

Grondboor en Hamer	2	1980	pag. 51 - 64	8 afb.	Oldenzaal april 1980
-----------------------	---	------	-----------------	--------	-------------------------

Over enkele Noord-Nederlandse zwerfsteen-gezelschappen

A.P. Schuddebeurs

SAMENVATTING

De uitkomsten van vijftien zwerfsteentellingen in Noord-Nederland worden meegedeeld.

Enkele aspecten van het verweringsproces dat de glaciële afzettingen hebben doorgemaakt en de invloed die deze verwerking heeft op de uitkomsten van zwerfsteentellingen worden beschreven.

On some associations of erratics in the Northern Netherlands.

SUMMARY

The results of fifteen countings of coarse gravel and larger sized erratics in the Northern Netherlands are dealt with.

Some aspects of the influence of the weathering process on the Saalian till and the erratics and the composition of the assemblages are discussed.

INLEIDING

Wie belangstelling voor zwerfstenen heeft of ze verzamelt, denkt niet in de laatste plaats aan de provincie Drente, een gebied dat vanouds bekend is om de grote hoeveelheden stenen, die het Fenno-Scandische landijs uit het Pleistoceen daar achterliet. Maar ook in Groningen en in Friesland treffen we soms zulke stenen aan. Van de afzettingen, die de gletschers hier achterlieten, zijn de grondmorenen (het keileem) en de direct daarop gelegen smeltwaterzanden voor ons het belangrijkste, want vooral daarin moeten we de stenen zoeken waarom het hier gaat.

Omdat in gletschers geen leven mogelijk is, ontbreken in glaciële afzettingen de autochtone fossielen, die in andere afzettingen een stratigrafische indeling mogelijk maken.

Nu is reeds lang bekend dat er sterk verschillende keilemen bestaan. Zo onderscheiden ze zich in kleur, ook door de gehalten kalk, zand en slib, verder nog door de hoeveelheden stenen per m³ keileem en vooral door de erin aanwezige zwerfsteengezelschappen. In de hoop een aanvullende stratigrafie van de glaciële afzettingen te verkrijgen, ging men er omstreeks de eeuwwisseling in Europa toe over de componenten van de glaciële afzettingen met elkaar te vergelijken: het sediment-petrologisch onderzoek. In Nederland wordt een dergelijk onderzoek gedaan om meer inzicht te verkrijgen in het verloop van het vergletscheringsproces, waarin volgens de heersende opvattingen vijf fasen zijn aan te wijzen. Simpel samengevat, we willen weten:

- **wat** het ijs op een bepaalde plaats achterliet;
- **vanwaar** dat materiaal kwam;
- **wanneer** het gedeponeed werd;
- **welke** weg het ijs volgde.

Het sediment-petrologisch onderzoek heeft meerdere facetten. Men kan alleen de grovere componenten, de zwerfsteengezelschappen dus of zelfs maar een deel daarvan onderzoeken, maar ook kan men de aandacht richten op het fijnere morenegruis.

Het beste is zoveel mogelijk gegevens per locatie te verzamelen, dus van fijne en grove delen. Door zulks te doen, slaagde Zandstra (1974, 1977) erin een dozijn keileemtypen in ons land van elkaar te onderscheiden. Wij voor ons, d.w.z. de auteur van dit artikel en zijn toegewijde helpers H. Jager te Wolvega en J.A. de Jong te Drachten, onderzochten alleen de zwerfstenen groter dan 25 mm.

Nu is het niet altijd mogelijk Zandstra's keileemtypen te onderscheiden, als alleen het zwerfsteengezelschap bekend is. Daarom namen we per telplaats een of meer monsters keileem, die door de Rijks Geologische Dienst te Haarlem worden onderzocht.

Toen Zandstra (1974) de keileemtypen-indeling introduceerde, lag daaraan een gedetailleerd onderzoek van keileemprofielen ten grondslag. Dit onderzoek betrof boringen en ontsluitingen. Het aantal gepubliceerde tellingen van gidsgesteenten, soms in combinatie met gegevens over de totale zwerfsteeninhoud, was toen nog tot 60 beperkt. Intussen is dit aantal meer dan verdrievoudigd. Naarmate het net van tellingen dichtmaziger wordt, stijgen wellicht de kansen om een steeds beter gefundeerd antwoord te krijgen op de bovengestelde vragen.

Gezien de beschikbare plaatsruimte kan ik in dit artikel niet diep ingaan op een aantal factoren en opvattingen, die bij het tellen van zwerfstenen aan de orde kunnen komen. Hiervoor wordt verwezen naar een in druk zijnd geschrift van de schrijver, waarin o.a. de betrouwbaarheid van een aantal gidsgesteenten; een tiental in N.W.-Europa gebruikte telmethoden; de invloed van ouder gletscher- en/of fluviatiel materiaal dat door jongere gletschers werd opgenomen; de oorzaak van de grote verschillen in de aantallen zwerfstenen per m³ keileem van Oostbaltische, resp. van Zuid- (en West-)baltische herkomst en tenslotte het ontstaan van slierten en schollen in het keileem behandeld zijn (zie literatuuroverzicht).

Het verzamelen van de stenen en de gebruikte stukgrootte

Bij voorkeur graven we zelf het materiaal af en zeven het ter plaatse uit. Een zeef van ± 50 x 80 cm oppervlakte, maaswijdte 25 mm, met losneembare poten van 80 cm lengte voldoet goed. Als graven niet toegestaan is, zoals in het profiel van nieuwe ruilverkavelingssloten, krabben we de stenen uit het profiel. Een stalen tuinhark kan daarbij goede diensten bewijzen. Soms kunnen we het door de draglines uitgeworpen materiaal gebruiken. Maar hoe het materiaal ook verzameld is: gezeefd moet het worden. Alleen dan zijn we er zeker van steeds stenen van dezelfde minimumafmetingen te tellen. Als we stenen kleiner van 25 mm tellen, blijken relatief meer porfieren herkenbaar te zijn als gidsgesteente. Het aantal Dalarnaporfieren kan dan zoveel groter zijn dan in de grovere fractie, dat de uitslag van de telling aanzienlijk beïnvloed wordt. Tellen we van één gezelschap de stenen van 25 tot 40 mm grootte, van 40 tot 80 mm en de nog grotere apart, dan kunnen er per type wel wat verschillen zijn, maar we krijgen in alle gevallen dezelfde uitkomst van de Hesemann-telling.

Het is bekend dat de moedergesteenten van veel porfieren in het gebergte in veel kleinere stukken verdeeld zijn door krimp-scheuren dan dat als regel bij granieten het geval is. Vandaar dat de stukgrootte van porfier-zwerfstenen als regel kleiner is dan van graniet-zwerfstenen. Daarbij komt, dat bijvoorbeeld veel Dalarnaporfieren en ook Rode Oostzeekwartsporfieren nog goed herkenbaar zijn bij stukgrootten van 15 à 25 mm, maar veel granieten zijn dat dan niet meer. Zo vond de

Jong in het profiel van een nieuwe sloot bij Drachten binnen een uur zo'n 50 Dalarnaporfiertjes, maar slechts 13 stukken waren groter dan 25 mm!

Bij gebrek aan ontsluitingen maken we ook wel gebruik van zwerfstenen, die door de aardappelroommachine verzameld zijn. Die machines werken meestal met een zeefwijdte van 26 mm, hetgeen praktisch overeenkomt met de door ons gebruikte zeefwijdte. We lopen hierbij wel meer kans dat we met zwerfsteengezelschappen te maken krijgen die uit verscheidene keileemtypen afkomstig zijn.

We verzamelen alle op de zeef gebleven stenen en delen die in groepen in, zoals vermeld in tabel 1 (sedimentaire zwerfstenen) en tabel 2 (kristallijne zwerfstenen). In enkele gevallen werd alleen kristallijn materiaal verzameld. De kristallijne gidsgesteenten zijn apart vermeld in de tabellen 3 en 4. De in de tabellen vermelde gegevens verschaffen de basis om verscheidene telmethoden te kunnen toepassen.

Verklaring van de gebruikte afkortingen

Loc = locatie, ontsluiting, vindplaats.

Coörd = coördinaten volgens het coördinatensysteem van de Rijksdriehoeks meting.

No = nummer van de telling. Door de RijksGeologische Dienst is een lijst opgesteld van gegevens van tellingen van noordelijke kristallijne zwerfstenen in Nederland. De tellingen worden genummerd in de volgorde waarin ze bij de R.G.D. bekend worden, resp. gepubliceerd werden. Niet alle tellingen zijn gepubliceerd. Het is mijn gewoonte de gegevens van mijn tellingen aan de R.G.D. te verstrekken, zodra die gereed zijn. De in dit artikel gebruikte nummers komen overeen met die van de R.G.D.

T.A. = totaal aantal zwerfstenen per telling.

K:Z:V = procentuele verhouding van de kristallijne, zandsteen- en vuursteen zwerfstenen.

H.F. = Hesemann-formule.

De telmethode van J. Hesemann

In Nederland wordt sinds de jaren dertig vooral volgens de methode van J. Hesemann geteld. Om de oude en de nieuwe tellingen met elkaar te kunnen vergelijken, passen we ook nu deze methode toe.

Voor Hesemann-tellingen worden zoveel mogelijk typen van kristallijne gidsgesteenten in aanmerking genomen. We verdelen die gidsgesteenten naar hun herkomst in vier groepen en wel als volgt:

Groep I : Z.W.-Finland, de Ålands-eilanden met aangrenzend Oostzeegebied, de Botnische Golf met aangrenzende gebieden.

Groep II : Midden-Zweden met aangrenzend Oostzeegebied.

Groep III : Zuid-Zweden met Bornholm.

Groep IV : Het Oslo-gebied met het Skagerrak.

We berekenen de aantallen gidsgesteenten per groep, waarna op hele tientallen procenten wordt afgerond. Zo kunnen we een zwerfsteengezelschap, waarvan de gidsgesteenten voor 66% afkomstig zijn uit groep I, 9% uit groep II, 23% uit groep III en 2% uit groep IV weergeven met de Hesemann-formule 7120. Zie verder de tabellen 3 en 4.

Ontsluitingen in Drente

In 1979 werd voor de N.A.M. een gasleiding ingegraven van Roswinkel bij Ter Apel naar het Westerse Veld, Gem. Rolde. Door het opzijschuiven van het pakket teelaarde ontstond een geul van 0,5 - 0,6 m diepte en enkele meters breedte. We onttrokken ons materiaal uit deze geul en wel op de volgende vier plaatsen:

Loc. no. 180, halverwege Valthe en Weerdinge, coörd. 257.250/539.900, H.F. 9010, T.A. 1380. Stenenrijk keizand boven het keileem.

Loc. no. 181, ten Zuiden van Schoonoord, coörd. 247.650/539.500, H.F. 9110, T.A. 1147. Ongeveer evenveel grijs keileem als keizand.

Loc. no. 184, ten Zuid-Westen van Valthe aan de Weerdinger zandweg, coörd. 256.500/539.450, H.F. 9010, T.A. 1380. Keizand en nagenoeg geen keileem.

Loc. no. 185, Klijndijk bij Odoorn en ten Noord-Oosten van het einde van de Odoorner Zijtak, coörd. 257.250/539.900, H.F. 8110, T.A. 1014. Keizand en nagenoeg geen keileem.

Voor de aanleg van een tunnel onder de Rijksweg van Drachten naar Emmen was in het vroege voorjaar van 1979 bij Noordsleen alleen bruin keileem ontsloten. Het gaat hier om loc. no. 179, coörd. 249.950/535.600, H.F. 8110, T.A. 1432.

Ter gelegenheid van de vierdaagse bijeenkomst van INQUA-geologen in Nederland, juni 1979, werd de ontsluiting te Noordsleen opnieuw bezocht. De bouwput was inmiddels dieper dan in maart/april. Onder het bruine keileem bleek een duidelijk van het bruine verschillende, grijze tot geelachtige-grijze keileem te liggen. Er is geen aanleiding om de onderste keileem in een oudere ijstijd te plaatsen dan de bovenste. Beide kunnen worden geacht in het Saalien (= Risstijd) te zijn gevormd. Een scheidingslaag van smeltwaterzand of, zoals aan de Emmerschans voorkomt, een snoer van grotere keien ontbreekt (foto 1). Ongetwijfeld behoren beide keilemen tot een en dezelfde grondmorene. Het grensvlak verloopt opmerkelijk scherp en zonder storingen. Uiteraard zou een telling uit het onderste keileem interessant geweest zijn, maar de deklaag van 2½ à 3 m dikte maakte dit praktisch onuitvoerbaar.

Aan de Zuidzijde van het dorp Odoorn was in 1979 een uitbreidingsplan in uitvoe-

Locaties in Drente en Oost-Groningen

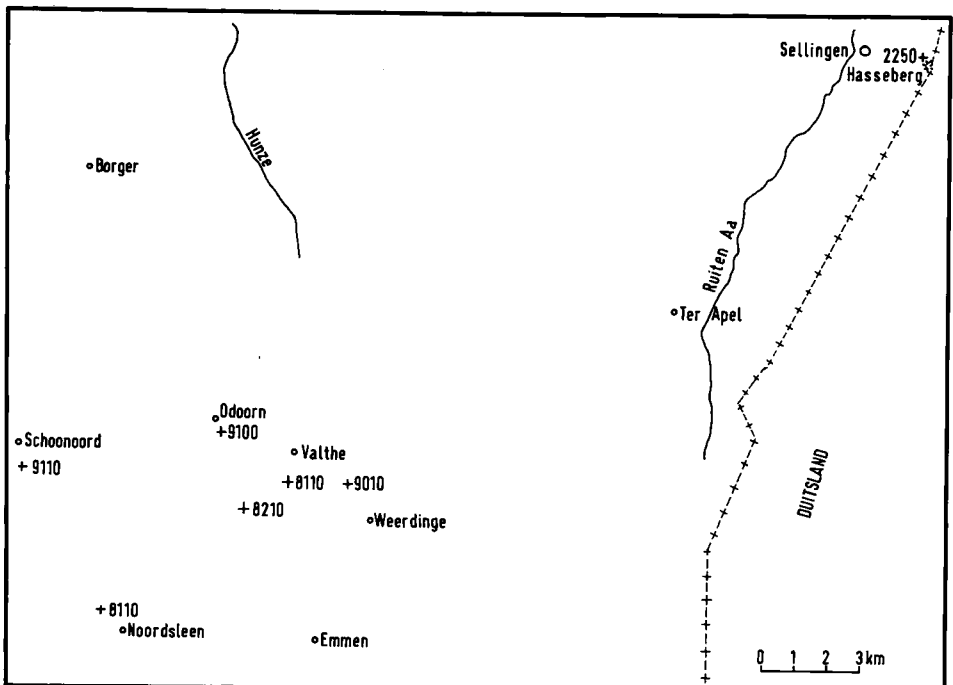




Foto 1.

Ontsluiting in twee keilemen in de bouwput voor een tunnel bij Noordsleen. Boven de hamer bruin keileem, daaronder grijs keileem.

ring. De aanleg van een rioleringsstelsel leverde ontsluitingen op in keileem van bruine, gele en grijsachtige, geleidelijk in elkaar overgaande kleuren. Dit betreft loc. no. 187, coörd. 253.600/541.200, H.F. 9100, T.A. 1123.

In alle bovengenoemde gevallen werden extreem Oostbaltische zwerfsteengezelschappen aangetroffen zonder kalksteen, maar met vuursteen. Die gegevens wijzen erop dat we steeds met hetzelfde keileemtype te maken hebben. Zandstra (1974, 1979) onderscheidt zes typen Oostbaltische keilemen. Tegenover een kalkhoudend tot kalkrijk type staat steeds een kalkloze pendant. Vier van deze zes typen bevatten geen of nauwelijks een paar promille vuursteen.

In bovengenoemde tellingen bij Valthe, Schoonoord, Odoorn en Noordsleen gaat het om keileem zonder kalk en kalksteen en met een aanzienlijk vuursteengehalte. De conclusie lijkt gewettigd dat het hier om het Assenkeileemtype of om het uitspoelingsproduct van dit type gaat.

Ontsluitingen in Groningen en Friesland

Door Ligterink (1942) wordt de Hassenberg bij Sellingen reeds genoemd als een keileem-eiland in een overigens zwerfsteenloze omgeving. Ligterink stelde aan de Hasseberg de H.F. 3340 vast.

Hij vond slechts weinig materiaal en publiceerde geen overzicht van de gevonden gidsgesteenten. In 1978 was het mogelijk de zwerfstenen te tellen uit een door de aardappelrooimachine verzamelde kollektie. Door de heren Nolles en de Vries van de R.G.D. te Oosterwolde werden mij deze stenen bezorgd, waarvoor nogmaals mijn hartelijke dank!

Ter plaatse werden eerst alleen kristallijne zwerfstenen verzameld. Een latere zending bevatte weliswaar een compleet gezelschap, maar in een te klein aantal om het tellen van de verschillende gesteenten verantwoord te doen zijn. Alles bij elkaar genomen kon er een Hesemann-telling met 77 gidsgesteenten uit gedestil-

leerd worden. Het gaat hier om loc. no. 176, coörd. 275.600/522.500, H.F. 2250. De dominante van Zuid-Zweedse zwerfstenen doet vermoeden dat we hier met het Heerenveen-keileemtype te maken hebben.

Meer zekerheid dienaangaande hebben we betreffende een aantal tellingen in Friesland. Graafwerkzaamheden i.v.m. de verbreding van de autoweg Groningen-Drachten-Afsluitdijk leverden de laatste jaren tal van ontsluitingen op. Enkele tellingen langs dit wegracée werden door mij met hulp van de heren Jager en de Jong verricht, enkele andere door of samen met de heer Zandstra, die zo vriendelijk was zijn niet eerder gepubliceerde tellingen beschikbaar te stellen, zodat ze in dit artikel verwerkt konden worden.

De zandzuigerij bij Nijbeets, loc. no. 66, coörd. 198.750/564.575, was jarenlang trekpleister voor zwerfsteenverzamelaars. Schuddebeurs en Zandstra konden er in het beginstadium van de werkzaamheden (1972) een telling verrichten. Vooraf waren op het terrein twaalf boringen uitgevoerd. In tien dezer boringen was het gehele keileempakket kalkhoudend tot kalkrijk en als regel donkergrijs. In een boring komt 50 cm kalkloos keileem voor boven 20 cm kalkarm keileem en in één boring is het gehele 2,- m dikke keileem pakket kalkloos. De diepteligging varieert tussen 2,- m en 5,30 m; de basis ligt tussen 5.20 m en 8.40 m diepte. Het kalkrijke keileem behoort tot het Deventer-type; het kalkloze is de ontkalkte pendant daarvan, door Zandstra het Heerenveen-type genoemd. De getelde zwerfstenen komen uit het kalkrijke keileem. Er zijn alleen kristallijne zwerfstenen verzameld uit opgebaggerd materiaal.

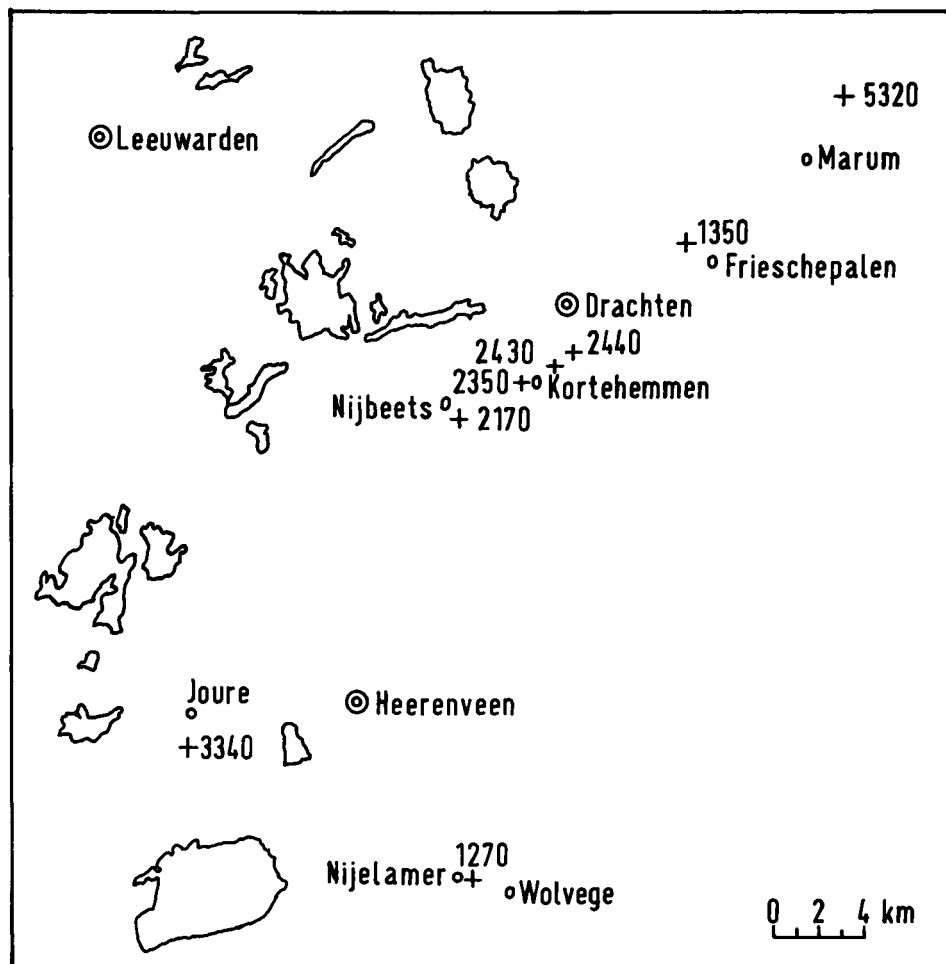
Vuursteen, kalksteen en krijt uit de krijtperiode waren rijkelijk voorhanden, terwijl grote, afgeronde palaeozoïsche kalkstenen niet zeldzaam waren. De telling leverde H.F. 2170 op, waarbij Småland met 37% en Bornholm met 21% het sterkst vertegenwoordigd zijn.

In 1974/1975 kon Zandstra bij Joure (loc. no. 148, coörd. 182.700/552.070) een telling doen in de bouwput voor een tunnel. Hier werden dezelfde keileemtypen vastgesteld als in Nijbeets: bovenin ontkalkt, naar beneden allengs kalkrijker. Ook hier was rijkelijk vuursteen aanwezig. De Ålands-eilanden hebben hier wat meer materiaal geleverd, zodat H.F. 3340 genoteerd moest worden.

Een bouwput bij Kortehemmen (loc. no. 154, coörd. 201.000/566.380) ontsloot in 1977 eveneens het Heerenveenkeileemtype. Er konden slechts 30 gidsgesteenten verzameld worden, die de H.F. 2350 opleverden. Een bouwput \pm 1 km ten Zuiden van de haven van Drachten (coörd. 201.525/568.450) leverde te weinig gidsgesteenten op om een telling nog enigszins te rechtvaardigen, maar Zandstra merkte ook hier de dominantie van Zuid-Zweeds materiaal op in keileem van het Heerenveen-type. Betere kansen werden Zandstra in 1978 geboden in de bouwput voor een tunnel onder de Rijksweg bij Drachten (loc. no. 174, coörd. 202.690/567.630) waar hij uit het keileem van het Heerenveentype 90 gidsgesteenten kon verzamelen met H.F. 2440.

Dicht bij de laatstgenoemde locatie vonden de Jong en Schuddebeurs in 1979 mogelijkheden tot een telling uit het profiel van een nieuwe sloot in grijs keileem (loc. no. 183, coörd. 201.750/567.000, H.F. 2440). De percentages per telgroep van beide laatstgenoemde tellingen verschillen nauwelijks. Dalarna-gesteenten leverden met 33,3%, resp. 35,2% hetzelfde beeld op. Ze zijn op deze plaatsen wat sterker vertegenwoordigd dan voor het Heerenveentype normaal is, maar het zijn niet de enige uitzonderingen op deze regel.

Wat meer naar het Oosten, nl. bij Frieschepalen, ligt loc. no. 188, coörd. 208.650/571.350, H.F. 1350, T.A. 3048. Dit is een ontsluiting in grijs keileem, waar zand voor wegeaanleg wordt gewonnen.



Locaties in Friesland en West-Groningen

Verder werd in 1979 grijs keileem aangetroffen in een nieuwe ruilverkavelingssloot bij Nijelamer, loc. no. 186, coörd. 194.300/544.700, H.F. 1270, T.A. 1123.

Nijelamer ligt niet ver van Wolvega, waar we in 1978 op loc. no. 173 H.F. 1180 vaststelden. Enkele andere tellingen nabij Drachten, Opeinde, Garijp, Schuilenburg, in de Weperpolder bij Oosterwolde en een aantal tellingen rondom Norg leverden steeds gezelschappen op met overwegend Zuid-Zweedse gidsgesteenten. Ze zullen waarschijnlijk allen tot het Heerenveentype behoren.

Een telling $\pm 2,5$ km ten Oosten van Marum (loc. no. 182, coörd. 215.850/575.600, H.F. 5320, T.A. 2612) leverde een beeld op dat alleszins afwijkt van alle voorgaande en daarom niet zo eenvoudig in het systeem van keileemtypen te rangschikken is.

Ter discussie

We zagen dat in Noord-Nederland duidelijk verschillende keileemtypen en zwerfsteengezelschappen aangetroffen worden. Nu zijn we er wel zeker van dat vooral die gezelschappen, welke aan of dichtbij de oppervlakte gevonden worden, niet meer in de oorspronkelijke toestand verkeren. Door de mens werd sinds eeuwen grote hoeveelheden van vooral grotere keien gezocht voor bouwwerken en

voor de aanleg van wegen en dijken. Deze factor kan echter geen rol spelen als we het materiaal van grotere diepten verkrijgen.

Behalve menselijke, bewerkten ook natuurlijke krachten dat het zwerfsteengezelschap niet meer in de oorspronkelijke staat aanwezig is. Ook waar het keileem nu nog kalkrijk is, zal sinds de afzetting wel enige kalk verdwenen zijn. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat het keileem oorspronkelijk overal even kalkrijk was. Het geheel ontbreken van vuursteen in sommige gezelschappen duidt erop, dat daarin oorspronkelijk ook geen kalksteen uit het krijt aanwezig was. ook de verspreiding van palaeozoïsche kalkstenen verschilt van plaats tot plaats. Zo zijn van de West-Veluwe en Het Gooi wel enige vondsten bekend van Cambrische en Ordovicische kalkstenen, maar Silurische kalkstenen ontbreken (Schuddebeurs in druk). De laatste zijn echter in het 'rode schollen keileem' (Voorsttype keileem) in en om de stad Groningen zeer algemeen, soms zelfs nog rijkelijker dan alle andere zwerfstenen tezamen.

Dat latere ontkalking een belangrijke rol speelde, wordt duidelijk als we bedenken dat we kalkrijk keileem als regel vinden onder een pakket ontkalkt keileem met overigens dezelfde zwerfsteeninhoud. Soms ligt kalkrijk keileem van het Voorsttype boven ontkalkte keileem van het Heerenveentype. Dit is een aanwijzing dat het Voorsttype van oorsprong veel kalkrijker was dan het Heerenveentype. Dat de ontkalking langs zeer grillige wegen verloopt is af te leiden uit het feit dat we soms op zeer korte afstand van elkaar in hetzelfde keileempakket het kalkrijke naast het ontkalkte vinden, zoals bijvoorbeeld blijkt uit bovenvermelde boringen bij Nijbeets.

De loc. no. 182 bij Marum leverde een ontkalkt keizand op. Bijna de helft van het zwerfsteenbestand bestaat uit vuursteen. Er werd één stuk krijtkalk gevonden. Zulke enkele stukken zijn soms duidelijk als erosieresten herkenbaar, overblijfselen dus van boorheen veel grotere blokken. Ze hebben niet meer de afgeronde vorm van de meeste zwerfstenen, maar zijn aan alle zijden aangetast, vertonen groeven van een of twee vingers breed en diep en daarnaast uitstulpingen. Ze zijn soms nog hard en stevig, elders zo poreus dat ze tussen de vingers fijn gewreven kunnen worden. Niet aldus de zwerfsteen van Marum: die vertoont zelfs nog gletscherkrassen! Hoe kon die ene zwerfsteen, ondiep in permeabel keizand gelegen, de verweringsdans ontspringen?

Nauwelijks 100 m ten Oosten van de loc. no. 182 bij Marum is in een slootkant keileem ontsloten, rustend op potklei. Dit keileem ziet wit van het vele krijtkalk. In dit geval stagneerde het grondwater boven de potklei en ontkalking vond blijkbaar nauwelijks plaats. Zo vinden we af en toe nog kalkrijke gezelschappen dicht aan de oppervlakte. Maar als regel zijn het keileem en de daarin liggende zwerfstenen verder ontkalkt, naarmate ze dichter bij de oppervlakte liggen.

Nu is ontkalking door de chemische inwerking van het koolzuur uit de lucht, maar één van de factoren die het verweren bewerkstelligen. Waar keileem door veen bedekt is, zijn meer zwerfstenen tot onherkenbaar toe verkleurd door humuszuren en door afzetting van ijzerverbindingen dan elders.

Lüttig (1964) meent dat het vuursteengehalte een maatstaf kan zijn voor de mate van chemische verwerking, waaraan het keileem was blootgesteld.

Het vaststellen van de vuursteen: kristallijn-verhoudingen zou volgens Lüttig een van de beste hulpmiddelen zijn om de vraag te beantwoorden of een glaciale afzetting aan chemische verwerking blootstond.

Nu vinden we in Nederland veel meer scherven dan gave knollen vuursteen. Ieder scherfje dat op de zeef blijft, telt bij het onderzoek mee. Een flinke vuursteenknol kan bij één hamerslag zoveel scherven en plinters opleveren, dat daarvan nog tientallen stuks op de zeef blijven. Vuurstenen zijn gevoelig voor grote temperatuur-

wisselingen en vriezen gemakkelijk stuk. Maar daarmee is nog niet afdoende verklaard dat we hier zoveel vuursteenscherven vinden. Hoe verder naar het Oosten we door Duitsland trekken, hoe groter de vuursteenknollen zijn en in des te groter aantallen we grote vuurstenen vinden. Toch waren ze daar evengoed aan grote temperatuurwisselingen blootgesteld als hier. Blijkbaar heeft ook de verbrijzelde werking van het landijs een rol gespeeld: hoe langer de afgelegde weg is, des te meer vuursteenscherven vinden we.

Marczinski (1968) onderzocht enkele honderden zwerfsteengezelschappen in Noordelijk Neder-Saksen. Hij meent dat daar een ijzeren wet geldt: **het aantal kristallijne zwerfstenen neemt af, naarmate de verwerking voortschrijdt en tegelijk stijgen dienovereenkomstig de percentage vuursteen en zandsteen met kwartsiet.**

In tabel 5 zijn enkele gegevens, die hier beschreven zwerfsteentellingen opleverden, naast elkaar gesteld. De zes tellingen boven in de tabel zijn allen uit keileem, keizand of uit beide afzettingen tezamen van het Assentype. In Noordsleen werd geheel en in Schoonoord voor de helft uit keileem verzameld. Juist daarin zijn de vuursteengehalten het hoogst! De zandsteenverhoudingen vertonen geen wetmatigheid. Verder blijkt, dat in keizanden als regel een kleiner deel van het totaal-kristallijn als gidsgesteente herkend kon worden als in keileem van hetzelfde type. Wat dat betreft speelt de verwerking een duidelijke rol. Frappant is echter dat hier blijkbaar alle typen gidsgesteenten in dezelfde mate onherkenbaar worden, want de verkregen uitkomsten van de Hesemann-tellingen komen zeer goed met elkaar overeen. De overeenkomstige uitkomsten van Hesemann-tellingen uit smeltwaterzanden of keizanden ('Geschiebe-decksande') en uit direct daaronder liggende keilemen duiden erop, dat tijdens het uitspoelingsproces de fijnkorrelige componenten wel, maar de grovere stenen nauwelijks in horizontale richting verplaatst zijn.

Daarom zien we er geen bezwaar in ons telmateriaal uit beide afzettingen te nemen. Alleen waar meerdere stenenrijke lagen en zandlagen afwisselend boven elkaar voorkomen, zoals bijvoorbeeld in het oer-stroomdal van de Drentse Aa het geval is, verschillen de zwerfsteengezelschappen per laag duidelijk. Hetzelfde zien we in Duitsland, waar duidelijk smeltwaterafzettingen onder het keileem voorkomen. Daar is het vanzelfsprekend niet verantwoord stenen uit keileem en keizand tezamen te tellen.

Vergelijken we de K:Z:V-verhoudingen in tabel 5, verkregen uit het Assentype met die uit het Heerenveentype, dan blijken de zandsteen- en vuursteengehalten in het laatste type als regel groter te zijn dan in het eerste type. Als we alleen uit echt keileem de stenen verzamelen, is het percentage gidsgesteenten van het totaal kristallijn in Oostbaltische gezelschappen als regel 20 à 28% en in Zuid-Zweedse gezelschappen 8 à 14%.

De hierboven gemaakte gevolgtrekkingen uit slechts negen tellingen komen goed overeen met de gegevens die vele tientallen vroeger verrichte tellingen hebben opgeleverd. Hoewel we bij zwerfsteentellingen geen regels vinden die voor 100% gelden, is er wel degelijk een systeem in de zwerfsteenverhoudingen te ontwaren.

Hierboven werd reeds opgemerkt, dat het zwerfsteengezelschap van Marum niet gerekend kan worden tot een van de twee keileemtypen, die in Noord-Nederland veel voorkomen. De Hesemann-formule 5320 zegt het al: het is vlees noch vis.

Eerder werd aangetoond (Schuddebeurs in druk), dat Oostbaltische keilemen veel rijker aan stenen zijn, terwijl daarin het percentage gidsgesteenten ongeveer 2x zo groot is als in keilemen van Zweedse herkomst. Er behoeft dus slechts weinig Oostbaltisch keileem met veel Westbaltisch keileem vermengd te worden om de uitkomst van een Hesemann-telling enkele tientallen procenten om te buigen ten gunste van de eerste telgroep. We nemen aan dat in Marum zo'n vermenging

Loc. no.	Gesteente		Paleozoïsche kalksteen en dolomiet	Paleozoïsche kalksteen verkiezeld	Vuursteen	Spongoliet	Krijtkalk	Zandsteen met Skolithos linearis	Kraaksten	Teesini-zandsteen	Eophyton-zandsteen	Rode Dale-zandsteen	Peersgele Dale-zandsteen	Zandsteen van onzekere herkomst	Totaal zandsteen	Totaal sedimentaire zwerfsteen	Gangkwarts
	Plaats																
179	Noordsleen	-	1	317	1	1	1	-	-	-	-	41	5	195	242	562	2
180	Valthe/Waerdinge	-	-	62	-	-	-	-	-	-	-	60	5	126	191	253	-
181	Schoonoord	-	-	207	-	-	1	1	-	-	-	43	4	258	307	514	-
182	Marum	-	-	254	-	1	3	3	-	-	-	10	9	483	508	1793	-
184	Z.W. van Valthe	-	-	79	-	-	-	1	-	-	-	56	-	157	214	293	-
185	Klijndijk	-	-	322	-	-	-	1	-	1	-	61	4	304	371	693	-
186	Nijelamer	-	-	1291	-	-	2	2	-	1	-	5	7	581	598	1889	2
187	Odoorn	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	46	-	113	159	224	-
188	Frieschepalen	-	1	1189	-	-	2	-	2	-	-	31	18	671	724	1914	4

Tabel 1. Sedimentaire zwerfstenen

plaatsvond, hetzij ter plaatse, hetzij onderweg. Maar daarbij bleef het niet. Als de H.F. met cijfer 8 of 9 begint, is van het totaal aantal gidsgesteenten 4 à 12% Rode oostzeekwartsporfier. Dus zou gemiddeld 8% normaal genoemd kunnen worden. In Marum, waar de eerste telgroep 46% uitmaakt, zou 4% Rode Oostzeekwartsporfier goed in dit beeld passen.

Het is echter 15,3%, dus bijna 4x zo hoog! We vonden er 10 Smålandgranieten, maar in Marum vonden we er slechts 12. Bovendien zijn dat allemaal fijnkorrelige typen.

Helleflinten komen vooral voor in overwegend Zuid-Zweedse zwerfsteengezelschappen. Ze maken dan meestal 4 à 5% uit van het totaal kristallijn. (Zie tabel 5). In Marum vonden we 10,6% helleflint, terwijl Zuid-Zweden maar matig in het stenengezelschap vertegenwoordigd is.

Van het totaal kristallijn is 11,1% gidsgesteente. Voor een overwegend Zuid-Zweeds gezelschap zouden we dat normaal vinden, maar voor een gezelschap met H.F. 5320 is het opvallend weinig. Het meest opvallende van dit gezelschap is echter niet in cijfers uit te drukken: er is geen enkele grof-kristallijne zwerfsteen gevonden! Geen enkele grove pegmatiet, ogengneis of gabbro, geen rapakiwi en geen grove granietporfier of graniet. Van de 17 hier gevonden diabazen bezit er één veldspaatjes van 2 à 3 mm², de overigen zijn uiterst fijnkorrelig. Er waren legio fijnkorrelige, aprietachtige granieten en leptietachtige gneizen. In de tweede telgroep zijn 27 gidsgesteenten genoteerd, waarvan 26 porfieren en één fijnkorrelige Stockholmgraniet. Ook het totaal aantal porfieren is in Marum relatief hoger dan overal elders. We moeten dus concluderen dat in Marum eroderende krachten werkten, waarbij ontkalking en aantasting van alle typen grofkristallijne gesteenten plaatsvond, terwijl fijnkorrelige en vooral dichte zwerfstenen de dans ontsprongen. Over de vraag hoe dat verweringsproces werkte, durf ik geen uitspraak te doen. Het zal echter duidelijk zijn dat de verwerking wel degelijk van invloed kan zijn op de uitkomsten van Hesemann-tellingen. Waarschijnlijk zouden we deze verschijnselen niet zo overtuigend kunnen vaststellen, als we niet alle zwerfstenen van

Loc. no.	Gesteente		Gabbro en dioriet	Syeniet	Porfier en porfieriet	Tuf(-fiet) en agglomeratielava	Diabasa	Melafier	Basalt	Helleflint	Amfiboliet	Granatamfiboliet	Overig kristallijn	Totaal kristallijne zwerfstenen
	Plaats													
179	Noordsleen		15	1	21	4	10	-	-	10	1	-	498	86
180	Valthe/Weerdinge		40	-	18	2	9	2	1	10	12	-	858	112
181	Schoonoord		18	1	32	2	4	-	-	4	5	-	567	63
182	Marum		22	-	79	7	17	-	-	87	9	-	598	81
184	Z.W. van Valthe		25	2	33	2	10	-	-	4	11	-	634	72
185	Klijndijk		22	-	38	6	5	-	-	15	7	-	528	62
186	Nijelamer		39	-	72	3	8	-	7	42	2	-	726	89
187	Odoorn		39	2	30	6	9	-	-	5	16	-	634	79
188	Frieschapalen		23	-	77	6	9	-	-	51	4	1	1010	118

Tabel 2. Kristallijne zwerfstenen; inclusief gidsgesteenten

een gezelschap onder de loupe namen, maar ons beperkten tot alleen het verzamelen van gidsgesteenten. Dit geldt trouwens ook voor een ander fenomeen, nl. het regelmatig optreden van slierten en schollen-keileem.

We spreken van slierten in het keileem, wanneer één bepaald type (gids-) gesteente, dat normaal met π % in een keileemtype voorkomt, op een andere plaats in datzelfde keileem met 2π % of zelfs nog rijkelijker voorkomt. (Zie hiervoor ook Marcinski 1968, blz. 30).

Soms treffen we zelfs 10π of 20π aan. Als echter op of in een keileem een min of meer scherp begrensde hoeveelheid keileem van een geheel ander type voorkomt, hebben we met keileemschollen te maken. Slierten openbaren zich meestal bij het determineren van de stenen en het opstellen van de tellijsten. Schollenkeileem is soms in het veld aan de kleur te herkennen, maar lang niet altijd. Naar mijn mening kunnen deze verschijnselen niet afgedaan worden door aan te nemen dat opname van ouder gletschermateriaal door jongere gletschers plaatsvond. Slierten en schollen zijn veroorzaakt door extra zware belasting van het landijs op bepaalde plaatsen als gevolg waarvan het ijs daar sterker exareerde dan in de (naaste) omgeving. We zagen al, dat in keileem van het Heerenveentype soms wat meer Dalarnagesteenten voorkomen. In die gevallen werd extra materiaal uit die regio opgenomen en in de morene verwerkt.

Het zwerfsteengezelschap van de Hasseberg (telling no. 176) vertoont iets dergelijks. De H.F. 2250 maakt duidelijk dat de herkomst overwegend Zuid-Zweeds is. In zulke gezelschappen vinden we normaal, samen met 100 kristallijne gidsgesteenten, 3 à 6 onder-Cambrische zandstenen met levenssporen. Op de Hasseberg, vanwaar we een veel kleiner aantal gidsgesteenten verkregen, werden 5 zandstenen met *Monocraterion tentaculatum*, 8 stuks met *Skolithos linearis*, 4 stuks 'Kraaksten' (= levenssporen in alle richtingen in niet zeer fijnkorrelige zandsteen) en 1 stuk met *Eophyton* (= sleepsporen) gevonden, in totaal dus 18 stuks. Omdat het hier niet om één type gesteente gaat, noemen we het geen sliert. Maar ze komen wel allemaal uit dezelfde regio: Kalmar Sund en Västergotland. Andere, theoretisch mogelijke, herkomstgebieden komen nauwelijks in aanmerking.

Tabel 3

Plaatsnaam, nummer locatie en Hesemann-formule	Gidsgesteenten							
	Mijbeerts 143 2170	Joure 148 3340	Korte Hemmen 154 2350	Drachten Zuid 174 2430	Drachten 183 2440	Mijlamer 186 1270	Frieschepalen 188 1350	Hesseberg 176 2250
GROEP I								
Åland rapakiwi	4	-	4	4	4	-	3	-
Åland (apliet-)graniet	10	23	1	10	12	9	9	12
Åland granofier	-	-	-	1	3	-	1	3
Åland granietporfier	-	1	-	2	1	3	3	4
Åland kwartsporfier	-	6	-	-	1	-	-	-
Haga graniet	-	-	1	-	-	-	-	-
Prick graniet	-	1	-	-	-	-	-	-
Pyterliet	1	-	-	1	-	-	-	-
Finso rapakiwi graniet	-	-	-	-	1	-	-	-
RödB graniet	-	-	1	-	-	-	-	-
RödB kwartsporfier	-	1	-	-	-	-	-	-
RödB syenitporfier	1	-	-	-	-	-	-	-
Angermannland rapakiwi	-	-	-	-	1	-	-	-
Angermannland Luouglimmergraniet	1	-	-	-	-	-	-	-
Ragunda graniet	-	-	-	2	-	-	-	-
Ragunda pseudosferolietporfier	-	-	-	1	-	-	-	-
Rode Oostzeekwartsporfier	1	4	-	-	1	1	2	-
Totaal GROEP I	18 =	36 =	7 =	21 =	24 =	13 =	18 =	19 =
	16,4%	31,3%	23,3%	23,3%	22,2%	9,4%	14,8%	24,7%
GROEP II								
Uppsala graniet	-	3	-	1	-	-	2	-
Sala graniet	-	1	-	-	-	-	-	-
Arnö graniet	-	1	-	-	-	-	-	-
Stockholm graniet	1	6	1	3	5	1	7	4
Stockholm vlakkenkwartsiet	-	-	-	-	-	1	-	-
Siljan graniet	4	-	-	1	-	-	-	-
Micro graniet-Dalarna	1	-	-	-	-	-	-	-
Bredvadporfier	5	10	4	17	18	11	12	4
Åsenporfier	1	4	-	-	-	-	2	-
Hädnporfier	-	1	-	-	1	1	4	1
Källbergporfier	-	2	1	1	1	1	5	-
Rode Sörnaporfier	-	1	-	-	2	-	-	-
Blybergporfier	-	1	1	-	1	-	1	2
Overige Elfdalenporfier	-	1	-	-	-	-	-	1
Venjan porfieriet	2	2	-	-	-	-	-	-
Grünkittporfieriet	-	1	-	7	6	3	-	-
Oigerberg tuf(-fiest)	-	1	-	2	1	2	2	1
Idkerberg astuf	-	-	-	1	-	-	-	-
Overige Dalarnaporfier	3	1	-	2	8	5	6	4
Bruine Oostzeekwartsporfier	2	1	2	4	2	2	-	-
Totaal GROEP II	15 =	36 =	9 =	39 =	45 =	28 =	41 =	18 =
	13,6%	31,3%	30%	43,4%	41,7%	20,1%	33,6%	23,4%
GROEP III								
ÅlS graniet	1	-	-	-	-	2	-	-
Flivik graniet	1	-	-	-	-	-	-	-
Tuna graniet	1	-	-	-	-	-	-	-
Virbo graniet	3	-	-	-	-	-	-	-
Vislanda graniet	1	-	-	-	-	-	1	-
Gröjze VäxiS graniet	-	1	-	-	-	-	-	-
Overige Småland graniet	28	21	8	20	31	58	39	27
Rode Graversfors graniet	1	-	-	-	-	-	-	1
Donkere Graversfors graniet	5	-	-	-	-	-	-	-
Böhuslän graniet	-	-	1	-	-	-	-	-
GudS graniet	1	-	-	-	-	-	-	-
Overige Ulukings graniet	4	-	1	1	-	-	-	2
Hammer graniet	-	-	-	-	-	-	-	1
Almindingen graniet	13	2	-	-	-	-	4	-
Röns graniet	1	-	-	-	-	-	-	-
Bornholm streepgraniet	8	1	-	-	2	2	3	-
Overige Bornholmgraniet	1	8	4	2	-	-	-	-
Påskallevikporfier	2	-	-	-	-	-	-	-
Lännebergaporfier	1	-	-	1	-	-	-	1
Småland outaxiet	-	1	-	-	-	-	-	-
Overige Smålandporfier	4	8	-	4	6	28	14	7
Bezalt	2	1	-	-	-	7	-	1
Totaal GROEP III	77 =	43 =	14 =	28 =	39 =	97 =	61 =	40 =
	70%	37,4%	46,7%	31,1%	36,1%	69,8%	50%	52%
GROEP IV								
Rhombenporfier	-	-	-	-	-	1	1	-
Nordmarkietporfier	-	-	-	-	-	-	1	-
Foyliet	-	-	-	1	-	-	-	-
Nefeliansyeniet	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal GROEP IV	-	-	-	2 =	-	1 =	2 =	-
				2,2%		0,7%	1,6%	
Totaal aantal gidsgesteenten	110	115	30	90	108	139	122	77

Plaatsnaam, nummer locatie en Hesemann-Formule	Gidsgesteenten		Noordlaan		Valthe/ueerdinge		Schoonoord		Marum		Z.W. van Valthe		Klûndijk		Odoorn	
	179	8110	180	9010	181	9110	182	5320	184	8110	185	8210	187	9100		
GROEP I																
Åland rapakiwi	19		11		9		-		14		10		14			
Åland (spriet-)graniet	33		127		69		22		66		31		87			
Åland granofier	15		4		5		1		6		10		11			
Åland granietporfier	11		6		2		2		9		6		8			
Åland kwartporfier	8		2		4		3		3		1		1			
Rapakivi van Finland of Åland	-		-		1		-		-		-		-			
Witte rapakiwi	-		1		-		-		-		-		-			
Donkere rapakiwi	2		-		1		-		-		-		-			
Haga graniet	1		-		-		-		-		-		-			
Prick graniet	4		4		2		-		1		4		5			
Pyterlist	4		-		2		-		5		5		6			
Grjze Nystad graniet	-		-		-		-		-		1		1			
Finse rapakiwi granietporfier	8		4		7		-		7		1		6			
Botnischegolf spriet-gneis-graniet	10		14		4		-		-		5		6			
Botnischegolf granofier	2		-		-		-		-		-		1			
Botnischegolf kwartporfier (Ava)	-		-		-		-		1		1		-			
Botnischegolf kwartporfier (Ingby)	-		-		-		-		-		-		-			
Overige Botnischegolfporfier	-		-		1		-		-		-		-			
Ångermannland tweeglimmergraniet	1		-		-		-		-		-		1			
Ragunda graniet	1		-		-		-		-		-		-			
RödB granietporfier	-		-		1		-		-		-		-			
Grjze Røvsund graniet	1		-		-		-		-		1		-			
Rode Oostzee kwartporfier	5		6		7		14		3		4		12			
Totaal GROEP I	125 =		179 =		121 =		42 =		115 =		80 =		160 =			
	81,7%		92,3%		85,2%		46,1%		77,7%		77,7%		89,4%			
GROEP II																
Uppsala graniet	1		-		-		-		-		-		-			
Stockholm graniet	2		1		2		1		2		2		3			
Bredvadporfier	2		-		5		7		9		5		2			
Hedenporfier	1		-		-		-		-		-		-			
Sjēnporfier	-		-		1		-		-		-		-			
Kallbergporfier	-		-		-		4		-		-		-			
Gerbergporfier	-		1		-		-		-		1		-			
Elfdalenporfier	-		-		-		1		1		-		-			
Grōnkittporfieriet	6		-		-		3		2		3		3			
Venjanporfieriet	-		-		-		2		-		-		-			
Digerberg tuf(-Piet)	1		-		-		2		-		1		1			
Overige Dalarnaporfier	2		-		1		6		3		2		2			
Bruine Oostzee kwartporfier	1		-		-		3		-		1		-			
Totaal GROEP II	18 =		2 =		9 =		27 =		17 =		16 =		11 =			
	11,8%		1%		6,3%		29,7%		10,8%		15,5%		6,1%			
GROEP III																
Diverse Småland granieten	3		10		9		12		14		2		5			
Diverse Smålandporfieren	3		1		2		10		2		2		-			
Blakings graniet	-		-		-		-		-		-		1			
Börnholm streepgraniet	4		1		-		-		-		3		2			
Basalt	-		1		-		-		-		-		-			
Totaal GROEP III	10 =		13 =		12 =		22 =		16 =		7 =		8 =			
	6,5%		6,7%		8,5%		24,2%		11,5%		6,8%		4,5%			
GROEP IV																
Geen vondsten	-		-		-		-		-		-		-			
Totaal aantal gidsgesteenten	153		194		142		91		148		103		179			

Tabel 4

Heeft het onderzoek van de zwerfsteengezelschappen nu iets kunnen bijdragen tot het oplossen van de in de aanhef van dit artikel gestelde vraagstukken?

We zagen dat in Noord-Nederland, voorzover bestudeerd nabij de oppervlakte, vooral twee keilemtypen voorkomen met elk een karakteristieke zwerfsteeninhoud. Of één van die keilemen geheel of in hoofdzaak werd afgezet tijdens één van de vijf vergletscheringsfasen van het Saalien is (nog?) niet uit te maken.

Daarentegen werden in het Gooi, rond Utrecht en bij Nunspeet eerder zwerfsteengezelschappen vastgesteld (Schuddebeurs in druk) die allen sterk met elkaar overeenkomen, maar geheel afwijken van alle Noord-Nederlandse. Het is dus wel mogelijk de beide eerste vergletscheringsfasen aan de hand van zwerfsteentellingen

elling o.	Plaats	Verhouding K : Z : V	Sediment	H.F.	Van totaal kristallijn	
					percentage gidsgesteente	percentage helleflint
179	Noordsleen	60 : 17 : 22	keileem	8110	21,5%	1,1%
180	Valthe/ Weerdinge	82 : 14 : 4	keizand	9010	17,2%	0,9%
181	Schoonoord	55 : 27 : 18	50% keileem 50% keizand	9110	22,4%	0,5%
184	Valthe	82 : 14 : 4	keizand	9010	20,5%	0,6%
185	Klijndijk	27 : 21 : 8	keizand en weinig keileem	8110	16,6%	2,4%
187	Odoorn	80 : 14 : 6	keileem	9100	19,9%	0,6%
182	Marum	32 : 19 : 49	keizand	5320	11,1%	10,6%
186	Nijelamer	32 : 21 : 46	keileem en keizand	1270	15,5%	4,6%
188	Frieschepalen	37 : 24 : 39	keileem en keizand	1350	10,8%	4,3%

Tabel 5

te onderscheiden van de drie overige, maar niet meer dan dat. Van de zwerfsteenverhoudingen in Oost-Gelderland en Overijssel is veel te weinig bekend om een enigszins gefundeerde uitspraak te kunnen doen.

Literatuur

- LIGTERINK, G.H. 1942: Periglaciale verschijnselen in Westerwolde. Een windkanterlaag in de Selvingbeetse. T. Nederl. aardrijksk. Gen., 5 G, blz. 24-35, Leiden.
- LÜTTIG, G. 1964: Die Aufgaben des Geschiebeforschers und des Geschiebesammlers. Z. des Heimatbundes und Gesch. Ver. Herzogtum Lauenburg. Heft 45, blz. 6-26, Ratzeburg.
- MARCZINSKI, R. 1968: Zur Geschiebekunde und Stratigraphie des Saaleglazials (Pleistozän) im nördlichen Niedersachsen zwischen Unterweser und Unterelbe. Rotenburger Schriften, Hft. 11, blz. 1-132, Rotenburg-Hannover.
- SCHUDDEBEURS, A.P. 1980/1981 (druk in uitvoering): Geschiebeverhältnisse im Pleistozän der Niederlande. Z. Der Geschiebesammler, Hamburg.
- ZANDSTRA, J.G. 1974: Over de uitkomsten van nieuwe zwerfsteentellingen en een keileemtypenindeling in Nederland. Grondboor en Hamer no. 5, blz. 95-108, Oldenzaal.
- 1976: Sedimentpetrographische Untersuchungen des Geschiebelehms von Emmerschans (Drenthe, Niederlande) mit Bemerkungen über eine Typeneinteilung der Saale-Grundmoräne. Eiszeitalter und Gegenwart, no. 27, blz. 30-52. Ohringen/Württ.