Lu and Th differ by less than 15%, the REEs in the erratic variole fall in the range of values for the Hjulsjö dolerite. The remarkably good correlation between matrix values of the dolerite dyke and the glacial erratic, and the less good correlation between variole values, provides convincing evidence that the Hjulsjö dolerite dyke was in fact the parent rock of the Urk glacial erratic.

Since this study started, four new variolitic erratics have been found in the Netherlands and W. Germany.

LITERATUUR:

- BLOMBERG, A., 1879: Beskrifning till Kartbladet Hjulsjö. Sver. Geol. Unders. Ser. Aa 69.
HANSON, G.N., 1980: Rare earth elements in petrogenetic studies of igneous systems. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 8: 371-406.
HESEMANN, J., 1930: Wie sammelt und verwertet man kristalline Geschiebe? Preuss. Geol. Landesanst: 188-196, Berlin.
HÜBNER, H., 1971: Molybdenum and Tungsten occurrences in Sweden. Sver. Geol. Unders. Ser. Ca 46.
LIJN, P. VAN DER, 1973: Het Keienboek. Mineralen, gesteenten en fossielen in Nederland. Herzien en bewerkt door G.J. Boekschoten. 361 pp. Zutphen, Thieme.
OEN, I.S. AND VERSCHURE, R.H., 1983: Isotopic age determinations in Bergslagen, Sweden: I. Introduction. Geol. Mijnbouw 61: 301-304.
SCHUDEBEURS, A.P., 1981: Results of counts of Fennoscandinavian erratics in the Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst 34 - 3: 10-14.
THOME, K.N., 1959: Das Inlandeis am Niederrhein. Fortschr. Geol. Rheinl. v. Westf. 4: 197-246.
WEE, M.W. TER, 1962: The Saalian glaciation in the Netherlands. Meded. Geol. Sticht. N.S. No. 15: 57-76.