

EENE BIJDRAGE
TOT ONZE KENNIS OMTRENT DE
GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS
DER GELDERSCH E VALLEI

DOOR

J. J. PANNEKOEK VAN RHEDEN

MET 3 KAARTEN

OVERGEDRUKT UIT DE VERHANDELINGEN VAN HET GEOLOGISCH-
MIJNBOUWKUNDIG GENOOTSCHAP VOOR NEDERLAND EN KOLONIËN.
GEOLOGISCHE SERIE — DEEL XII. TWEDE STUK. BLADZ. 265—288.

's-GRAVENHAGE. — N.V. BOEK- EN KUNSTDRUKKERIJ V. H. MOUTON & CO.

1939

EENE BIJDRAGE TOT ONZE KENNIS OMTRENT DE GEOLOGISCHE GESCHIE- DENIS DER GELDERSCHE VALLEI.

DOOR

J. J. PANNEKOEK VAN RHEDEN

KAARTEN EN LITERATUUR.

1. Chromotopografische kaart des Rijks, 1 : 25000. Topografische Inrichting, 's Gravenhage.
2. Rivierenkaart, 1 : 10000, Serie I: Boven Rijn, Waal, enz. en Serie II: Pannerdensche Kanaal, Neder Rijn, Lek, enz.
3. Geologische Kaart van Nederland, Rijks Geol. Dienst, 1 : 50000. Elk blad verdeeld in 4 kwartbladen I—IV, Top. Inr.
4. Geologische Overzichtskaart van Nederland, 1 : 200000. Uitg. Geol. Mijnb. Gen. en Rijks Geol. Dienst. Top. Inr.
5. BEEKMAN, A. A. — Nederland als polderland.
6. BELLEN, H. J. — Het veen in de Geldersche Vallei en de praehistorie. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. Juli, 1931.
7. BLINK, H. — Nederland en zijne bewoners, van Looy, Amsterdam.
8. CROMMELIN, R. D. — Sediment-petrologische onderzoekingen, IV Mededeel. Landbouwhoogeschool, Dl. 42, Verh. 2. Veenman & zonen, Wageningen, 1938.
9. DIEPERINK, J. W. — De verzakking van waterpasmerken tusschen Wagningscheberg en Grebbeberg, Handel XXIV Nederl. Nat. en Gen. Congres te Wageningen. Kleynenberg & Co, Haarlem 1933, pag. 267—268.
10. EDELMAN, C. H. — Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair. Diss. Centen, Amsterdam, 1933.
11. EDELMAN, C. H. — Sediment-petrologische onderzoekingen, I. Die Petrologie der Sande der niederländischen Flüsse: Rijn, u.s.w. Veenman & zonen, Wageningen, 1934.
12. EDELMAN, C. H. — Geologische resultaten van het zandonderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden gedurende de laatste vijf jaren. Voordr. Geol. Inst. Univers. Utrecht, Februari 1938. Geol. en Mijnb. Jrg. 17, No. 6.
13. EDELMAN, C. H. — Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sedi-

- ment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden, T.K.N.A.G. Mei, 1938.
14. EDELMAN, C. H. en CROMMELIN, R. D. — Over de periglaciale natuur van het Jong-pleistoceen in Nederland. T.K.N.A.G. Ser. 2, Dl. LVI, 1939, pag. 502—513.
 15. FLORSCHÜTZ, F. — Ueber spätpleistozäne Flugsandbildungen in den Niederlanden, Compte Rend. Congrès intern. Géographie, Amsterdam, 1938.
 16. FLORSCHÜTZ, F. — Spätglaziale Torf- und Flugsandbildungen in den Niederlanden als Folge eines dauernden Frostbodens. Abh. Nat. Ver. Bremen, 1939, Bd. XXXI, Heft 2, pag. 319—325.
 17. FLORSCHÜTZ, F. — Die paläobotanische Grenze Pleistozän-Holozän in den Niederlanden. Rec. Trav. Botan. Neerl. Vol. XXXVI, 1939. (Meded. Botan. Mus. Rijks Univ. Utrecht, No. 70), pag. 550—558.
 18. LORIE, J. — Beschouwingen over het Diluvium van Nederland. T.K.N.A.G., Dl. IV, 1887, pag. 383—453.
 19. LORIE, J. — De zandonderzoekingen der laatste jaren. T.K.N.A.G. 1897, pag. 321—364.
 20. LORIE, J. — De grondboringen om Wageningen. Meded. omtr. de Geol. v. Nederl. Comm. Geol. Onderz. No. 22. Verh. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, 1897.
 21. LORIE, J. — De geologische bouw der Geldersche Vallei, benevens beschrijving van eenige nieuwe grondboringen. Med. Geol. Nederl. No. 35, Kon. Akad. Wet. 1906.
 22. LORIE, J. — Bouw en wording der Geld. Vallei. Lezing op 25 X 1909.
 23. LORIE, J. — De geol. bouw der Geld. Vallei II, ben. descr. nieuwe grondbor. Meded. Geol. Nederl. No 39. Verh. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, 1916.
 24. MILANKOVITCH, M. — Math. Klimalehre u. astr. Theorie d. Klimaschwankungen. Handb. Klimatol. Bd. I, Teil A, Borträger, Berlin, 1930.
 25. NORLIND, ARNOLD — Die geographische Entwicklung des Rheindeltas bis an das Jahr 1500, Amsterdam, 1912.
 26. OOSTING, W. A. J. — Bodemkunde en bodemkarteerung. Veenman & zonen, Wageningen, 1936.
 27. RHEDEN, J. J. PANNEKOEK VAN — Eine ältere Niederterrasse im Nieder-rhein-Gebiet zwischen Doetinchem und Wesel, u.s.w. Naturh. Maandbl. Jrg. 22, No. 7, Maastricht, 1933.
 28. RHEDEN, J. J. PANNEKOEK VAN — River-built levees in the Betuwe. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Dl. XI, St. 4, 1936.

29. SCHOO, J. — De wegen door het land der Bataven op de kaart van Peutinger. T.K.N.A.G. 1937, pag. 649—700.
30. VEEREN, F. E. L. — Comm. geg. hydrol. gest. prov. Utrecht. Nederl. Congres openb. gezondheidsregeling, 1907.
31. VINK, T. — De Lekstreek. H. J. Paris, Amsterdam, 1926.

VERKLARING DER GEBRUIKTE SYMBOLEN.

EXPLANATION OF SYMBOLS USED.

De gebruikte symbolen zijn ontleend aan de geologische kaart van Nederland vervaardigd door Rijks Geologische Dienst.

The symbols used are taken from the geological map published by Rijks Geologische Dienst.

I HOLOCEEN. HOLOCENE.

- I 10 k Jonge zeeklei.
Young marine clay.
- I 9 Beekafzetting.
Fine sand and clay deposited by small streams.
- I 8 z Rivierzand.
Sand deposited by the bigger rivers, the Rhine, etc.
- I 7 k Rivierklei.
Clay deposited by the bigger rivers.
- I 6 v Moerasveen.
Peat deposited in smaller swamps.
- I 5 v Laagveen.
Peat deposited in the bigger moors.
- I 3 k Oude zeeklei.
Old marine clay.
- I 0 z Rivierzand, oudere rivierafzettingen en oppervlakkig omgewerkt laagterras.
Old holocene riversands, for a part superficially turned over sands of the Lower Terrace.

II PLEISTOCEEN. PLEISTOCENE.

- II 8 Postglaciale dalopvulling of laagterras.
Lower Terrace and postglacial sands in general.
- II 8' Eemvorming.
Eemian, an interglacial formation (Riss-Würm interglacial).
- II 6 Midenterras.
Middle Terrace.

- II 4 Fluvioglaciaal.
Fluvioglacial.
- II 3 Grondmoreene.
Ground moraine.
- II 2 Gestuwd Praeglaciaal.
Praeglacial deposits pushed up by the Riss-ice.
- II 1 Ongestuwd Praeglaciaal. (Hoogterras).
Praeglacial deposits (Higher Terrace) not affected by ice.
- II 0 Praeglaciaal ouder dan het Hoogterras.
Praeglacial older than the Higher Terrace.

VOORWOORD.

In het jaar 1936 publiceerde ik een stukje (van RHEDEN, 1936) over oeverwallen in de Betuwe, waarin ik beschreef, hoe in een aanzienlijk deel van Nederland het gedurende den Würm-ijstijd afgezette laagterras in het Holoceen wederom aan erosie blootstond, en wel in verschillende fasen: gedurende Subarcticum en Praeboreaal „*eerste erosie*”, voerende tot de vorming van „*erosievlak één*”; daarna *rust* gedurende het Boreaale; daarna gedurende het Atlanticum „*tweede erosie*”, voerende tot de vorming van „*erosievlak twee*”; en eindelijk afzetting van een in hoofdzaak uit klei bestaand systeem van oeverwallen in subborealen tot recenten tijd.

Het lag nu voor de hand zich af te vragen, of eene dergelijke erosie ook in andere met laagterraszanden gevulde rivierdalen in Nederland heeft plaats gehad.

Voor de Geldersche Vallei was dit reeds daarom waarschijnlijk, omdat alleen de aanwezigheid van den Rijndijk tusschen Wageningen en de Grebbe verhindert, dat bij hoogen rivierstand water van den Neder Rijn via de G.V. naar de Zuiderzee stroomt.

Bij bestudeering van de topografische kaart (1 : 25000) bleek mij, dat in het laagterras een duidelijke terreintrap is waar te nemen. Ongeveer 2 km ten SW van Woudenberg, b.v. bij de boerderij Eikelenburg, is deze zeer duidelijk, en heeft daar eene spronghoogte van ongeveer 3 m. (Top. Kaart, bl. 447 en mijn Fig. 1). Dezen rand kan men op de kaart zoowel in de richting naar Amersfoort als naar die van de Grebbe vervolgen.

In den zomer van het jaar 1938 vertoefde ik in verband met andere bezigheden eenigen tijd te Amersfoort en maakte van die gelegenheid gebruik de vraag van het eventueele voorkomen van eenen vroegeren Rijnloop door de G.V. in het terrein te bestudeeren.

Toen ik in den winter van 1938/39 mijne in het veld gedane waarnemingen uitwerkte, beoogde ik oorspronkelijk alleen het maken van een schetskaartje van den dalbodem dezer vallei. Eene inmiddels verschenen studie (CROM-

MELIN 1938) gaf mij toen aanleiding op de vraag van het ontstaan van het laagterras zelve in te gaan. Door verschillende omstandigheden vertraagde zich de afsluiting van mijn manuscript. Ik moet nu (herfst 1939) eindelijk tot een einde komen. Ik kan dus slechts vluchtig nota nemen van de in den loop van 1939 verschenen verdere studies van CROMMELIN, EDELMAN en FLORSCHÜTZ.

Op de profielen en kaart heb ik voor de niet zelf onderzochte hoogere deelen van de G.V. gebruik gemaakt van de Geologische Kaart van Tesch. Op mijn kaart en profielen is dus overal de „fluvioglaciale mantel” ingetekend. Men mag daaruit echter niet afleiden, dat ik de opvatting van EDELMAN en CROMMELIN (1939) onjuist acht. Integendeel, zij schijnt mij zeer aannemelijk. Zij geeft eene plausible verklaring van de „oeverwallen” van LORIE in de G.V.

MORFOLOGIE DER GELDERSCHE VALLEI.

Men vergelijke hierbij Top. Kaart, Bl. 369, 388—390, 407—410, 427—430, 446—449, 466—468, 488 en 489; Geol. K. Bl. 26, 32 en 39 I en II; Geol. Overz. K. Bl. 10; mijn Fig. 1, 3, 4, 6—10.

De G.V. wordt in het E begrensd door de Veluwe en in het W door de Utrechtsche Heuvelen. Zij loopt van de Grebbepoort in ongeveer SSE-NNW richting tot aan de Zuiderzee (een afstand van ca. 35 km) en zet zich nog bijna 15 km in dezelfde richting voort als een breede onderzeesche trog. Gemeten rechthoekig op de as bedraagt de breedte bij de Grebbepoort ca. 4 km en bij den Emmikhuizer Berg ca. 9 km; zij neemt daarna snel toe tot ca. 16 km, om op de lijn Amersfoort—Nijkerk weer tot ca. 11 km af te nemen. Ten N van Amersfoort wijken de dalwanden uiteen.

De dallijn (Thalweg) der G.V. ligt in de zuidelijke helft *wel*, doch in de noordelijke helft *niet* symmetrisch. Zij is hier sterk naar het W verschoven tot aan den voet der Utrechtsche Heuvelen. Daar liggen dan ook de hoofdrivieren, de Eem en de Lunterensche Beek. Naar het E, naar de Veluwe, stijgt de bodem vrij langzaam en regelmatig op. De lagere gedeelten der Vallei, zoowel in het S als in het N, waren eertijds bedekt met eene samenhangende strook venen. Deze zijn nu echter op enkele resten — vooral gelegen in het S — na, afgegraven.

Merkwaardig is, dat de Geol. Kaart op het de G.V. omringende fluvioglaciaal uitgebreide zandstuivingen vermeldt, doch in het geheele II 8 slechts één enkel klein stuifzand gebied ten SE van Nijkerk. Men moet hierbij echter bedenken, dat het lager gelegen II 8 vroeger en intensiever in cultuur gebracht is, dan het hooger liggende, drogere, II 4. Hierdoor kan een aantal zandstuivingen als zoodanig onherkenbaar zijn geworden. Om een voorbeeld te noemen: het verloop der isohypsen en de sterke variatie der hoogtecijfers

in de Kruishaarsche en Appelsche Heide, Top. K. Bl. 409, duidt er op, dat hier een oud, min of meer fossiel geworden, duingebied ligt. Het is dus waarschijnlijk, dat eertijds het II 8 der G.V. veel meer stuifzandgebieden bezat, dan het nu den schijn heeft. De loop der Barneveldsche Beek en harer zijbeken maakt echter niet den indruk in een duingebied ontstaan te zijn (zie Fig. 1). Alle loopen over een aanzienlijken afstand parallel aan elkaar, een typisch beeld van consequente drainage vertoonend. Bij een dergelijken vorm van het terrein zou men eerder denken aan een ontstaan door watertransport of solifluctie, dan aan aeolischen oorsprong. Volgens de waarnemingen van C. E. WEGMANN (geciteerd door EDELMAN en CROMMELIN, 1939, pag. 508) zou men deze dekvormige zandafzettingen toe kunnen schrijven aan zandverstuiving tegelijk met sneeuwdrift.

Laten wij thans nog even de profielen beschouwen. In Fig. 3 ziet men een lengteprofiel door de G.V., loopende in de richting van S 30 E naar N 30 W. Het begint op den oeverwal van de Waal, kruist het lage terrein van de Betuwe, waarboven zich de uit laagterraszanden opgebouwde heuvel van Gesperden verheft, alsmede den oeverwal van den Neder Rijn aan den ingang der G.V. Tot Veenendaal volgt nu de lage dalbodem der zuidelijke G.V. Daarna verwijderd zich het profiel verder van de dallijn en snijdt het hoogere terrein tusschen Renswoude en Scherpenzeel aan. Het daalt dan af in de kom van Amersfoort, kruist den hooger rug van Ham, die deze kom aan den noordkant omgeeft en daalt nu relatief steil af naar de veenvlakten van Bunschoten, waaronder de laagterraszanden tamelijk steil onderduiken.

Profiel Fig. 4 volgt niet, zooals Fig. 3, eene rechte lijn, doch houdt zich in hoofdzaak aan de huidige dallijn der G.V. Het verval in het zuidelijke deel der G.V. is zwak, doch neemt in de buurt van Woudenberg toe en daarna weder af in de kom van Amersfoort, om eindelijk nagenoeg horizontaal te worden in de Bunschoter venen.

Rechthoekig op Fig. 3 heb ik 5 dwarsprofielen geteekend, nl. de figuren 6—10. Wij zien op Fig. 6 en 7 ter weerszijde den fluvioglacialen mantel, die het gestuwde praeglaciaal der heuvels omgeeft, en daar tusschen het II 8. Men vergelijkte bij de bespreking van deze en ook van de andere profielen ook Fig. 1.

In de laagterrasvlakte ziet men een geul met vlakken bodem, die aan beide kanten door een meer of minder duidelijken steilrand gescheiden is van het II 8. Deze geul is aangeduid met het symbool I 0 z van het Oud Holoceen.

Denken wij ons op deze beide profielen de geul opgevuld, dan heeft de bodem der vallei eene hoogte van respectieve $7\frac{1}{2}$ en 7 m boven A.P. De opvullingslijnen zijn op de profielen aangegeven.

De drie volgende profielen, 8, 9 en 10, vertoonen het II 4 alleen aan den linker kant. Rechts blijven zij tot aan den rand op II 8.

Op Fig. 8 wordt de geul alleen in het W door een steilen rand begrensd. In het E stijgt het terrein geleidelijk op. De opvullingslijn ligt hier op ca. 5½ m.

In Fig. 9 wordt het opgevuld gedachte dal aan beide kanten door een steilrand begrensd. In het westelijke gedeelte is onder de op ca. 4 m gelegen opvullingslijn een jonger dal uitgeschuurd van 2½ à 3 m diepte.

Op Fig. 10 ligt de opvullingslijn op ruim 3½ m hoogte. Bij vergelijking met Fig. 1 ziet men links het lage terrein bij Amersfoort, dan een rest van den vroegeren hooger dalbodem, dan een zijdal van de Barneveldsche Beek en geheel rechts het dal der Breede Beek bij Nijkerk.

Denkt men zich de geheele G.V. opgevuld tot de hoogte der „opvullingslijnen” en de venen van Bunschoten benevens het water der Zuiderzee weggenomen, dan ontstaat eene oppervlakte, waarvan ik met behulp der in de archieven der Geologische Stichting berustende boorstaten eene schets ontworpen heb, nl. Fig. 2, alsmede een lengteprofiel, nl. Fig. 5.

De beide profielen, Fig. 3 en 4, geven ook eene doorsnede van het II 8 en van de daar onder en daar op liggende formaties. In de Betuwe bestaat de vloer der laagterraszanden uit II 1 (waaronder hier ook eventueel voorhanden II 2, II 3, II 4 en II 6 samengevat worden). Het dek bestaat uit Holoceen (klei, I 7 k, zand, I 8 z en veen, I 6 v). Vaak ook is het II 8 weggeschuurd, zoodat het Holoceen direct rust op het II 1. Eene vergelijking van Fig. 3 en 4 toont duidelijk deze onregelmatige erosie en den oneffen vloer van het Holoceen.

Van af den oeverwal aan de Neude kan men de holoceene klei nog eenige km ver de G.V. in vervolgen. Eertijds strekte zich, waarschijnlijk reeds voor een deel op dit kleidek, maar hoofdzakelijk meer noordelijk en in de dalgeul, een groot veengebied uit. Dit is thans weliswaar voor het grootste deel afgegraven, maar hier en daar zijn toch nog resten bewaard gebleven (vgl. de Geol. K.). Ik heb, voor zooverre ik kon, op Fig. 4 ook de grenslijn tusschen het II 8 en de holoceene deklagen aangegeven. De dalbodem van de geul heeft vóór de veenvorming begon, een tijdlang blootgestaan aan de werking van den wind. Daardoor kunnen hier en daar opstuivingen ontstaan zijn van zanden, die petrografisch niet te scheiden zijn van het II 8, waardoor de bodem stroomafwaarts schijnt te stijgen.

Verder heeft, naar het schijnt, de Lunterensche Beek kort na het begin van de veenvorming bij De Groep in het hoofddal een vlakken zandkegel van tot ruim één m dikte afgezet, die hier en daar rust op een veenlaagje. De lijn van Fig. 4 loopt hier trouwens iets zijdelings (ten N) van de diepste dallijn, waardoor de oppervlakte van het II 8 hier rijst.

In het midden en noorden der G.V. rust het II 8 op II 8', de Eemlagen. In Fig. 3, die ongeveer de as der vallei volgt, daalt de vloer tamelijk regelmatig

naar het N. In profiel Fig. 4, dat nu eens dichter bij het midden, dan weer dichter bij de wanden der Vallei ligt, golft de vloerlijn natuurlijk op en neer.

Beide profielen toonen aan hun noordeinde de dikke laag van I 5 v, laagveen, en I 10 k, jonge zeeklei, die aldaar het II 8 bedekken, korthedshalve zijn zij daar samengevat als I (Holoceen). Voor meer bijzonderheden zie men de profielen op de Geol. Kaart.

EENIGE OPMERKINGEN OMTRENT HET WERK VAN VROEGERE ONDERZOEKERS EN VAN MIJZELF.

Het denkbeeld, dat eertijds een Rijnarm bestaan zou hebben door de G.V. is allermintst nieuw. LORIE (1906, pag. 49) en BLINK (I, pag. 399) geven lijsten van de vele over deze vraag handelende geschriften.

In de uitvoerige beschrijving, die LORIE aan de G.V. wijdt (1906, 1909 en 1916), komt hij tot de conclusie, dat het laagterras van de G.V. door eenen Rijnarm is aangevoerd en dat daarin later een geul is ingesneden. LORIE heeft den westrand van bovenvermelde geul onderzocht (1906, pag. 66—71) van de Grebbe tot voorbij Amersfoort. Ikzelf heb dezen rand langs de geheele lengte gekarteerd van Amersfoort tot dicht bij de Grebbe, zonder vooraf de publicatie van LORIE gezien te hebben. Toen ik daarna mijne kaart vergeleek met die van LORIE en met zijne beschrijving, stemden beide goed overeen. Ook op de topografische kaart, vooral op de bladen 447 en 466, is trouwens deze rand duidelijk te herkennen.

De oostrand van de geul is veel minder duidelijk (op de oorzaak hiervan kom ik later terug). Toch is zij in de buurt van de Klomp, Bl. 467, goed zichtbaar. LORIE heeft deze geul opgevat als den loop van eenen ouden Rijnarm: „De rivierarm der Geldersche Vallei ging te gronde toen de tijd daar was om ook langs hare oevers klei af te zetten, vandaar dat men die ook niet vindt, want de klei tusschen Wageningen en Reenen is bezonken in eene *bocht*, niet in eenen *arm* van den Rijn” (LORIE 1887, pag. 444).

Mijne Fig. 4 steunt deze opvatting en het schijnt ook mij moeilijk het ontstaan dezer geul te verklaren zonder de werking van stroomend water aan te nemen, c.q. eenen Rijnarm geholpen door de Lunterensche, Glinder, Modder e.a. Beken.

Een tweede feit, dat pleit voor eenen Rijnloop door de G.V. is de omstandigheid, dat de G.V. lager ligt dan het niveau van het laagterras, dus ook van het Rijnwater, in de Betuwe.

Langs den N-rand van de Betuwe komen tusschen Arnhem en Amerongen geen II 8-resten meer voor. Wij moeten de voormalige hoogte dus trachten te vinden door reconstructie. Daartoe beschikken wij over de hoogte van een aantal relicten, deels langs de zijwanden van het dal, deels geïsoleerd

in het dal liggend, zoowel in of nabij de Over Betuwe als ook veel verder stroomafwaarts gelegen (zie Prof. 11).

De in of nabij de Over Betuwe gelegen relicten bestaan uit twee groepen: eene hogere, waartoe behooren: de terrassenresten van Rheden (13 à 14) en Velp (13 à 14) en de geïsoleerde eilanden Zyfflich (15.2), Zandpol (14.1) en Persingen (14.7 m + A.P.). Deze groep behoort m.i. tot een ouder, hooger, laagterras uit een der beide oudere Würmijstijden. De aanwezigheid van een dergelijk hooger laagterras kon ik ook aantoonen in het Rijndal in de buurt van Doetinchem (VAN RHEDEN, 1933) en in het Maasdal tusschen Roermond en Venlo (Geol. K. Bl. 52 en 58).

Het lijkt mij beter deze hogere terrassenresten bij onze reconstructie uit te sluiten en alleen gebruik te maken van de lagere groep. Daartoe reken ik de terrasseneilandjes van Duiven (11.3), Baal (10.9), de Heuvel (10.4), Elst (10.5) en Valburg (10.9 m + A.P.).

De hoogten dezer groep, gecombineerd met die van de donken (VINK, 1926) van Bergambacht (2.5 m), Brandwijk (3.52 en 3.65 m), de Schoonenburger groep (2.17 m) en Hilligersberg (0.28 m), geven als waarschijnlijke hoogte van het laagterras tegenover de Grebbepoort ruim 9 m + A.P. De laagterrasheuvel van Gesperden, die wegens de geringe grootte nauwelijks zijne oorspronkelijke hoogte behouden kan hebben, is nu ruim 8 m hoog, hetgeen zich goed aansluit bij het door constructie gevonden cijfer van ruim 9 m.

Zooals men ziet, heb ik op Prof. 11 niet eene naar boven concave verhanglijn geteekend, maar eene rechte. Het afnemen van het verval stroomafwaarts wordt veroorzaakt door het afnemen van de korrelgrootte der meegevoerde sedimenten en het toenemen van de waterhoeveelheid ten gevolge van het opnemen van zijrivieren. Nu blijft de korrelgrootte der laagterraszanden in de Nederlanden vrijwel gelijk. Verder heeft in eene aggraderende rivier geen concentratie van de waterhoeveelheid plaats. In tegendeel, de rivier splitst zich in vele armen en armpjes. Ik vermoed dus, dat het verhang ongeveer gelijk blijft en dat het dus juist is voor de constructie eene rechte lijn te trekken.

Bedenkt men nu, dat de noordelijke oeverwal van den Neder Rijn tusschen Wageningen en de Grebbe een kleidek draagt van ruim 2 m dikte, hetwelk pas in het Jong Holoceen gevormd is en dus ten tijde van de afzetting van het laagterras nog niet bestond, dan vraagt men zich af, hoe het mogelijk zou zijn, dat de Rijn, stroomende op het laagterras d.w.z. meer dan 9 m + A.P., de G.V., welker ingang 4 km breed en slechts 5 m + A.P. hoog was, *niet* zou binnengestroomd zijn.

Terwijl er veel is, dat pleit voor de vroegere aanwezigheid van een Rijnloop in de G.V., blijkt het bij eene kritische beschouwing reeds spoedig, dat de zanden in dit dal voor een groot deel *niet* door het Rijnwater aangevoerd

kunnen zijn. Uit de beschrijving van LORIÉ blijkt dit niet duidelijk. Hij vereenigt het geheele fluvioglaciaal met het laagterras. Daardoor komt de bovenrand van het II 8 zeer hoog te liggen en ontstaat het beeld der „wilde wateren”, die eerst in de G.V. geweldige zandmassa's deponeerden en die later weer op reusachtige schaal erodeerden. Bovendien had LORIÉ niet de beschikking over goede isohypsenkaarten, hetgeen hij zelf zeer betreurt.

Indien wij echter het op de Geologische Kaart als II 8 aangegeven gebied beschouwen en daarbij gebruik maken van de nieuwe isohypsenkaarten en dan in het oog houden, hetgeen ik boven over de hoogte van het laagterras in de Betuwe schreef, dan zien wij duidelijk het volgende: neemt men voor de hoogte van het fluviatiele laagterras aan de Grebbepoort eene hoogte van 9 m aan, dan moet de bovengrens van dit fluviatiele laagterras in de G.V. geleidelijk naar het N dalen. De helling van het laagterras in Prof. 11 bedraagt 1 m per km. Voor de kleinere G.V. zou men eerder eene iets steilere helling willen aannemen dan voor de Betuwe. Voor het oudere laagterras zou de bovengrens ongeveer 3 m hooger liggen. In beide gevallen blijkt het, dat een aanzienlijk deel van het II 8 — vooral aan den E-kant der G.V. — hooger ligt dan deze bovengrens. Deze zandafzettingen kunnen dus niet door den Rijn aangevoerd zijn, maar moeten gevormd zijn door locale factoren. Het ligt voor de hand aan te nemen, dat ook van het *onder* de bewuste bovengrens liggende zand een deel van ter zijde door deze locale factoren is aangebracht. Zuiver morfologische overwegingen wijzen dus in dezelfde richting, als de in de laatste jaren uitgevoerde onderzoekingen van EDELMAN, FLORSCHÜTZ, JESWIET, VAN DER VLERK, OOSTING, CROMMELIN, e.a. Zijn toonden aan, dat deze locale factoren niets anders zijn dan het geheele complex van periglaciaale werkingen gedurende den Würmijstijd, nl. wind, sneeuwdrift, solifluctie, enz. Kortheidshalve zal ik deze werkingen verder samenvatten onder den term „subaeolisch”.

De onderzoekingen van OOSTING hebben in hoofdzaak betrekking op de omgeving van Wageningen, die van CROMMELIN op het midden en Noorden der G.V.

Het door CROMMELIN uitgevoerde onderzoek (1938, pag. 15—27) is grondig en uitvoerig. Hij onderzocht monsters afkomstig uit meer dan 40 boringen, gelegen in twee profielen, één in het N en één ongeveer in het midden der G.V. en telkens de geheele breedte van het dal innemende. Deze monsters waren dus niet alleen aan de oppervlakte genomen, doch ook de diepere lagen werden onderzocht. Het totale aantal analyses bedraagt ruim 200! Bij dit onderzoek bleek de voor normaal Rijnlaagterras typische Lobith-mineraalassociatie afwezig te zijn, zoodat C. aanvoer van dit zand door den Rijn onaanvaardbaar acht. C. betoogt dan verder, dat het dalopvulsel der G.V. afkomstig moet zijn van de Utrechtsche Heuvelen en vooral van de Veluwe.

Met zijne conclusie (pag. 17): „Het zal ons duidelijk zijn dat de oude aanname, dat het Laagterras een fluviaatiele vorming is van een zijarm van den Rijn, door deze resultaten onaanvaardbaar moet worden geacht”, ga ik geheel accoord.

Terloops herinner ik hier aan het meeningsverschil tusschen SCHROEDER VAN DER KOLK, die dalopvulling door locale afspoeling aannam, en LORIÉ, die aanvoer door het Rijnwater waarschijnlijker achtte (LORIÉ, 1897, pag. 347 en 1906, pag. 89). Daar hunne discussie echter niet betrekking had op de G.V., maar op het dal van den Gelderschen IJssel, ga ik er niet verder op in.

De Geol. Kaart (wat dit gedeelte betreft, bewerkt door P. TESCH) vermeldt in de legenda: „II 8: Postglaciale” (d.w.z. Post-Riss) „dalopvulling of laagterras”. Het symbool II 8 omvat dus zoowel fluviaatiel laagterras (laagterras in engeren zin) als ook dalopvulling door andere locale factoren (zijkken, regen, wind, solifluctie, enz.). Ofschoon TESCH geen poging doet fluviaatiele en *niet*-fluviaatiele afzettingen te scheiden, is hij zich toch blijkbaar duidelijk bewust, dat een groot deel van het II 8 der G.V. niet fluviaatiel, d.w.z. niet door den Rijn aangebracht is. Ik herinner er hier verder aan, dat de indeeling op deze bladen der Geol. Kaart niet morfologisch, doch zuiver stratigrafisch is. Jongere, in het laagterras uitgesneden geulen, welker bodem uit dezelfde jongdiluviale zanden bestaat, als het hoogere terrein aan weerszijde, worden dus niet aangegeven. Het geheele terrein krijgt op de kaart de II 8-kleur.

Nadat CROMMELIN, zooals boven vermeld is, betoogd heeft, dat de zanden der G.V. niet door eenen Rijnarm aangevoerd kunnen zijn, stelt hij zich de vraag hoe het te verklaren is, dat het Rijnwater de 4 km breede open poort tusschen Wageningen en de Grebbe *niet* is binnengestroomd, ofschoon het verval naar de Zuiderzee door de G.V. sterker is, dan naar de Noordzee via Neder Rijn, enz. Hij geeft op deze vraag het volgende antwoord (CROMMELIN, 1938, pag. 26): „Het feit dat de „Rijn” in het Würmglaciaal de Geldersche Vallei niet als stroomgebied heeft gebruikt zal waarschijnlijk zijn redenen vinden in het vroeger aanwezig zijn van een opwelling in de zuidelijke helft van het dal, die als een barrière de vallei van den „Rijn” afsloot. Pas in historischen tijd schijnt de drempel door erosie zoodanig verlaagd te zijn, dat af en toe het Rijnwater gelegenheid had katastrophaal in het dal der Geldersche Vallei door te dringen.”

Tegen hetgeen CROMMELIN hier schrijft, heb ik bezwaar. Wel neem ook ik aan, dat er eenmaal eene de G.V. van de Betuwe scheidende barrière bestaan heeft, maar in een veel vroegeren tijd, nl. vóór het Würm III, dus vóór de vorming van het jongste laagterras. Doch ook geheel afgezien van de vraag of hier eenmaal al dan niet eene barrière gelegen heeft, is de wijze, waarop hij de zaak voorstelt, niet juist. Ik bespreek nu achtereenvolgens:

het binnendringen van Rijnwater in de G.V., den tijd van erosie en wat er nu van eene eventueele barrière te vinden is.

Binnendringen van Rijnwater in de G.V. De door CROMMELIN gegeven verklaring stelt de zaak voor, alsof deze uit den Würmijstijd afkomstige drempel pas zóó weinig door erosie verlaagd is, dat slechts af en toe (dus alleen bij *buitengewoon* hoogen waterstand) Rijnwater over dezen drempel heen en de G.V. binnen kan stroomen. In den regel moet deze drempel dus ook heden ten dage een binnendringen van Rijnwater beletten. Hij moet dus voor het grootste deel *nog steeds bestaan*.

Indien men de Topogr. Kaart, Bl. 488, 489, 509 en 510, verder de Geol. Kaart, Bl. 39 II, alsmede de Rivierenkaart, Ser. II, Bl. 6 en mijn Fig. 3 en 4 bestudeert, ziet men, dat hetgeen in werkelijkheid de G.V. beschermt tegen overstroming, bestaat uit den oeverwal aan de Neude, die zich rond 8 m boven A.P. verheft, en den rond 4 m hoogen bandijk daarop. Deze oeverwal bestaat uit jongholoceene klei, waarvan de afzetting pas begonnen is ruim 15000 jaren na het einde van den laagterrastijd. Bij BEEKMAN (pag. 44) en BLINK (vooral pag. 268 en 321) vindt men de noodige gegevens, waaruit men berekenen kan, dat tegenover de Grebbepoort de gemiddelde stand van den Neder Rijn voor de 6 wintermaanden rond 7 m + A.P. bedraagt (volgens LORIÉ, 1906 pag. 55, 7.4 m + A.P.) en de hoogste stand, bereikt in elk der opeenvolgende perioden van telkens 10 jaar, gemiddeld rond 10½ m. Men mag dus veilig aannemen, dat ieder of bijna ieder jaar één of meer malen een stand van 9 m + A.P. wordt bereikt. Dit is ruim voldoende om het water over den oeverwal te doen vloeien. Ongeveer elk jaar zou dus het Rijnwater de G.V. instroomen, *als* er op den oeverwal geen dijk aangelegd was.

De katastrofen, die C. vermeldt, hebben met natuurlijke erosie niets te maken. Zij zijn uitsluitend het gevolg van doorbraak van den Grebbedijk.

Tijd van erosie. Met het Subboreaal begint, zooals bekend, een tijd, waarin de opbouw overheerscht over de afbraak. Deze opbouw uitte zich in de vorming van de uit I 7 k en I 8 z bestaande oeverwallen langs alle rivierarmen. De vondst van twee waarschijnlijk middeleeuwsche ijzeren speren op een veenlaagje tusschen de klei van de Neude, welke OOSTING vermeldt (1936, pag. 109), past geheel in het kader dezer ophooging door afzetting van klei. Deze afzetting gaat daar, waar de mensch het Rijnwater niet buitengesloten heeft, dan ook nog steeds voort.

In historischen tijd hebben in deze buurt, afgezien van de stroomverlegging van den Neder Rijn in de middeleeuwen uit een loop ten S van den Marsch Polder in eenen ten N daarvan, blijkbaar zeer weinig veranderingen plaats gehad. Dit blijkt uit het onderzoek omtrent de ligging van den voormaligen Romeinschen weg langs den Neder Rijn. (SCHOO, 1937). Men heeft zelfs bij Kesteren een stuk van dezen weg terug gevonden, dat natuurlijk

verdwenen zou zijn, indien de Neder Rijn hier sedert den aanleg sterk zijdelings geërodeerd had.

Ook ten N van de rivier heerscht blijkbaar reeds lang een vrij stabiele toestand. Het bevel van keizer Frederik Barbarossa van 25 Nov. 1165 om door middel van doorgraving aan de Neude voor een deel van het Rijnwater een afloop naar het N te maken, teneinde het gevaar voor overstroming in Utrecht en Holland te verminderen (NORLIND, pag. 151—152 en BLINK, I, pag. 402) duidt op een toestand reeds vrijwel gelijk aan den huidige. NORLIND schrijft echter abusievelijk: „Die Sandbarrière, die das geldernsche Tal bei Wageningen von der Verbindung mit dem Rhein absperirt.” In werkelijkheid bestaat de oeverwal niet uit zand, maar uit klei. In historischen tijd kan dus de bewuste erosie niet hebben plaats gehad.

Overblijfselen eener barrière. Om in staat te zijn geweest gedurende het Würmglaciaal den Rijn den toegang tot de G.V. te versperren, zou deze barrière eene hoogte van minstens 9 à 10 m boven A.P. hebben moeten bezitten. Als materiaal, waaruit zij kon bestaan, komen natuurlijk slechts afzettingen in aanmerking ouder dan II 8, dus II 0, II 1, II 2, II 3, II 4, II 6 en II 8'. Wij moeten dus daar, waar zij nu nog ligt, of eenmaal gelegen heeft, thans lagen vinden ouder dan II 8, hetzij direct aan de oppervlakte, hetzij bedekt met afzettingen, jonger dan II 8. Korthedshalve vat ik deze oudere lagen samen als II 1. Ik wijs er hier echter nadrukkelijk op, dat wij deze overwegingen met kritiek moeten toepassen. Zij zijn nl. alleen daar geldig, waar geen later sterk transport van II 8-zanden heeft plaats gehad, aangezien in dat geval gevaar ontstaat, dat men *verplaatst* II 8 met *onverplaatst* verwisselt. In de G.V. is de toestand echter zóó, dat wij bovenvermeld criterium wél mogen toepassen.

In de G.V. komen tusschen de Utrechtsche Heuvelen in het W en de Veluwe in het E tegenwoordig geen lagen ouder dan II 8 aan de oppervlakte met uitzondering van den heuvel, waarop Veenendaal ligt en den Emmikhuizerberg.

De talrijke voorhanden boringen en de honderden door Rijks Geologischen Dienst bij gelegenheid van de karteering gemaakte, 2 m diepe, sondeeringen toonen aan, dat in de G.V. van N naar S een samenhangend dik pakket II 8-zanden ligt. De profielen van TESCH, Geol. K., Bl. 26, 32 en 39 II geven hiervan een duidelijk beeld. Men zie ook mijn Fig. 3 en 4. In de G.V. zelve lag dus eene dergelijke barrière niet.

Nu blijft ons nog over te onderzoeken, of er van eene tijdens het Würmglaciaal eventueel in of nabij de Grebbepoort voorhanden afsluiting nog resten te vinden zijn. Ook CROMMELIN schrijft: „in de zuidelijke helft van het dal”. Het meest voor de hand ligt dan de veronderstelling, dat de Grebberberg en de Wageningscheberg zich toen ter tijde verder naar het SE resp. SW uitstrekten en een samenhangenden rug vormden, ongeveer ter

plaats, waar nu de Neder Rijn vloeit. Zijdelingsche erosie van den Rijn zou dan later dezen rug opgeruimd moeten hebben.

Wij moeten hierbij rekening houden met de driedigheid van het Würmglaciaal. Ik behandel nu vooreerst uitsluitend den laatste dezer drie ijs-tijden, Würm III. Op de mogelijkheid eener afsluiting van de G.V. in oudere fasen van het Würmglaciaal kom ik eerst later in mijn opstel terug.

Om mij over de beteekenis van dit geheele verschijnsel beter te oriënteren heb ik alle zich in het archief der Geologische Stichting bevindende boorlijsten der bladen 465, 486—490, 507—511 en 529—533 nagezien. Dr. J. F. STEENHUIS was zoo welwillend aan dit onderzoek deel te nemen, zoodat ik ook van zijne ervaring in het duiden van boorgegevens gebruik kon maken. Een deel van het resultaat van ons onderzoek ziet men in vereenvoudigden vorm in het zuidelijke deel van Fig. 1. Ik heb daarop met een *zwarten* cirkel aangeduid die boringen, waarin het *Holoceen direct rust op II 1*, daarentegen met een *leeggelaten* cirkel die boringen, waarin tusschen Holoceen en II 1 nog *II 8 aangetroffen* werd. Het aantal boringen is in sommige buurten zeer groot, zoodat in verband met de schaal der kaart alleen een gering gedeelte ingeteekend kon worden. Ik heb dan echter zoo veel doenlijk de relatieve verhouding van „zwarte” en „witte” boringen gehandhaafd. De bladen 465, 486, 507 en 529, die buiten Fig. 1 vallen, geven een soortgelijk beeld te zien. Bij een aantal boringen, die daarvoor in aanmerking komen, heb ik het nummer, dat zij in de bij het betreffende blad behorende lijst dragen, vermeld en tevens de *hoogte van den bovenkant van het II 1* ten opzichte van A.P. Men zou nu het feit, dat in een aantal boringen in de Betuwe nl. No. 1, 2, 3 en 4, Bl. 510 en No. 3, 4, 17, enz. Bl. 509, de vloer van het Holoceen gevormd wordt door II 1, kunnen beschouwen als een *bewijs*, dat hier tijdens de afzetting van het laagterras een boven het niveau van het II 8 uitstekende heuvel van II 1 gelegen moet hebben, die den ingang der G.V. ten deele afsloot. Dan moet men echter logischer wijze eene dergelijke conclusie ook trekken, zoodat niet voor alle, dan toch voor het grootste deel der andere II 1-boringen. Dit zou dan tot de gevolgtrekking leiden, dat tijdens de afzetting van het laagterras de Betuwe tusschen Arnhem en Nijmegen voor het grootste deel versperd was. Voorts zou men moeten aannemen, dat het geheele gebied: Rhenen-Kesteren—Druten—Wamel—Lienden—Amerongen toen nog met den Grebberberg samenhing en dat tusschen Tiel en Wijk bij Duurstede een ware chaos bestond van II 1-heuvels met laagterras-kanalen daar tusschen. Men vraagt zich dan af, hoe het komt, dat in de samenhangende strook laagterras, die zich langs den voet der Utrechtsche Heuvelen van Amerongen via Doorn naar het N uitstrekt, dergelijke II 1-eilandjes geheel ontbreken.

De juiste verklaring van den boven besproken toestand is m.i. deze: op de opvulling met II 8-zanden in den Würm III-tijd volgde in de Betuwe

gedurende het Oud Holoceen eene grondige uitruiming (VAN RHEDEN, 1936). Deze uitruiming was zóó grondig, dat tusschen Arnhem en Rhenen aan den voet der heuvels nergens meer een laagterrasrest overgebleven is, dat deze dalwand zelf aangesneden is — vandaar de steilheid —, dat de donken relatief gering in aantal en klein van oppervlak zijn, en dat verder daar, waar tusschen het Holoceen en het II 1 eene laag II 8 overgebleven is, deze dun is en dat zelfs zeer vaak het II 8 geheel en al verdwenen is.

Indien dus tegenwoordig ergens het II 8 ontbreekt, is dit geen bewijs, dat hier gedurende den Würm III-tijd een II 1-heuvel lag. Omgekeerd kunnen wij uit het huidige voorkomen van II 8 als vloer van het Holoceen niet concludeeren, dat hier gedurende het Würm III-glaciaal een II 1-heuvel niet voorhanden *kan* zijn geweest. Immers eene rivier houdt bij het erodeeren het uitgeschuurde grint, zand, enz. niet onafgebroken in beweging tot de definitieve afllaadplaats (de zee, een meer, enz.) bereikt is, maar laat al spoedig een deel van haren last vallen. Zij neemt dan echter weldra weer ander materiaal op. Het is dus zeer goed denkbaar, dat een vroeger boven het niveau van het laagterras uitstekende heuvel van II 1 tot op een laag niveau weggeschuurd werd en daarna door de *erodeerende rivier zelve* in oud holoceenen tijd met II 8-zanden bedekt en dat deze zanden tot heden niet weer weggevoerd zijn.

Ten N van den Gesperden-donk komen lagen, ouder dan II 8, thans nergens aan de oppervlakte. In twee boringen, No. 36, Bl. 489 en No. 5, Bl. 510, nabij de Neude, blijkt echter het Holoceen direct te rusten op II 1, dus zonder tusschenlaag van II 8. In boring No. 35, Bl. 489 ligt het II 1 nog 0.5 m hooger, dan in No. 36 en draagt toch een laagterrasdek. Plekken, waar het II 1 zich tot 2 of 3 en zelfs 4 m boven A.P. verheft, zijn in andere gedeelten van de Betuwe herhaaldelijk aangeboord. Toch ligt daar nergens nu een II 1-donk. Vermoedelijk zijn deze hoogten ten slotte alle door het laagterras overstroomd geworden. De opvatting, dat ook ter plaatse van No. 36 in de Grebbepoort II 8 afgezet is geworden, maar in het Oud Holoceen verwijderd werd, is dus waarschijnlijker dan die, dat hier de resten van een voormaligen donk liggen. Het voorkomen van II 1 in boring No. 5, Bl. 510 op 2.7 m — A.P. kan m.i. niet gelden als een *bewijs*, dat hier in den Würm III-tijd een II 1-heuvel lag. Hoe dieper de vloer van het Holoceen ligt, des te grooter de kans, dat deze uit II 1 bestaat, maar des te geringer de bewijskracht voor het aanwezig zijn van een voormaligen II 1-donk.

Het resultaat van ons onderzoek omtrent het voorkomen van eene barrière, die tijdens de vorming van het *jongste* laagterras den toegang tot de G.V. zou afgesloten hebben, luidt dus: Resten van een dergelijken drempel ontbreken geheel en al. Zijn bestaan is eene hypothese pour le besoin de la cause. Het bewijs, dat er *geen* barrière geweest *kan* zijn, is echter evenmin te leveren.

EDELMAN heeft zich op een voordracht te Utrecht (Februari 1938) aldus geuit: „De meening dat de zandgronden van de Geldersche Vallei door den Rijn zouden zijn *vervormd*” (cursiveering door mij) „kan na de onderzoekingen van OOSTING en CROMMELIN als weerlegd worden beschouwd.” Blijkbaar concludeert hij: geen Lobith-mineralen gevonden, dus ook geen Rijnwater aanwezig geweest. Een zóó nauw verband mag men m.i. niet leggen. LORIÉ (1906) geeft eene lange lijst van jaren, waarin het Rijnwater zich door de G.V. een weg baande naar de Zuiderzee. In de vroege middeleeuwen en de 5 eerste eeuwen onzer jaartelling waren de dijken zeker zwakker. Het ligt voor de hand aan te nemen, dat ook toenmaals vele malen het Rijnwater door de G.V. is gestroomd. Hetzelfde geldt in nog hoogere mate voor het vroege Atlanticum, toen dijken geheel ontbraken. (Zooals de lezer ziet, laat ik het Subboreaál hier buiten beschouwing, daar toenmaals de ophooging door klei en modern rivierzand in de Betuwe waarschijnlijk nog niet voldoende was om het Rijnwater toegang te verschaffen tot de G.V.). Er zijn dus in den loop van een vrij aanzienlijk aantal eeuwen telkens groote hoeveelheden Rijnwater door de G.V. naar het N gestroomd. Toch kon CROMMELIN bij zijn uitvoerig onderzoek geen Lobith-mineralen aantoonen. Indien dus EDELMAN niet alleen *aanvoer* der laagterraszanden in de G.V. maar ook *vervorming*, dat wil dus zeggen *omwerking* der reeds door locale factoren aangevoerde zanden door Rijnwater, verwerpt, gaat hij m.i. te ver.

SCHETS VAN DE ONTWIKKELING DER GELDERSCHE VALLEI SEDERT HET PLEISTOCÉEN.

De hieronder volgende schets moet de lezer niet beschouwen als eene ononderbroken aaneenschakeling van bewezen feiten, doch als eene *poging* de op sediment-petrologisch en morfologisch gebied bekende feiten met behulp van plausible aannamen te verbinden tot eene samenhangende reconstructie van de ontwikkelingsgeschiedenis der G.V.

Zooals reeds boven opgemerkt, neem ik eene driedeeling van het Würm-glaciaal aan, overeenkomstig de berekeningen van MILANKOVITCH en stel mij dan den gang der zaken aldus voor: Aan het einde van den Riss-ijstijd hing de Rhenensche Berg nog samen met den SW hoek van de Veluwe. De G.V. en de Betuwe waren dus van elkander gescheiden. Deze scheiding van G.V. en Betuwe bleef nog gedurende Würm I en Würm II bestaan. Zij verdween in het volgende interglaciaal, in elk geval echter nog vóór het einde van Würm III.

Gedurende Würm I en II werd telkens de Betuwe geaggradeerd, maar in den volgenden interglaciaaltijd ook telkens wederom uitgeruimd. Daarbij werd tevens de voet der II 2- en II 1-heuvels aangesneden. De G.V. onderging door de werking van wind, water en solifluctie eveneens eene opvulling

met fijne zanden, afkomstig van de Veluwe en de Utrechtsche Heuvelen.

Vooraf in het centrale deel der Vallei was deze ophooging aanzienlijk (zie ook de hieronder vermelde cijfers). Zoo ontstond de relatief steile rand aan de N zijde van het centrale gedeelte der G.V. (tusschen Amersfoort en Nijkerk), waarop ik reeds bij de bespreking van Fig. 3 en van de morfologie der G.V. de aandacht heb gevestigd. Bij aggradatie door eenen Rijnarm zou het ontstaan van dezen rand moeilijk te verklaren zijn. De materiaal-toevoer uit het E zal grooter geweest zijn, dan die uit het W, daar de Veluwe grooter areaal en gunstiger vorm voor afspoeling bezit dan de Utrechtsche Heuvelen, en misschien ook ten gevolge van het overheerschen van E en NE winden. Hierin zie ik de oorzaak, dat de dallijn der Vallei zoo sterk naar het W, tot aan den voet der Utrechtsche Heuvelen, verschoven is. Bij vulling door eenen Rijnarm zou het dwarsprofiel allicht niet zoo onsymmetrisch zijn geworden.

Het feit, dat de bovenloop der Lunterensche Beek en van hare zijstroompjes niet daluitwaarts maar dalopwaarts gericht zijn, laat zich ook beter verklaren door de onderstelling, dat de zanden rondom Nederwoud uit het E door de Barneveldsche poort, dan dat zij door den Rijn uit het S aangevoerd zijn.

Door het ontbreken van eene groote rivier in de G.V. werd hare dalvulling in het telkens volgende interglaciaal *niet*, of slechts voor een klein gedeelte verwijderd. Dit zou verklaren, dat deze vulling in verhouding tot die der Betuwe recht dik is. EDELMAN en CROMMELIN (1939) schatten de hoeveelheid II 8-zanden in de G.V. op rond één kubieke km. In de G.V. is de in de boringen gevonden dikte van het II 8 op de hieronder vermelde 1 : 25000-bladen gemiddeld als volgt:

No. 388	8.0 m.	No. 428	11.6 m.	No. 466	13.2 m.
„ 389	8.1 „	„ 429	17.5 „	„ 467	11.5 „
„ 390	15.5 „	„ 430	18.3 „	„ 468	13.5 „
„ 408	12.3 „	„ 447	11.9 „		
„ 409	19.4 „	„ 448	14.6 „		

Het gemiddelde over deze 13 bladen bedraagt 13.4 m. In de Betuwe vond ik:

No. 508	9.6 m.	No. 510	9.2 m.	No. 530	8.2 m.
„ 509	8.0 „	„ 511	6.8 „		

Het gemiddelde dezer 5 bladen is dus 8.4 m.

Indien de veenlagen, die hier en daar in de boringen een eind boven het

grensveen (II 8/II 8'), dus in het II 8 *zelf* aangetroffen worden, eene *interglaciaal*-flora zouden vertoonen, zou dit het boven uitgesproken vermoeden bevestigen. Omgekeerd zou echter eene *glaciaal*-flora nog geen bewijs zijn voor eene opvulling uitsluitend in het Würm III.

De vloer van het II 8, die in hoogte ongeveer overeenkomen zal met den dalbodem bij het begin van het Würm III-glaciaal, ligt in de Betuwe tegenover de Grebbepoort (zie Bl. 510), ongeveer op A.P. In de G.V., die reeds $\frac{2}{3}$ der huidige dalopvulling ontvangen had, lag de oppervlakte eenige meters boven A.P. De Rijn kon dus de G.V. niet binnendringen vóór hij dezen voorsprong ingehaald had, ook indien de bewuste barrière reeds verdwenen was. Zooals men ziet, hebben wij deze niet noodig. Daar ondertusschen de locale factoren doorgingen de G.V. op te hoogen, bestond deze mogelijkheid eerst tegen het einde van het Würm III-glaciaal. Eerst toen was er een verval van de Betuwe door de G.V. naar de Zuiderzee en kon *fluviaal* zand de G.V. binnengevoerd worden. Het is dus te verwachten, dat fluviaale Rijnzanden slechts een zeer gering percentage vormen van de II 8-zanden der G.V.

Bovendien zijn er nog twee omstandigheden, waardoor ondanks de open verbinding tusschen Betuwe en de G.V. de hoeveelheid echte Rijnzanden in dit dal gering kan zijn.

Eerstens sluit de mogelijkheid van het binnenstroomen van Rijnwater nog niet de noodzakelijkheid in, dat dit dan ook ononderbroken geschied is. Men kan nl. het niet binnendringen verklaren uit de eigenschappen van eene haar dal ophoogende rivier. Wij mogen nl. niet aannemen, dat de Betuwe te gelijker tijd in haar geheele breedte door het Rijnwater bewerkt is geworden. De Rijn moet zich verdeeld hebben in een groot aantal armen, doch daar tusschen moeten groote uitgestrektheden aan zichzelf overgelaten zijn geweest. Zoo kan men dus aannemen, dat vele jaren lang achtereen in de G.V. geen Rijnarm binnengedrongen is. Op den duur verleggen dergelijke rivierarmen zich echter weder en nemen de vroeger verlaten gedeelten van het dal opnieuw in bezit. Men moet dus verwachten, dat er gedurende de opvulling van de Betuwe ook tijden geweest zijn, dat een Rijnarm dicht langs den voet der heuvelen stroomde en het Rijnwater *wel* de G.V. binnenstroomde.

Ten tweede moeten dezelfde factoren, wind, regen en solifluctie, die zand van de Veluwe linea recta naar het W in de G.V. transporteerden, ook aan den steilen zuidrand van de Veluwe werkzaam zijn geweest. Een Rijnarm, die van af Arnhem ongeveer den loop van den huidigen Neder Rijn volgde, vond dus tot aan de Grebbepoort nagenoeg uitsluitend zanden van het zelfde type als het II 8 der G.V. Indien nu deze Rijnarm de Grebbepoort niet voorbij stroomde, doch deze binnendrong, dan zal hij waarschijnlijk slechts zeer weinig Lobith-mineralen aangevoerd hebben. Eene overeenkomstige opvatting vindt men bij CROMMELIN (1938, pag. 14): „.....de machtige pakketten

fluvioglaciale zanden die tijdens de continentale Würmperiode door verstuing en verspoeling in de rivieren terecht zijn gekomen, zoodat de verontreinigende invloed van de A-provincie toen op zijn hoogst zal zijn geweest, waardoor de fluviatiele „Rijn”-sedimenten met geheel noordelijk karakter zijn te verklaren, die in het Laagterras zoo veelvuldig aangetroffen worden.” Men vergelijk ook CROMMELIN 1938, pag. 15 eerste alinea.

Ik neem nu verder aan, dat de hoeveelheid Rijnwater, dat de G.V. binnendrong, niet zeer groot was, weinig materiaal aangevoerd heeft en er zich hoofdzakelijk toe bepaald heeft de door den wind enz. aangevoerde zanden over den bodem der G.V. uit te spreiden. Waar daarbij de grens van zuiver subaeolische en fluviatieel omgewerkte zanden in de zuidelijke helft der Vallei gelegen heeft, kan ik niet vaststellen. In de noordelijke helft vindt men een flauwe trap in het terrein, die ik beschouw als de grens tusschen de fluviatiele (d.w.z. *fluviatieel omgewerkte*, in hoofdzaak dus *niet* door den Rijn *aangevoerde*) en de zuiver subaeolische zanden. Deze trap begint ca. 2 km ten N van Scherpenzeel en kruist achtereenvolgens de dalen van de Glinder-, Modder- en Barneveldsche Beek (zie Fig. 1). Zij buigt dan naar het NW om en vervaagt meer en meer. Verder W moet de grens gelegen hebben aan den voet van den rug van Ham. Het terrein is hier echter versneden door latere erosie. Het Rijnwater moet zijn uitweg uit de kom van Amersfoort genomen hebben ongeveer ter plaatse van het dal der huidige Eem. Aan de W-zijde der G.V. heb ik van eene dergelijke grens tusschen fluviatieel en subaeolisch laagterras niets waargenomen. In Fig. 2 heb ik getracht een schets te geven van de toenmalige topografie der G.V. Ook het lengteprofiel, Fig. 5, geeft dus den toestand weer in het laatste gedeelte van den Würm III-tijd. Ook de „dalopvullingslijnen” der dwarsprofielen, Fig. 6—10, hebben betrekking op dezen toestand.

De bij Zevenhuizen, Nieuwland en Ham gelegen W-E loopende, door LORIÉ (1906 pag. 82 sqq. en 1909, pag. 34 sqq.) op zijne kaart met i—i tot m—m aangeduide, ruggen houd ik voor resten van oude duinreeksen, ten deele wel ouder dan Würm III. Dat LORIÉ deze ruggen voor oeverwallen aangezien heeft, hangt samen met zijne geheele opvatting omtrent de geologische geschiedenis der G.V., die ik reeds besprak.

Met zijne uiteenzetting omtrent het vroeger en vroeger naar links afbuigen van den Rijnarm in de G.V. kan ik geen duidelijke voorstelling verbinden. De „ruggen” in de zuidelijke helft der G.V. zijn door OOSTING onderzocht; ik verwijs dus verder naar zijne studie (1936). Merkwaardig is, dat LORIÉ, die zelf de opmerking maakt (1887, pag. 88), dat deze ruggen tot boven op de heuvels te vervolgen zijn, niet tot eene betere verklaring gekomen is.

Bij de hier door mij gegeven voorstelling moet de afzetting van Rijnzanden zich beperkt hebben tot eene dunne laag. Deze lag in de zuidelijke helft der G.V. ongeveer in het midden van het dal, boog bij den Emmikhuizer

Berg om naar NW en kort daarna naar N. Zij beperkte zich hier tot de kom van Amersfoort en volgde daarna ongeveer den loop der tegenwoordige Eem.

Na het einde van den ijstijd, in het Oud Holoceen, begon de erosie zich weer te doen gelden. In den bodem der G.V. werd een geul uitgeschuurd. Deze is in de zuidelijke helft minder sterk ontwikkeld. In de noordelijke helft, waar de helling steiler werd en de Rijnarm eerst de Lunterensche Beek en daarna ook de andere, uit het E komende, beken opnam, was de erosie krachtiger. Daar de gevormde dalgeul ongeveer samenvalt met de strook, waar vroeger fluviatiele Rijnzanden afgezet konden worden, zijn deze voor zooverre eenmaal aanwezig, later grootendeels weer verwijderd. De hoeveelheid zanden, waarin Lobith-mineralen eventueel te vinden zijn, is dus slechts gering. Een aanzienlijk deel der 40 door CROMMELIN onderzochte boringen ligt buiten dit gebied. Hier zijn dus Lobith-mineralen ook volstrekt niet te verwachten. Van de wel in het fluviatiel omgewerkte gebied gelegen boringen komt alleen de bovenste laag in aanmerking. Van de ruim 200 onderzochte monsters blijven er dus slechts enkele tientallen over, waarbij de mogelijkheid bestond Lobith-mineralen aan te treffen.

Tegelijkertijd met de erosie in de G.V. sneden ook de Rijnarmen in de Betuwe zich in het Jaagterras dieper en dieper in, en blijkbaar in een sneller tempo dan in de G.V. De Rijnloop in de G.V. verarmde en verloor eindelijk tegen het einde van het Oud Holoceen allen toevoer van Rijnwater. De sterke aeolische zandverplaatsing in het Oud Holoceen (EDELMAN, FLORSCHÜTZ, JESWIET en VAN DER VLERK) en later in het Boreaal (FLORSCHÜTZ) werkten hierbij zeker in hooge mate mee. Verder had ook afspoeling plaats van de heuvels langs het dal (OOSTING). Wij zien dan ook nu volstrekt geen spoor meer van voormalige riviermeanders. De latere bedekking met veen en de afzetting van klei in het zuidelijke einde van de vallei hebben er zeker toe bijgedragen deze te doen verdwijnen.

In de buurt van de Groep (ten S van Scherpenzeel) komen onder een ongeveer één m dik zanddek hier en daar veenlaagjes voor. De Lunterensche Beek schijnt hier in het hoofddal een vlakken zandkegel opgebouwd te hebben. Men zou deze zanden echter ook kunnen opvatten als in het Boreaal opgestoven. Het stroomafwaarts van Scherpenzeel gelegen deel van het dal werd door de gezamenlijke werking der uit het E komende beken verder verdiept, waardoor de in Fig. 2 afgebeelde dalbodem versneden werd, zoodat er nu slechts enkele resten van over zijn.

De randen van de dalgeul zijn, zooals reeds opgemerkt, aan den W-oever van Amersfoort tot ongeveer de Meent goed te vervolgen. Zuidelijk van de Meent neemt het hoogteverschil af en de grens wordt onduidelijk, waarschijnlijk door afspoeling en afzetting van klei op den dalbodem. Hetzelfde geldt voor het zuidelijke deel van den E-oever, waar zeer sterke afspoeling der dalwanden plaats vond (OOSTING, 1936). Bij de Klomp is de rand echter

weer goed te zien. Daarna vervaagt hij, hetgeen wel in verband staat met den zandkegel, afgezet door de Lunterensche Beek, dien ik reeds boven besprak. Ten N van Scherpenzeel wordt de oeverrand telkens onderbroken door de uit het E komende beken en heeft dientengevolge een zeer bochtig verloop.

Nadat de Rijnarm te gronde was gegaan, nam in de G.V. de vorming van veen steeds toe, totdat de dalbodem over een aanzienlijk gedeelte geheel bedekt was met dikke veenlagen. In de latere middeleeuwen werd een begin gemaakt met het afgraven der venen, dat nu bijna voltooid is.

Het ontstaan van den oeverwal aan de Neude behoort natuurlijk geheel in hetzelfde kader als de vorming der oeverwallen langs de overige gedeelten van den Neder Rijn, de Waal, enz. enz. De actieve factor hierbij waren niet vroegere, thans door dichtslibbing geheel of gedeeltelijk verdwenen zijarmen, maar de rivier zelve, in dit geval dus de Neder Rijn.

Tusschen Arnhem en Wageningen kon bij hoogen stand het rivierwater *wel* aan den linkerkant over den oeverwal heen stroomen en de rivier verlaten, doch *niet* ter rechterzijde, waar het terrein daartoe veel te hoog is. De geringe hoogte van den ingang der G.V. had ten gevolge, dat tusschen Wageningen en de Grebbe aan den rechteroever precies hetzelfde geschiedde als aan den linkeroever. Wij zien dus achtereenvolgens: een deel van het water stroomde over den oever, de snelheid verminderde, de meegevoerde klei werd geleidelijk afgezet. Dicht bij de rivier was het water zeer troebel, daar was dus de afzetting het sterkst. Naarmate het rivierwater minder troebel werd, nam dus de afzetting van klei af, de kleilaag werd dunner. De oeverwal heft daardoor van de rivier af. Een deel van het overgelopen rivierwater vloeide naar het N af. De hier eertijds aanwezige venen moeten echter de waterbeweging vertraagd hebben. Een ander gedeelte stuwde zich dus in de zuidelijke helft der G.V. tot een grooten plas. Onder deze omstandigheden kan water zich bewegen bij een zeer gering verhang. Het stond dus bij de Grebbe iets hooger, dan het met meer verhang stroomende, dus sterker dalende, rivierwater en kon op den Neder Rijn loozen. Zoo bleef de strooming aan den gang, zoolang als het hoogwater duurde en de bouw van den oeverwal ging voort.

Dat de oeverwal *boven*streams, bij Wageningen, met den berg samenhangt, maar *beneden*streams, bij de Grebbe niet, is dus geen toeval, maar noodzakelijk. Het omgekeerde (open bij Wageningen, gesloten bij de Grebbe) is dan ook niet mogelijk. Wel had, indien *al* het overloopwater geheel vrij naar het N had kunnen afloopen, de wal zich ook bij de Grebbe aan den berg kunnen aansluiten.

Dat bij dijkbreuk het Rijnwater tegenwoordig *wel* naar het N ontwijken kan, maar dit blijkbaar toen de vorming van den oeverwal begon en nog eenigen tijd daarna niet of slechts met moeite kon, ligt aan de volgende

omstandigheden: De waterstand kon voor den aanleg der dijken nooit veel boven de hoogte der oeverwallen stijgen, daar anders het waterverlies te groot werd. Toen de vorming van de oeverwallen begon, lag, zooals ik reeds vroeger uiteen gezet heb, de Betuwe nog lager dan de G.V. Door de ophooging van den geheelen onderbouw, die èn de rivier zelve èn de oeverwallen aan beide zijden draagt, is de rivier in den loop der eeuwen hooger komen te liggen. In het Subatlanticum zal dus waarschijnlijk inundatie van de G.V. door Rijnwater geen ongewoon verschijnsel meer geweest zijn.

De kleine waterloop voorkomende op het kaartje, dat OOSTING op pag. 79 van zijn proefschrift (1936) geeft, is niet de bewerkte van de kleiafzetting. Door de eene of andere oorzaak moet hier het overvloeiende water eene iets grootere snelheid gekregen hebben en daardoor een geultje uitgeschuurd hebben. Indien de klei door dit stroompje afgezet was, moest de kleiwal aan beide zijden van het stroompje afhellen en bovendien in horizontale projectie den vorm vertoonen van een hoefijzer met de concave zijde naar den Rijn gericht. Ik kan het reeds groote aantal der mijn opstel vergezellende figuren niet verder vermeerderen en daar eene discussie van den invloed van dit Rijnarmpje, zonder een kaartje en profielen daaraan toe te voegen, voor den lezer te weinig duidelijk zou worden, ga ik op deze vraag niet verder in. De werkelijke bouwer van den oeverwal was hier, zoowel als elders, de roofdrivier, de Neder Rijn. Het bovenvermelde waterloopje is ten opzichte van den oeverwal een destructieve factor geweest, maar geen constructieve.

CONCLUSIE.

Wij zijn hiermee gekomen aan het einde mijner poging de geschiedenis der G.V. te reconstrueeren. Geheel bevredigen doet deze schets mij echter nog niet. Zoo blijft het bevreemdend, dat in de G.V. van voormalige Rijnmeanders nergens meer een spoor te vinden is.

Verder onderzoek schijnt mij gewenscht, eerstens van het tusschen de II 8-zanden voorkomende veen, waarover ik reeds boven schreef.

Voorts zou eene herhaling van de waterpassing van DIEPERINK (1933) misschien zeer interessante gegevens verschaffen en op onze kennis van de ontwikkeling der G.V. een geheel nieuw licht kunnen werpen.

Een verder desideratum schijnt mij nog meer monsters te onderzoeken van zanden gelegen onder de venen tusschen Eemnes en Bunschoten, uit de kom van Amersfoort, het lage land bij Veenendaal, het zuidelijke deel der G.V. en vooral uit de omgeving van de Grebbepoort, o.a. den donk van Gesperden. Interessant zou het ook zijn de grens vast te stellen tusschen de zanden *met* en die *geheel zonder* Lobith-mineralen.

Indien dan bij verder onderzoek het totale ontbreken der Lobith-associatie

in de geheele G.V. zou blijken, en men daaruit afleiden wil, dat de Rijn eerst sedert het Jong Holoceen kan binnendringen, dan moet men verklaren, waarom dan in het Jong Holoceen het Rijnwater *geen* Lobith-mineralen meer mee voerde (korrelgrootte? of andere gronden?).

Verder moge men bedenken, dat de afwezigheid der Lobith-associatie niet de oorzaak, maar het gevolg is der afwezigheid van het Rijnwater. Onze weetgierigheid is echter eerst dan bevredigd, wanneer wij de *oorzaak* van een faenomeen kennen. Het is dus noodig te verklaren, waarom het Rijnwater de open Grebbepoort *niet* binnendrong, en — indien de geul op den bodem der G.V. *geen* rivierloop is — wat zij dan *wel* is.

Eerst nadat men voor alle sediment-petrologische, morfologische, botanische, enz. eigenschappen van het II 8 eene bevredigende verklaring heeft gevonden, kan men de ontwikkelingsgeschiedenis der G.V. als afgesloten beschouwen. Zoo ver zijn wij m.i. nog niet.

Daar ik mij volkomen bewust ben, dat er aan mijne boven gegeven uiteenzetting nog veel ontbreekt, moet men in mijn opstel alleen zien: eene *bijdrage* tot onze kennis omtrent de geologische geschiedenis der G.V.

RESUMÉ.

The morphologic features of the Geldersche Vallei (valley of Gelderland) suggest the former presence of a Rhine-arm and until recently the general opinion was, that the sanddeposit of Lower Terrace age in this valley has been brought by the Rhine. Recent extensive sediment-petrological investigations by CROMMELIN prove, that these sands are of local origin, having been transported — chiefly from the Veluwe — into the G.V. by wind, rainwater and solifluction, and *not* by the Rhine. True Rhine-sands contain the so called Lobith-association (brown hornblende, Rhine-titanite and augite). These minerals were absent, or of a different type, in the more than 200 samples analyzed by CROMMELIN.

The author tries to find a way out of the conflict between the known morphologic and sediment-petrologic data. He presents a survey of the chief part of the G.V. made by him and sketches the evolution of the G.V. since the Riss-Würm interglacial as follows: At the end of the Riss-Würm interglacial the G.V. was still separated from the Betuwe by a ridge of praeglacial gravels situated somewhat to the S of Wageningen and the Grebbe. This ridge was destroyed by the side-erosion of the Rhine before, or in the first half of, the last Würmglacial (Würm III). During Würm I and II the Betuwe was aggraded by the Rhine, the G.V. by windblown sands. During the intervening and following interglacials these sands were largely removed again from the Betuwe by the Rhine, but not from the G.V. for

want of a big river in that valley. At the beginning of Würm III — though by now the separating barrier was removed, or nearly so — the surface in the Betuwe being lower than that in the G.V. the Rhine could not enter this valley. This became only possible towards the end of Würm III, the stronger river-aggradation in the Betuwe having overtaken the slower wind-aggradation in the G.V. The inflow of Rhinewater seems not to have been great. Its action was probably limited to spreading out the windblown sand over the lower parts of the valleybottom. The importation of true Rhinesands (containing the Lobith-association) can not be proved.

With the end of the Pleistocene aggradation stopped and erosion set in. During the Old Holocene the Rhine excavated a flat trough on the bottom of the G.V. As in the mean time the Betuwe was deepened at a far quicker pace, at the end of the Old Holocene the waterlevel at the intake had fallen below the height of the bottom of the G.V. and the Rhinearm died. The trough was more or less modified by periglacial agencies during the Old Holocene and again by windaction during the Boreal. From the Praeboreal onwards peatswamps began to cover the lower reaches of the valley. In the Betuwe a system of natural levees was built during the subboreal and following times by the numerous Rhinearms. The level at which these waters flowed, became therefore heigher and heigher. This is the reason that since the Subatlantic at floods the Rhine can again enter the G.V. unless restrained by the dikes constructed on top of the natural levees.

The *conclusion* arrived at by the author is that further investigations are necessary before a definitive judgment is possible about the part the Rhine has played in the history of the G.V.

