Grondboor & Hamer

Tweemaandelijks tijdschrift van de Nederlandse Geologische Vereniging
Jaargang 51 (1997) nummer 6

Inhoud van dit nummer:

117 George Postma: De Leuvenumsche Beek-vallei.

125 Victor Strijbos: Fossielen van Cap Blanc Nez IV.

130 Cees Ehlers: Boekbespreking. Krijtontsluitingen in Noordwest-Duitsland.

131 Peter Venema: Onder je voeten.

135 Hans L. Bongaerts, Roland Meuris en John W.M. Jagt: Kristallen in fossiele zee-egels.

138 Freek Rhebergen: Twee nieuwe sponzensoorten als zwerfsteen in Nederland.

144 Fred Rabe: Geovaria.

De Leuvenumsche Beek-vallei

Een voormalig door landijs gevormd meer met zandige massatransport-afzettingen

George Postma

In nagedachtenis aan Tom Roep,
een stimulerend leraar en veldgeoloog

In de op één na laatste ijstijd was Midden-Nederland grotendeels bedekt door een paar grote landijstongen. Tussen twee van deze tongen, op de plaats van de huidige Leuvenumsche Beek-vallei, ontstond een door ijs afgedamd stuwmeer. De sedimenten die het meer opvulden zijn nog voor een deel bewaard gebleven en konden lange tijd worden bestudeerd in de diverse zandgroeves. Deze zijn nu grotendeels dicht of de wanden zijn ontoegankelijk gemaakt door het afdekken ervan met plastic in verband met de strenge milieu-eisen. Een poging om een geologisch monument op te richten in een van de groeves, zodat deze afzettingen ook door de jongere generaties kunnen worden bestudeerd, heeft het net niet gehaald. In dit artikel kunt u zelf oordelen of er nieuwe pogingen ondernomen moeten worden om toch zo'n monument te bewerkstelligen.

Inleiding

De voorlaatste ijstijd van het Saalien heeft in Midden-Nederland veel meer invloed gehad op de morfologie dan de laatste van het Weichselien. In het Saalien (ongeveer 195.000-128.000 jaar geleden), waren Midden- en Noord- Nederland grotendeels bedekt door dikke landijstongen die plaatselijk de ondergrond hebben gedeformeerd. Door het gewicht en de voorwaartse beweging van het ijs werd de ondergrond opzij geperst, zodat naast en voor de ijstongen stuwwallen ontstonden. De interne structuur van de stuwwallen is geschubd met kanteling van de originele laagstructuur in de richting van de ijstong. Op basis van de verschubbings-richtingen en de lokaties van diep uitgesleten dalen (tot meer dan 50 m beneden NAP) heeft men de voormalige positie van ijstongen gereconstrueerd (bijv. Maarleveld, 1953, 1962, 1981). Op figuur 1 is te zien hoe de Amersfoortse en de IJsselvallei

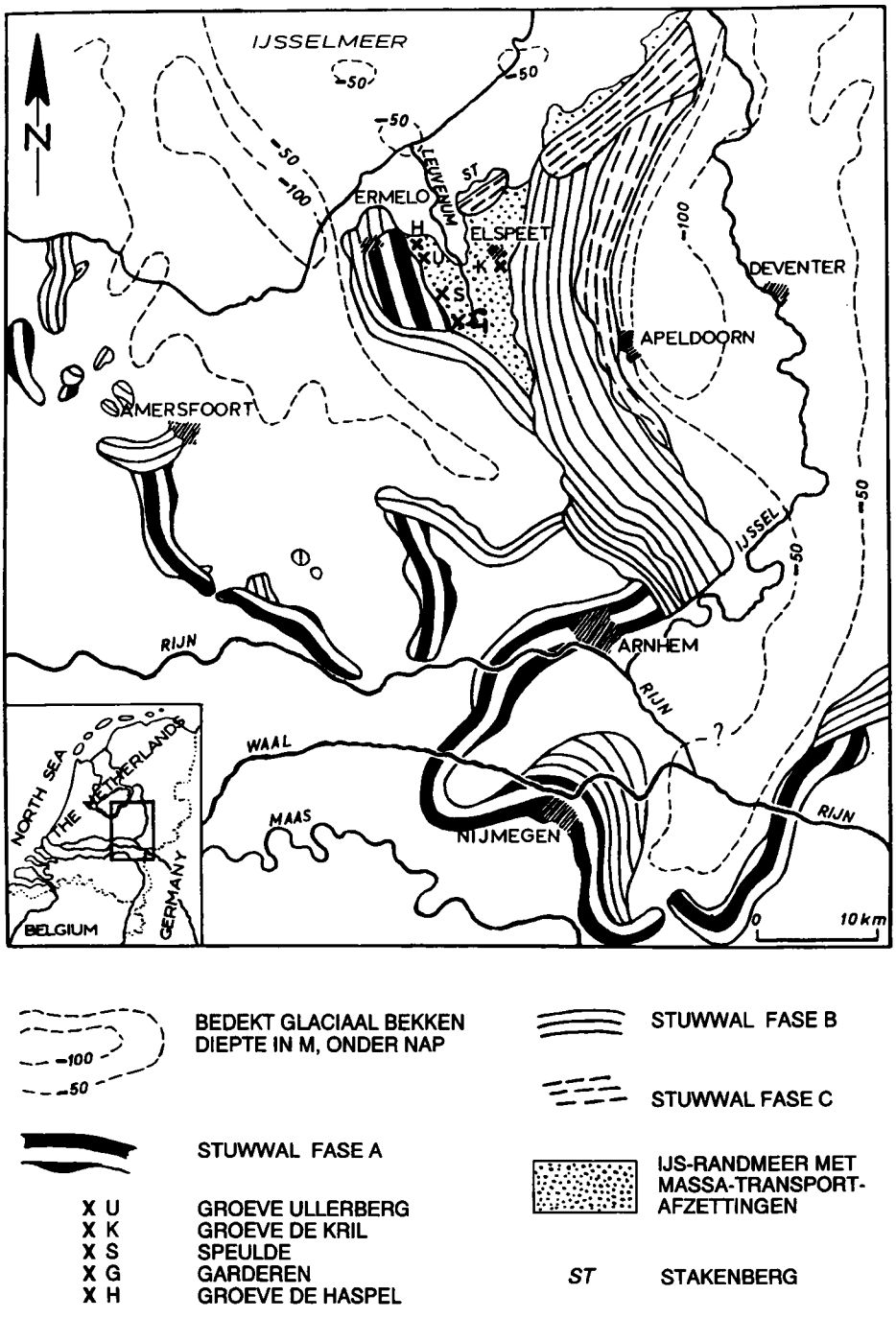


Fig. 1. Geologische schetskaart van Midden-Nederland, waarin de positie en de respectievelijke stuwingfasen, zoals gereconstrueerd door Jelgersma en Breeuwer (1975), Maarleveld (1953, 1981) en Pannekoek (1956) van de stuwwallen is aangegeven. De Leuvenumsche Beek-vallei met glacigene meerafzettingen is gestippeld aangegeven. De landijstongen hebben ten westen, ten oosten en ten noorden van deze vallei gelegen. De lokatie van groeve 't Solletje is aangegeven met G (= Garderen).

omringd zijn door stuwwallen die, volgens Maarleveld, in drie belangrijke fasen van ijsstuwing gevormd zijn. Een klein gebied tussen het complex van stuwwallen is van landijsbedekking gevrijwaard gebleven: de huidige Leuvenumsche Beek-vallei.

Achttien boringen van de Rijks Geologische Dienst (NITG) in de Leuvenumsche Beek-vallei laten aanwijzingen zien voor de aanwezigheid van een meer (fig. 2). In het centrum van de vallei komen namelijk gegradeerde zandlaagjes voor in afwisseling met vette, soms cm-dikke kleilaagjes. De afzettingen, die atypisch zijn voor fluviatiele en eolische milieus, lijken het meest op warven[1], ofschoon de jaarlagen voor warven vaak ongewoon dik zijn, zoals reeds opgemerkt door Crommelin en Maarleveld (1952). De betekenis van deze 'te dikke warven' werd pas duidelijk in de jaren zeventig, toen een aantal zandgroeves aan de buitenkant (dus in de Leuvenumsche Beek-vallei) van de stuwwallen werd geëxploiteerd, zoals de groeves 'De Kril' bij Elspeet en 'Ullerberg' ten oosten van Ermelo. De groeves zijn alle gelokaliseerd in de meerrand-afzettingen, een belangrijk element in discussies aangaande de oorsprong van 'te dikke warven'.

In de Haspel-groeve bij Ermelo (fig. 2) vond G.H.J. Ruegg (pers. comm.) dat meerrand-afzettingen waren ingeklemd in gestuwde sedimenten. Dit vormt een belangrijk bewijs voor het feit dat de meerafzettingen ten tijde van de landijstongen voorkwamen. Een sedimentologische studie van de meerrand- afzettingen is eind zeventiger jaren begonnen door de Rijks Geologische Dienst (G.H.J. Ruegg), en het Geologisch Instituut van de Universiteit van Amsterdam (Th.B. Roep en D.J. Beets). Nog jaren daarna zijn de groeves veelvuldig bezocht door studenten van diverse faculteiten, niet alleen om het glacio-lacustriene[2] fenomeen, maar ook omdat de afzettingen een type sedimenttransport vertegenwoordigen dat aanzienlijk afwijkt van transport door wind, ijs of stromend water. Afzettingen van het type zoals in de Leuvenumsche Beek-vallei wordt gevonden zijn gerelateerd aan landverschuivingen die onder water plaats vonden tengevolge van een instabiele helling (zie Postma, Roep en Ruegg, 1983), zodat we hier te maken hebben met door gravitatie gedreven sedimenttransport.

Helaas zijn de meeste groeves in deze meerrand-afzettingen verdwenen. Ze zijn volgestort met afval, terwijl de wanden van nog bestaande groeves met plastic zijn overdekt in verband met de strenge milieu-eisen. De laatste groeve die nog heel duidelijk de relatie liet zien tussen de stuwwal en de meer-afzettingen is in 1992 dichtgegaan. Om deze reden nam Gerard Gonggrijp in 1991 het initiatief om, in samenwerking met de stichting 'Het Gelders Landschap' een geologisch monument te maken van de meerrand. De sleuf die hiervoor in de westwand van groeve 't Solletje in september 1991 werd gegraven wordt hier voor het eerst beschreven en is, voorzover mij bekend, tevens de eerste gepubliceerde beschrijving van het contact tussen meerrand en stuwwal. Voorafgaand aan deze beschrijving zal ik eerst een korte uiteenzetting geven van de resultaten uit ons eerdere onderzoek (Postma, Roep en Ruegg, 1983) naar de meerrand-afzettingen in de groeves 'De Kril' en 'Ullerberg'.

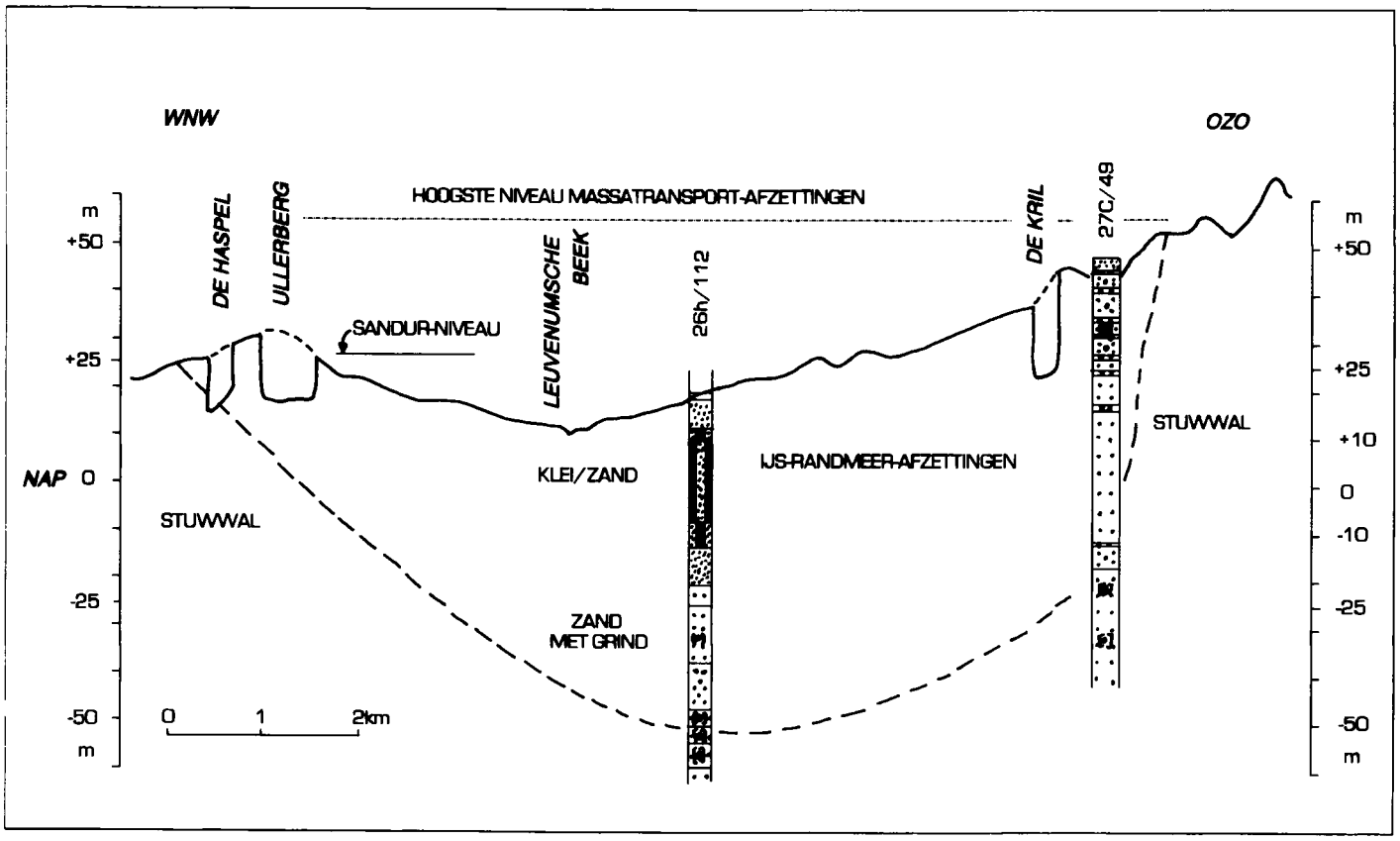


Fig. 2. WNW - OZO lopend dwarsprofiel van de Leuvenumsche Beek-vallei. De kaartlokaties van de Haspel, Ullerberg, De Kril groeves zijn aangegeven in fig. 1. Duidelijk is te zien dat de afzettingen in het centrum van de vallei veel kleiiger zijn dan aan de rand. De dwarsdoorsnede is gebaseerd op gegevens van 18 boringen van de Rijks Geologische Dienst (NITG) te Haarlem, waarvan er twee zijn getoond.

Meerrand-afzettingen

De aard van de afzettingen was tot voor kort nog alleen te bestuderen in een kleine wand in de zuidwesthoek van de Ullerberg-groeve. Opvallend aan de zanden (soms zijn het grindige zanden) is hun goede sortering en zeer geringe vermenging met silt en klei. De zanden zijn vaak zwak gelaagd en gekarakteriseerd door grootschalige insnijdingen. Soms zijn ze bijna structuurloos en komen dan voor als opvulling van U- tot V-vormige insnijdingen (kanaalvorm), zoals goed te zien is op fig. 3. In de top van de groevewanden zijn de afzettingen vaak iets grindiger en bevatten deze soms grote zandblokken (fig. 3A) die op hun beurt weer interne structuren bevatten zoals parallelle laminatie en scheve gelaagdheid (stroomribbels, fig. 4A).

De structuren zoals te zien zijn in het zandblok van figuur 4A zijn het gevolg van zandtransport door stromend water (zoals bij rivieren). In niet te snel stromend water is er sprake van korreltransport over de bodem, wat resulteert in scheve gelaagdheid. Stroomt het water nu sneller (rond 1 m/sec, een en ander afhankelijk van de diepte van de stroom), dan zien we dat ribbels niet langer stabiel zijn en dat het stroombed afvlakt. De zandkorrels worden nu niet langer alleen rollend over de bodem vervoerd, maar voor een deel in suspensie. Onder deze omstandigheden worden vaak mm-dikke parallelle laminaties gevormd. Omdat de stroomsnelheid in rivieren vaak fluctueert, zullen we een afwisseling krijgen zoals te zien is op fig. 4A. Neemt de concentratie van de suspensie nu toe, dan kunnen er zelfs cm-dikke, structuurloze zandlaagjes worden afgezet, zoals te zien op fig. 3B. Het voorkomen van enkele meters dikke structuurloze zandlagen wordt in dit verband gerelateerd aan snelle dumping van zand uit een oververzadigde zandsuspensie van mogelijk vele meters hoogte. Deze hoog geconcentreerde zandsuspensies kunnen het gevolg zijn van uitzonderlijke erosie tijdens extreem hoge stroomsnelheden, of van landafschuivingen als gevolg van helling-instabiliteit.

Omdat deze structuurloze tot vaak diffuus gebande (zwak gelaagde) afzettingen in dit geval vaak terug zijn te vinden in U- tot V-vormige kanaalinsnijdingen (fig. 3B), hebben Postma, Roep en Ruegg (1983) aangenomen dat deze afzettingen het gevolg zijn van catastrofale gebeurtenissen die mogelijk verband houden met instabiliteit van de stuwwal aan de meerzijde. Immers, veranderingen in de helling van de stuwwal kunnen belangrijke landafschuivingen veroorzaken, waardoor het zand van de stuwwal 'en masse' de helling af het meer in glijdt. Het 'gat' van de afglijding wordt voor een deel opgevuld door de staart van de zandstroom (fig. 5). Dat dit soort afglijdingen deels boven het meerniveau zijn begonnen, kan worden afgeleid uit sommige niveaus met structuurloze zanden waarin grote brokken sandur-afzetting 'drijven'. De aanwezigheid van deze brokken in een voormalige zandstroom suggereert dat de sandur-afzetting werd geërodeerd in bevroren toestand.

Meerbodem-afzettingen

Hier en daar vindt men een cm-dikke klei-drapering in voorts grove afzettingen van de meerrand. Deze klei kon vaak door de hele groeve goed gevolgd worden en is verder van de stuwwal af in de richting van het centrum van het meer vaak geassocieerd met normaal gegradeerde zandlaagjes (fig. 4B). Deze zijn belangrijk fijner dan het zand en grind van de diffuus gebande en structuurloze afzettingen.

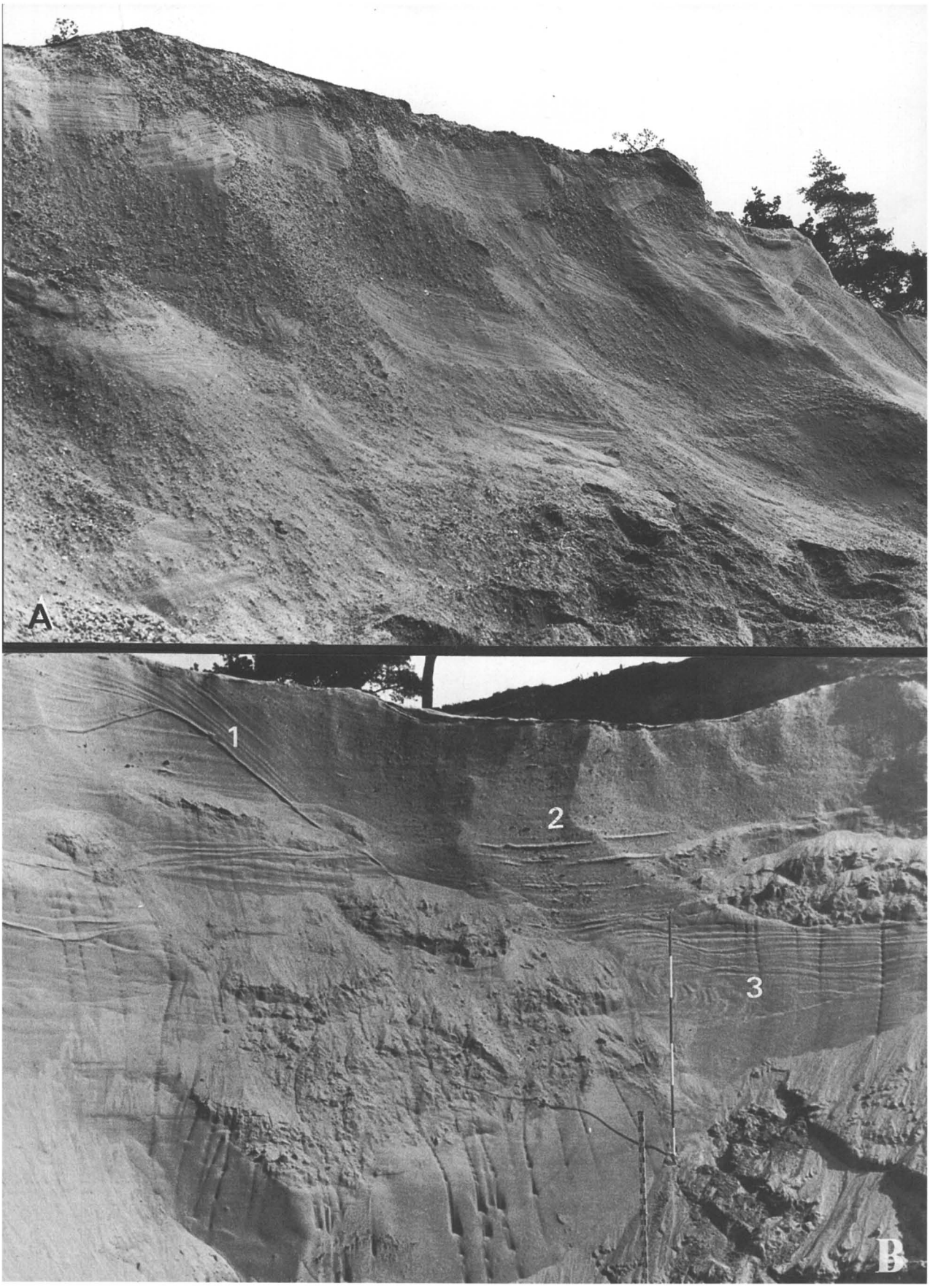


Fig. 3A. Structuurloze grindafzetting met daarin 'drijvend' (zonder onderling contact) zandblokken van sandur-afzettingen. Hoogte van de ontsluiting is ongeveer 5 m. Fig. 3B. Zwak gelaagde (diffuus gebande) zanden met grootschalige ondiepe versnijdingen van de lagen. In het centrum van de foto is een diepe U- tot V-vormige insnijding te zien waarvan de kern grotendeels is opgevuld met structuurloos zand waarin 'drijvende' grinden (2). Aan de randen van deze structuurloze kern zijn diffuus gebande zanden (1) te herkennen en aan de basis deformatie van oorspronkelijk diffuus gebande afzettingen in de vorm van een liggende plooi (3). Volgens Postma, Roep en Ruegg (1983) wijzen de structuren op 'en-masse' hellingafwaarts schuiven van zand, zoals gebeurt bij zandafschuivingen onder water. Het 'gat' van de afschuiving wordt in stand gehouden en mogelijk uitgediept door de hellingafwaarts bewegende hoog geconcentreerde suspensie, en gepreserveerd door snelle afzetting van de staart van deze suspensie. De lokatie van deze kanaalvormige insnijding komt ongeveer overeen met de A-secties in fig. 5. De zwart-wit segmenten op de stok zijn 50 cm elk.

De verticale sequentie laat een geleidelijk fijner worden van de korrelgrootte zien en een verandering van de sedimentaire structuur. Van structuurloos aan de basis verandert deze via millimeter-laminatie naar scheve gelaagdheid, welke vervolgens gedrapeerd wordt door silt en soms een klei-laagje (fig. 4B). Deze opeenvolging laat zien dat, na snelle dumping van zand uit een suspensiestroom, de stroomsnelheid geleidelijk afnam ten tijde van afzetting. De juist beschreven opeenvolging wordt veel aangetroffen op meer- en zee- (oceaan-) bodems en is bekend onder de naam turbidiet[3]. Dunnere en nog fijnkorreliger afzettingen van dit type zijn bekend uit boringen in het centrum van de vallei. Deze zijn waarschijnlijk in de studies van Crommelin en Maarleveld (1952) betiteld als 'te dikke warven'. Dit type afzetting (van fig. 4B) kan inderdaad niet als 'warven' worden betiteld, daar meerdere gegradeerde laagjes in één 'zomer' kunnen worden afgezet, afhankelijk van het aantal gebeurtenissen (catastrofes).

Discussie

Het meeste grove materiaal wordt dus aan de rand van het meer, dichtbij de stuwwallen, teruggevonden, terwijl de fijne fractie verder hellingafwaarts in het centrum van het meer terecht komt, een logisch gevolg van geleidelijke afname van transportenergie. Dit beeld komt ook tot uitdrukking in de grootschalige verticale successie. Immers hier zien we in een regressieve successie tengevolge van een uitbouwend (het meer opvullend) sedimentair systeem een vergroving naar boven toe. Het is hierom waarschijnlijk (ofschoon niet bewezen door visuele correlatie) dat de dunne gegradeerde zandlaagjes die in de kleiige sedimenten zijn ingeschakeld (de 'warven') de distale[4] equivalenten zijn van de structuurloze zanden.

Op basis van bovenstaande kenmerken van deze opeenvolging en haar fysisch-geografische ligging ten opzichte van de stuwwallen kunnen we trachten de oorsprong van de catastrofale gebeurtenissen die uiteindelijk geleid moet hebben tot het naar beneden stromen van hoog geconcentreerde zandsuspensies, nader te reconstrueren. Figuur 5 laat twee fundamenteel verschillende situaties zien voor smeltwater-afvoer welke mogelijk opgaan voor de Leuvenumsche Beek-vallei: situatie 1, waarbij de afvoer boven het meerniveau plaats vindt en situatie 2, waarbij de afvoer onder het meerniveau plaats vindt. In de eerste situatie zal sprake zijn van een zandige riviervlakte (sandur) welke aan de meerrand zal uitmonden in een delta. In het tweede geval zal er geen riviervlakte, maar een soort van 'onderwaterdelta' zijn. Beide vor-

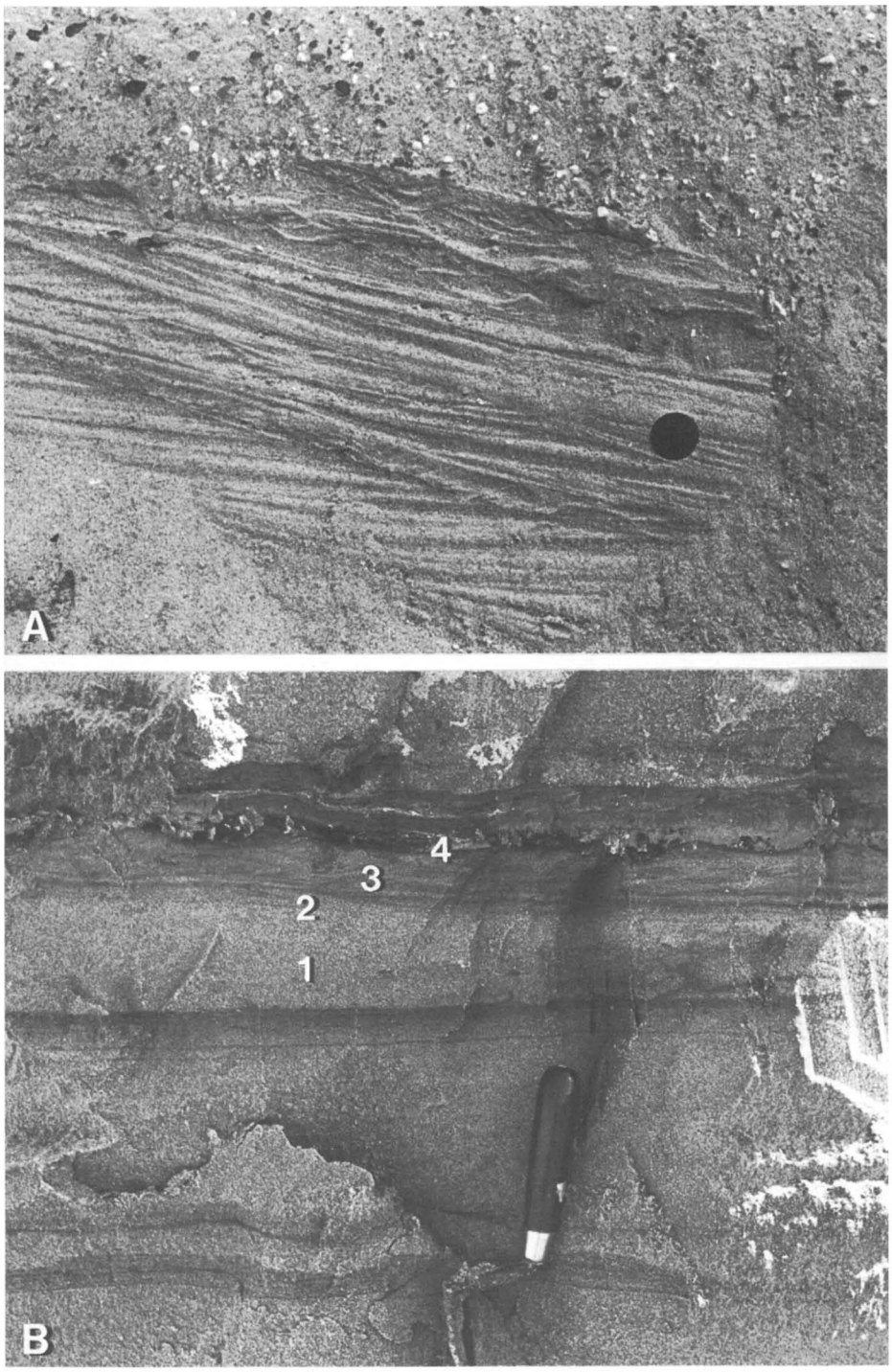


Fig. 4. Detail van een zandblok in een structuurloze grindafzetting (zie fig. 3A). De scheve gelaagdheid en de parallelle laminaties wijzen op transport door stromend water. Dit type afzetting lijkt veel op dat van een sandur, een zandige riviervlakte voor een gletsjer, waar zandtransport plaats vindt door ondiepe vlechtende riviertjes die langs een relatief steile gradiënt stromen. Lensdop is 5 cm. Normaal gegradeerde (naar boven toe fijner wordende) zandafzettingen met een typische verticale opeenvolging die qua volgorde regelmatig terug te vinden is: (1) structuurloos tot normaal gegradeerd zand aan de basis, welke overgaat via (2) horizontale mm-laminatie naar (3) scheve gelaagdheid, die (4) gedrapeerd is door silt en klei. Diktes van deze 4 verschillende eenheden lopen sterk uiteen zoals is te zien aan de onderliggende laag. Ook kunnen sommige eenheden zelfs geheel ontbreken. Deze afzettingen komen veelvuldiger voor, gaande in de richting van het centrum van het meer. De lokatie van deze afzettingen komt ongeveer overeen met het gebied dat hellingafwaarts ligt van de B-secties in fig. 5. Handvat van troffel is ongeveer 12 cm.

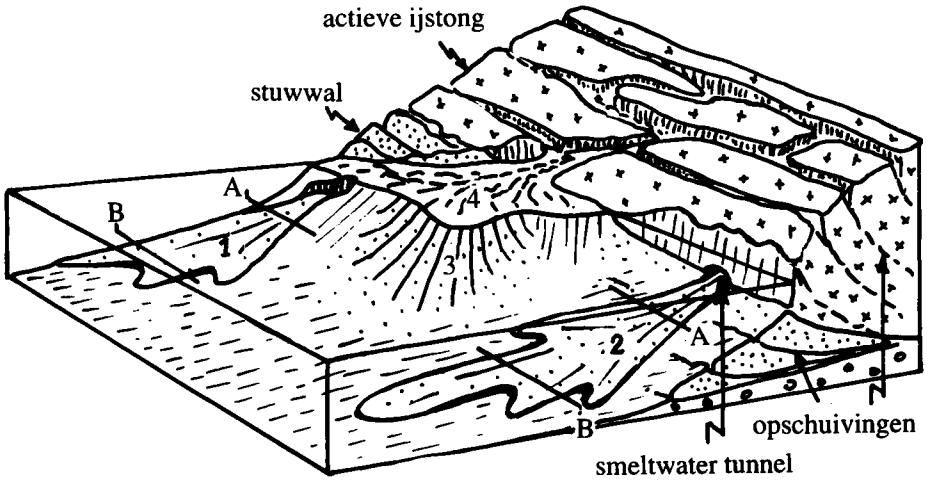


Fig. 5. Voorstelling van een glacio-lacustrien afzettingsmilieu. Het gewicht en de voorwaartse beweging van de ijstong veroorzaken opschuivingen in onder- en naastliggende sedimenten. Gestippelde gebieden zijn zandig en de gestreepte meerbodem is kleiig. In het blokdiagram zijn de volgende fenomenen aangegeven: (1) onderwater 'en masse' zandtransport door afglijding; (2) onderwater 'en masse' zandtransport vanuit een smeltwater tunnel; (3) delta die gevoed wordt door (4) een sandur. De oorsprong van het 'en masse' zandtransport wordt bepaald door de wijze waarop het smeltwater wordt afgevoerd naar het meer, zoals is bediscussieerd in de tekst.

men zijn voor soortgelijke situaties uitvoerig in de literatuur beschreven (zie bijv. Reading, 1996).

Er zijn dus twee hypotheses op te stellen voor de oorsprong van de massa getransporteerde zanden:
1) door instabiliteit van de stuwwal tijdens de 'zomer'maanden is er sprake van belangrijke landverschuivingen. Deze landverschuivingen transformeren door wateropname in hoog geconcentreerde zandsuspensies die langs de helling verder het meer in stromen; 2) door 'zomer' activiteit maakt smeltwater via onderwatertunnels grote massa's zand van onder en van voor het ijs los, en transporteert die in hoog geconcentreerde suspensies verder de onderwaterhelling af het meer in. Beide hypotheses postuleren hoog geconcentreerde zandsuspensies, die geheel of deels door de zwaartekracht worden gedreven, als voorwaarde voor de uiteindelijke karakteristieken van de afzettingen. Ze verschillen echter van elkaar, als het gaat om de initiatie van deze suspensies. De eerste hypothese wordt in het werk van Postma, Roep en Ruegg (1983) aangehouden. In het voordeel van deze hypothese is het voorkomen van sandur-afzettingen in de Haspelgroeve (fig. 2), en de aanwezigheid van sandur-blokken in de top van de successie. In het nadeel van deze hypothese is de consistente afwezigheid van enig bewijs voor deltafrontafzettingen, die duidelijk herkenbaar en ingeschakeld zouden moeten zijn tussen de catastrofale afglijdingen (zie bijv. Postma, 1990).

Diepte van het meer

De minimale diepte van het meer kan worden bepaald uit de voorkomens van subaquatische meerrand-afzettingen. Deze komen tot ongeveer 50 m boven NAP voor bij Elspeet. Aan de westkant van de Leuvenumsche Beek is de gepreserveerde hoogte van het dal geringer (zie fig. 2). Ook is bij de Haspel-groeve een niveau aangetroffen met ondiepe, vlechtende rivieraf-zettingen, vergelijkbaar met de sandur-afzettingen zoals we die aantreffen voor de gletsjers op IJsland. De 'warven' komen voor tot -10 m NAP zodat de diepte van het meer in het centrum van de vallei in de orde van 35-60 m kan liggen.

De sleuf in groeve 't Solletje

De sleuf in de voormalige groeve 't Solletje laat heel mooi de bekkenrandsedimenten zien. Op de schetstekening van de sleuf (fig. 6) is duidelijk het contact te zien tussen het gestuwde materiaal, met typische rivier- en mogelijke eolische afzettingen en sedimenten, en de bekkenrand met structuurloze zanden. De rivierafzettingen zijn te vinden tussen 0 en 10 m. De scheve gelaagdheid in de vorm van trogvormige structuren wijzen op stromend water. De fijnsiltige laag die enkele kleine zandribbels bedekt (fig. 7) is mogelijk van eolische oorsprong. Deze laag, welke oorspronkelijk ongeveer horizontaal is afgezet, is zo'n 40°

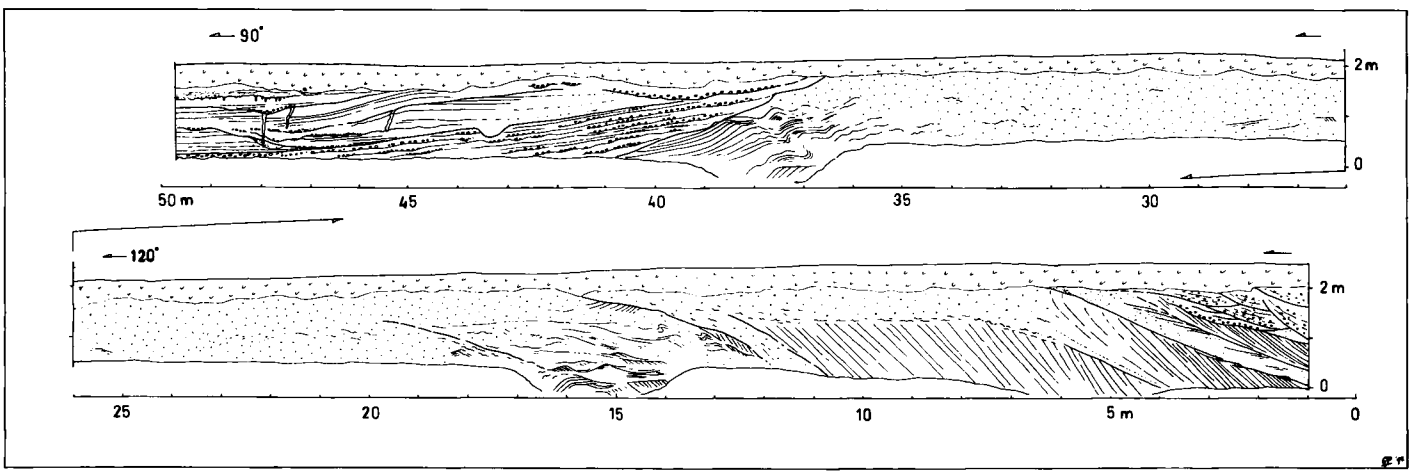


Fig. 6. Schetstekening van de sleuf, gegraven in september 1991 in groeve 't Solletje 1 km ten oosten van Garderen. Naar het westen gekantelde afzettingen van de stuwwal van de Amersfoortse ijstong worden bedekt door structuurloze en gebande zanden in V-vormige insnijdingen. De zanden zijn plaatselijk (tussen 45 en 50 m) doorgraven. De getekende sleuf sluit aan bij de sectie van fig. 8. Verdere uitleg is gegeven in de tekst.

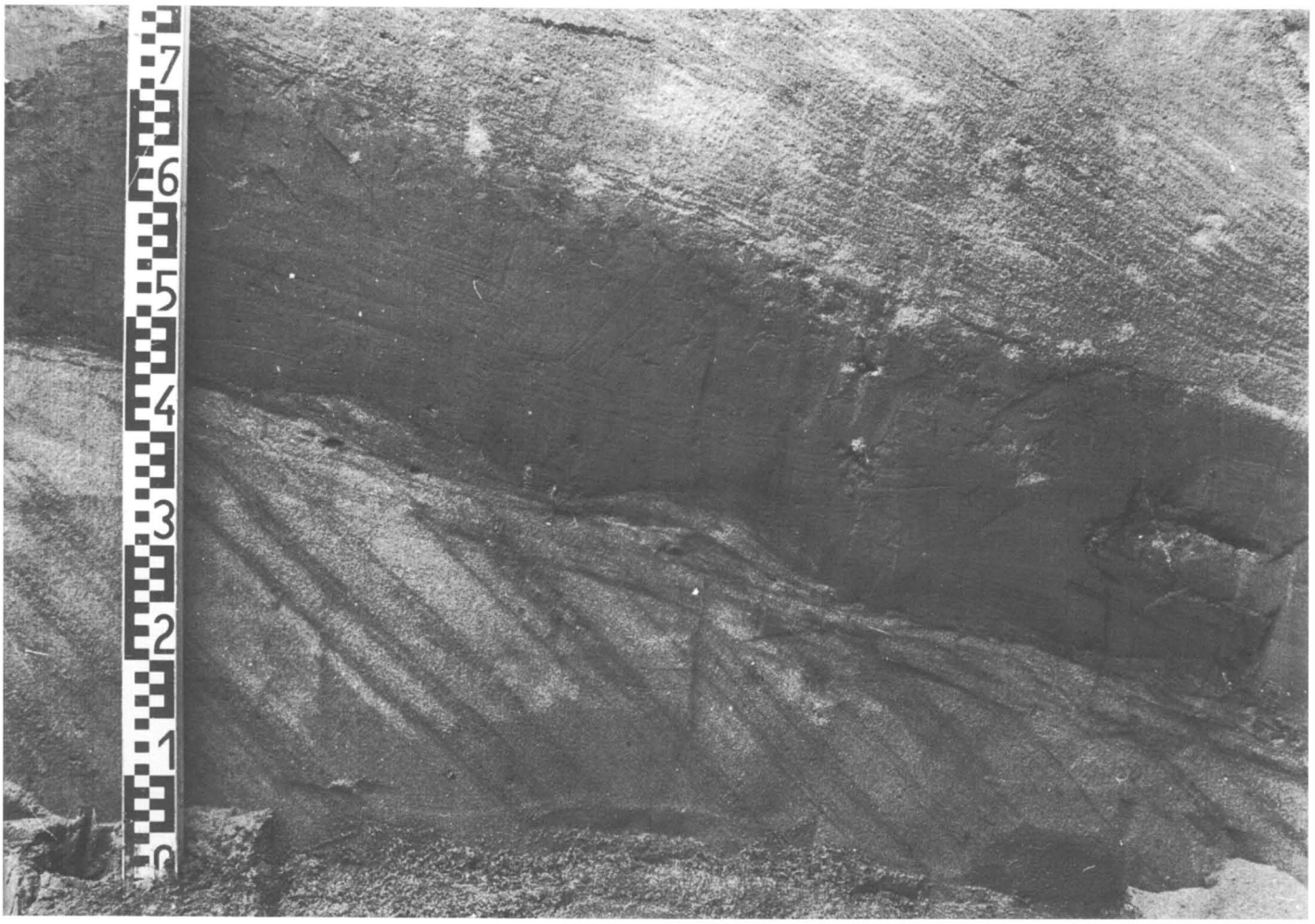


Fig. 7. Detail van lokatie op 3 m van de oorsprong (zie fig. 6). Scheef gestelde grootschalige scheve gelaagdheid met een niveau kleinschalige ribbels bij 45 cm van de meetlat. De kleinschalige ribbels worden bedekt door een fijnsiltige laag, mogelijk van eolische oorsprong. Deze laag heeft oorspronkelijk horizontaal gelegen.

(minder op de tekening en foto als gevolg van de aansnede) gekanteld naar het zuidwesten (236° kompasrichting). Merk in dit verband op, dat de meegekantelde scheve gelaagdheid in de onderliggende zandlagen nu onnatuurlijk steil staat. Normaal is de helling waarop droog zand blijft liggen minder dan 33°. Onder water is dat vaak niet meer dan 25°-28°. De scheve gelaagdheid boven en onder de fijnsiltige laag wijst op stroomrichtingen in westelijke en westzuidwestelijke richting.

De gestuwde sedimenten worden afgedekt door structuurloze zanden en gebande en gelamineerde zanden in V-vormige insnijdingen (fig. 6 en 8). De structuurloze zanden tussen 19 en 35 m vertonen nog vage originele structuren, waarschijnlijk tengevolge van afzetting door waterstroming. Van 35 naar 40 m is een geleidelijke overgang van structuurloos naar laminaties met kleine verzakkingen nog goed te zien. Dit wijst erop dat de structuurloze zandlaag hier niet het gevolg is van afzetting uit een hoog geconcentreerde suspensiestroom, maar waarschijnlijk gestuurde 'in situ'-deformatie door liquefactie[5], welke verband houdt met sterktevermindering van de zandlaag door water-verzadiging (vergelijkbaar met drijfzand). De lagen tussen 40 en 50 m (fig. 6) laten doorgravingen zien van organismen, en nog verder oostwaarts zijn de V-vormige kanaalstructuren met voornamelijk gebande afzettingen van grof tot zeer grof zand met fijn grind goed te zien (fig. 8). Deze afzettingen komen qua facies overeen met die, welke beschreven zijn van de Ullerberg- en De Kril-groeves door Postma, Roep en Ruegg (1983). De stroomrichting, afgeleid van grind-imbricatie[6] is volgens verwachting naar het oosten (105°).

Slotwoord

Helaas is het geologisch monument in de voormalige groeve 't Solletje (1 km ten oosten van Garderen) al ter ziele gegaan voordat het goed en wel was opgericht. Nadat eerst per ongeluk een deel van de gemaakte sleuf was dichtgegooid, is enkele jaren later de gehele sleuf gedicht en momenteel overwoekerd door struikgewas. Ik zie dit als een groot verlies, niet alleen voor de liefhebber van glacigene afzettingen, maar ook omdat een uniek type massatransport-afzetting voor studie en onderwijs onnodig verloren is gegaan.

Dankwoord

Ik wil graag Elsevier-Science, Amsterdam bedanken voor toestemming om eerder gepubliceerd materiaal (figuren 1, 2, 3 en 4) uit Postma, Roep en Ruegg (1983) te mogen gebruiken. Gerard Gonggrijp wil ik bedanken voor zijn uitnodiging om mee te doen aan het initiatief om een geologisch monument van de meerafzettingen te maken. Wil den Hartog heeft de foto's van de sleuf in groeve 't Solletje gemaakt.

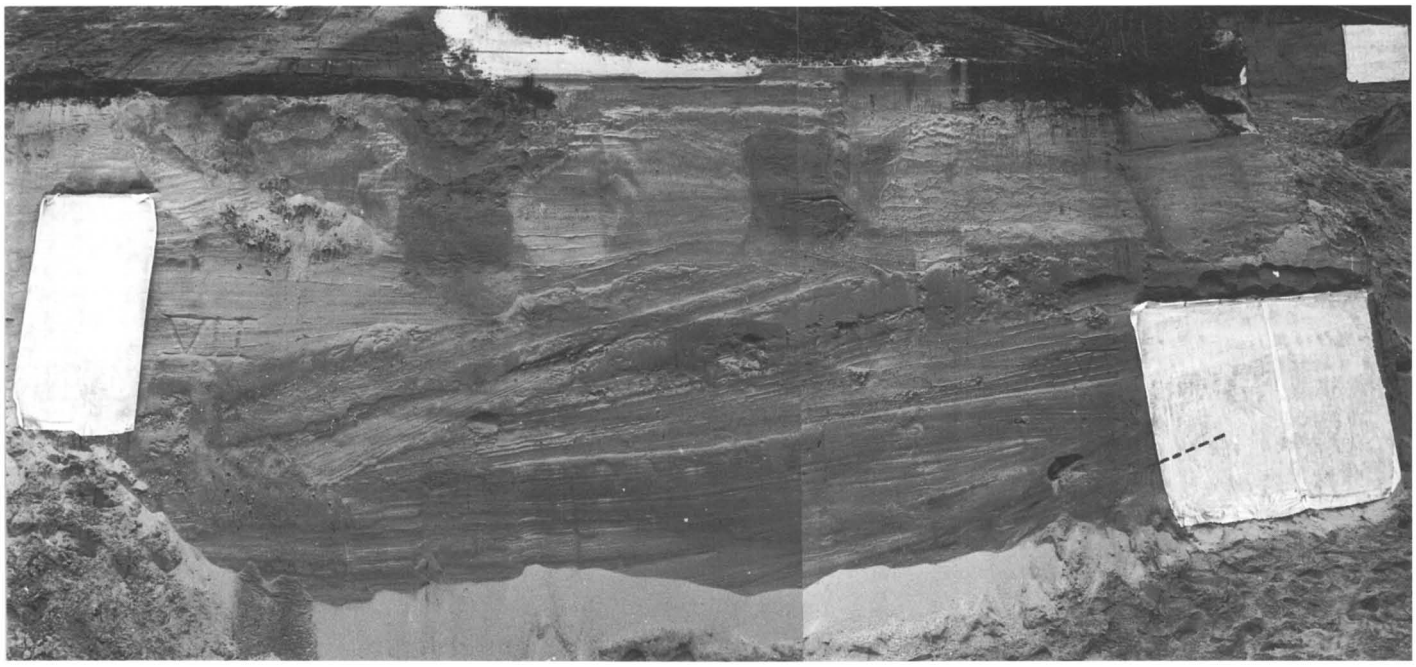


Fig. 8. Opname van het meest oostelijke deel van de sleuf met V-vormige insnijdingen waarin diffuus gebande en cm - mm gelamineerde afzettingen. De uitstekende wat lemige lagen bevatten kleinschalige ribbels. De tekening van fig. 6 begint in de hoger gelegen sleuf aan de uiterst rechtse kant van de foto, waar nog juist het witte kaasdoek ter versteviging van het lakprofiel is te zien. Het contact met de gestuwde afzettingen loopt schuin middendoor het grootste lakprofiel (gestippeld). Hoogte van de ontsluiting is ongeveer 3 m.

Noten

1) Warven zijn jaarlaagjes in glacio-lacustriene en soms glacio-mariene milieus: ze bestaan uit een grof, vaak licht gekleurd 'zomer'-laagje van enkele centimeters dikte, ontstaan door smeltwater-afhankelijk sediment-transport. Dit 'zomer'-laagje gaat gradueel over in een 'winter'-laagje van donkere, fijne silt en klei als door bevriezing de smeltwaterstroom is stopgezet en de fijnste fractie uit de suspensie kan bezinken.

2) Glacio-lacustriene sedimenten zijn meer-afzettingen die materiaal bevatten dat door gletsjers is aangevoerd.

3) Een turbidiet is een afzetting, gevormd door een troebelingsstroom. Dit is een waterstroom die in beweging komt door zijn hoge dichtheid als gevolg van grote hoeveelheden gesuspendeerde deeltjes.

4) Distaal betekent in dit verband: 'van het beginpunt verwijderd' (het tegenovergestelde van proximaal).

5) Bij liquefactie of vervloeiing gaat een los sediment, waarvan de poriën gevuld zijn met water, over in een vloeibare massa.

6) Imbricatie: dakpansgewijze ligging van platte rolstenen.

Adres van de auteur

Dr. G. Postma
Faculteit voor Aardwetenschappen
Universiteit Utrecht
Postbus 80021
3508 TA Utrecht

Literatuur

Crommelin, R.D. & G.C. Maarleveld, 1952. Fluvio-glaciale klei van de noordelijke Veluwe. Boor en Spade, 5: 118-125.

Jelgersma, S. en J.B. Breeuwer, 1975. Toelichting bij de kaart 'Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien'. In: Zagwijn, W.H. & C.J. Staalduinen (editors). Toelichting bij geologische overzichtskaarten van de Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 93-103.

Maarleveld, G.C., 1953. Standen van het landijs in Nederland. Boor en Spade, 6: 95-105.

Maarleveld, G.C., 1962. The Veluwe. Meded. Geol. Sticht. 15, 49-54

Maarleveld, G.C., 1981. The sequence of ice-pushing in the Central Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, 34: 2-6.

Pannekoek, A.J., 1956. Geological History of The Netherlands. Government Printing and Publishing Office, The Hague, 533 pp.

Postma, G., Th.B. Roep & G.J.H. Ruegg, 1983. Sandy gravelly mass flow deposits in an ice-marginal lake (Saalian, Leuvenumsche Beek Valley, Veluwe, The Netherlands), with emphasis on plug-flow deposits. Sediment. Geol., 34: 59-82.

Postma G. 1990. Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. In: Coarse grained deltas (Eds. A. Colella and D.B. Prior). I.A.S. Spec Publ. 10: 13-27, Blackwell, (UK.)

Reading H.G.(ed.), 1996. Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy. 3rd edition, 688pp Blackwell, (UK.).