

Grondboor en Hamer	6	1983	pag. 175 - 184	9 fig.	Oldenzaal, december 1983
-----------------------	---	------	-------------------	--------	-----------------------------

Fossiele permafrostverschijnselen in Nederland

W. de Gans*

INLEIDING

In het voorgaand artikel zijn een aantal geologische processen en daarmee samenhangende geomorfologische verschijnselen in permafrost-gebieden besproken. Dit tweede artikel gaat over verschijnselen, die tijdens de laatste ijstijd (Weichselien) als gevolg van de toen aanwezige permafrost, ontstaan zijn en thans nog in het landschap en de bodem van Nederland te herkennen zijn. Aangezien de aanwezigheid van deze verschijnselen wijst op andere klimaatsomstandigheden in het verleden, is het mogelijk door vergelijking met de recente situatie binnen zekere marges uitspraken te doen over het verloop van het klimaat gedurende het Weichselien. In dit artikel wordt allereerst ingegaan op de klimaatsontwikkeling van deze laatste ijstijd. Vervolgens worden de belangrijkste fossiele permafrost-relicten, die in Nederland bekend zijn besproken, alsmede de onderzoeksresultaten van de laatste jaren.

HET WEICHSELIEN

Het Weichselien, vroeger ook wel Würm of Tubantien genoemd, is de laatste geologische periode, waarin koude, glaciële omstandigheden heersten. De periode loopt, gerekend in C-14 jaren, van circa 70.000 tot 10.000 voor heden. De onderverdeling van het Weichselien is gebaseerd op pollenanalytische onderzoeken (tabel 1). De gekonstateerde veranderingen in de vegetatie gedurende het Weichselien worden toegeschreven aan klimaatsveranderingen. Het fossiel voorkomen van o.a. ijswiggen in afzettingen met een Weichselien-ouderdom bevestigt de uit de stuifmeelanalyse afgeleide klimaatsontwikkeling en duidt er tevens op, dat in een deel van het Weichselien in Nederland een permafrost aanwezig moet zijn geweest.

Zo is vastgesteld, dat er in het eerste deel van het Weichselien nog relatief milde klimaatsomstandigheden heersten, terwijl het Pleniglaciaal daarentegen een periode gekend heeft met een koud en nat klimaat (het Midden Pleniglaciaal), gevolgd door een fase met een koud, maar droog klimaat (het Boven Pleniglaciaal). Deze tendens tot droger worden van het klimaat gedurende de laatste ijstijd komt ook nog in het jongste deel van het Weichselien (Laat Glaciaal) tot uiting in de geologische processen, waarbij vooral aeolische sedimentatie (afzetting onder invloed van wind) steeds belangrijker wordt.

VAN DER VLERK en FLORSCHÜTZ (1950) hebben in hun boek 'Nederland in het IJstijdvak' de klimaatsgeschiedenis van het Weichselien voor het eerst uitgebreid beschreven. De gedetailleerde pollenanalytische onderzoeken van o.a. VAN DER HAMMEN (1951; 1971) in het Dinkel gebied en van ZAGWIJN (1961) bij Amersfoort resulteerde in een verdere uitdieping van de klimaatsgeschiedenis van het Weichselien. Deze onderzoeksresultaten hebben geleid tot een nadere onderverdeling van deze laatste koude periode. Ook het onderzoek van MAARLEVELD naar de geologische en geomorfologische verschijnselen, die samenhangen met de aanwezigheid van een permafrost in het

* Rijks Geologische Dienst, district west, Lorentzstraat 1, 1821 BR Alkmaar

CHRONO STRATIGRAFIE		TIJD IN C-14 JAREN VOOR HEDEN	FOSSIELE IJSWIGGEN	PINGO'S	THERMOKARST MEER AFZETTINGEN	PERMAFROST
WEICHELSEN (WÜRME)	LAAT GLACIAAL	10.000				
	PLENIGLACIAAL	BOVEN	20.000	V	▨	▨
		MIDDEN	30.000	V		▨
		ONDER	40.000	V		▨
		50.000	V			▨
VROEG GLACIAAL	60.000					
	+70.000					

Tabel 1: Indeling van het Weichselien en het voorkomen van permafrost in Nederland (naar De Gans, 1982).

Weichselien, mag niet onvermeld blijven (TEN CATE e.a., 1981). Over deze periglaciaire verschijnselen gaan de volgende paragrafen. Volstaan wordt met een beschrijving van de verschijnselen zoals die fossiel worden aangetroffen. De processen die bij de vorming ervan een rol spelen zijn in het vorige artikel reeds besproken. Dit geldt ook voor de gebruikte terminologie.

RESTANTEN VAN IJSWIGGEN EN POLYGONEN

Dat het landijs Nederland gedurende het Riss of Saalien bereikt heeft was reeds lang bekend uit het voorkomen van stuwwallen, keileem en Scandinavische zwerfstenen. Pas de laatste vijftig jaar zijn er steeds meer bewijzen gevonden dat er zowel in de aan de Saale-vergletscher voorafgaande ijstijden als in de laatste ijstijd in Nederland een permafrost aanwezig is geweest. Een van de duidelijkste bewijzen hiervoor bleek uit het voorkomen van fossiele ijswigen, omdat deze alleen kunnen ontstaan in een 'eeuwig bevroren' grond. Deze structuren kunnen bij verandering in het klimaat behouden blijven indien het materiaal dat de wiggen afdekt, de door het afsmelten van het ijs in de wiggen ontstane ruimte opvult (fig. 1).

Uit de afzettingen uit het Weichselien zijn in Nederland twee duidelijke niveaus met grote fossiele ijswigen of ice-wedge-casts bekend. Het onderste niveau wordt geda-teerd op de overgang van het Onder- naar het Midden Pleniglaciaal, het bovenste niveau in het Boven Pleniglaciaal gedurende het koude optimum van het Weichselien (tabel 1). Onder zeker voorbehoud kan uit het voorkomen van fossiele ijswigen worden afgeleid dat een permafrost aanwezig is geweest van circa 50.000 tot 18.000 C-14 jaren voor heden (BP).

Uit het Laat Glaciaal zijn geen duidelijke ice-wedge-casts bekend, hoewel kleine

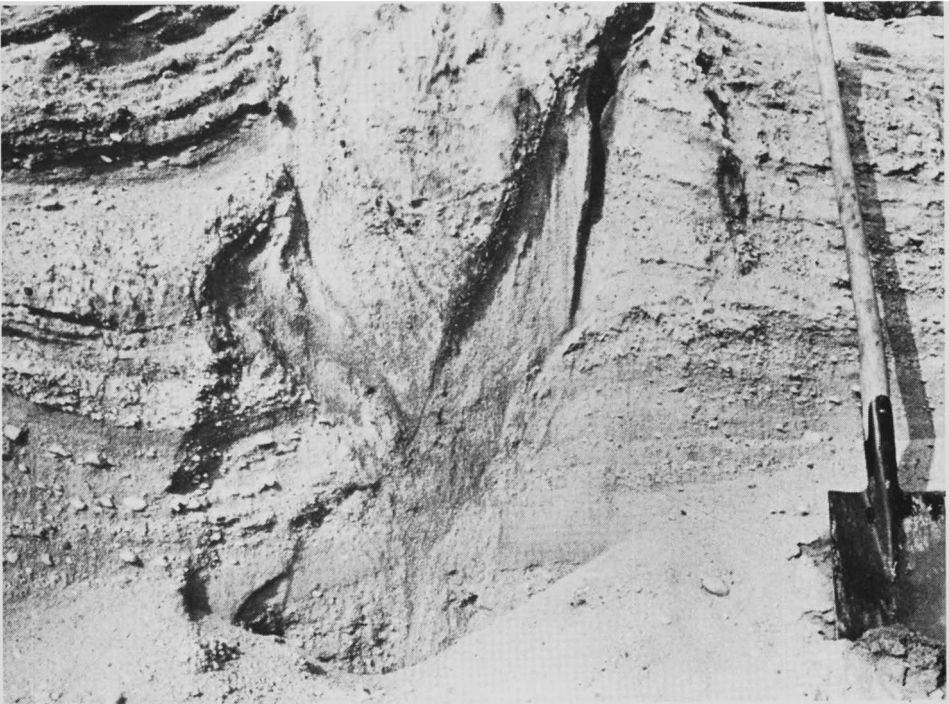


Fig. 1: Fossiele ijswig (ice-wedge-cast) in fluviaatiele zanden van de Formatie van Urk in groeve Vos te Ellertshaar (Drente). Opname W. de Gans.

structuren voorkomen (vorstscheuren of cracks), die duiden op koude klimaatsomstandigheden.

De met de ijswiggen samenhangende polygoon zijn in Nederland zelden aan de oppervlakte zichtbaar, omdat zeer grote gebieden na het verdwijnen van de permafrost in het Laat Glaciaal afgedekt zijn door aeolische sedimenten (dekzand) of omdat ze verstoord zijn door bodemvorming of erosie. Lokaal zijn echter uit de lucht structuren zichtbaar, die lijken op fossiele polygoonsystemen (fig. 2).



Fig. 2: Patroon van polygoon voorkomend op de oostelijke helling van de Drentsche Aa bij Schipborg (opname W. de Gans).

PINGORUÏNES

Pingoruïnes of pingosmeltgaten komen in Nederland vooral voor op het Drentsch plateau. Ze zijn hier voor het eerst beschreven door MAARLEVELD en VAN DE TOORN (1955). Op grond van de ouderdom van de depressie, de aanwezigheid en samenstelling van een ringwal en de vorm van de depressie maakten zij aannemelijk, dat het Siegerswoudstermeer, dat in de omgeving van Drachten ligt, qua genese een pingoruïne is.

Later zijn, met name in het stroomgebied van de Drentsche Aa, pingoruïnes onderzocht door DE GANS (1981a). Uit dit onderzoek bleek, dat de schijnbaar willekeurig in het landschap voorkomende depressies gelegen zijn in fossiele dalen, die gedurende het Pleniglaciaal als zodanig gefunctioneerd hebben (figuur 3). Thans zijn deze dalen vrijwel geheel aan het oog onttrokken, doordat er in het Laat Glaciaal dekzand over afgezet is. Het plaatselijk op een rij liggen van meerdere pingoruïnes (figuur 3 en 4), zoals ook beschreven is door DE GANS (1981a, 1983) bevestigt deze relaties tussen pingoruïnes en dalstelsel. De pingoruïnes in het gebied van de Drentsche Aa zijn depressies met een opvulling van organisch materiaal welke zijn omgeven met een ringwal die aan de basis opgebouwd is uit ongesorteerd hellingmateriaal naar boven toe

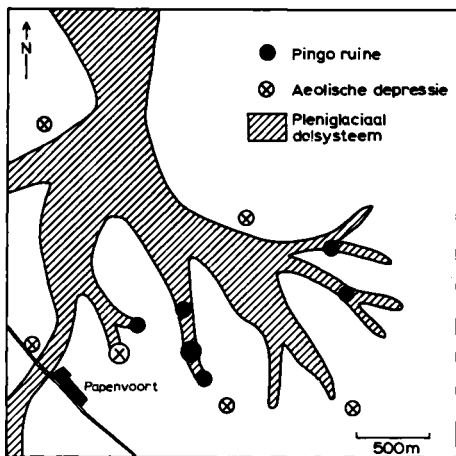
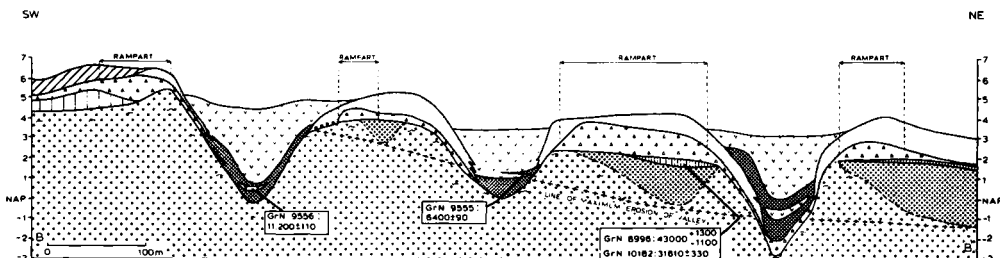


Fig. 4: Lengteprofiel over drie pingoruïnes bij Donderen (Drente). De depressies zijn gelegen in een voormalig zijdal van het Eelderdiep (naar de Gans, 1981a).

Fig. 3: Ligging van een aantal pingoruïnes in Pleniglaciale daluitlopers van het Andersche Diepje in de omgeving van Papenvoort (Drente).

LEGENDA

- veen
- ▨ gyttja
- ▤ dekzand
- ▧ wal (rampart)
- ▩ stenenvloer
- humeuze beekleem
- beekzand
- keileem
- ◻ zand



overgaand in meer gelaagde afzettingen (DE GANS e.a., in voorbereiding). De ouderdom van pingoruïnes kan nauwkeurig worden vastgesteld omdat soms een deel van de ringwal gelegen is op venige afzettingen in de beekdalen. De ouderdomsbepaling van deze lagen met behulp van radioactieve koolstof (C-14 methode) levert een maximale ouderdom van deze pingoruïnes op. In figuur 2 is een datering van circa 31.000 BP van een humeuze beekdalafzetting onder een ringwal aangegeven. Het jongste getal dat op dit moment van zo'n beekdalafzetting onder een ringwal bekend is in Nederland circa 18.000 BP (PARIS e.a., 1979), dat wil zeggen, dat de pingoruïnes na 18.000 BP ontstaan zijn. De datering van de opopvulling van pingoruïnes levert een minimale ouderdom voor de depressies op. De oudste tot nog toe gevonden datering van organisch materiaal in een pingoruïne is van circa 11.000 BP (figuur 2). Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat de pingoruïnes zijn ontstaan tussen 18.000 en 11.000 BP. Het is waarschijnlijk dat de pingo's in de hieraan voorafgaande periode in het Weichselien, tussen circa 25.000 en 18.000 BP zijn gevormd (tabel 1). Deze periode komt globaal overeen met de koudste fase van het Weichselien waarin ook ijswiggen werden gevormd (tabel 1) en waarin de gletschers in de Alpen en Skandinavië zich sterk uitbreidden. Volgens KOLSTRUP (1980) was er in deze periode een continue permafrost aanwezig in Nederland; waarschijnlijk heeft deze zich zelfs tot aan de Seine in Frankrijk uitgestrekt. Dit gegeven, gekoppeld aan het feit, dat de pingoruïnes in het gebied van de Drentsche Aa gelegen zijn in voormalige dalstelsels

met dooimeren (thermokarstmeren) en dat er vrijwel geen reliëf aanwezig was, doet veronderstellen, dat we hier te maken hebben gehad met hydrostatische (gesloten-systeem) pingo's.

Op grond van hun landschappelijke ligging en de gekonstateerde relatie met de geologische opbouw van de ondergrond, kunnen met de thans beschikbare gegevens drie typen pingoruïnes worden onderscheiden (fig. 5):

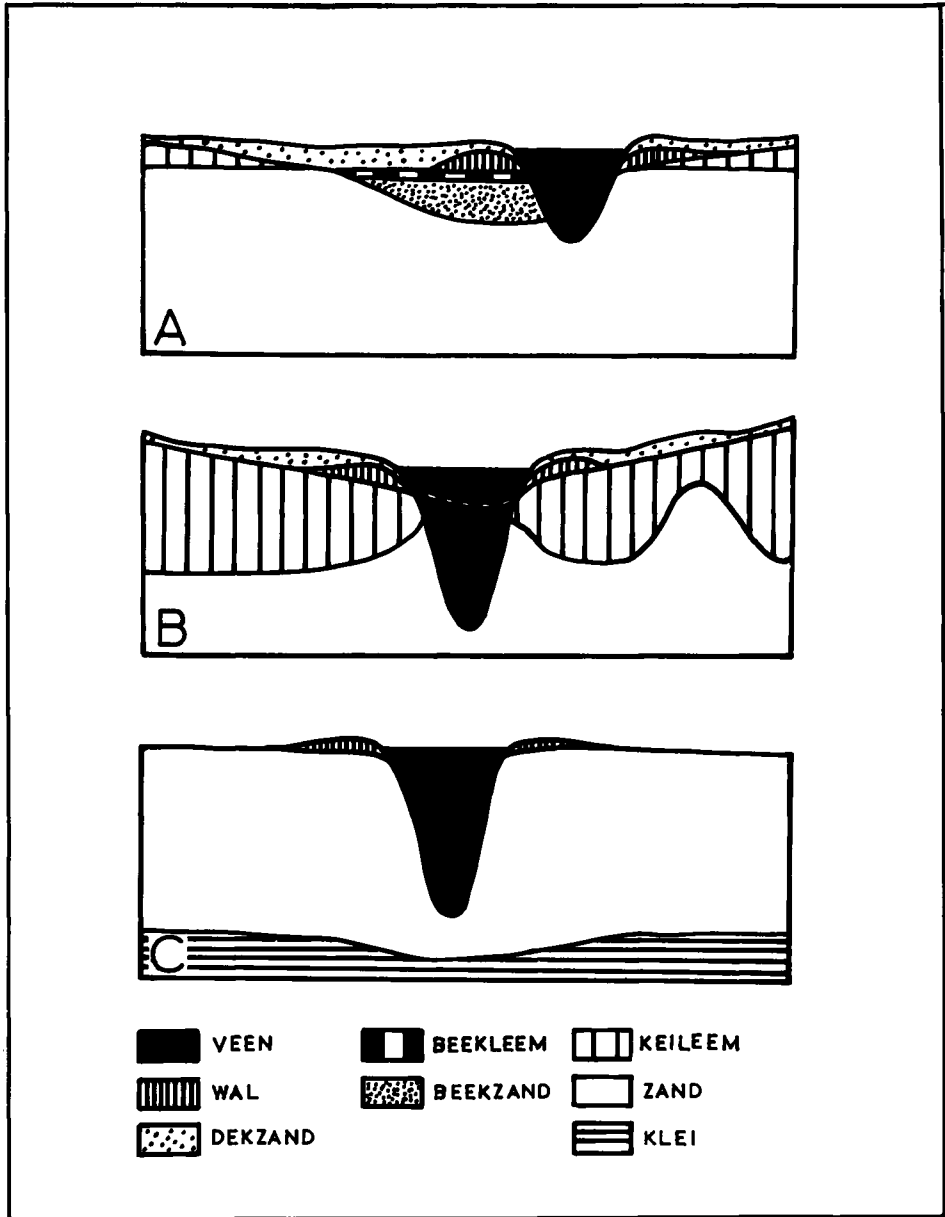


Fig. 5: Schematische weergave van drie typen pingoruïnes; A: Het Drentsche Aa-type, B: Het Mekelermeer-type, C: Het Uddelermeer-type.

Het **Drentsche Aa-type** komt voor in het bovenstroomse gedeelte van voormalige Pleniglaciale dalen en heeft een maximale diepte van ongeveer 8 meter. Deze pingoruïnes zijn beschreven door DE GANS (1981a) en vormen waarschijnlijk het meest voorkomende type (fig. 6).



Fig. 6: Luchtopname van twee pingoruïnes van het Drentsche Aa type nabij Donderen (vergelijk figuur 2). De veenopvulling in beide depressies is grotendeels uitgegraven (opname W. de Gans).

Het **Mekelermeer-type** is beschreven door DE GANS en SOHL (1981). Het is een variant op het Drentsche-Aa type en komt voor op die plaatsen, waar uitlopers van dalen 'zandintrusies' in dikke keileem pakketten aansnijden. Dit type kan diepten tot 17 meter bereiken.

Het **Uddelermeer-type** is onafhankelijk van dalen ontstaan maar dáár gevormd, waar ondoorlatende kleilagen in de ondergrond voorkomen, zoals bij het Uddelermeer (SOHL, 1983). Diepten van meer dan 10 meter zijn ook hier geen uitzondering. Dit type kan waarschijnlijk ook voorkomen in Noord Brabant waar leem in de ondergrond aanwezig is.

De maximale diepte van pingoruïnes maakt het mogelijk uitspraken te doen over de minimale dikte van de permafrost, zoals die in het Weichselien tijdens het ontstaan van de pingo's aanwezig is geweest. Op grond van de gegevens van het Mekelermeer kan zij gesteld worden op 17 meter.

CRYOTURBATE VERSCHIJNSELEN

Door het regelmatig bevriezen en ontdooien van de afzettingen in de opdooilag of active layer worden deze door elkaar gekneed. De sedimentaire gelaagdheid raakt verstoord als gevolg van het veelvuldig optreden van volumeveranderingen in de opdooilag. De hierdoor gevormde deformatiestructuren worden cryoturbate verschijnselen genoemd, (fig. 7) een term die is geïntroduceerd door EDELMAN e.a. (1936).

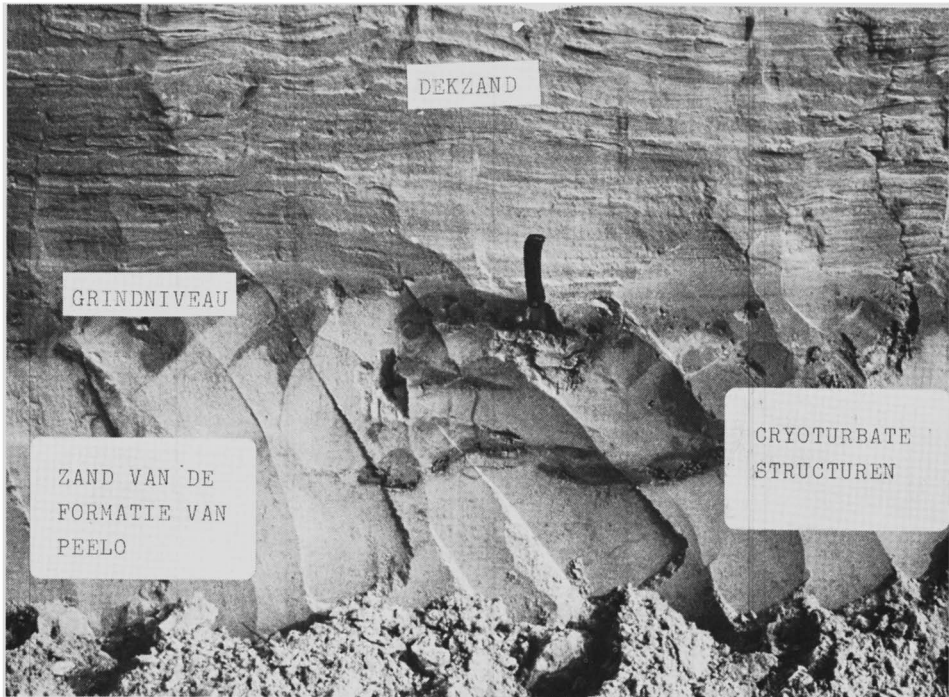


Fig. 7: Cryoturbate structuren, dekzand en een stenenvloertje (desert pavement) in een ontsluiting bij Donderen in Drente (opname W. de Gans).

Met name het verschil tussen fijn- en grofkorrelige afzettingen met betrekking tot de snelheid waarmee het porienwater bevroert en ontdooit, speelt een belangrijke rol bij de versterking van de gelaagdheid. In Nederland worden in afzettingen uit het Weichselien cryoturbate structuren met een dikte tot 2 meter aangetroffen, wat er op wijst, dat de opdoollaag in het Weichselien eenzelfde dikte heeft gehad.

DALONTWIKKELING

De aanwezigheid van permafrost heeft ook invloed gehad op de afwateringsdichtheid van de dalen. Zo belemmerde de permafrost de infiltratie van smelt- en regenwater in normaliter goed doorlatende sedimenten. Als gevolg hiervan werden in gebieden met reliëf, zoals de randzones van de stuwwallen, door erosie kleine dalsystemen gevormd. Na het verdwijnen van de permafrost uit de bodem verloren deze dalen hun afwateringsfunctie, omdat het regen- en sneeuwmeltwater weer in de bodem kon wegzakken en niet meer via de oppervlakte werd afgevoerd. Zo bleven zogenaamde 'droge dalen' in het landschap achter (ZONNEVELD, 1971). Ook de vorm van de dalen is in het Weichselien onder invloed van de aanwezigheid van permafrost dikwijls veranderd. Zo laten de noord-zuid georiënteerde dalen veelal een asymmetrische dwarsdoorsnede zien. Deze asymmetrie van de dalhellingen is veroorzaakt, doordat zich, als gevolg van de aanwezigheid van permafrost, hellingprocessen voordeden. Deze processen (gelifluctie) waren op de oosthellingen intensiever dan op de naar het westen gerichte hellingen, omdat deze eersten relatief meer sneeuw (dus meer smeltwater) en minder zon (dus minder verdamping) ontvingen. Een goed voorbeeld van dal-asymmetrie is te zien in figuur 8.

De hellingprocessen hebben tot sterke vervlakking van het reliëf geleid. Van het door de hellingprocessen afgezette materiaal wordt in de huidige dalsystemen maar weinig

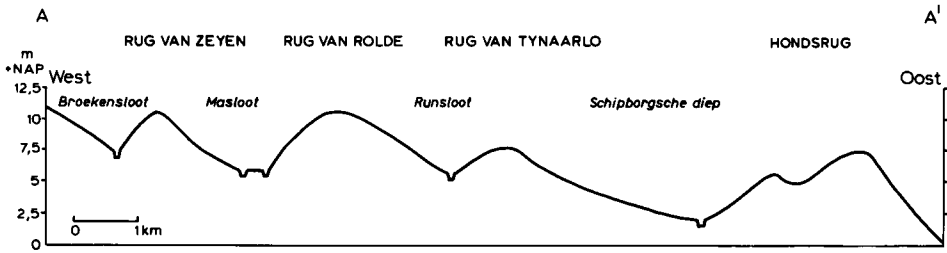


Fig. 8: Topografisch profiel van Zeyen naar Zuidlaren (Drenthe) waarin de asymmetrie van de dalen duidelijk tot uiting komt (naar De Gans, 1981b).

terugggevonden, omdat het grotendeels weer door water of wind verplaatst werd. In het laatste geval resteert van het hellingmateriaal slechts de grofste component: stenen en grind, in de vorm van een stenenvloertje of desert pavement (figuur 7). Sommige van deze stenen hebben een karakteristieke glans (windlak) of vorm (windkanters); dit kan samenhangen met het zandtransport van de wind, waarbij ze een soort polijsting ondergaan.

NAWOORD

De meeste van de hierboven besproken periglaciale verschijnselen komen ook in recente permafrostgebieden voor. Hier worden echter maar weinig vervormingen van de gelaagdheid aangetroffen, die vergelijkbaar zijn met de cryoturbate structuren uit het Weichselien. Ook bevindt de dalontwikkeling in de huidige arctische gebieden zich dikwijls nog in een beginfase. De processen, die ten tijde van het verdwijnen van de permafrost uit de bodem een rol spelen bij cryoturbatie en dalontwikkeling kunnen in de actuele situatie maar beperkt onderzocht worden. De fossiele situatie, de dalontwikkeling gedurende het Weichselien, biedt daarentegen betere mogelijkheden om inzicht in deze processen te verkrijgen. Dit kan van belang zijn voor het doen van voorspellingen over de ontwikkeling, die zich in recente permafrostgebieden voor kunnen doen, als deze voor bijvoorbeeld de exploitatie van minerale rijkdommen ontsloten worden. Uit het bovenstaande blijkt, dat er een wisselwerking bestaat tussen de bestudering van de 'fossiele' permafrostverschijnselen en onderzoek aan periglaciale processen en vormen in gebieden met een 'eeuwig bevroren' ondergrond.

Studie van beide maakt het mogelijk meer inzicht te verkrijgen in de onstaanswijze van het Nederlandse landschap en de invloed, die periglaciale processen daarop gehad hebben. Bovendien is het één van de mogelijkheden om het klimaat uit het verleden te reconstrueren.

VERANTWOORDING

De heer Cleveringa (Rijks Geologische Dienst) was zo vriendelijk adviezen te geven over de opzet van dit artikel. De heer Willemsen (Rijks Geologische Dienst) verzorgde het fotowerk, terwijl de heren Heine en Sion (Instituut voor Aardwetenschappen/Vrije Universiteit) een groot deel van het tekenwerk hebben vervaardigd. Mevrouw Blom was zo vriendelijk de tekst kritisch door te nemen.

LITERATUUR:

- CATE, ten J.A.M., KOSTER, E.A., MEER, J.J.M. van der and VEER, A.A. de, 1981: Maarleveld and his significance to physical geography. A review of the published works of prof. dr. G.C. Maarleveld, dedicated to him on his retirement from the University of Amsterdam. *Geografisch Tijdschrift KNAG, Nieuwe Reeks XV* (5), blz. 377-400.
- EDELMAN, C.H., FLORSCHÜTZ, F. en JESWIET, J., 1936: Über spätpleistozäne und frühholozäne krypturbate Ablagerungen in den östlichen Niederlanden. *Verhandelingen van het Geologisch en Mijnbouwkundig Genootschap, Geol. Serie XI* (4), blz. 301-336.
- GANS, W. de, 1981a: The Drentsche Aa valley system. A study in Quaternary Geology. *Proefschrift Vrije Universiteit*. 132 blz.
- GANS, W. de, 1981b: Het gebied van de Drentsche Aa. *Geografisch Tijdschrift KNAG, Nieuwe Reeks XV* (3), blz. 243-252.
- GANS, W. de, 1982: Vorstverschijnselen. Recente en fossiele permafrostverschijnselen. 'Afzettingen'. Populaire kwartaaluitgave van de werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire geologie, 3 (4), blz. 67-73.
- GANS, W. de, 1983: Het landschap en het ontstaan van het reliëf rond het veldstudiecentrum in Orvelte. *Geografisch Tijdschrift KNAG, Nieuwe Reeks XVII* (2), blz. 113-120.
- GANS, W. de en SOHL, H., 1981: Weichselien pingoremnants and permafrost on the Drente plateau (The Netherlands). *Geologie en Mijnbouw*, 60(3), blz. 447-452.
- GANS, W. de, CLEVERINGA P. en GONGGRIJP, G. (in voorbereiding): Een ontsluiting in de wal van een pingoruïne nabij Papenvoort (Drente), RIN-rapport.
- HAMMEN, T. van der, 1951: Late Glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. *Leidsche Geologische Mededelingen* 17, blz. 71-183.
- HAMMEN, T. van der en WYMSTRA, T.A., (red.) 1971: The Upper Quaternary of the Dinkel valley. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Serie* 22, blz. 55-215.
- KOLSTRUP, E., 1980: Climate and stratigraphy in northwestern Europe between 30.000 BP and 13.000 BP, with a special reference to the Netherlands. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 32(15), blz. 181-253.
- MAARLEVELD, G.C. en TOORN, J.C. van de, 1955: Pseudo-sölle in Noord Nederland, *Tijdschrift KNAG, Tweede Reeks, deel LXXII-4*, blz. 344-360.
- PARIS, F.P., CLEVERINGA, P. and GANS, W. de, 1979: The Stokersdobbe: geology and palynology of a deep pingoremnant in Friesland (The Netherlands). *Geologie en Mijnbouw* 58(1), blz. 33-38.
- SOHL, H., 1983: A paleological investigation of the Late Glacial and Holocene lake sediments of the Uddelermeer (the Netherlands), methods and some provisional results. *Quaternary studies in Poland* 4, blz. 237-248.
- VLERK, I.M. van der, en FLORSCHÜTZ, F., 1950: Nederland in het IJstijdvak. Utrecht, 286 blz.
- ZAGWIJN, W.H., 1961: Vegetation, climate and radiocarbon dating of the late Pleistocene of the Netherlands. Part I. Eemian and Early Weichselian. *Mededelingen Geologische Stichting, Nieuwe Serie* 14, blz. 15-45.
- ZONNEVELD, J.I.S., 1971: Tussen de bergen en de zee. Utrecht, 314 blz.

SUMMARY

This paper deals with permafrost relics from the Weichselian (last ice-age) in the Netherlands. As an introduction a survey is given of the Weichselian stratigraphy (table 1). Next the occurrence of ice-wedge-casts is discussed (fig. 1). From their stratigraphic position it is deduced that a permafrost probably existed between approximately 50.000 - 18.000 BP in the Netherlands. As yet it is not clear whether a permafrost was present during the Late Glacial. Pingo remnants are discussed in some detail in the next section (fig. 3 and 4). They are dated between 18.000 and 11.000 BP. The preceding pingos are estimated to have been formed between 25.000 and 18.000 BP as hydrostatic pingos; they are related to a continuous permafrost. As a result of the relation of the so far investigated pingo remnants with the geology of the subsoil three kinds of pingo remnants are discriminated (fig. 5). The Drentsche Aa type (fig. 6) is located on the floors of former, now abandoned, Pleniglacial valleys. The Mekelermeer type is a variation of the former type and is, besides of being related to valleys, situated above intrusion-like sand bodies in areas with thick till deposits. The Uddelermeer type is located in permeable sands, overlying an impermeable clay layer in the subsoil. Finally in this paper fossil cryoturbation phenomena and asymmetric valleys are discussed (see also fig. 7 and 8).