

ONTSTAAN VAN DE STUWWALLEN IN HET GEBIED VAN DE GELDERSE IJSSEL, TECTONISCH GEZIEN

Samenvatting van de lezing gehouden op de wintervergadering.

C.J.Homburg.

De duitser Esmarch was waarschijnlijk de eerste die in 1824 schreef "dat het landijs zelfs tot in Duitsland is doorgedrongen". Hoewel Lyell (1835) als 'de vader van de ijstijdtheorie' wordt beschouwd, heeft het boek "great Ice Age" van Geikie uit 1874 deze theorie algemeen verbreid. In Nederland waren het van Calcar (1881) en Lorié, vanaf 1885, die erover publiceerden. Sedert dien is er steeds aandacht aan gegeven. Door o.a. gesteente-tellingen van zwerfstenen á la Hesemann ontstond een beeld van de richtingen die het gletsjerijs had gevolgd.

Gezien de activiteit van Wageningers, o.a. Maarleveld, Teunissen, Zonneveld e.a. was veel onderzoek in Nederland bodemkundig en geomorfologisch gericht. De eerste moderne tektonische beschrijving kwam van de Jong (1952) over de Archemerberg, waarbij hij opschuivingen (verschubbing) beschreef. Tijdens de maximale uitbreiding in het laat Saalien liep het front van het landijs ongeveer langs de lijn Haarlem - Rhenen - zuidelijke Veluwe-rand - Nijmegen - stroomgebied van de Rijn tot Krefeld. Boven deze lijn zijn diverse 'oneffenheden' door het opdringende landijs veroorzaakt. In het midden en het oosten van ons land zijn deze aan de oppervlakte zichtbaar, maar in het westen zijn ze bedekt door jongere lagen. Men sprak over "glaciale kneding", later ook wel over verplooiing en verschubbing.

De heuveligheden, van 1 tot 100 meter boven A.P. werden in 1927 door Tesch onderscheiden in eindmorenen en stuwwallen. De eerste zijn gevormd aan de rand van het landijs tijdens een periode van een of enkele duizenden jaren, waarin de aanvoer van gletsjerijs ongeveer even groot was als de afsmelting langs die lijn. Dat was natuurlijk geen lijn maar een zône, want de ijsgrens zal met de seizoenen en in de loop van de jaren wat noordelijker of zuidelijker gelegen hebben. Hier ontstond niet alleen een opeenhoping van keileem, zowel zwerfstenen als klei, maar ook stuwing onder invloed van het tijdelijk wat opdringende ijspakket, zodat het keileem-materiaal enige malen over elkaar is opgeschoven: kleinschalige overschuivingen. De eindmorene is dus opgebouwd uit min of meer 'gestapeld' materiaal dat in en door het gletsjerijs is aangevoerd.

De stuwwallen zijn volgens Tesch echter ontstaan door opstuwing van de ijsvloer. Met dit laatste bedoelt hij de sedimentaire lagen waarover het ijs zich voortbewoog. Als de ijsmassa vooruit "schuift" overtreft de aanwas de afsmelting en bezit het gletsjerijs arbeidsvermogen. De aanwezige 'maagdelijke' deltaafzettingen worden hierdoor opgestuwd. Met de indeling van Tesch vervielen allerlei, onduidelijker termen.

Over het proces van de stuwwalvorming is men nogal vaag, dit in navolging van o.a. Crommelin en Marleveld (1949). Voor het gebied van de IJssel zou weliswaar het IJsseldal breed genoeg zijn om de daarin voortgaande ijslob de energie te geven noodzakelijk voor het ontstaan van de oostelijke Veluwe. Toch wordt algemeen aangenomen dat er een noordoost - zuidwest gerichte ijsstroom was die oostelijk Nederland heeft 'overreden', het IJsseldal diep heeft uitgeschuurd en daarbij de oostelijke Veluwe heeft opgestuwd. Bij de vorming van deze theorie hechtte men vooral belang aan

het verschil in hoogte en grootte van enerzijds de stuwwallen in Salland en de Graafschap en anderzijds die van de oostelijke Veluwe. Het woord "opgestuwd" wordt steeds gebruikt. Hierbij wordt vooral gedacht aan grondverplaatsing zoals dit door een bulldozer of sneeuwschuiver gebeurt, voor zich uit duwen, resp. zijdelings wegschuiven. Het is gebleken dat ijsmassa's zich niet zozeer door schuiven maar door vloeïng verplaatsen op de manier zoals metamorfe gesteenten dit doen. Zelfs in het hooggebergte verplaatsen gletsjers op een helling van 30 graden zich voor 86 % door vloeï en bedraagt de schuiffactor slechts 14 %. Op onze vlakke delta is de schuiffactor praktisch te verwaarlozen. In 1952 toonde de Jong de schubstructuur (imbricatie) aan van de Archemer- en de Haarlergergstuwwallen aan de Overijsselse kant. De hellingen van de schuifvlakken van de op- en/of over-schuivingen hellen naar het westen. De schuifvlakken van de schubben in de oostelijke Veluwe zijn daarentegen oostwaarts gericht. Aangezien de fijnere sedimentaire structuren in deze schubben, d.w.z. de opgeschoven delta-afzettingen, grotendeels ongestoord zijn gebleven ondanks de forse verplaatsing en de scheefstelling, meende men dat de ondergrond tot aan het diepste basisschuifvlak bevroren was: Permafrost. (Rutten 1960).

Ter Wee publiceerde in 1962 een afbeelding van midden Nederland waarop de uitbreiding van een aantal ijstongen zijn aangegeven en wel in de Gelderse Vallei, in het gebied van de Gelderse IJssel en een drietal kleinere in Twente. (Zie fig.1) In het Ijsseldal loopt de gletsjertong van Zwolle tot Nijmegen en volgt daarna het stroomgebied van de Rijn tot aan Krefeld. Op de kaart van het Saalien in Zagwijn en van Staalduin (1975) zien we meerdere glaciaire bekkens aangegeven, o.a. bij Bergen (NH), een tweetal bij Haarlem, verder een ter hoogte van Amsterdam, in zuidelijk Flevoland + Gelderse Vallei, in het gebied van de Gelderse IJssel (Zie fig. 2) en een kleine ten noorden van Denekamp. Aangenomen wordt dat het landijs voordien was gekomen tot de lijn Castricum - Hoorn - Urk - Ootmarsum. Volgens mijns inziens lag daar de zuidelijke eindmorene, hetgeen inhoudt dat daar een - zij het verschuivend - evenwicht bestond

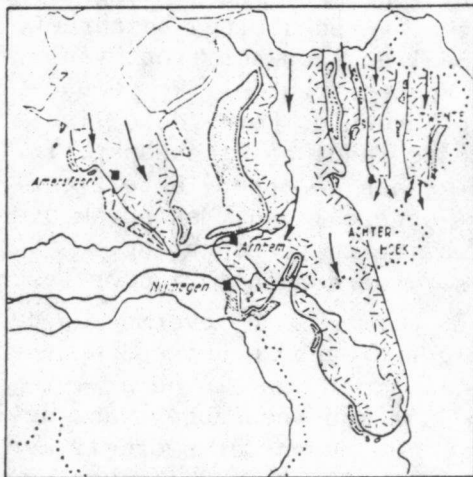


Fig. 1: Verbreiding van de gletsjertongen. Gearceerd = stuwwallen; ongeregelde streepjes = grenzen van de ijstongen; pijlen = richting van de gletsjerstroom. Uit TER WEE (1962).

tussen aanvoer en afsmelting van het ijs. Dit is dus een temperatuurgrens van 0° of iets hoger. We kunnen ons voorstellen dat om het nul graden punt het ijs instabiel is, d.w.z. dat het door betrekkelijk kleine oorzaken tot snellere uitvloeï zal kunnen overgaan. Hierbij kunnen zgn. 'quick-gletsjers' optreden die snelheden kunnen bereiken die 20 tot 40 maal groter zijn dan de gebruikelijke. Het begin van het optreden van een versnelde vloeï kan bijv. een extra druk zijn die ontstaat als er op het landijs langdurig sneeuw is gevallen.

De snelheid waarmee een gletsjer zich voortbeweegt is, naast de temperatuur van het ijs (o.i.v. de luchttemperatuur), vooral afhankelijk van de helling van het oppervlak van de gletsjer. Ze wordt maar weinig beïnvloed door het morfologisch verloop van de bodem. De gletsjertong moet een breedte hebben gehad van 20 á 25 km en een hoogte van ± 500 meter. Ze vloeide over de rivierafzettingen van de Formatie van Urk. Het is niet waarschijnlijk dat er een diep rivierdal was, immers vrijwel overal in de Urk-afzettingen zien we sedimentaire structuren die kenmerkend zijn voor een verwilderd rivieren-

stelsel. Een gletsjermassa van een halve kilometer dikte zal zich van een rivierdal van een tiental meters diepte weinig laten beïnvloeden.

De vloeiende gletsjertong heeft een directe invloed op de bovenste paar meter van de bodem, vooral door het smeltwater. Daarnaast oefent het een extra verticale druk uit op de ondergrond. Dit heeft twee effecten. Ten eerste zal er een grotere compactie van de pakketten plaats vinden, die bij silten en kleien groter zal zijn dan bij zanden. Hierdoor wordt het porienvolume kleiner naarmate de korrelgrootte kleiner is. Het gevolg is dat de druk in het porienwater aanzienlijk zal stijgen. Dit kan waarden bereiken die gelijk zijn - of mogelijk zelfs groter dan - de totale druk van de sedimentpakketten plus die van het ijs. Ten tweede zal de ondergrond, die onder verticale druk staat van de ijsmassa, zich in laterale richting gaan verplaatsen naar plaatsen waar deze druk minder is: dat is voornamelijk naar de zijkanten. (Zie fig. 3). In principe verplaatst zich een gesteentepakket in zijn geheel, waarbij de onderkant daar optreedt, waar zich materiaal bevindt dat een goede schuiflaag kan zijn. In ons geval zijn dat kleirijke lagen. Op welke diepte de schuiflaag ontstaat is dus afhankelijk van de samenstelling van de opeenvolgende sedimentpakketten, de totale verticale druk, de poriendruk en het gewicht van de verplaatste massa op een (on)bepaald niveau. Met het verplaatsen van de eerste gesteentemassa, het zijwaarts en opwaarts bewegen, wordt druk opgebouwd

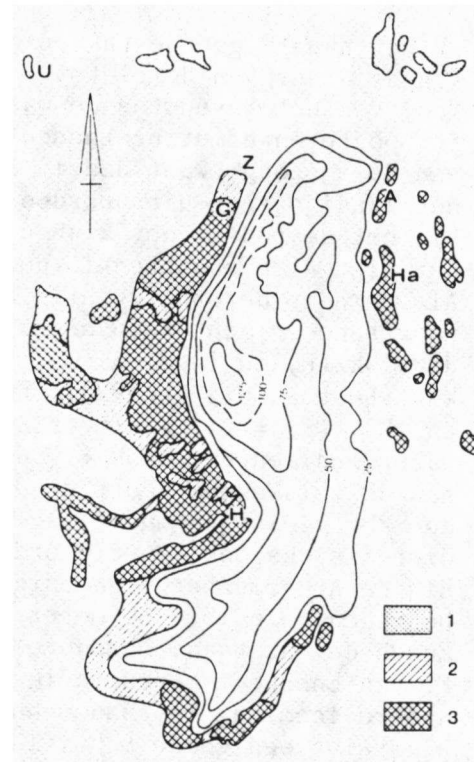


Fig. 2: Diepte van het glaciale bekken in het gebied van de IJssel met stuwwallen en keileem (eindmorene). Naar de kaart over Glaciale Verschijnselen in het Saalien (ZAGWIJN en VAN STAALDUINEN 1975). 1 = gestuwde keileem aan het oppervlak; 2 = stuwwal bedekt door jonger materiaal; 3 = stuwwal. U = Urk; Z = Zwolle; G = Gemeentegroeve Hattem; A = Archemerberg; Ha = Haarlerberg; D = Deventer; H = Hullekesberg. Tekening Ellen Koot, Amersfoort.

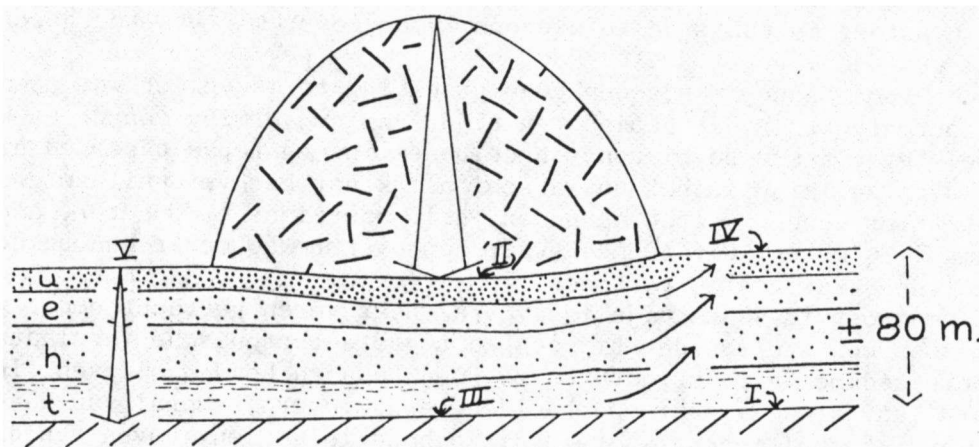


Fig. 3: Drukverhoudingen in het gesteente onder invloed van het ijspakket. Niet in verhouding getekend. Gletsjer is 500 m dik en ± 15 km breed. Formaties: t = Tegelen, h = Harderwijk, e = Enschede en u = Urk. De verticale druk is: hoogte in meters x soortelijk gewicht gedeeld door 10 = kg per cm^2 . I = onderkant van Tegelen; F = Formatie; druk is $80 \times 2,5 : 10 = 20 \text{ kg/cm}^2$. II = druk onder het ijs is $500 \times 1 : 10 = 50 \text{ kg/cm}^2$. III = druk onderkant van Tegelen-F onder het ijs is I plus II = 70 kg/cm^2 . IV: De druk aan de bodem is nul (eigenlijk 1 atmosfeer). V geeft aan een toenemende druk met de diepte. Schuine pijlen = richting van schubvormige opschuivingen onder invloed van het drukverschil tussen III en IV.

in het naastliggende pakket dat op zijn beurt opschuift, enz. Hoe verder van de grens van de gletsjertong verwijderd hoe 'jonger' de schub is. Veel van het bovenstaande was al bekend. We komen nu toe aan het verschil in hoogte en afmeting tussen de stuwwallen ter linker en ter rechter zijde van de ijstong; want daarin lag immers de grondslag voor de opvatting dat het landijs zich uit noordoostelijke richting zou hebben voortbewogen, waarbij het de bodem voor zich uit zou hebben geschoven. Hiertegen pleit al dat niet alle schubben in dezelfde richting zijn opgeschoven.

Als we naar de stratigrafie kijken dan zien we aan de Veluwekant van boven naar beneden achtereenvolgens de Formaties van Urk (R), Enschede (R), Harderwijk (R) en Tegelen (O), terwijl dit bij de stuwwallen aan de oostelijke kant bestaat uit Urk (R), Enschede (R), eventueel Harderwijk (R) en Sceemda (R). (R) = rivierafzetting, (OO = overgangsgebied tussen zoet en zout water sedimenten; brak = wad-achtig.

Aan de Veluwekant heeft de schuiflaag zich op ± 80 meter diepte gevormd in de zeer kleirijke onderlaag van de Formatie van Tegelen. De gemiddelde schubdikte is dus ook van die orde.

Bij de Archemerberg, de enige plaats waarvan de schubdikten mij bekend zijn, bedragen deze 15 á 30 meter. Hier zijn de schuiflagen binnen de Formatie van Enschede ontstaan. Dat deze schubben in dikte variëren komt omdat zich in de F. van Enschede meerdere leemlaagjes bevinden en elke schub hier in een andere leemlaag is gaan schuiven. We zien dus dat voor een tectonische verplaatsing een goede schuiflaag (= minste schuifweerstand) zeer belangrijk is. Immers de leemlaagjes van de F. van Enschede zijn ook aan de westelijke kant aanwezig. Toch is daar een voorkeur geweest voor de F. van Tegelen, hoewel het te verplaatsen pakket aanzienlijk dikker was.

We menen met bovenstaande de noodzaak van een voortschuivende massa landijs uit noord-oostelijke richting tijdens de vorming van de stuwwallen te kunnen ontkrachten. De stuwwallen, die we als een soort van natuurlijke dijken kunnen beschouwen, hebben waarschijnlijk richting gegeven aan de verdere voortschrijding van het gletsjerlichaam; mogelijk is het daardoor zo ver zuidwaarts doorgedrongen.

Dat er in een volgende tijd wel 'aanvulling' vanuit het noordoosten is geweest is erg waarschijnlijk, vooral gezien het verloop van de maximale uitbreiding van het gletsjerijs in Duitsland. In ons land is de maximale uitbreiding tot aan de zuidelijke Veluwerand gekomen. Veel zal dat niet geweest zijn, want er is langs de Velwezoo, voor zover mij bekend, geen 'eindmorene' gevonden.

Uit het voorgaande is nog een gevolgtrekking te maken: er was geen of vrijwel geen permafrost in dit gebied ten tijde van de vorming van de stuwwallen. Hoewel het continu bevroren van de bodem in een bepaald gebied niet overal even diep zal zijn is het onwaarschijnlijk dat het verschil zo groot zal zijn als we hier zouden moeten aannemen, n.l. enerzijds ± 80 meter, anderzijds maximaal 30 meter. Dit te meer waar de bovenste 50 meter aan beide zijden eenzelfde stratigrafie vertonen.

De permafrost is waarschijnlijk vooral naar veren gebracht omdat men zich niet voor kon stellen dat bij een zo'n grote tectonische verplaatsing de fijnere sedimentaire structuren zo goed bewaard konden blijven. In de laatste tientallen jaren zijn er voorbeelden gepubliceerd, vooral van waarnemingen bij landverschuivingen, waarbij dit behoud is gezien. Boven een dikte van ongeveer 10 meter is gebleken dat de uitgebreidheid van de verplaatste grondmassa de belangrijkste grenswaarde bepaald.

Zeker kennen we permafrost-verschijnselen in ons land, maar deze zijn m.i. alle ontstaan in gebieden waaruit het ijs zich heeft teruggetrokken, terwijl het in ons geval een eerste bezetting door gletsjerijs op een 'maagdelijke' bodem betreft. We zouden vorstverschijnselen (solifluctie, vorstwiggen e.d.) in de scheefstaande Urk-afzettingen moeten aantreffen, hetgeen tot dusver aan mij niet bekend is.

Meer details en literatuur in Homburg 1986 en 1987.

Literatuur:

- Crommelin, R.P. & Maarleveld, G.C., 1949 - Een nieuwe geologische kaartering van de Zuid-Veluwe. Tijds. Kon. Ned. Aardr. Gen. 66, 41-56
- Homburg, C.J., 1986 - Hattem: tectoniek in Midden-Nederland. Grondboor en Hamer 40, 151-162.
- 1987 - Over het gletsjer - stuwwallen - complex langs de IJsselvallei. Grondboor en Hamer 41, 101-113.
- Jong, J.D. de, 1952 - On the structure of the préglacial Pleistocene of the Archemerberg. Geologie en Mijnbouw N.S. 14, 86-90
- 1955 - Geologische onderzoeken in de stuwwallen van oostelijk Nederland. Meded. Geol. Sticht. N.S. 8, 33-58
- Rutten, M.G., 1960 - Ice-pushed ridges, permafrost and drainage. Am. J. Science 258, 293-297
- Tesch, P., 1927 - De glaciale kneding. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 2^e serie, 44, 325-334
- Zagwijn, W.H. & Staalduinen, C.J. van, 1975 - Telichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland.
-
-