

2. HET FLUVIATIELE LAAGTERRAS VAN RIJN EN MAAS

The Fluvial Lower Terrace of Rhine and Meuse

door/by

Ir L. J. Pons

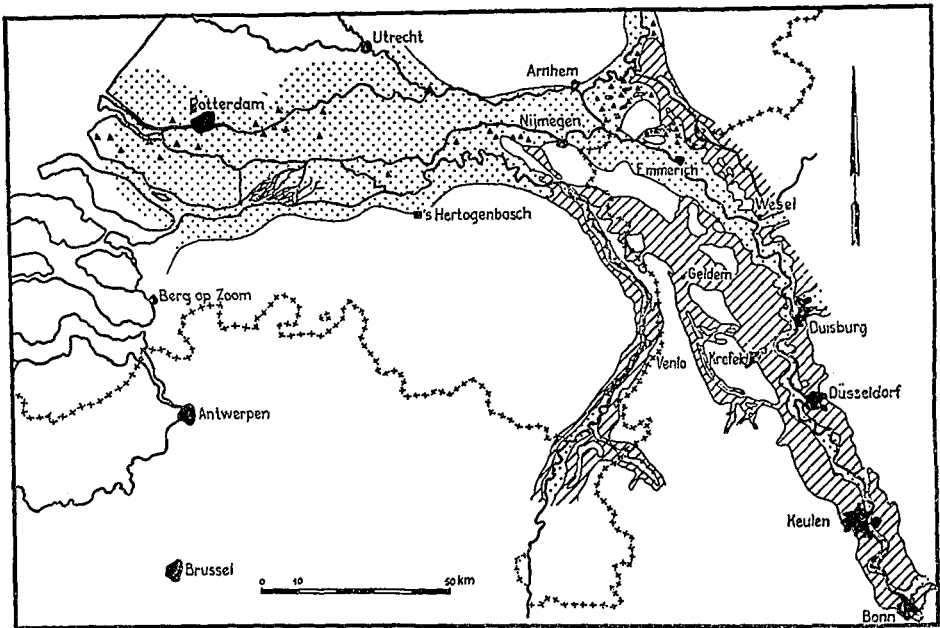
INLEIDING

Op de voorlopige bodemkaart van Nederland (1950) werd de verbreiding van het Fluviaale Laagterras aan de oppervlakte in Oost-Nederland aangegeven als rivierleemgronden. Deze afzetting, die over een grote oppervlakte in West-Duitsland voorkomt, werd reeds lang door de Duitsers als „Niederterrasse”, de fluviatiele afzetting van de Rijn uit de Würmijstijd, beschreven, o.a. samenvattend door Steeger (1952). Het ontstaan van het Fluviaale Laagterras wordt in Nederland eveneens gedacht in de laatste ijstijd (Koenigs, 1949; Pons en Schelling, 1951). Schelling (1952) ging vooral in op de datering en de oppervlaktetymologie, terwijl Bennema en Pons (1952) aangaven, dat het Fluviaale Laagterras naar het westen is te vervolgen onder de jongere rivier- en zeesedimenten, waarbij zij dieper ingingen op de dikte van de gehele afzetting en de begrenzingen ervan in West-Nederland. In een volgend artikel zullen wij trachten tot een nauwkeurige datering van het Fluviaale Laagterras te komen. Hier zij reeds als resultaat van nader onderzoek medegedeeld, dat men zich voor moet stellen, dat de grindafzettingen tot in het begin van het Laatglaciaal doorgingen, zoals reeds door Van der Hammen (1951) werd gesuggereerd. De leemlaag is misschien niet overal even oud, maar in Oost-Nederland zeker prae-Allerød.

DE VERSPREIDING

Het Fluviaale Laagterras van Rijn en Maas wordt gevormd door grote, uit zand- en grindlagen opgebouwde puinkegels, die grotendeels bekrond zijn door een betrekkelijk dunne, fijnkorrelige afzetting. Op de kaart van Schelling (1952) is de verspreiding van het Laagterras van de Rijn in Rijnland en van de Maas in Limburg aangegeven. Voor de duidelijkheid geven wij hier nog eens de gehele afzetting weer in fig. 1.

Vanaf even boven Bonn wordt de Rijn aan weerszijden door een smalle zone Laagterras tussen de „Mittelterrassen” en het „Alluvium” begeleid. Bij Neusz bestond een smalle vertakking naar het westnoordwesten. Bij Krefeld wordt het terras snel breder en splitst zich weer een smalle tak naar het noordwesten af, waarna tussen de erosieresten van de stuwwallen en de Sandreeks Hülserberg-Tönisberg en Egelsberg een flinke arm naar het noordwesten wordt afgegeven. Deze vertakkingen verenigen zich bij Geldern tot een stroom, die zich zuidelijk langs het Reichswald ter hoogte van Gennep met het Laagterras van de Maas verenigt. De hoofdtak van het Laagterras van de Rijn begeleidt de tegenwoordige Rijn verder naar het noorden en westen. Beneden Wesel splitst zich dan nog een kleine tak naar het noorden af, door het tegenwoordige dal van de Oude IJssel. Deze is tot bij Zutphen langs de IJssel te vervolgen. De hoofdtak ging door de Gelderse Poort en verder naar het noordwesten en westen, maar is nu gedeeltelijk weggeërodeerd en gedeeltelijk overdekt. Het Fluviaale Laagterras van de Maas begeleidt deze rivier vanaf Susteren aan weerszijden in een smalle strook tot aan de samenvloeiing met de pleistocene Rijn bij Gennep.



- Fluviatile Laagterras
Fluviatile Lower terrace
- holocene afzettingen
holocene deposits
- plaatsen waar werd geconstateerd dat het Fluviatile Laagterras bedekt is met holocene afzettingen
places, where the Fluviatile Lower Terrace was found to be capped by holocene deposits
- andere afzettingen
other deposits

Fig. 1.
Het Fluviatile Laagterras van de Rijn met zijrivieren in West-Duitsland, België en Nederland.
The Fluviatile Lower Terrace of the Rhine with the tributaries in Western Germany, Belgium and the Netherlands.

In Nederland komt het Fluviatile Laagterras aan de oppervlakte voor in Limburg langs de Maas en de Roer, in Noord-Limburg langs de Niers, in het noordoosten van Noord-Brabant, in het oostelijk deel van het Land van Maas en Waal, in het dal van de Oude IJssel en langs de rechterzijde van de IJssel tot bij Zutphen. Langs de rand van Montferland en in het centrum van Maas en Waal is het overdekt met dunne holocene rivierafzettingen (Pons, 1953: Rapport Lijmers). Op vele plaatsen in Oost-Nederland, evenals langs de Rijn in Duitsland, is het Fluviatile Laagterras met dikke lagen aeolisch zand bedekt.

Naar het westen konden Bennema en Pons (1951) de afzetting in de ondergrond vervolgen (zie fig. 1) tot aan de kust. Ook naar het noorden, door de IJsselvallei, moet de afzetting, te oordelen naar de stroomrichting van de tak, die door het dal van de Oude IJssel stroomt, onder holocene lagen aanwezig zijn voor zover hij niet is weggeërodeerd. Tot nu toe zijn hiervoor echter nog geen positieve aanduidingen gevonden. Op de rivierleemafzettingen in de ondergrond van West-Nederland komen wij hierna terug.

HET MATERIAAL VAN HET FLUVIATIELE LAAGTERRAS

Schelling (1952) wijst erop, dat het Fluviaatiele Laagterras bestaat uit een grind- en zandvlakte, doorsneden door talrijke geulen. De sedimenten worden in het algemeen naar boven steeds fijner. Het geheel is tenslotte bedekt met een meer of minder zandige, kleiige of lemige laag van gemiddeld minder dan 1 m dikte. Deze leemlaag is oorspronkelijk afgezet als een kalkrijke kleilaag. Door verwerking aan de oppervlakte onder invloed van het klimaat is bij lage grondwaterstanden een duidelijk ontwikkeld bodemprofiel ontstaan, dat volgens de Amerikaanse terminologie alle kenmerken draagt van een „Gray-Brown Podzolic Soil”. Bij wisselende grondwaterstanden zijn zeer sterk roesthoudende profielen ontstaan, waarbij de leem een zeer slechte structuur heeft gekregen. Bij bedekking door holocene sedimenten is door verdichting een zeer taaie leem ontstaan. Het gemiddelde verticale profiel is als volgt opgebouwd:

0-ca 100 cm (50-150 cm) kleiig of lemig materiaal met een gehalte aan afslibbare delen ($<16 \mu$) van ongeveer 10-45%. Naar beneden in het algemeen lichter wordend, soms afgewisseld met loszandige lagen;
van ca 100 - ca 200 cm rivierzand, afgwisselend grove en fijne zandlagen, soms nog iets lemige laagjes, soms zeer grofzandige of grindhoudende laagjes;
ca 200 cm en dieper, min of meer grindhoudend rivierzand, kriskras gelaagd.

DE TOTALE DIKTE VAN DE AFZETTING

De totale dikte van de grindafzettingen, jonger dan Ilo, bedraagt volgens het geologische kaartblad Cuyck ongeveer 12-20 m. De gegevens van Zonneveld (1947) wijzen er op, dat minder dan 10 m hiervan wordt ingenomen door het Fluviaatiele Laagterras. Naar het westen wordt de afzetting waarschijnlijk wel iets dunner en bedraagt ter hoogte van de Nederlandse kust nog ongeveer 4-7 m. In Duitsland schijnt de laag grind wat dikker te zijn en bedraagt de dikte van het Fluviaatiele Laagterras bij Moers ruim 12 en ruim 13 m (Steeger, 1952).

Over de ondergrens van het Fluviaatiele Laagterras, het totaal van de fluviaatiele afzettingen van de Weichselijstijd, is nog weinig onderzoek verricht.

Zonneveld (1947) onderscheidt de „zone van Horn”, die volgens hem tot de Würm-A-ijstijd behoort. Hij vermoedt bovendien reeds, dat het bovenste gedeelte van de bovenste grove afdeling van Lorié (1901), in de Roerdalslenk tussen Eindhoven en Haarlem, identiek is met de zone van Horn.

Würm-A stelt hij gelijk met het Brandenburger en/of Frankfurter stadium van de Würm, terwijl het door een vegetatieniveau daarvan gescheiden Würm-B het Frankfurter stadium en/of Pommerse stadium zou voorstellen. Zoals later zal blijken, is de voornaamste hoeveelheid materiaal van het Fluviaatiele Laagterras tijdens het Pleniglaciaal van Van der Hammen (1951) afgezet. Zonneveld (1947) wijst er bovendien op, dat langs de Maas merkwaaardigerwijze de sedimenten in zijn Würm-B-fase, evenals in het Holoceen, fijn blijven, met andere woorden: er is kans, dat Würm-B van Zonneveld gelijk moet worden gesteld aan het Laatglaciaal van Van der Hammen en zijn Würm-A hetzelfde is als Pleniglaciaal. De zone van Horn zou dan identiek kunnen zijn met de grindafzettingen van het Fluviaatiele Laagterras. De zone van Horn is naar beneden onduidelijk begrensd en wordt daarom

samengenomen met de zones van Kreftenheije en Grubbenvorst, die reeds tot de Saale-ijstijd worden gerekend. In verband met de positie, die deze gecombineerde zones innemen, lijkt het misschien logischer ze ten dele tot de Würmijstijd te rekenen en zal het bovenste deel er van waarschijnlijk identiek zijn met de grindafzettingen van het Fluviatiele Laagterras. Daar de totale dikte van deze afzettingen (Fluviatiel Laagterras + zones van Kreftenheije en Grubbenvorst) ruim 10 m is (goed te bepalen door de duidelijke afgrenzing tegen de „zone van Tegelen”, die reeds Günz is), is het Fluviatiele Laagterras zelf hier waarschijnlijk dunner dan 10 m. Volgens een mondelinge mededeling van Zonneveld voldoet zijn indeling (Zonneveld, 1947) echter niet meer en wordt er aan een nieuwe gewerkt. Het blijft steeds de vraag, tot welke diepte de gehele afzetting tijdens de Würmijstijd is omgezet.

In Duitsland is over de dikte van het „Niederterrasse” weinig bekend. Wij verwezen reeds naar het onderzoek van de z.g. Moerser Schichten (Steeger, 1952), waaruit Laagterrasdikten van 12,2 m en 13,5 m dikte in de omgeving van Moers zouden blijken. In het Land van Maas en Waal gaat de grindaag onder de holocene, zandige, kleiige of lemige lagen door tot 30 à 31 m, waarna fijne en lemige zanden volgen. Men kan hiervan echter zonder nader onderzoek niet zeggen, welk gedeelte tot het Fluviatiele Laagterras behoort.

Onlangs werd door Bennema en Pons (1952) zeer waarschijnlijk gemaakt, dat de z.g. mariene facies van het Hoogterras ten zuiden van de Oude Rijn gelijkgesteld moet worden met het Eemien. Hierdoor krijgen wij een tamelijk goed te herkennen mariene ondergrens van het Fluviatiele Laagterras. De grindafzettingen ter hoogte van de Nederlandse kust blijken boven dit mariene niveau ongeveer 4 à 7 m dik te zijn. Het is echter wel zeker, dat de invloed van de pleistocene rivier veel dieper is gegaan, waarbij het Eem-materiaal is omgewerkt. In de diepe put van de N.V. Wilton-Feyenoord te Schiedam bleken zelfs in zandafzettingen van holocene rivieren grote hoeveelheden Eemshelven in secundaire ligging op te treden.

Samenvattend kan worden gezegd, dat de totale dikte van de Fluviatiele Laagterrasafzettingen, zoals uit verschillende gegevens kan worden afgeleid, op ongeveer 10 m is te stellen, waarschijnlijk in het oosten (West-Duitsland) wat dikker en naar het westen wat dunner. Wanneer de ondergrens wordt gevormd door gemakkelijk verplaatsbare sedimenten is het praktisch onmogelijk de juiste ondergrens te bepalen.

Wat betreft de dikte van de bovenste kleiige of lemige laag, deze kan vrij sterk wisselen. Schelling (1952) trof in Noord-Limburg stukken aan (rivierzandgronden), waar deze laag zelfs geheel ontbrak. Dit is in het Land van Maas en Waal nergens het geval. Behoudens enkele uitzonderingen is de klei- of leemlaag in het Land van Maas en Waal overal ongeveer 0,75 m-1,50 m dik. De variatie in dikte en samenstelling van de oppervlaktelaag in horizontale richting kan op korte afstand zeer sterk wisselen en hangt geheel samen met de ligging van het punt ten opzichte van het zeer ingewikkelde vlechtende geulensysteem. Met de hoogteligging van het leempakket is dit eveneens het geval. Meer naar het westen, onder de jongere afzettingen in West-Nederland, heeft het Fluviatiele Laagterras ongeveer dezelfde bouw. Ook hier treft men een kleiige of lemige laag aan, gevolgd door rivierzand, dat naar beneden steeds grindrijker wordt (Vink, 1926; Bennema en Pons, 1952). De leemafzetting moet opgevat worden als z.g. „Hochflutlehm”, d.w.z. een afzetting uit stromend, hoog water (Schelling, 1952).

HET VERHANG EN DE VERHANGKROMME

Evenals andere rivierstelsels bezat ook het Fluvia-tiele Laagterras van de Rijn met zijn zijrivieren een karakteristieke helling. Het verhang van het Fluvia-tiele Laagterras aan de oppervlakte is in het Land van Maas en Waal slechts over korte afstand te berekenen. Het berekenen van een verhang over een afstand van minder dan 20 km is niet nauwkeurig, daar plaatselijk het verhang wel eens van het algemene verhang af kan wijken. Een andere moeilijkheid, die speciaal optreedt bij verwilderde rivieren, is, dat men over een flinke horizontale afstand twee punten met overeenkomstige hoogteligging moet meten om enigszins betrouwbare uitkomsten te krijgen. Onder overeenkomstige punten wordt dan verstaan, oeverwalle-tje met oeverwalle-tje enz. De hoogteligging kan in verband met het ingewikkelde geulenpatroon op korte afstand zeer sterk wisselen.

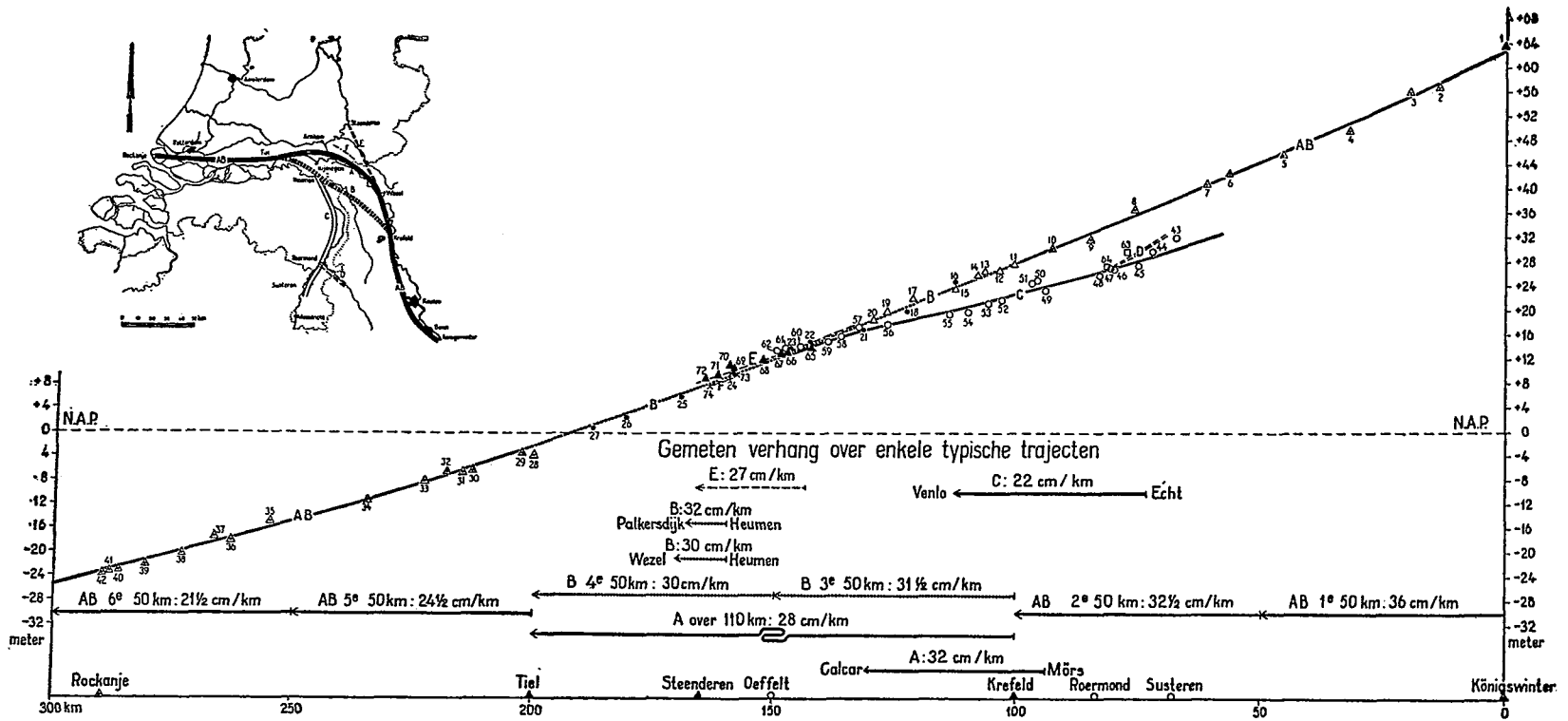
Voor 2 raaien binnen het Land van Maas en Waal (z.o.-n.w.) berekenden wij het verhang tussen twee overeenkomstige punten met behulp van bodemkaart en hoogtekaart zeer nauwkeurig:

- a. *Heumen-Palkersdijk*: afstand 8,25 km, hoogteverschil 2,65 m, verhang ca 32 cm/km;
- b. *Heumen-Wezel*: afstand 10,25 km, hoogteverschil 3,60 m, verhang ca 30 cm/km.

Het blijkt, dat het over dergelijke korte afstanden gevonden verhang in Maas en Waal inderdaad met dat van het Fluvia-tiele Laagterras als geheel overeenstemt. Met behulp van verschillende gegevens construeerden wij (fig. 2) de verhangkromme van het Laatglaciale Fluvia-tiele Rijnterras vanaf Bonn (Königswinter), waar de Rijn uit het Duitse middelgebergte te voorschijn treedt, via de zuidelijke tak ten zuiden langs het Nijmeegse stuwwalcomplex (Ottersum-Heumen) tot aan de Nederlandse kust (Rockanje). In dezelfde figuur geven wij het verhang door het centrale dal van de Rijn en het stukje verhang van de leemgronden van de Oude IJssel en het Midden- tot Noord-Limburgse stuk van de Maas. Voor het Duitse gedeelte van de verhanglijn gebruikten wij de „Geologische Übersichtskarte von Deutschland, Abt. Preuszen und Nachbarländer (Berlin 1939)”, waarop het Fluvia-tiele Laagterras staat aangegeven en waarop eveneens hoogtegegevens voorkomen. Voor Noord-Limburg maakten we gebruik van de gegevens van Schelling (1952), terwijl we in het Land van Maas en Waal eigen gegevens gebruikten. Ten westen van Wesel (gem. Wychen) duikt het Fluvia-tiele Laagterras definitief weg onder jongere afzettingen, zodat we voor de rest van Nederland zijn aangewezen op dieptebo-ringen.

In vele delen van het rivierkleigebied, dat door de holocene rivieren is omgeploegd en waar zich talrijke grindrijke, zandige en kleiige afzettingen boven of in de plaats van het Fluvia-tiele Laagterras kunnen bevinden, is dit Fluvia-tiele Laagterras niet met zekerheid aan te wijzen. Bovendien is er grote kans, dat een groot gedeelte van dit terras is weggeërodeerd.

Een gelukkige omstandigheid komt ons echter te hulp. Zoals we reeds eerder uiteenzetten (Bennema en Pons, 1952), zijn de donken en andere stuifzandopduikingen in West- en Midden-Nederland plaatsen, waar het niveau van het Fluvia-tiele Laagterras gemakkelijk is vast te stellen. Uit de aanwezigheid van deze donken kan men concluderen, dat ter plaatse het Fluvia-tiele Laagterras niet weggeërodeerd kan zijn, terwijl het niveau van het Fluvia-tiele Laagterras onder de dikke laag grof zand (rivierstuifzand) als



LEGENDA

- AB \triangle — Rijn van Königswinter tot Krefeld en van Tiel tot Rockanje
The Rhine from Königswinter to Krefeld and from Tiel to Rockanje
- A \triangle — Rijn van Krefeld tot Tiel door de Gelderse Poort
The Rhine from Krefeld to Tiel through the „Gelderse Poort”
- B \bullet Rijn van Krefeld tot Tiel ten zuiden van het Reichswald
The Rhine from Krefeld to Tiel south of the Reichswald
- C \circ — Maas van Susteren tot Oeffelt
The Meuse from Susteren to Oeffelt

- D \square === Roer boven Roermond
The Roer upstream Roermond
 - E \blacktriangle - - - - - Oude IJssel van de Nederlandse grens tot Steenderen
The Oude IJssel from the Dutch border to Steenderen
 - F \times - - - - - Rijn van Didam tot Duiven in het centrale Rijndal tussen Nijmegen en Arnhem
The Rhine from Didam to Duiven in the Central Rhine Valley between Nijmegen and Arnhem
- 1 t/m 74 nummering in de lijst van de gemeten punten
numbers in the list of measured points

Fig. 2. Verhang van de top van het fluviale laagterras.
Fall of the top of the Fluvial Lower Terrace.

LIJST VAN GEMETEN PUNTEN
LIST OF MEASURED POINTS

1	Königswinter	(G.U.)	26	Munnikenwoerd	(auteur)	51	Reuver	(Bod. Ned. 1950)
2	Hersel	(G.U.)	27	Dreumelse Berg	(auteur)	52	Tegelen	(Bod. Ned. 1950)
3	Rheidt	(G.U.)	28	Wijk bij Duurstede	(Florschütz en Jonker 1939)	53	Blerik	(Bod. Ned. 1950)
4	Keulen	(G.U.)	29	Zaltbommel	(C.I.L.O.)	54	Grubbenvorst-Blerik	(Bod. Ned. 1950)
5	Hitdorf	(G.U.)	30	Schoonrewoerd	(auteur)	55	Grubbenvorst	(Bod. Ned. 1950)
6	Nievenheim	(G.U.)	31	Autena	(auteur)	56	Wanssum	(Bod. Ned. 1950)
7	Himmelgeist	(G.U.)	32	Nieuwland	(auteur)	57	Maashees	(Bod. Ned. 1950)
8	Kaiserwerth	(G.U.)	33	Hoorbaar	(Vink, 1926)	58	Vierlingsbeek	(Bod. Ned. 1950)
9	Uerdingen	(G.U.)	34	Bergambacht	(Vink, 1926)	59	Vortum	(Bod. Ned. 1950)
10	Mörs	(G.U.)	35	Hillegersberg	(Vink, 1926)	60	Boxmeer	(Schelling 1951)
11	Lintfort	(G.U.)	36	Schiedam	(auteur)	61	Beugen	(Schelling 1951)
12	Rheinberg (a)	(G.U.)	37	Rhoon	(G.D.)	62	Oeffelt	(Schelling 1951)
13	Rheinberg (b)	(G.U.)	38	Geervliet	(G.D.)	63	Ned. Grens	(Bod. Ned. 1950)
14	Alpen	(G.U.)	39	Brielle	(G.D.)	64	Herten	(G.U.)
15	Wesel	(G.U.)	40	Rockanje	(G.D.)	65	Gendringen	(Koenigs 1949)
16	Geldern	(G.U.)	41	Rockanje	(G.D.)	66	Zeddam	(Bod. Ned. 1950)
17	Xanten	(G.U.)	42	Rockanje	(G.D.)	67	Terborg	(Bod. Ned. 1950)
18	Kevelaar	(G.U.)	43	Susteren	(Bod. Ned. 1950)	68	Doetinchem	(Bod. Ned. 1950)
19	Mariënbaum	(G.U.)	44	Echt	(Bod. Ned. 1950)	69	Hummelo	(Bod. Ned. 1950)
20	Calcar	(G.U.)	45	Maasbrecht	(Bod. Ned. 1950)	70	Hengelo (Gld)	(Bod. Ned. 1950)
21	Goch	(G.U.)	46	Linne	(Bod. Ned. 1950)	71	Doesburg	(Bod. Ned. 1950)
22	Ven, Ned. grens	(Schelling 1951)	47	Posterholt	(Bod. Ned. 1950)	72	Steenderen	(Bod. Ned. 1950)
23	Ottersum	(Schelling 1952)	48	Roermond	(Bod. Ned. 1950)	73	Didam	(auteur 1953)
24	Heumen	(auteur)	49	Kessel	(Bod. Ned. 1950)	74	Duiven	(auteur 1953)
25	Wezel	(auteur)	50	Kessel	(Bod. Ned. 1950)			

GEBRUIKTE AFKORTINGEN
ABBREVIATIONS USED

G.U.	=	Geologische Übersichtskarte
C.I.L.O.	=	Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek
G.D.	=	Boringen archief Geologische Dienst
Bod. Ned.	=	Voorlopige Bodemkaart van Nederland 1950

een plotselinge kleiige lemige overgang gemakkelijk is vast te stellen. Boven- dien is de stratigrafische opbouw van het Fluviatische Laagterras hier steeds precies dezelfde als meer stroomopwaarts, nl. een klei- of leemlaag van variërende dikte (nooit dikker dan 1 à 1,50 m) op zand en grind.

Aan de hand van een aantal boringen, die we vooral ontleen aan het proefschrift van Vink (1927): De Lekstreek, aangevuld met enige eigen waarnemingen, was het ons mogelijk de diepteligging van het Fluviatische Laagterras in West-Nederland voor een aantal plaatsen te bepalen. Verder maakten we gebruik van het door Florschütz palynologisch gedateerde profiel in een bouwput bij Wijk bij Duurstede. Florschütz en Jonker (1939) geven behalve een profielbeschrijving tevens de hoogteligging aan van verschillende horizonten. Op een diepte van 4,56 m -N.A.P. en dieper werd in de bodem van de put zand en grind aangetroffen, aan de bovenkant afgesloten door een grijze kalkhoudende kleilaag 4,56 m tot 4,15 m -N.A.P. Op grond van hierboven genoemde stratigrafische argumenten mogen we een dergelijk profiel vergelijken met ons overdekte Fluviatische Laagterras. Vermoedelijk bevinden we ons hier in een kleine depressie, bijvoorbeeld een ondiepe geul, van het met leem bedekte Fluviatische Laagterras. Het veenlaagje, dat op de klei ligt en op zijn beurt weer door een kleilaag werd bedekt, zou volgens Waterbolk (1947) zeer goed in de Allerødperiode te plaatsen zijn. Dit wijst op dezelfde ouderdom als van het Fluviatische Laagterras. In ieder geval is het volgens Florschütz en Jonker (1939) Laatglaciaal. In de bouwput van de N.V. Wilton-Feyenoord te Schiedam konden we zelf enige gegevens zeer nauwkeurig verzamelen. Tenslotte gebruikten we nog de gegevens van enkele diepe boringen, uitgevoerd in de Bommelerwaard, waar onder zware veenachtige en komkleiachtige jonge holocene rivierkleilagen de ontcalcite rivierleem ter dikte van ongeveer 50 cm weer op zand en grind werd aangetroffen (gegevens ter beschikking gesteld door het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek). Diepe boringen van de Geologische Dienst verschaften ons gegevens over Voorne en Putten.

Met behulp van al deze gegevens werd de verhangkromme voor de afzettingen op gemiddelde hoogte van het met rivierleem, leem of klei bedekte Fluviatische Laagterras van de Rijn geconstrueerd, die in fig. 2 is weergegeven. De afwijkingen van de punten ten opzichte van de geconstrueerde verhangkromme bedragen zowel naar boven (hoogste plaatsen van een oeverwalleetje) als naar beneden (ondiepe geulen en geultjes) ongeveer 1 m. Men ziet, dat dit verschil op één plaats gemakkelijk ca 2 m kan bedragen. Dit is ook in het Land van Maas en Waal het hoogteverschil tussen de hoogste oeverwallen en de ondiepe geulen op dezelfde plaats.

Voor Nederlandse punten kan men gemakkelijk zeggen, waarom ze onder of boven de verhangkromme liggen. De punten van Ven, Ottersum en Heumen liggen alle drie op de hoge oeverwal langs de Niers en langs het Maasdal. „Wezel” ligt in een gebied met kleine geultjes, dus achter de hogere oeverwal (naar verhouding te laag). „Wijk bij Duurstede” ligt vermoedelijk in een kleine bedding (veel te laag). Hoornaar, Bergambacht en Hillegersberg liggen te hoog. We bevinden ons hier in ieder geval op een oeverwal (er zat nl. geen veen tussen het stuifzand en de leem) en dus ook iets te hoog. In Duitsland zijn de hoogtegegevens zeer ruw. Noch de afstand tot Königswinter, noch de plaats, waar we ons in het systeem bevinden, is erg nauwkeurig. Toch is ook hier nergens het verschil met de geconstrueerde verhangkromme groter dan 1 m.

DE BEREKENING VAN DE ZEESTAND IN HET WÜRMGLACIAAL UIT DE VERHANGKROMME VAN HET FLUVIATIELE LAAGTERRAS

De verhangkromme van het Fluviaale Laagterras is getekend in fig. 2. Bij het uittreden van de Rijn uit het Duitse Middelgebergte (Königswinter) ligt dit terras op een hoogte van ongeveer 62,60 m + N.A.P. Dit punt hebben we als 0-punt voor de afstand genomen. Ongeveer 300 km stroomafwaarts passeren we de Nederlandse kust bij Rockanje. Hier ligt hetzelfde terras op een diepte van 25,50 m —N.A.P. Over dit traject is de daling dus 88,10 m.

De verhangkromme van het Fluviaale Laagterras (fig. 2) vertoont een zeer regelmatig beeld, van Königswinter tot de Nederlandse kust. Bij nauwkeurig meten blijkt per eenheid van afstand het verhang stroomafwaarts regelmatig af te nemen, terwijl deze afname zelf ook weer afneemt. Stroomafwaarts van Königswinter treden dan ook geen drempels van vast gesteente meer op, die onregelmatigheden in de kromme kunnen veroorzaken. Uit het zeer regelmatige beeld van de verhangkromme menen wij te mogen concluderen, dat op het moment, waarop het grindlichaam was opgebouwd, deze kromme in evenwicht was met de zeestand op dat moment en dat het door extrapolatie mogelijk is deze zeestand vast te stellen.

We verdelen daartoe het traject van Königswinter tot onze kust (300 km) in 12 stukken van 25 km, daarbij het hoofddal van de tegenwoordige Rijn kiezende (via de Gelderse Poort en Betuwe). Nauwkeurige metingen leerden ons namelijk, dat het dal ten zuiden van de Nijmeegse heuvels een verhang vertoont, dat niet past bij de verhangkromme van Königswinter tot Krefeld en van Tiel tot Rockanje; het is te steil.

Nu is het zuidelijke traject (B) tussen Krefeld en Tiel ongeveer 10 km korter dan het noordelijke traject (A) tussen deze plaatsen. Rekent men langs dit laatste traject (A) het verhang uit, dan past dit precies in de reeds vermelde verhangkromme van Königswinter tot Krefeld en van Tiel tot Rockanje.

In tabel 1 is een opsomming gegeven van het nauwkeurig gemeten verhang per 25 km, gerekend vanaf Königswinter stroomafwaarts en van de vermindering van het verhang per 25 km en per 100 km. Het verhang neemt geleidelijk stroomafwaarts af, maar de afname per bepaalde afstand neemt zelf ook regelmatig af (= de afname van de vermindering van het verhang).

Ter hoogte van de zeestand zal een in evenwicht verkerende rivier ten slotte een verhang = 0 gekregen hebben. Door het in rekening brengen van de afname van de vermindering van het verhang per 25 km kan men de afstand van dit punt tot Königswinter en de diepte van dit punt beneden Königswinter vaststellen.

De vermindering van het verhang over de 1e, 2e en 3e 100 km is zo nauwkeurig mogelijk grafisch bepaald en blijkt respectievelijk te bedragen: 0,0620 m, 0,0565 m en 0,0510 m. Hieruit blijkt een afname van de vermindering van het verhang van 0,0055 m per 100 km of 0,001375 m per 25 km. We hebben dit getal ook voor alle volgende trajecten van 25 km aangehouden. Waarschijnlijk vermindert het zelf ook nog, maar een grote fout kan hier nooit het gevolg van zijn.

We kunnen onze gegevens beschouwen als termen van een rekenkundige reeks van de 2e orde, die op den duur constant blijven. Gaat men uit van een verhang van de 12e 25 km van 21 cm/km (hetgeen grafisch inderdaad juist blijkt te zijn) met een vermindering van het verhang van 0,01275 m/25 km

TABEL 1. Enkele gemeten grootheden van de jong-pleistocene Rijn van Königswinter tot de Nederlandse kust, afgeleid van fig. 2.
 Table 1. Some measured magnitudes related to of the young pleistocene Rhine, between Königswinter and the Dutch coast, deduced from fig. 2.

Traject	Hoogteverschil ten opzichte van N.A.P.	Verval	Verhang per km	Vermindering van het verhang		Afname van de vermindering van verhang over 100 km (graf. bep.)
				per 25 km	per 100 km (grafisch bepaald)	
1e 100 km	1e 25 km	+62,60 m tot +53,50 m	9, 10 m	0,36½ m	(0,02)	0,062
	2e 25 km	+53,50 m tot +44,75 m	8,75 m	0,35 m	0,01½ m	
	3e 25 km	+44,75 m tot +36,50 m	8,25 m	0,33 m	0,02 m	
	4e 25 km	+36,50 m tot +28,50 m	8,00 m	0,32 m	0,01 m	
2e 100 km	5e 25 km	+28,50 m tot +20,25 m	8,25 m - 10 % = 7,50 m	0,30 m	0,02 m	0,0055
	6e 25 km	+20,25 m tot +12,25 m	8,00 m - 10 % = 7,25 m	0,29 m	0,01 m	
	7e 25 km	+12,25 m tot + 4,75 m	7,50 m - 10 % = 6,75 m	0,27 m	0,02 m	
	8e 25 km	+ 4,75 m tot - 2,50 m	7,25 m - 10 % = 6,50 m	0,26 m	0,01 m	
3e 100 km	9e 25 km	- 2,50 m tot - 8,75 m	6,25 m	0,25 m	0,01 m	0,0055
	10e 25 km	- 8,75 m tot -14,75 m	6,00 m	0,24 m	0,01 m	
	11e 25 km	-14,75 m tot -20,25 m	5,50 m	0,22 m	0,02 m	
	12e 25 km	-20,25 m tot -25,50 m	5,25 m	0,21 m	0,01 m (0,01)	

en berekent men de afnamen van de vermindering van het verhang tot op het punt, waar het verhang 0 is (dan moet nl. de vermindering van het verhang eveneens 0 zijn), dan vindt men een afname van de vermindering van het verhang van 0,00142 m/25 km. Deze twee bedragen (0,001375 en 0,00142) komen goed met elkaar overeen en we kiezen daarvan ongeveer het gemiddelde, nl. 0,0014 m/25 km.

Met behulp van de bovengenoemde getallen kan men extrapolierend de gehele verhangkromme construeren door middel van eenvoudige berekeningen (fig. 3). Het blijkt dan, dat op ca 700 à 800 km van de Nederlandse kust het verhang ongeveer 0 is geworden. Dit heeft plaats op een diepte van 60,4 m beneden de diepte, waarop het Fluviatiele Laagterras zich ter hoogte van onze kust bevindt, nl. 25,50 m —N.A.P. Het zeeniveau, waarop deze ver-

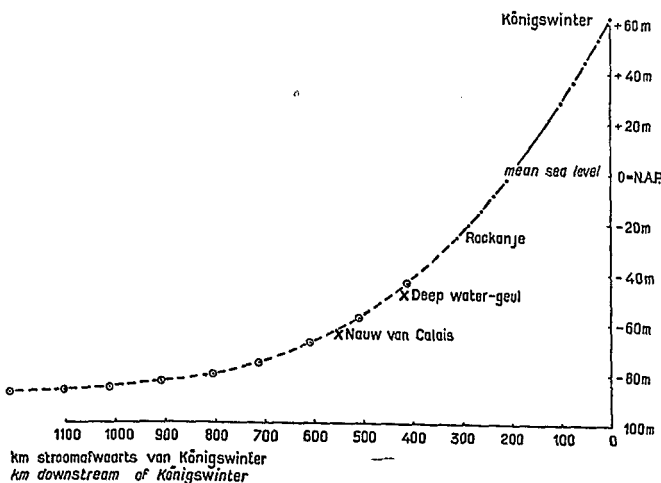


Fig. 3.
 Geconstrueerde verhangkromme van de jong-pleistocene Rijn.
 Charted fall-curve of the young pleistocene Rhine.

hangkromme uitmondt, bevindt zich dan op $60,40 + 25,50$ m —N.A.P. = 86 m —N.A.P.

Fig. 3 geeft een beeld van de geconstrueerde verhangkromme van de gehele Rijn. Het gestippelde deel is geconstrueerd en ligt in de Noordzee en door het Nauw van Calais. Op het getal van 86 m —N.A.P. moeten enkele correcties worden toegepast:

1. Nederland bevindt zich in een dalingsgebied, dat een bodemdaling vertoont van ca 2 cm per eeuw. Van de stijging of daling van het Duitse Middelgebergte is niets met zekerheid bekend. Nemen we aan, dat dit geen zakking of stijging vertoont, dan is West-Nederland sedert het Würm-Pleniglaciaal (ca 15.000 jaar geleden) ca 3 m gezakt. Voor zover men op nauwkeurigheidswaterpassingen mag vertrouwen, blijkt zowel uit de gegevens van Weiszner (1929) voor Rijnland als uit die van Wilser (1924) voor Frankrijk, dat er een tendens is dat het noordwesten van West-Europa sneller zakt dan het zuidoosten. De veel omstrede Nederlandse gegevens, onlangs door Edelman (1954) naar voren gebracht, wijzen in dezelfde richting. Noord-Nederland vertoont de tendens om iets sneller te „zakken” dan Zuid-Nederland. De gehele verhangkromme zou dan gedraaid zijn om een west—oost lopende as. Wanneer men dit corrigeert, blijken we een zeestand te vinden, die maximaal 7,50 m, maar waarschijnlijk niet meer dan ± 4 m te laag is. De meest waarschijnlijke zeestand zou dan geweest zijn: 82 m —N.A.P.

2. Is de pleistocene Rijn een min of meer onbelangrijke zijrivier geweest van een nog grotere rivier, dan bestaat de mogelijkheid, dat de pleistocene Rijn met een ander verhang uitmondt in een traject van deze grotere rivier, dat een groter of kleiner verhang heeft dan de pleistocene Rijn op deze plaats. In dat geval is de zeestand dus lager of hoger dan de waarde, die gevonden wordt uit een ongestoorde verhanglijn van de Rijn.

Baak (1936) maakte het zeer waarschijnlijk, dat de Rijn gedurende de laatste 2 ijstijden naar het zuiden door het Nauw van Calais is gegaan, terwijl dit ook in verband met de bodemdiepte van de Noordzee moeilijk anders kan. Tesch (1942) geeft op zijn kaartje 11 dan ook waarschijnlijk goed de toestand weer tijdens de periode, die ook wij beschrijven. De rivieren mondden later in meer zuidelijke richting uit. In dit verband is de voorstelling van Woldstedt (1950, blz. 410–411 en fig. 93) een achteruitgang. De diepten in het zuidelijke deel van de Noordzee en het Nauw van Calais kloppen zeer goed met de geconstrueerde verhangkromme (fig. 3).

Het ijs versperde de noordelijke Noordzee en al het smeltwater van de zuidelijke ijsrand van Engeland tot ver in Polen kwam terecht in de Noordzee. Deze „oerstroom”, die door het Nauw van Calais werd afgevoerd, is van veel grotere afmetingen geweest dan de Rijn en had zijn eigen verhangkarakteristiek. Later hopen wij hierop terug te komen.

In het geval, dat het Nauw van Calais een soort drempel vormde, geldt het bovenstaande eveneens. Voorbij de drempel wordt het verhang dan tijdelijk steiler, zodat wij eveneens op een lager zeeniveau uit moeten komen. We kunnen dus van het gevonden getal 86 m —N.A.P. zeggen, dat dit waarschijnlijk de hoogst mogelijke stand van de zee aangeeft, maar dat de zee tijdens het hoogtepunt van het Würmglaciaal waarschijnlijk nog wel een tiental meters lager kan hebben gestaan. In het geval, dat Nederland relatief daalt ten opzichte van de Duitse Middelgebergten, zou de maximale berekende zeestand ongeveer 7,5 m hoger kunnen liggen, dus op 78,5 m

—N.A.P. In het geval het verhang van de „oerstroorn” van de Noordzee vlakker geweest is dan dat van de Rijn op het punt van samenvloeden, geven deze cijfers een te grote diepte aan.

Als meest waarschijnlijke zeestand kunnen we dus aannemen 85 tot 95 m —N.A.P. Deze getallen komen goed overeen met wat Flint (1947) als samenvatting van de mening van verschillende andere auteurs en als uitkomst van zijn eigen onderzoek geeft, nl. 102 m (zonder isostatische correctie, dus de diepst mogelijke zeestand). Ook Zeuner (1952, blz. 129) neemt bijna 100 m —N.A.P. aan.

ENKELE OPMERKINGEN OVER HET VERHANG VAN DE ZIJRIVIEREN VAN DE RIJN IN HET PLEISTOCEN

1. *Het Fluviatiele Laagterras van de jong-pleistocene Rijntak: Krefeld-Issum-Geldern-Goch-Gennep-Tiel, ten zuiden van het „Reichswald”* (zie fig. 1)

We zagen reeds, dat deze Rijntak korter was dan die door het centrale Rijndal, maar dat het centrale Rijndal de normale regelmatige verhangkromme vertoont. Het verhang langs deze route was, zoals we reeds opmerkten, steiler (zie fig. 2). Het is daarom vreemd, dat de Rijn deze kortere tak niet is gaan volgen en zelfs tijdens het Laatglaciaal bij zijn insnijding het zuidelijke dal heeft verlaten. Misschien hebben bodembewegingsverschijnselen in het Rijngebied hier toch nog een beslissende rol gespeeld.

2. *Het Fluviatiele Laagterras langs Oude IJssel en IJssel*

Ongeveer bij Wesel had de „Würm”-Rijn een tamelijk belangrijke tak naar het noorden, ten oosten langs Montferland (fig. 1). In fig. 2 werd de verhangkromme hiervan als lijn E weergegeven. Het verhang is duidelijk minder dan dat van de hoofdtak van de Rijn en bedroeg ongeveer 27 cm/km over de eerste 30 km, terwijl dat van de Rijn zelf op dezelfde hoogte ongeveer 29 cm/km was. Deze tak zal dan ook waarschijnlijk pas later in werking zijn gekomen en aanvankelijk als een soort overloopgeul hebben gefunctioneerd, precies zoals nu nog het geval is met de huidige Gelderse IJssel (Pons, 1954). Een deel van deze tak liep ten noorden van Montferland weer terug naar de hoofdtak van de pleistocene Rijn tussen Nijmegen en Arnhem (Pons, 1954). Het andere deel stroomde door het dal van de tegenwoordige Gelderse IJssel naar het noorden.

Hoe de verdere loop van deze tak door Noord-Nederland was, is nog niet duidelijk. Waarschijnlijk liep hij van Zwolle naar het noordwesten of westen.

Bij Zwolle moet volgens de verhangkromme (waarbij een vermindering van verhang van bijna 2 cm/50 km in rekening is gebracht), het Fluviatiele Laagterras op ca 3 m —N.A.P. liggen, terwijl de top van het terras aan de kust zich op 24 m —N.A.P. moet bevinden. Waar de IJsseltak van de pleistocene Rijn de kust kruist, is echter nog niet bekend. De grote hoeveelheid Achterhoekse, Overijsselse, Gelderse en Friese beken sloten in het Jong-Pleistocen alle op deze tak aan, die bij het verlaten van Nederland reeds een flinke rivier moet zijn geweest.

3. *Het Fluviatiele Laagterras van de Maas*

Dit terras bezit een totaal afwijkende verhangkromme (lijn C, fig. 2). Het verhang is veel minder groot dan dat van de Rijn en is over 50 km (tussen Venlo en Echt) 22 cm/km. Even boven Gennep mondt het Fluviatiele Laag-

terras van de Maas uit in het dal van de zuidelijke tak van de Rijn. Een merkbare beïnvloeding van het verhang van het Fluviatiele Laagterras van de Rijn door dat van de Maas is er niet. De jong-pleistocene Maas mondde dus eenvoudig in de jong-pleistocene Rijn uit en ging daar geheel in verloren.

Een merkbare tectonische beïnvloeding van de hoogteligging van het oppervlak van het Fluviatiele Laagterras van de Maas vonden wij ook hier niet. Misschien dat bij nauwkeuriger uitzetten van de gegevens wel dergelijke invloeden merkbaar zijn. Hoe zich het Fluviatiele Laagterras van de Maas naar het zuiden stroomopwaarts voortzet, is wegens het nog ontbreken van nauwkeurige gegevens stroomopwaarts van Susteren, niet nagegaan.

4. Het Fluviatiele Laagterras van de Roer

Dit vertoont een veel steiler verhang dan dat van de Maas. Van enige invloed op het Fluviatiele Laagterras van de Maas is niets te merken. Het achterland van de Roer is dan ook veel beperkter dan dat van de Maas.

Summary

The Fluvial Lower Terrace is the river terrace of Rhine and Meuse originating from the late Würm-glaciation. The extension of this terrace in Western Germany and the Eastern Netherlands, where it comes to the surface is shown in fig. 1. In the Centre and the West of the Netherlands this terrace as far as it has not been destroyed by erosion is covered by holocene sediments and can be traced down to the coast. In areas with a low water-table in the Fluvial Lower Terrace a Gray-Brown Podzolic Soil has been formed and preserved when covered by holocene sediments.

In general the terrace consists of gravel and gravelly sand up to an average depth of approximately 10 metres, overlain by a clayey sand to sandy clay layer of about 1.50 m to 0.50 m in depth. Morphologically the terrace shows the features of a braided river. From the elevation of the top of the terrace at various points of the Würm-Rhine, from Königswinter (6.60 m above N.A.P.) along two branches, one on either side of the Reichswald, down to the Dutch coast (25.50 m below N.A.P.) the fall-curves could be plotted out. This was also possible for the Yssel, another branch of the Rhine and for its affluents the Meuse and the Roer (fig. 2).

The fall is very gradually declining towards the coast, the characteristic values have been graphically calculated. It proved to be possible to calculate by extrapolation the depth of the horizontal plane where the fall becomes zero, and to construct it graphically (fig. 3). This point is at a depth of 86 m —N.A.P. and at about 700 to 800 km out of the Dutch coast. From the depth proportions prevailing in the North Sea could be derived that the Rhine flowed through the Straits of Dover in those days. Minor corrections relating to an absolute decline of the bottom level of about 2 cm per century, the eventual occurrence of a bar in the Straits of Dover or the discharge of the Prehistoric Rhine in a still bigger river (Prehistoric rivers in Germany) imply that the sea-level during the Würm glaciation was most probably between 85 and 95 metres below N.A.P. being a level corresponding very well with the figures of Flint (1947).

LITERATUUR

- Baak, J. A.*, 1936: Regional petrology of the Southern North Sea. Proefschrift, Leiden. Wageningen.
- Bennema, J.* en *L. J. Pons*, 1952: Donken, Fluviaal Laagterras en Eemzeeafzettingen in het westelijk gebied van de grote rivieren. Boor en Spade **V**, 126-137. Utrecht.
- Edelman, T.*, 1954: Tectonic movements as resulting from the comparison of two precision levellings. Geol. en Mijnbouw **16**, 209-213.
- Flint, R. F.*, 1947: Glacial geology and the pleistocene epoch. New York.
- Florschütz, F.* en *F. P. Jonker*, 1939: A botanical analysis of a late pleistocene and holocene profile in the Rhine delta. Meded. Bot. Mus. en Herb. Rijksuniv. Utrecht, nr 72.
- Hammen, Th. van der*, 1951: Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. Proefschrift, Leiden.
- Koenigs, F. F. R.*, 1949: Een bodemkartering van de omgeving van Azewijn. Serie: De bodemkartering van Nederland, III. Versl. Landbk. Onderz. no **54**. 17. 's-Gravenhage.
- Lorié, J.*, 1901: Beschrijving van eenige nieuwe grondboringen II. Verh. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, 2e Sect., **VII**, 6.
- Pons, L. J.*, 1953: De bodemgesteldheid van een gedeelte van de Lijmers (het binnendijkse land van de gemeente Westervoort, Duiven (ged.) en Zevenaer (ged.)). Rapport Stichting voor Bodemkartering, no 343. Wageningen.
- Pons, L. J.* 1954: Aantekeningen bij het ontstaan van de bodem van de Lijmers. Gedenkboek Dr van Heek. (In druk).
- Pons, L. J.* en *J. Schelling*, 1951: De laatglaciale afzettingen van de Rijn en de Maas. Geologie en Mijnbouw **13**, 293-297.
- Schelling, J.*, 1951: Een bodemkartering van Noord-Limburg. Diss. Wageningen. Serie: De bodemkartering van Nederland, X. Versl. Landbk. Onderz. no **57**. 17. 's-Gravenhage.
- Steeger, A.*, 1952: 100 Jahrige Eiszeitforschung am Niederrhein. Der Niederrhein **19**, 57-63.
- Stichting voor Bodemkartering*, 1950: Voorlopige bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 400.000. Bijlage van C. H. Edelman: Inleiding tot de bodemkunde van Nederland. Amsterdam.
- Tesch, P.*, 1942: De Noordzee van historisch-geologisch standpunt. Meded. Rijks Geol. Dienst, Ser. A, no 9.
- Vink, T.*, 1926: De Lekstreek. Proefschrift, Utrecht. Amsterdam.
- Waterbolk, H. Tj.*, 1947: De oudheidkundige verschijnselen in verband met de ontwikkeling van plantengroei en klimaat. In: Een kwart eeuw oudheidkundig bodemonderzoek in Nederland. Herdenkingsbundel A. E. v. Giffen, 57-97.
- Weiszner, J.*, 1929: Der Nachweis jüngster tektonischer Bodembewegungen in Rheinland und Westfalen. Essen.
- Wilser*, 1924: Neuzeitliche Erdkrustenbewegungen in Frankreich. Geol. Paläontologisch Inst. Univ. Freiburg.
- Woldstedt, P.*, 1950: Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Stuttgart.
- Zeuner, F. E.*, 1952: Dating the past. London.
- Zonneveld, J. I. S.*, 1947: Het kwartaair van het Peelgebied en de naaste omgeving. Diss. Leiden. Maastricht. Meded. Geol. Stichting, Ser. C, VI, 3.