

ZWERFSTENEN EN ZWERFSTEENTELLINGEN

door

DR. P. KRUIZINGA

In mijn artikel in het Gedenkboek Tesch is door mij aangetoond, op grond van de resultaten van de in ons land en in Duitsland verrichte zwerfsteentellingen en andere gegevens in de literatuur, dat de verschillen tussen de zwerfsteengezelschappen van de diverse plaatsen in ons land niet het gevolg zijn van twee ijsbedekkingen, maar door het voorkomen van keileemschollen van het Mindel-glaciaal in het keileem van het Riss-glaciaal moeten worden verklaard. Een gedeelte van het manuscript, waarin enige bezwaren werden geopperd tegen de methode van quantitatief zwerfsteenonderzoek, zoals die door HESEMANN is gepropageerd werd toen nog eerst achtergehouden. Daarna verscheen het boek van VAN DER KLEY en DE VRIES over zwerfstenen en tevens zijn nu in verschillende publicaties de resultaten bekend geworden van het onderzoek van Urkerland door DE WAARD. Deze constateerde het voorkomen van keileemschollen in de diluviale bodem van ons land, waarvan de aanwezigheid door mij alleen nog maar op grond van gegevens, welke de literatuur biedt, zeer waarschijnlijk kon worden gemaakt. Bij het onderzoek van Urkerland heeft hij veel zwerfsteenmateriaal onderzocht, zowel uit Riss-keileem als uit de keileemschollen. Van de gelegenheid maakte hij gebruik om alles te onderzoeken volgens verschillende quantitative methoden, welke in het buitenland zijn toegepast.

- 1e. Volgens de methode van MADSEN, aangepast aan de omstandigheden van de vindplaatsen.
- 2e. Volgens de methode van V. MILTHERS, waarbij een klein aantal zeer typische porfieren wordt geteld, afkomstig van vrij kleine, goed bekende gebieden.
- 3e. Volgens de methode van HESEMANN, waarbij alle mogelijke kristallijne gesteenten werden gebruikt, waarvan het herkomstgebied maar met zekerheid kon worden aangegeven.

Er zijn nog andere methoden gebezigd. De bepaling van het vuursteen-gehalte volgens MÜNNICH leverde eveneens waardevolle gegevens op. Met behulp van al deze methoden werden door DE WAARD in Urkerland verschillen geconstateerd tussen de zwerfsteengezelschappen van schollenkeileem en keileem van de Riss-tijd; uit de scheikundige

en andere onderzoekingen van hem bleek reeds verschil te bestaan tussen de beide keilemen.

Allerlei methoden kunnen derhalve worden benut om een morene-afzetting te onderzoeken en al naar gelang van de omstandigheden kan daarvan die gekozen worden, welke voor het beoogde doel het meest geschikt lijkt.

Terecht wordt door DE WAARD opgemerkt, dat de methode van MILTHERS — hoe goed deze overigens ook moge zijn — voor ons land het nadeel heeft, dat de hiervoor gebezigde gesteenten bij ons in vrij gering aantal voorkomen, zodat steeds een grote hoeveelheid stenen voorhanden moet zijn wil het resultaat zuiver genoemd worden.

Voor het gebruik van de methode van HESEMANN moet als eis worden gesteld een zeer grote kennis van de diverse gesteenten, welke voor kunnen komen, om ze met zekerheid macroscopisch te kunnen bepalen; want er wordt gewerkt met alle gesteenten wier herkomst kan worden vastgesteld en dat aantal is zeer groot (meer dan 150).

Hetzelfde geldt natuurlijk ook voor de vijf-groepen-methode, welke door DE WAARD is gebruikt, omdat hierbij eveneens met alle gids-gesteenten wordt gewerkt. Ze zijn echter anders gegroepeerd en deze groepering is naar het mij voorkomt veel beter. Het feit dat een zeer grote kennis van al de diverse kristallijne gesteenten nodig is om werkelijk betrouwbare resultaten te verkrijgen is oorzaak, dat verschillende geologen nog al eens sceptisch blijken te staan tegenover de resultaten van zwerfsteentellingen. Van alle stenen praeparaten te maken voor microscopisch onderzoek is immers ondoenlijk.

Verschillende zwerfsteentellers komen hieraan tegemoet door in dubieuze gevallen de hulp van petrologen in te roepen. Voor de oorlog was HESEMANN op die manier nog al eens behulpzaam.

Ondanks daaromtrent gemaakte aanmerkingen heeft HESEMANN eerst hardnekkig de oostzeeporfieren samengevoegd met de gesteenten van Midden-Zweden en niet met die van de Ålands-Eilanden in de buurt waarvan het moedergesteente voorkomt. Hij beweerde in 1935 (blz. 3) dat het onjuist zou zijn de bruine oostzeeporfieren uit de groep van Midden-Zweden te halen en te voegen bij een andere groep, omdat dat gesteente als vaste rots zou voorkomen in de puinwaaier van de gesteenten uit laatstgenoemd gebied. Bezien wij echter de puinwaaiers van verschillende gesteenten op een kaartje van SEDERHOLM (zie MENDE II, blz. 13, pl. I) en op dat van MILTHERS (kaart I) met het waarschijnlijke voorkomen als vaste rots van de beide oostzeekwartsporfieren en hun verspreiding als zwerfstenen dan blijkt, dat zij liggen in de puinwaaier van de gesteenten der Ålands-Eilanden en niet in die van Dalarne. Wanneer de bruine oostzeeporfier als vaste rots zelfs nog iets meer naar de

kant van de Zweedse kust zou voorkomen, dan zou die plaats nog pas bij de noordoostgrens van de puinwaaier der gesteenten van Midden-Zweden liggen en nog in de westelijke randzone van die der gesteenten van de Ålands-Eilanden en derhalve moeten de zwerfstenen van de bruine oostzeeporfier hier gekomen zijn met ijs, dat zich over en langs die eilanden heeft bewogen. Tenslotte heeft HESEMANN de rode oostzeeporfier bij de gesteentegroep van de Ålands-Eilanden gevoegd, maar de bruine bleef toch nog bij die van Midden-Zweden. Zeer beslist behoren zij daar niet bij.

Op advies van ESKOLA zijn dan nog Noordzweedse gesteenten, waarvan trouwens gewoonlijk het aantal, dat herkend kan worden, vrij gering is, uit de tweede groep (Midden-Zweden) overgebracht in de eerste (de gesteenten van de Ålands-Eilanden en Finland). Tot de tweede groep werden eerst ook de gesteenten van Småland gerekend en zodoende waren daarin eerst vrijwel alle Zweedse gesteenten, behalve die van Zuidwest-Zweden en de bazalten van Schonen.

Daarna zijn dan de gesteenten van Småland met die van Bornholm, Schonen en Bohuslän als derde groep bijeen gevoegd. De gesteenten van Oslo bleven afzonderlijk de vierde groep uitmaken. Het schijnt derhalve, alsof HESEMANN ook met zijn indeling toch niet geheel tevreden is geweest.

Typisch is nu dat de gebieden, welke zodoende tenslotte werden samengevoegd zo zijn gelegen, dat de eerste drie, de belangrijkste, min of meer NW—ZO lopende gedeelten van Zweden, de Botnische Golf en de Oostzee uitmaken (zie DE WAARD, blz. 154). Wanneer deze op een kaartje worden getekend en eveneens de puinwaaiers van de gesteenten van Dalarne en van de Ålands-Eilanden dan blijkt, dat de puinwaaier van de eerste het gebied van de derde groep kruist en die van de laatste zowel dat van de tweede als dat van de derde groep. Deze groepering leert ons dus niets omtrent de vraag over welke streken van Zweden en het ten Oosten daarvan gelegen gebied, Finland inbegrepen, het gedeelte van het landijs is gegaan, dat ons land bereikte. Van de diverse problemen, welke het glaciaal Pleistoceen ons aanbiedt is dit zeker een mee van de belangrijke en interessante. Het enige resultaat, dat HESEMANN dan ook kon verkrijgen, is geweest het vaststellen van ouderdomsverschillen van de keilemen, welke bleken uit zijn indexgetallen.

Een zeer grote verbetering is daarom mijns inziens de vijf-groepenmethode van DE WAARD te noemen. Hem was gebleken, dat ongeveer 90 % van alle herkenbare kristallijne gesteenten in vijf groepen bijeen gebracht kunnen worden. Bovendien worden vele gesteenten van dubieuze waarde zoals helleflinten, gabbro's, diorieten en sedimentaire gesteenten niet meegeteld. De diabazen moeten ook nog weggelaten worden, zoals hij zelf erkent, omdat deze vaak van twee of meer en soms ver

uiteengelegen gebieden afkomstig kunnen zijn. De vijf groepen zijn de volgende:

1e. de gesteenten van de Ålands-Eilanden en Finland, 2e. die van Dalarn, 3e. die van Upland, 4e. die van Småland, 5e. die van Bornholm. De gesteenten uit het Oslo-gebied worden niet aangegeven, omdat zij daarvoor te zeldzaam zijn.

Deze groepen zijn alle afkomstig uit vrij kleine en goed omgrensde gebieden, wat een groot voordeel is als wij zien welke enorm grote gebieden de eerste drie groepen van HESEMANN omvatten. In dit opzicht volgt DE WAARD het voorbeeld van MILTHERS, die echter met een veel kleiner aantal karakteristieke gesteenten werkte. Terecht merkt DE WAARD ook op, dat door de enorme grootte van de door HESEMANN gekozen gebieden nog veel karakteristieke gegevens onopgemerkt blijven. Aan de indexgetallen van de laatstgenoemde is b.v. niet te zien, welke streken meer speciaal belangrijke hoeveelheden zwerfstenen geleverd hebben. Daarvoor is het steeds nodig de oorspronkelijke tabellen na te zien; want in die gegevens hebben wij nu juist een uiterst waardevolle aanwijzing omtrent de baan, welke door een deel van het landijs is gevolgd om tenslotte ons land te bereiken.

HESEMANN beweert in 1930 (blz. 188) zelf dat het doel van zwerfsteenonderzoekingen niet alleen is een inventarisatie te leveren van het zwerfsteenmateriaal en een bijdrage tot de stratigrafie van het Pleistoceen, maar ook te pogen de transportrichting van de stenen na te gaan en bij te dragen tot de kennis van het landijs en de beweging daarvan. De indexgetallen van HESEMANN zijn hiervoor niet bruikbaar, de grafische voorstellingen van DE WAARD daarentegen geven veel meer. In 1935 (blz. 7) blijkt dat het ideale doel van HESEMANN is geworden het vermeerderen van het aantal gidsgesteenten. Als dat zo was behoeften wij de quantitative methode helemaal niet te gebruiken en zouden wij met het kwalitatief onderzoek volkomen kunnen volstaan. Zijn latere opvatting is derhalve totaal onjuist.

Voor het bepalen van de baan, welke door het landijs naar ons land werd gevolgd, is het van groot belang te weten uit welke gedeelten van Finland zwerfstenen tot ons zijn gekomen en in welke hoeveelheden, als hier inderdaad zwerfstenen uit dat land aanwezig zijn. Het is daarom absoluut noodzakelijk, dat de erratica van Åland en Finland afzonderlijk worden geteld. Uit de indexgetallen van HESEMANN kunen wij hieromtrent niets opmaken, maar ook DE WAARD heeft beide groepen nog samengevoegd en op dit punt laat zijn methode ons eveneens in de steek.

Naar mijn mening zou de beste methode voor ons land zijn een indexgetal te geven van 4 cijfers, respectievelijk aangevend de hoeveelheden gesteenten van Dalarn, Upland, de Ålands-Eilanden (inclusief de Oost-

zeeporfieren) en van Finland. Uit de percentages van de diverse gesteenten kan dan blijken, waar ter hoogte van Stockholm de voor ons land belangrijkste baan van het landijs langs ging. Het is echter te begrijpen, dat in andere landen eventueel een andere combinatie van gebieden gewenst zal zijn, zoals b.v. in de Oostzeeprovincies of in Denemarken.

Dat het onmogelijk is dat in West-Duitsland en hier te lande zwerfstenen zouden kunnen worden gevonden, welke uit Finland afkomstig zijn, zou ik niet gaarne beweren. Voor bepaalde zwerfstenen moet de herkomst uit dat gebied wel als zeker worden beschouwd en in het bijzonder uit het zuidwestelijk gedeelte van dat land. Voor de vroegere oostelijke provincies van Duitsland geldt dit begrijpelijker wijze nog in meerdere mate.

Oostelijke gedeelten van Zuid-Finland en zelfs het oostelijkste deel — nu Russisch — worden echter dikwijls ook als herkomstgebied van sommige zwerfsteensoorten mogelijk geacht. Wij ontmoeten namen als hochlandporfier, waarbij zeker gedacht wordt aan het eiland Hochland, in de oostelijke helft van de Finse Golf gelegen (zie HESEMANN 1939 blz. 77). Verder vernemen wij van het vrij geregeld voorkomen van stukken wiborggraniet, waardoor menigeen allicht zal denken, dat deze afkomstig zijn van het granietmassief van Wiborg. HESEMANN (1935 blz. 19) zegt echter dat de benamingen als wiborgiet, pyterliet, mariehamngraniet e.a. in de allereerste plaats gesteentetypen aanduiden en niet beogen een herkomst te suggereren van de gesteenten, welke bij Wiborg, Pyterlahti enz. als vaste rots voorkomen. Juist voor al die gesteenten en voor die uit de kuststreken van de Botnische en de Finse Golf zoals b.v. de rapakivi's van Rödö en van Angermannland, de hangögraniet enz. moet ook gerekend worden op een mogelijk voorkomen in nu door de zee ingenomen gebieden. Het is derhalve beslist noodzakelijk, dat wij met de herkomstbepalingen van dergelijke gesteenten zeer voorzichtig zijn.

De percentages van de gesteenten van Z. Zweden, waarin tot uitdrukking komen o.a. de gesteenten van Småland, kunnen met die van Bornholm eventueel in een tweede indexgetal worden uitgedrukt om ook daaruit conclusies te trekken.

In het even te voren aangehaalde artikel worden b.v. 16 zwerfstenen van hochlandporfier vermeld, merendeels gevonden in de vroegere oostelijke provincie van Duitsland. De meest westelijke van de vindplaatsen is ten Zuiden van Berlijn gelegen. Zie ook het artikel van MÜLLER, waarin verschillende zwerfstenen van hochlandporfier worden besproken. Het meest westelijk gevonden stuk, dat daar is vermeld, is van Rütenbrock bij Ter Apel. Het voorkomen van deze zwerfstenen is volgens HESEMANN van betekenis, omdat deze het transport aantonen uit het midden van de Finse Golf. Naar zijn mening moet dan bovendien trans-

port van wiborgrapakivi, dat als type dikwijls gevonden is, naar Duitsland mogelijk geacht worden, omdat het eiland Hochland bijna voor het massief van Wiborg is gelegen. Daarentegen zegt MENDE (II, noot 3 blz. 14), dat vele zogenaamde Finse gesteenten, welke in de zwerfsteencollectie van Ochatz in Saksen aanwezig zijn, niet uit Finland afkomstig bleken, evenmin als een in het vroegere Oostpruisen veel voorkomende uralietgabbro. Kenners van Finse gesteenten, zoals SEDERHOLM, RAMSAY en ESKOLA (zie MENDE I, blz. 128), beweren dat bovendien bepaalde stukken rapakivi, welke in Oostpruisen zijn gevonden niet met Finse rapakivi's overeenkomen, maar ook niet met die van de Ålands-Eilanden en Zweden. LUNDBOHRM (MENDE I, blz. 127) verklaart verder dat in Westnorrland en in N-Zweden rapakivi's voorkomen, welke door hun structuur op Finse gelijken. Ook uitlatingen van anderen over dit onderwerp manen tot voorzichtigheid. Het geval wordt derhalve heel lastig.

Bekijken wij b.v. het kaartje van SEDERHOLM (l.c. blz. 13) met de zwerfsteenwaaiers van verschillende typische gesteentesoorten, dan lijkt het wel heel onwaarschijnlijk dat hier en in een zeer groot deel van Noord-Duitsland ooit zwerfstenen zouden kunnen worden gevonden, welke inderdaad uit de oostelijke helft van de Finse Golf en het aangrenzende kustgebied afkomstig zijn. Voor dergelijke gesteenten zullen wij eerder kunnen aannemen, dat zij er wel als type mee overeenkomen, maar dat hun herkomstgebied vermoedelijk elders en meer westwaarts gezocht moet worden, b.v. op of bij de Ålands-Eilanden, in Noord-Zweden, in de Botnische Golf of in Zuidwest-Finland. Dit is in overeenstemming met de richting van de gletscherkrassen, welke in Finland en Estland op de vaste rots zijn opgemerkt. De beweging van het landijs was daar min of meer zuid- tot zuidoostwaarts gericht. Wij mogen evenwel niet uit het oog verliezen dat die krassen alle of voor het grootste deel te danken zijn aan het ijs van de Würm-tijd en of deze richtingen in het algemeen overeenkomen met die van oudere glaciaties moet strikt genomen nog worden bewezen. Wel is de kans groot, dat de algemene bewegingsrichting daar ook in de Riss-tijd b.v. tamelijk wel in dezelfde zin is geweest.

Bovengenoemd kaartje laat zien, dat stukken uralietporfieriet, welke afkomstig zijn van Tavastehus (Tammela), in Zuidwest-Finland op ongeveer 100 km noordelijk van Helsinki, tot 1911 niet verder westelijk zijn waargenomen dan ongeveer tot aan de omgeving van Tilsit en de stukken hochlandporfier en wiborgrapakivi blijven nog veel verder oostelijk.

Vanzelfsprekend wordt het aantal zwerfstenen van een bepaald gesteente zeldzamer naarmate men de rand van de puinwaaier daarvan nadert. Zulk een grens is derhalve een globale en kan misschien door latere vondsten iets worden verplaatst. Tot dusverre ben ik echter steeds

van mening geweest, dat vele zwerfstenen, die overeenkomen met gesteenten uit de oostelijke helft van Zuid-Finland daarop wel zeer sterk gelijken maar toch afkomstig moeten worden geacht van westelijker gelegen plaatsen. Wel echter mogen wij hier met zekerheid zwerfstenen verwachten, die afkomstig zijn van gesteenten uit het kustgebied van Zuid-West-Finland dat tegenover de Ålands-Eilanden is gelegen. Dit blijkt ook uit het kaartje van V. MILTHERS.

Nu moet met betrekking tot het voorgaande toch nog een zeker voorbehoud worden gemaakt. Ondanks alles is het misschien mogelijk dat toch enkele zwerfstenen uit oostelijke gedeelten van Zuid-Finland naar Duitsland of zelfs nog in ons land zijn gekomen, maar dan zijn dergelijke stukken waarschijnlijk vrij zeldzaam of zeer zeldzaam. De reden van deze veranderde opvatting is de volgende.

Het is wel zeker, dat een zeer groot gedeelte van het tegenwoordige Fennoskandia vóór de eerste landijsperiode reeds gedurende lange tijd land is geweest en dat daar toen in een zeer groot areaal vertering en erosie plaats vonden. In 1918 heb ik hierop reeds in mijn dissertatie gewezen. Die periode viel minstens samen met het gehele Tertiair en waarschijnlijk nog met een belangrijk deel van het Mesozoicum. In die tijd ontwikkelde zich in dat gebied natuurlijk een afwateringssysteem en de hoofdadere daarvan zullen zich hebben bevonden in de tegenwoordige Botnische Golf, in de Finse Golf en in de Oostzee. Door de tot dit afwateringssysteem behorende rivieren werd in die erosieperiode een grote hoeveelheid van het gevormde puin, fijn zowel als grof, verplaatst en vervoerd naar lagere gedeelten van het stroomgebied ¹⁾ en het is zeker wel mogelijk, zo niet waarschijnlijk, dat daardoor niet alleen diverse rolstenen van Zweedse gesteenten in het gebied van de tegenwoordige Botnische Golf en van de Oostzee zijn geraakt, maar ook van Finse. Gesteenten uit Zuid-Finland zullen toen naar het gebied van de Finse Golf zijn vervoerd en het is aannemelijk dat een zeker aantal vandaar tenslotte beland kan zijn in het nu door de Oostzee ingenomen gebied. Hoe groter echter de af te leggen weg is geweest, des te geringer zijn daarvoor de kansen geweest, maar het is daarom toch zeer wel mogelijk, dat op die manier stukken gesteentepuin niet alleen van uit Zuidwest-Finland maar zelfs ook vanuit Russisch gebied binnen het bereik zijn gekomen van de sector van het landijs, die over de Noord-Duitse laagvlakte tot in ons land is gekomen. Voor elk stuk dat daarvoor in aanmerking komt zal die herkomst evenwel deugdelijk moeten worden bewe-

1) Wij mogen aannemen, dat van uit dit stroomgebied het vervoer naar zee plaats vond van de zanden van de A-provincie en eveneens die van de X-provincie, welke volgens de resultaten van het zandonderzoek van EDELMAN en anderen in de oudpliocene lagen van ons land en zelfs in ons mariene Tertiair reeds voorkomen.

zen en vrij zeker zullen het ook steeds uiterst zeldzame stukken zijn. Op deze manier zouden derhalve ook enkele stukken werkelijke tavastehusporfieriet, wiborgrapakivi en hochlandporfier in het vroegere Oostpruisen kunnen zijn gekomen of nog westelijker.

De grote ophoping van puin in Fennoskandia viel als gemakkelijk offer ten prooi aan het eerste landijs. Voor een belangrijk deel werd dit opnieuw opgenomen en verder vervoerd door het Mindel-ijs. Dit geeft een verklaring voor het betrekkelijk hoge percentage van „Finse gesteenten” dat HESEMANN kon aantonen in de morenes van die tijd.

Zulk een hoog percentage van dergelijke gesteenten is hier b.v. geconstateerd in het schollenkeileem (het zogenaamde Oost-Baltische keileem) van Groningen, van verschillende plaatsen op de Hondsrug, het Oudemirdumer Klif en van Urkerland enz. en zoals wij nu weten is deze afkomstig van de Mindel-glaciatie. Ook hebben wij hierin een verklaring van het hoge percentage Silurische en andere kalkstenen in het schollenkeileem.

Tegen het einde van de Mindel-glaciatie was de grote voorraad puin uit het Baltische gebied en omgeving op de plaatsen waar het oorspronkelijk was gedeponeerd vrij zeker aanmerkelijk geslonken of mogelijk grotendeels of geheel verdwenen. Grote hoeveelheden daarvan waren terechtgekomen in de morenes van het Günz-ijs en van het Mindel-ijs. Het morenemateriaal van de Mindel-tijd zal dus bestaan uit een deel van het morenemateriaal uit de Günz-tijd met een deel van de Günz-Mindel-interglaciale lagen, voor het eerst opgenomen oud puin en nieuw verweringsmateriaal. Wij moeten verder aannemen, dat het door het Riss-ijs vervoerde materiaal nog voor een zeker, maar veel kleiner percentage bestaat uit oud puin, aangevuld met nieuw verweringsmateriaal ¹⁾, verder uit materiaal van de beide eerste interglaciale afzettingen, uit hetgeen van de morenes uit de Mindel-tijd kon worden opgenomen en misschien bevindt zich daaronder nog iets van de morenes van de Günz-tijd.

Gemakkelijk is het zo in te zien, dat de zwerfsteengezelschappen van de Mindel-tijd en van de Riss-tijd van elkaar moeten verschillen, vooral reeds door de verschillende hoeveelheden oud erosiepuin, zelfs al zouden de banen welke het landijs van beide glaciaties naar een bepaald gebied volgde niet of nauwelijks andere zijn geweest.

Delft, Febr. 1950.

1) De hoeveelheid nieuw erosiepuin kan gerust op veel geringer worden geschat dan het oude.

LITERATUUR.

- CALKER, F. J. P. VAN — Die kristallinischen Geschiebe der Moränen-Ablagerungen in der Stadt und Umgebung von Groningen. Mitt. Min. Geol. Institut d. Reichs Univ. zu Groningen Bd. II, 1912, pag. 173—390.
- EDELMAN, C. H. — Petrologische provincies in het Nederlandse Kwartair. Diss. Amsterdam 1933.
- EDELMAN, C. H. — Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e reeks. deel 55, 1938, pag. 397—431.
- HESEMANN, J. — Wie sammelt man und verwertet man kristalline Geschiebe. Sitzungsber. d. Geol. Landesanst., Heft 5, S. 188—196.
- — — — — Quantitative Geschiebebestimmungen zwischen Elbe und Rhein. Jahrb. d. preuss. Geol. Landesanst., 1930. Ba. 51, T2, 1931, S. 714—758.
- — — — — Ergebnisse und Aussichten einiger Methoden zur Feststellung der Verteilung kristalliner Leitgeschiebe. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst., 1934. Ba. 55, Heft 1, 1935, S. 1—27.
- — — — — Diluvial stratigraphische Geschiebeuntersuchungen zwischen Elbe und Rhein. Abh. Naturw. Verh. zu Bremen. Bd. 31, 1939, S. 247—285.
- KLEY, K. VAN DER en W. DE VRIES — Gidsgesteenten van het Noordelijk Diluvium. Uitg. Boom en Zn., Meppel 1946.
- KRUIZINGA, P. — Bijdrage tot de kennis der sedimentaire zwerfstenen in Nederland. Verh. Geol. Mijnb. Gen., Geol. Serie, deel 4, 1918, pag. 1—271.
- — — — — Het probleem van de noordelijke erratica en van het aantal pleistoocene landijsbedekkingen voor ons land. 1944. Verh. Geol. Mijnb. Gen., Geol. Serie, Deel 14, Blz. 289—303.
- LIJN, P. VAN DER — Nederlandse Zwerfstenen. Uitg. W. J. Thieme en Cie., Zutphen 1935.
- — — — — Het Keienboek. 3e dr. Uitg. W. J. Thieme en Cie., Zutphen 1948.
- MENDE, F. — Typengesteine kristalliner Diluvialgeschiebe aus Südfinnland und Åland. I und II. Zeitschr. f. Geschiebeforschung, Bd. I, 1925, S. 117—139 und Bd. II, 1926, S. 1—22.
- MILTHERS, V. — Scandinavian indicator-boulders in the Quaternary deposits. Danm. Geol. Unders. II R. no. 23, 1909.
- MÜLLER, H. — Über Geschiebe von Hochland-Quarzporfyr. Zeitschr. f. Geschiebeforschung, Bd. 8, 1932, S. 95—101.
- MÜNNICH, G. — Quantitative Geschiebeprofile aus Dänemark und Nordost-Deutschland mit besonderer Berücksichtigung Vorpommerns. Abh. geol. pal. Inst. Greifwald 1936, Heft 15, S. 51—52.
- WAARD, D. DE — Glacigeen Pleistoceen. Verh. Ned. Geol. Gen., Geol. Serie, dl. 15, blz. 70—246, 1949.
- — — — — De systematische verandering in de zwerfsteenassociatie in Nederland. Publicatie VII v.d. Ned. Geol. Ver., blz. 180—186, 1949.