

**POLLENANALYTISCH EN GEOLOGISCH ONDERZOEK
VAN HET ONDER- EN MIDDEN-PLEISTOCEN VAN
NOORD-NEDERLAND**

DOOR

A. BROUWER.

Met Plaat XLIV—XLVI.

INHOUD.

	Bldz.
Inleiding	259
HOOFDSTUK I.	
Overzicht van de bestaande opvattingen	260
HOOFDSTUK II.	
Enige technische opmerkingen bij het pollenanalytische onderzoek . .	269
HOOFDSTUK III.	
De pollendiagrammen	280
HOOFDSTUK IV.	
Vergelijking en interpretatie van de pollendiagrammen	293
HOOFDSTUK V.	
Het middenpleistocene mariene niveau en de invloed van zeespiegel- bewegingen op het gedrag van rivieren	303
HOOFDSTUK VI.	
Het Onder-Pleistoecen	315
HOOFDSTUK VII.	
De dikke kleiafzettingen en het Riss-interstadiaal	322
HOOFDSTUK VIII.	
Historisch-geologische samenvatting	331
SUMMARY.	
Pollenanalytical and geological investigation of the Lower and Middle Pleistocene in the northern Netherlands	336
Literatuur	343

INLEIDING.

Het onderzoek, waarvan de uitkomsten in dit geschrift worden medegedeeld, zou niet mogelijk zijn geweest zonder de hulp die ik van verschillende zijden ontving bij het verkrijgen van materiaal voor pollenanalytisch onderzoek.

Veel dank ben ik verschuldigd aan Dr. J. F. Steenhuis, oud-geoloog bij de Geologische Stichting, Afdeling Geologische Dienst, te Haarlem, wien geen moeite te veel was om mij voortdurend aan de gewenste monsters van oude boringen te helpen.

Dank komt toe aan de Directie van de Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden, te Leeuwarden, die een grote verzameling boormonsters van de pompstations Noordbergum en Spannenburg voor onderzoek afstond.

Nadat het pollenonderzoek van de meeste der bewerkte boringen reeds was afgesloten, bleek het zeer gewenst het onderzoek aan te vullen met een zo volledig mogelijk bemonsterde boring, te verrichten op een daartoe bij uitstek geschikt punt. Grote dank ben ik daarom verschuldigd aan het Bestuur van de Stichting Molengraaff-fonds te Delft, dat door de toekenning van een subsidie de uitvoering van de boring Bantega mogelijk maakte. De boring werd uitgevoerd door de Firma de Ruitjer te Halfweg, met behulp van het snelsteekapparaat van de Heer Ackermann, waarmee een volledige reeks ongeroerde kernen werd verkregen.

De Directeur van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te 's Gravenhage, Prof. W. F. J. M. Krul, en de opeenvolgende Directeuren van de Geologische Stichting, Afdeling Geologische Dienst, te Haarlem, Dr. P. Tesch en Dr. Th. Reinhold, ben ik zeer erkentelijk voor het vrije gebruik dat zij mij toestonden te maken van hun boorarchieven.

Zoals uit de titel van dit geschrift blijkt, ben ik een voorstander van een driedeling van het Pleistoceen. Daarbij valt in ieder onderdeel één interglaciaal: tot het Onder-Pleistoceen behoort het Günz-glaciaal en het eerste interglaciaal, tot het Midden-Pleistoceen het Mindel-glaciaal, het tweede of grote interglaciaal en het Riss-glaciaal en tot het Boven-Pleistoceen het derde interglaciaal en het Würm-glaciaal. Een dergelijke driedeling biedt voordelen boven de tweedeling, waarvan men zich in Nederland gewoonlijk bedient. Uiteindelijk behoort een indeling van het Pleistoceen natuurlijk te geschieden op glaciële grondslag. Daarvoor vormt de stralingscurve van Milankowitsch voorlopig een bruikbare basis.

Bij de schrijfwijze der aardrijkskundige namen is steeds de Lijst der aardrijkskundige namen in Nederland, uitgegeven door het Koninklijk Nederl. Aardrijkskundig Genootschap (Leiden, 1936) gevolgd.

HOOFDSTUK I.

OVERZICHT VAN DE BESTAANDE OPVATTINGEN.

De bouw van het pleistocene lagencomplex beneden het keileem wijkt in de noordelijke provincies in één opzicht sterk af van die in het midden van ons land. Terwijl in Midden-Nederland het keileem gewoonlijk direct op de grofzandige, grindrijke hoogterrasafzettingen rust of daar in uitzonderingsgevallen toch slechts door een één of twee meter dikke fijnkorrelige laag van gescheiden is, rust het keileem in Noord-Nederland op een fijnkorrelig complex, bestaande uit klei, leem en fijne tot zeer fijne zanden, waarvan de dikte wisselt van enige tientallen meters tot meer dan 100 m. Eerst daaronder volgt een grove zone met grind.

J. Lorié en H. van Cappelle hebben bijna zestig jaar geleden vlak na elkaar ieder een boring van Sneek beschreven (Lorié, 1887a, pp. 94—97; Van Cappelle, 1888). Hun mededelingen behoren tot de oudste, die over de stratigrafie van de pleistocene ondergrond van Noord-Nederland verschenen zijn. Talrijke feiten, die later van algemene geldigheid bleken in het gehele noordelijke deel van Nederland, vindt men reeds van deze boringen vermeld. Daar bovendien de boring van Van Cappelle zo'n uitvoerige beschrijving heeft gekregen, als slechts weinig boringen uit ons land te beurt is gevallen, en ik de boring van Lorié aan een nieuw onderzoek kon onderwerpen, heeft het zin deze beide boringen iets uitvoeriger te beschouwen.

De beschrijving van Lorié verscheen het eerst. Van Cappelle maakt daarvan in een naschrift melding en brengt op grond van de uitkomsten van Lorié, die reeds vroeger boormonsters van Assen in handen had gehad, een correctie aan in zijn interpretatie, waardoor de beide boringen geheel vergelijkbaar worden. Ik laat hier het profiel van Lorié's boring (Lorié, 1887a, pp. 94—96) in zeer verkorte vorm volgen (diepte in meters beneden maaiveld):

0—14,5 m	Holoceen en Boven-Pleistocéen;
14,5—18,5 m	keileem;
18,5—32,5 m	fijn zand met steentjes, en zandige klei;
32,5—55,5 m	afwisseling van fijne en grovere zanden. Het zand bevat naaldjes van <i>Echinocardium cordatum</i> , houtfragmenten, katjes van <i>Betula alba</i> en steentjes tot 1,5 cm, die een enkele maal van noordelijke herkomst zijn (graniet, veldspaat);
55,5—57,0 m	grof zand met zuidelijk grind;
57,0—60,0 m	zwarte klei;
60,0—63,0 m	zuidelijk grind vermengd met grof zand en zwarte klei;
63,0—111,5 m	zwarte klei;
111,5—132,0 m	lichtgrijze klei, die onderin in fijn zand overgaat.

Hoewel deze boring misschien in een enkel opzicht niet het meest karakteristieke voorbeeld is van de bouw van het Pleistocéen in de ondergrond van de noordelijke provincies, vertoont hij toch reeds alle kenmerken,

die later door honderden andere boringen zouden worden bevestigd: Deze kenmerken zijn:

1. het voorkomen van slechts één grondmoreneniveau;
2. de aanwezigheid van een fijnkorrelig laagcomplex direct onder het keileem;
3. de aanwezigheid van een grove zone op zekere diepte beneden het keileem;
4. de aanwezigheid, althans in een deel van de noordelijke provincies, van een mariene facies op enige diepte beneden het keileem;
5. de aanwezigheid van een tweede fijnkorrelige afdeling beneden de grove zone.

Het zijn hoofdzakelijk Lorié en Van Cappelle zelf geweest, die in de jaren na de publicatie van hun Sneeker boringen voortgegaan zijn met het bijeenbrengen van gegevens over de bouw van de pleistocene ondergrond van Noord-Nederland. Hun opvattingen zijn van veel invloed gebleven op de wijze waarop men later, tot in onze tijd toe, de geologie van dit gebied heeft beschouwd. Ik wil daarom allereerst zo beknopt mogelijk nagaan hoe deze beide onderzoekers, en na hen anderen, over het genoemde vijftal punten hebben gedacht.

Lorié heeft er in zijn „Beschouwingen over het Diluvium van Nederland”, verschenen in het zelfde jaar als zijn beschrijving van de Sneeker boring, nog eens nadrukkelijk op gewezen, dat in deze diepe boring slechts één grondmorene werd aangetroffen en hij maakt de gevolgtrekking: „Wij hebben dus in ons land slechts eene „verijzing” gehad en deze stemt overeen met die van de oudste G. M.¹⁾ in Noordduitschland”²⁾ (Lorié, 1887b, p. 441). Dit punt heeft later nooit tegenspraak ontmoet en ik kan het dus verder laten rusten. Argumenten, die later naar voren zijn gebracht voor een herhaalde ijsbedekking van ons land, berustten nooit op de aanwezigheid van twee in verticale zin duidelijk gescheiden grondmorenes.

Anders staat het met de interpretatie van de opeenvolging van een fijne en een grove zone onder het keileem. Omtrent dit punt zijn Lorié en Van Cappelle in de loop der jaren tot verschillende opvattingen gekomen. Terwijl Van Cappelle de grove zone tot een oudere ijstijd bracht dan waartoe het keileem behoorde en het tussenliggende fijnkorrelige complex als een typisch interglaciaal beschouwde, heeft Lorié altijd het keileem en de grove zone er onder tot de zelfde ijstijd gerekend. De hoofdzaken van Lorié's indeling worden thans, na een onderbreking, sinds bijna twintig jaar weer algemeen aanvaard. Daar juist voor het noordelijke deel van ons land de stratigrafie van het Onder- en Midden-Pleistoceen nog altijd niet duidelijk is, heeft het zin de ontwikkeling van de beide denkbeelden na te gaan. Ik wil met Van Cappelle beginnen.

Van Cappelle trof in één van de door hem beschreven boringen (Van Cappelle, 1892a, boring Meppel no. 3) beneden een fijnkorrelig pakket met veel plantenoverblijfselen, op 28.20 m zoveel graniet- en vuursteenbrokjes aan dat het zuidelijke grind van die laag (24,50—28,35 m) op die diepte geheel op de achtergrond trad. Ter verklaring nam Van Cappelle aan, dat

¹⁾ Lorié's afkorting van grondmorene.

²⁾ Men onderscheidde destijds in Noord-Duitsland nog slechts twee grondmorenes, waarvan de jongste zich niet verder dan de Elbe uitstrekte.

een oscillatie het ijs zo dicht bij ons land had gebracht, dat de fluvioglaciale stromen de zuidelijke rivieren verdrongen en hier noordelijk grind afzetten. Een nader onderzoek van de Sneeker boring leert Van Cappelle dat ook daar, hoewel minder duidelijk dan bij Meppel, een zone voorkomt met veel noordelijk grind (n.l. bij 53,42 m — A.P.) en Van Cappelle acht het niet uitgesloten dat later ten Noordoosten van een lijn over Sneek en Meppel twee grondmorenes zullen worden aangetroffen, gescheiden door zand met zuidelijk grind (Van Cappelle, 1892a, p. 15). Aanvankelijk was Van Cappelle dus dezelfde mening toegedaan, die door Lorié gehandhaafd is. Het denkbeeld van een oscillatie is evenwel het eerst door Van Cappelle geopperd en later door Lorié overgenomen.

Een boring bij Havelte leverde Van Cappelle een goed bewaarde vrucht van een hazelaar en een 4 cm groot stuk eikenhout uit een kleilaag, die de basis vormde van de fluvioglaciale zanden van het ijs, dat hier later het keileem bracht (Van Cappelle, 1891). Van Cappelle trok daaruit de gevolgtrekking „dat onmiddellijk voor de aankomst van het landijs ook in ons land meeren aanwezig waren in wier omtrek eene flora gevonden werd, die in een gematigd klimaat tehuis behoort” (Van Cappelle, 1891, p. 70). Men mag in deze uitlating reeds een aanduiding zien van Van Cappelle's latere mening.

In 1906 worden de resultaten bekend gemaakt van een aantal boringen voor de Sneeker waterleiding (Rapport, 1906). Vooral naar aanleiding van deze boringen vat Van Cappelle in 1910 in een belangrijke verhandeling zijn inzichten samen (Van Cappelle, 1910). Na een beschouwing over de gevonden overblijfselen van organische oorsprong in de vele veenlenzen, over de talrijke houtfragmenten en over de overblijfselen van enige keversoorten, komt hij zonder aarzeling tot de conclusie, dat de fijnkorrelige zone met een interglaciaal tijdperk overeen moet komen, „want nog nimmer werd bij een bodemonderzoek hier te lande een zoo duidelijk ontwikkeld interglaciaal aangetroffen als in de boorprofielen, die wij aan de voorbereidende werkzaamheden voor de Sneeker Waterleiding te danken hebben” (Van Cappelle, 1910, p. 41). Aan de daaronder liggende grove zone kent Van Cappelle dan een glaciale ouderdom toe. Deze vertegenwoordigt dus een oudere ijstijd dan het keileem. Dezelfde mening vindt men weergegeven bij Molengraaff en Van Waterschoot van der Gracht (1913) en in het Eindverslag van de Rijksopsporing van Delfstoffen (1918).

Lorié heeft reeds bij de beschouwing van de Sneeker boring melding gemaakt van het optreden van noordelijke stenen op enige diepte onder de grondmorene. Onder Sneek kwamen de noordelijke stenen echter samen met zeeëgelstekels, berkekatjes en houtfragmenten voor. Lorié beschouwde dan ook terecht het betreffende laagcomplex als een mariene afzetting en hechte aan de noordelijke bestanddelen van het grind verder geen bijzondere waarde (Lorié, 1887a). Als hij echter in 1893 een vijftal boringen van Assen beschrijft, waar noordelijk grind voorkomt in de grove fluviatiele zone, komt hij tot dezelfde conclusie als Van Cappelle.

Lorié stelt een indeling van het profiel in vijf zones op, die hij met de letters A—E van boven naar beneden als volgt aanduidt:

- A keileem en dekzand,
- B fijne zone, naar beneden fijner wordend,
- C fijne zone, naar beneden grover wordend,
- D grove zone („duidelijk gemengd Diluvium”),
- E fijne zone.

„Het gedeelte D wijst op de nabijheid van het Landijs (op welken afstand is natuurlijk onmogelijk te zeggen), C op een terugtrekken, B op een naderen en A op de aanwezigheid ter plaatse zelf. Eene oscillatie van het Landijs is volkomen voldoende om alles te verklaren: voor eene tweemaalige ijsbedekking, beantwoordende aan de beide ijstijdvakken, is geene de minste aanleiding, al mocht deze of gene die om theoretische redenen nog zoo gaarne wenschen” (Lorié, 1893, p. 14). Wanneer Lorié echter in 1899 een nieuwe boring van het Loonerveld bij Assen beschrijft en daar de grove zone tussen 104 en 115 m diepte aantreft, van het keileem gescheiden door een meer dan 100 m dik pakket fijnkorrelige afzettingen, is er enige aarzeling aangaande de juistheid van de oscillatie bij hem te bespeuren, al concludeert hij toch „Voorloopig zoude ik de oorzaak in eene oscillatie van het Landijs willen zoeken” (Lorié, 1899, p. 8). En in 1904 schrijft hij, naar aanleiding van een boring te Groningen, waar het keileem in twee lagen voorkomt gescheiden door een 1 m dikke zandlaag: „Ik vind hier niet de geringste aanleiding om aan twee verschillende ijstijdvakken te denken. Eerder zoude daartoe aanleiding zijn bij het vergelijken der onderste en der bovenste grove afdeelingen, hoewel ook deze op bevredigende wijze door eene oscillatie verklaard kunnen worden” (Lorié, 1904, p. 20).

In het jaar daarop gaat Lorié een belangrijke stap verder aangaande de datering van enige zones in het Pleistoceen van westelijk Nederland. In talrijke boringen kon hij duidelijk twee grove zones onderscheiden en een tussenliggende fijne zone. Naar aanleiding van enige boringen in de duinen bij Vogelenzang schrijft Lorié dan: „Neemt men nu aan, dat de keileem in het bijzonder en de „bovenste grove afdeling” in het algemeen zijn afgezet in het voorlaatste glaciale tijdvak, „den grooten ijstijd” en „de middelste, fijne afdeeling” in het daaraan voorafgaande interglaciale, dan kunnen wij aan de mogelijkheid denken, dat de „onderste grove afdeeling” beantwoordt aan een vroeger ijstijdvak. Ik laat hier de verdeling die sedert 1894 voor de Alpen is ingevoerd: a) oudere -, b) jongere „Deckenschotter”, c) hoogterras, d) laagterras, voorloopig buiten rekening, omdat men er voor het noord-europeesche Diluvium vooralsnog niets aan heeft, en onderscheid slechts drie ijstijden, waarbij a) en b) samenvallen. Wij krijgen dan voor de glaciale tijdvakken: G' = Deckenschotter, G'' = hoogterras en G''' = laagterras en voor de interglaciale I' tusschen G' en G'' en I'' tusschen G'' en G'''. In onze boringen zouden dan vertegenwoordigd zijn: G', I' en G'', welke laatste, volgens mijne en de algemeen geldende opvatting de oppervlakte vormt onzer grindgronden” (Lorié, 1905, p. 48—49).

Hoewel Lorié enige bladzijden eerder in dezelfde verhandeling de driedeling van het Onder- en Midden-Pleistoceen voor het hele land als geldig beschouwt, geloof ik toch niet dat Lorié zijn interpretatie van de fijne zone als interglaciaal ook op de fijne zone uit de noordnederlandse boringen heeft willen toepassen, gelijk Van Cappelle er uit leest (Van Cappelle, 1910, p. 44). Integendeel, wanneer Lorié kort daarop zijn inzichten aangaande interglaciale afzettingen in Nederland samenvat en zich zeer positief uitspreekt over de fijne zone uit het Westen van het land, voert hij een nieuwe term in voor de fijne zone in het Noorden: „neutrale ruimte” (Lorié, 1907, p. 430). Lorié geeft een opsomming van een aantal boringen, gerangschikt naar toenemende dikte van de neutrale ruimte, die eindigt met de reeds genoemde boring van het Loonerveld bij Assen, waar de neutrale ruimte meer dan 100 m dik is en hij schrijft dan: „het wordt dus voor eene eenvoudige oscillatie „hoe langer hoe gekker”” (Lorié, 1907, p. 432). Na een korte

beschouwing over de in deze fijne zone gevonden fossielen, eindigt hij dit deel van zijn opstel: „Vooreerst zie ik geenen uitweg uit deze chaos en bepaal mij er dus toe, met rustig af te wachten, wat ons de toekomst brengen zal. Keulen en Aken zijn ook niet op éénen dag gebouwd (Lorié, 1907, p. 433).

Het komt mij voor dat Lorié het altijd als de waarschijnlijkste oplossing heeft beschouwd, dat ook de grove zone in het Noorden dezelfde was als die welke „de oppervlakte vormt onzer grindgronden”. Hij kon die immers ook in het Westen op zekere diepte weer terugvinden. In het Noorden zou dan de grove zone tot zijn „bovenste grove afdeling” behoren, waarvan het keileem het jongste lid vormt. Alleen het voorkomen, tussen beide in, van een soms zeer dikke, fijne zone, die in andere delen van ons land ontbreekt, deed hem aarzelen. Van Cappelle, die hoofdzakelijk in het Noorden heeft gewerkt, rekende de fijne zone onder het keileem daar zonder aarzeling tot een interglaciaal, gelijk Lorié deed met zijn „middelste fijne afdeling” in het Westen, wegens zijn „zeer ondiluviaal karakter”.

Ik heb de ontwikkeling van deze denkbeelden iets uitvoeriger weergegeven, omdat de opvattingen van Lorié en ten dele ook die van Van Cappelle, het latere denken altijd zijn blijven beheersen. Al verschilden Lorié en Van Cappelle in hun interpretatie van de fijne zone onder het keileem, zij hebben er nooit aan getwijfeld of de grove zone daaronder was van glaciële ouderdom. Zij baseerden dat op de aanwezigheid van noordelijk grind, dat rechtstreeks aan fluvioglaciële invloed werd toegeschreven. Het lag inderdaad voor de hand dat te doen in de tijd toen hun denkbeelden zich begonnen te vormen en men algemeen onze ijsbedekking beschouwde als overeenkomende met de oudste der beide ijstijden, die men elders in het scandinafse vergletscheringsgebied kon onderscheiden. Toen het later echter duidelijk werd dat aan dat tweetal nog een oudere ijstijd vooraf moet zijn gegaan, was de mogelijkheid geschapen dat het noordelijke bestanddeel in de grove zone reeds fluviatiel verplaatst morenemateriaal van die oudere ijstijd kon zijn. Voor zover ik weet, is die mogelijkheid nooit beschouwd. Dientengevolge zijn na Lorié en Van Cappelle de grove zones van ons Pleistoceen altijd als glaciëel, en de fijne zones als interglaciëel opgevat.

Het geringe aantal fossielen, de omstandigheid dat het hele complex slechts door boringen toegankelijk is en het gebrek aan geschikte technieken om het beschikbare materiaal te onderzoeken, hebben er toe geleid dat de controverse tussen Lorié en Van Cappelle is blijven rusten. Men kan in zekere zin twee verhandelingen van Steenhuis, één over de ondergrond van Friesland en Drente en één over Friesland, beide van uitgebreid feitenmateriaal voorzien, als het besluit beschouwen van een eerste periode van onderzoek, waarin het ongewapende oog het voornaamste hulpmiddel en de lithologische eigenschappen van het complex het voornaamste doel vormden (Steenhuis, 1916, 1919). Maar terwijl zowel Lorié als Van Cappelle een zonevormige bouw van het Onder- en Midden-Pleistoceen verdedigden, al liep hun parallelisatie dan ook uiteen, is Steenhuis in zijn conclusies veel voorzichtiger. De ongelijke diepte, waarop de grove zone in het Noorden voorkomt, doet hem afzien van het aannemen van doorgaande zones in het Pleistoceen. De onregelmatige afwisseling van grove en fijne sedimenten, zowel in horizontale als in verticale richting, kunnen door de fluviatiele oorsprong van het gehele complex verklaard worden. Naar aanleiding van een beschouwing over de bodemdaling schrijft Steenhuis: „Men moet derhalve tot de gevolgtrekking komen, dat de bouw van het Nederlandsche, preglaciële

diluvium in bijzonderheden door de glaciaties van Midden- en Noord-West Europa niet waarneembaar beïnvloed is" (Steenhuis, 1917, p. 55).

Nadien hebben andere onderzoekers evenwel een minder pessimistisch geluid laten horen. Tesch onderscheidt in 1934 in zijn samenvatting twee duidelijk verschillende, fijnkorrelige, interglaciale zones, n.l. die van Tegelen en die van Nede. Plaastst men deze nu respectievelijk in het eerste en in het tweede interglaciaal, dan „bestaat slechts de uitweg de meening van Lorié als juist te erkennen en de bovenste grove afdeeling (het hoogterras) aan de aanvang van het Rissglaciaal te plaatsen" (Tesch, 1934, p. 671). In hetzelfde opstel moet Tesch echter constateren dat de stratigrafie in de drie noordelijke provincies nog niet duidelijk is. Wel brengt Tesch de fijne zone, die in het Noorden de basis vormt van het keileem, als vroegfluvio-glaciale afzettingen tot het Riss-glaciaal.

Onder de grove zone volgt opnieuw een fijnkorrelige zone, die zich soms uitstrekt tot de bovenkant van het mariene Tertiair, c.q. mariene Icenien. Deze onderste fijne zone is echter slecht bekend, daar de meeste boringen niet dieper gaan dan de grove zone. Bijna alle boringen hebben immers het opsporen van water tot doel en dit wordt door de grove zone voldoende geleverd. Het mariene Tertiair is slechts door een zeer gering aantal boringen bereikt, terwijl een aantal andere boringen in de onderste fijne zone zijn geëindigd. Florschütz heeft uit een boring bij Bergumerheide uit deze zone op 155—157 m diepte het watervarentje *Azolla tegeliensis* vermeld, zodat men mag aannemen dat althans een deel van deze onderste fijne zone overeenkomt met de zone van Tegelen (Florschütz, 1938).

Zowel Lorié als Van Cappelle hebben reeds in hun eerste Sneeker boringen een marien niveau beneden het keileem opgemerkt. Daar Van Cappelle dit mariene niveau niet aantrof onder Leeuwarden, Oenkerk en het Roode Klif (Van Cappelle, 1888), wel echter in de beide boringen die in het gebied van de voormalige Middellzee werden verricht (Sneek en Oosterlittens), komt Van Cappelle tot de conclusie: „dat reeds vóór de aankomst van het oudste diluviale landijs, de zee in Friesland een inham vormde, die ongeveer dezelfde plaats innam als genoemde zeeboezem" (Van Cappelle, 1892b, p. 7).

Merkwaardig genoeg heeft Van Cappelle's positieve uitspraak later weinig weerklank gevonden. Steenhuis noemt het „niet onwaarschijnlijk in dit geval met verplaatste tertiaire schelpen te doen te hebben" (Steenhuis, 1919, p. 93). Tesch beschouwt in 1934 het voorkomen van mariene schelpen op enige diepte beneden het grondmoreneniveau overal als „uitzonderingsgevallen; als een doorgaande mariene zone kan dit optreden van zeeschelpen niet beschouwd worden, maar de zaak is misschien van voldoende belang om niet geheel verwaarloosd te worden. Zeer waarschijnlijk liggen deze schelpen niet op oorspronkelijke ligplaats" (Tesch, 1934, p. 672). Hij heeft echter enige jaren later aan dit mariene niveau recht gedaan (Tesch, 1939). Een dergelijk marien niveau blijkt zowel onder een deel van Zeeland en Zuid-Holland als Friesland en de Waddeneilanden aanwezig en vormt duidelijk de voortzetting van de hoogterrasafzettingen. De fauna vormt daar geen bezwaar tegen en kan geplaatst worden in de overgangstijd van Mindel-Rissinterglaciaal naar Riss-glaciaal (Tesch, 1939). Op het belangrijke punt van de ouderdom van deze „mariene inschakeling in de hoogterrasafzettingen", zoals Tesch hem noemt, kom ik later terug (hoofdstuk V).

In 1933 verschijnt Edelman's geschrift over de petrologische provincies in het nederlandse Kwartair, waarin ook een aantal boringen in de pleistocene ondergrond van Noord-Nederland zijn behandeld (Edelman, 1933). Zijn werk

is later aangevuld door Böhmers (1937). Het sedimentpetrologische onderzoek was een eerste schrede uit de impasse, waarin het onderzoek van het Pleistoceen in Noord-Nederland, na de lithologische beschrijving van talrijke boringen was geraakt. Hoewel Edelman van mening is, dat de sedimentpetrologie niet mag worden „gedegradeerd tot een tweederangs hulpmiddel van den stratigraaf” (Edelman, 1939, p. 246), volgt uit zijn definitie van een sedimentpetrologische provincie direct dat de petrologie van een sedimentair complex wel degelijk in staat is waardevolle gegevens voor de stratigrafie te leveren: „een sediment-petrologische provincie is een bepaalde associatie van detritische mineralen in ruimte en tijd” (Edelman, 1938, p. 400). De sedimentpetrologie levert allerlei gegevens, die niet langs andere weg verkregen kunnen worden en die inderdaad reeds op zichzelf van groot belang zijn. Het werk van Edelman heeft in menig opzicht nieuwe inzichten geopend met betrekking tot de kennis van de kwartaire afzettingen van ons land. Slechts de uitdrukking „tweederangs hulpmiddel van den stratigraaf” lijkt me niet gelukkig. De sediment-petroloog zou echter tekort schieten, indien hij niet een eigen bouwsteen bijdroeg tot de historisch-geologische synthese, die het uiteindelijke doel van de geologie moet vormen.

Edelman en Böhmers hebben acht boringen uit de drie noordelijke provincies bewerkt. Edelman beschreef bovendien vier boringen uit de westelijke voortzetting van dit gebied. Daarmee was een basis gelegd voor de sediment-petrologische kennis van noordelijk Nederland.

Edelman vond in de westelijke boringen een vermenging van de A- en de Saussuriet-provincie, die hij respectievelijk in verband bracht met een aanvoer uit Scandinavië en een aanvoer door de oudpleistocene Rijn. Oostwaarts neemt die invloed van de saussuriettoevoer af, om plaats te maken voor materiaal met een hoog gehalte aan parametamorfe mineralen (Scheemda-provincie), waarvan de herkomst wellicht in het Oosten zal moeten worden gezocht (Edelman, 1933). Later heeft Edelman (1939) de mogelijkheid geopperd, dat we hier met een minderglaciale sedimentatie door duitse rivieren te doen hebben. Bovendien heeft Edelman gewezen op het verschijnen van augiet in een bepaald niveau van de saussuriet-toevoer. Het voorkomen van dit materiaal staat in verband met een opleving van het vulkanisme in de Eifel, die volgens duitse onderzoekers samenvalt met de sedimentatie van het (duitse) middenterrasmateriaal. Hiermee is dus waarschijnlijk eveneens een belangrijk stratigrafisch aanknopingspunt geleverd (Edelman, 1938).

Het vijftal door Böhmers (1937) bewerkte boringen heeft het beeld verder aangevuld. Böhmers heeft in de eerste plaats een IJ-groep ingevoerd, die vermoedelijk een soortgelijke plaats inneemt, als de reeds vroeger door Edelman onderscheiden X-groep. Terwijl de invloed van de X-groep hoofdzakelijk in de oostelijke boringen (provincie Groningen) tot uiting komt, is de invloed van de IJ-groep tot de westelijke boringen beperkt (Friesland en Noord-Holland). Bovendien ligt het niveau met IJ-invloed dieper dan dat met X-invloed. Van beide wordt de herkomst samen met de A-groep in Scandinavië gezocht. In de tweede plaats heeft Böhmers de A-hoornblendeprovincie onderscheiden. Niet uitgemaakt werd of het hier om een variatie van de A-provincie dan wel om een zelfstandige provincie gaat. De groep is aangetroffen in alle tot voldoende diepte voortgezette boringen en schijnt karakteristiek te zijn voor de diepste zone, tot in het onderste mariene niveau, van het hele noordelijke gebied.

Vergelijkt men de sedimentpetrologische met de lithologische profielen,

dan blijkt er geen rechtstreeks verband tussen beide te bestaan. Hoewel men een enkele maal congruenties waarneemt en hoewel men dikwijls de invloed van een bepaalde petrologische provincie in verscheidene boringen op overeenkomstige diepte aantreft, is het verband blijkbaar niet zo eenvoudig, als men wellicht gehoopt zou hebben. Op dit belangrijke punt kom ik later terug (Hoofdstuk VI).

Op geheel andere wijze is ons inzicht in het Pleistoceen door Steenhuis verrijkt. Uitgaande van een al vroeger door Tesch toegepast beginsel, heeft Steenhuis een groot aantal bepalingen van het kwartsgehalte van het grind grover dan 7 mm uit pleistocene afzettingen verricht (Steenhuis, 1936). Hij kon daarbij een geleidelijke toeneming van het kwartsgehalte naar de diepte vaststellen. Beneden het keileem konden zodoende drie zones worden onderscheiden: het Hoogterras, een jongere en een oudere zone in het Pré-Rissien, met gemiddelde kwartsgehalten (gewichts-%), die in het algemeen variëren respectievelijk van 50—65%, van 70—80% en van 80—90% (Steenhuis, 1936, 1937a, 1938, 1942a).

De grenzen van een groep kunnen ver uiteenliggen en de uiterste percentages van twee groepen kunnen elkaar gedeeltelijk bedekken. Steenhuis heeft er zelf dan ook herhaaldelijk op gewezen, dat een enkele bepaling niets zegt. Eerst een behoorlijk aantal waarnemingen geeft een gemiddelde dat betrouwbare conclusies toelaat. Het gebruik van boormonsters levert bovendien dikwijls de moeilijkheid dat met een zeer geringe hoeveelheid grind moet worden volstaan. De boring Blankenham B 5 (Steenhuis, 1937, p. 9) is daarvan een aardig voorbeeld. Steenhuis onderscheidt tussen 33,50 en 48,20 m diepte het hoogterras. Hierin zijn vier kwartsbepalingen verricht, waarvan de percentages schommelen tussen 59% en 63%. Het profielgedeelte tussen 82,10 en 113,10 m wordt tot het oudere niveau van het Pré-Rissien gerekend. De kwartspercentages variëren van 82—90%. Het tussen deze beide niveau's gelegen deel van het profiel, van 48,20 tot 82,10 m, wordt tot het jongere niveau van het Pré-Rissien gebracht. Niet minder dan negen kwartsbepalingen werden daarvan gedaan, die liggen tussen de ruime grenzen van 47 en 78%. Beschouwt men ze echter nader, dan blijken de vijf waarnemingen, die een kwartsgehalte boven 70% opleverden, te berusten op slechts 20 à 30 gram grind, terwijl de waarnemingen, die op een grotere hoeveelheid grind berustten (200 à 300 gr.) kwartsgehalten bezitten tussen 47 en 61%. Deze liggen dus niet allen geheel binnen de variatiebreedte van het hoogterrasmateriaal, maar zijn zelfs nog lager dan die van het bovenliggende hoogterrasmateriaal in dezelfde boring!

Niettemin is de toeneming van het kwartsgehalte van het grind bij de beschouwing van een groot aantal boringen zo evident, dat men dit onmogelijk aan het toeval kan toeschrijven. Ik geloof dus dat de kwartsgehaltebepalingen inderdaad een zeer bruikbaar hulpmiddel voor de stratigrafie kunnen zijn. Bij de huidige, zuiver empirische werkwijze van het onderzoek naar het kwartsgehalte mag men hier wel met recht van een „hulpmiddel van de stratigraaf” spreken! Intussen is de werkwijze wellicht voor verfijning en verbetering vatbaar. Steenhuis vermeldt, dat het kwartsgehalte langs de grote rivieren in synchrone afzettingen stroomafwaarts vermindert. Wellicht zal ook hier de invoering van het provinciale beginsel vruchtbaar blijken te zijn.

In 1939 heeft Steenhuis zijn inzichten aangaande de stratigrafie van het nederlandse Kwartair samengevat. Op grond van de uitkomsten van zijn kwartsbepalingen komt hij daarbij voor het Noorden van ons land tot enige

belangrijke nieuwe gevolgtrekkingen. De grove, grindhoudende zone, die door Lorié en Van Cappelle zo dikwijls uit de ondergrond van noordelijk Nederland is vermeld, moet volgens Steenhuis voor wat het bovenste deel betreft, tot het hoogterras worden gerekend, voor wat het onderste deel betreft tot het Pré-Rissien. Het hoogterras kan plaatselijk secundair ontbreken en dan komt dus aan de grove zone in zijn geheel een ouderdom van Pré-Rissien toe. Zoals reeds werd vermeld kan Steenhuis hierin nog twee zones onderscheiden. Van sedimenten, die overeenkomen met de mindel-rissinterglaciale kleien (zone van Nede) uit ander delen van het land, is in het Noorden geen spoor te ontdekken. Tussen het onderste en het bovenste deel van de grove zone (respectievelijk Pré-Rissien en Riss) ligt dus een geweldig stratigrafisch hiaat, dat tenminste het gehele Mindel-Rissinterglaciaal omvat. Daar Steenhuis fluviatile afzettingen van een Günzglaciale ouderdom in het NE van het land afwezig acht, zal men dus de diepe fijne zone, die gewoonlijk tussen de grove zone en het mariene Icenien (c.q. mariene Tertiair) wordt aangetroffen tot het Günz-Mindel-interglaciaal moeten rekenen. Daar Steenhuis in navolging van de gangbare opinie in Nederland het hoogterras in de eerste koude fase van het Riss-glaciaal (Riss I) plaatst, de glaciogene afzettingen in de tweede koude fase daarvan (Riss II) komt aan het fijnkorrelige en humeuze pakket, dat in Noord-Nederland tussen deze beide vormingen ligt een interstadiale ouderdom toe (Steenhuis, 1937b). Volgens deze gedachtegang komt aan het vegetatieniveau, dat Steenhuis van verschillende plaatsen heeft vermeld, en waarvan Van Cappelle de eigenlijke ontdekker is, eveneens een interstadiale ouderdom toe.

Dit is zo beknopt mogelijk het beeld dat Steenhuis van de onder- en midden-pleistocene stratigrafie van Noord-Nederland heeft ontworpen op grond van de kwartsbepalingen van het grind (Steenhuis, 1939). Jammer genoeg zijn er geen boringen, die zowel sedimentpetrologisch, als op het kwartsgehalte van grind onderzocht zijn. Een directe vergelijking van de uitkomsten is dus thans nog niet mogelijk.

Een nadeel van het door Steenhuis uitgevoerde grindonderzoek is, dat de werkwijze het bekende als juist vooropstelt. Hoewel in een gebied, waar andere aanknopingspunten ontbreken, dus een waardevol hulpmiddel verschaft wordt, kent deze wijze van onderzoek, althans op het ogenblik, geen eigen onafhankelijk oordeel. Daarom is het van belang het verkregen inzicht thans te toetsen op zodanige wijze, dat vooral omtrent de klimatologische omstandigheden waaronder de verschillende afzettingen gevormd werden, meer gegevens worden verkregen. Hiertoe lijkt het pollenanalytische onderzoek de mogelijkheid te openen. Florschütz heeft terloops tweemaal melding gemaakt van het voorkomen van pollen in de fijne zone onder het keileem (Bursch, Florschütz en Van der Vlerk, 1938; Florschütz, 1939).

HOOFDSTUK II.

ENIGE TECHNISCHE OPMERKINGEN BIJ HET POLLENANALYTISCHE ONDERZOEK.

Het pollenanalytische werk, waarvan de uitkomsten in het volgende hoofdstuk worden beschreven, berust grotendeels op het onderzoek van monsters, verkregen bij pulsboringen, die gewoonlijk het opsporen van water tot doel hadden. Het werken met dergelijk materiaal voor pollenanalytisch onderzoek is tot nu toe tamelijk ongebruikelijk geweest. Wel heeft Florschütz enkele malen afzonderlijke spectra van in boringen aangetroffen veenlaagjes medegedeeld, maar voor het samenstellen van diagrammen is dergelijk boormateriaal in ons land nooit gebruikt. Ook uit de buitenlandse literatuur zijn mij slechts twee of drie voorbeelden ervan bekend geworden. Zoals in het volgende hoofdstuk zal blijken, kan het pollenanalytische onderzoek van boormateriaal gegevens verschaffen, die niet op andere wijze kunnen worden verkregen en die een bijdrage kunnen leveren bij het oplossen van geologische vraagstukken. Het gebruik ervan is dus alleszins gerechtvaardigd, maar brengt enige specifieke moeilijkheden en beperkingen met zich mee, die het wenselijk maken aandacht te schenken aan enige technische aspecten van het onderzoek, alvorens de verkregen uitkomsten nader te beschouwen.

Voorop stel ik dat de waarde van de diagrammen der pulsboringen achterstaat bij de tot nu toe gepubliceerde diagrammen van holocene en bovenpleistocene afzettingen, waarvoor de monsters, hetzij met de hand in open profielwanden werden gestoken, hetzij verkregen werden met behulp van een veenboor, die boorkernen levert. In gebieden als het onderzochte heeft men echter slechts de keuze tussen diagrammen van iets minder volmaaktheid of in het geheel niets. Het voornaamste bezwaar bij het gebruik van materiaal uit pulsboringen schuilt natuurlijk in de grote onderlinge afstand tussen de opeenvolgende monsters. Bovendien is nooit bekend uit welk deel van een bepaalde laag het betreffende monster afkomstig is. In de diagrammen werden de spectra steeds op de halve hoogte tussen boven- en onderkant van de laag getekend. In werkelijkheid kan het monster evengoed uit het boven- als uit het ondergedeelte van de laag afkomstig zijn geweest, of ook een mengsel van materiaal van verschillende diepten zijn. In het algemeen zal daarvan een zekere nivellering in het diagram het gevolg zijn. Bedenkt men welke veranderingen in diagrammen van holocene of bovenpleistocene afzettingen dikwijls over kleine dieptever verschillen kunnen optreden, dan is het duidelijk dat men het gesignaleerde bezwaar niet mag onderschatten. Wanneer dikke lagen slechts door een enkel monster vertegenwoordigd waren, was dit voor onderzoek natuurlijk waardeloos. In de praktijk leenden boringen met een herhaalde, zij het slechts geringe, afwisseling in de lithologische samenstelling van het profiel, zich dan ook het beste tot het gewenste doel. Ook dan nog was een onderlinge

monsterafstand van 1 à 2 m gering; veelal moest met een grotere afstand genoeg worden genomen. Het is dus wel zeker dat talrijke kleine schommelingen in de samenstelling van de pollenflora niet in de diagrammen tot uiting komen. Ook de verkregen grote lijnen vertonen echter reeds vele aanknopingspunten en laten gevolgtrekkingen toe, die nieuw licht werpen op de geschiedenis van het onderzochte gebied tijdens het Onder- en Midden-Pleistoceen. Uit de beide volgende hoofdstukken zal dat voldoende blijken.

De genoemde bezwaren gelden niet voor de boring Bantega, waarvan het materiaal in de vorm van een volledige kern verkregen werd. Het diagram van deze boring is daardoor niet alleen op zichzelf reeds waardevol, maar levert bovendien een standaarddiagram, dat ons in staat stelt de andere diagrammen op hun volledigheid te toetsen.

Met betrekking tot de aard van de onderzochte monsters kan men drie groepen onderscheiden:

1. monsters van veenlaagjes;
2. monsters van kleilagen en -laagjes;
3. brokjes en stukken veen en klei uit zandmonsters.

De monsters van de eerste groep lenen zich natuurlijk voortreffelijk voor pollenanalytisch onderzoek. Helaas is hun aantal zo gering, dat ze voor een enigszins breed opgezet onderzoek met stratigrafische doeleinden van weinig belang zijn. Uitgestrekte veenlagen van enige betekenis, zoals in het Holoceen voorkomen, zijn blijkbaar tijdens het Onder- en Midden-Pleistoceen in Noord-Nederland weinig tot ontwikkeling gekomen. De weinige monsters van aangetroffen veenlensjes waren echter waardevol door de zuivere, d. w. z. niet met verplaatst pollen verontreinigde, pollenflora die ze opleverden.

Hadden de veenmonsters het voordeel van de betrouwbaarheid van hun polleninhoud en het nadeel van hun geringe aantal, bij de kleimonsters waren deze verhoudingen juist omgekeerd. In hoofdstuk I is reeds gebleken dat kleilagen, soms van aanzienlijke dikte, een belangrijke plaats innemen bij de samenstelling van het onder- en middenpleistocene profiel van het onderzochte gebied. Daar staat tegenover dat mét de mineraalpartikeltjes van de klei ook stuifmeel uit oudere afzettingen kan worden aangevoerd en gesedimenteerd. Al naar de aard van het aangevoerde pollen kan zodoende de pollenflora van klei meer of minder duidelijk zichtbaar met pollen op secundaire ligplaats zijn verontreinigd. Het bleek al spoedig dat dit met een aantal van de onderzochte kleimonsters inderdaad het geval was. Ziet men een ogenblik van deze verontreiniging af — ik kom er straks uitvoerig op terug — dan kan gezegd worden dat de meeste kleien uit het onderzochte sedimentaire complex zich voortreffelijk voor pollenanalytisch onderzoek lenen. Gewoonlijk was een enkel preparaat van 21 × 26 mm reeds ruimschoots voldoende om het gewone aantal van 150 pollenkorrels van bomen te tellen. Om een indruk te geven van de pollenrijkdom van verschillende kleimonsters werd enige keren de absolute hoeveelheid stuifmeelkorrels van een sediment bepaald. Hiertoe werd een hoeveelheid luchtdroog sediment vóór de behandeling nauwkeurig gewogen, tijdens de behandeling werd er op gelet dat geen stuifmeel met het water werd weggespoeld, terwijl ten slotte het overgebleven residu met het geconcentreerde stuifmeel in glycerine of glycerine-gelatine opnieuw werd gewogen. Door één of meer preparaten van bekend gewicht geheel te tellen

kon dan gemakkelijk de totale polleninhoud van de oorspronkelijke hoeveelheid sediment worden berekend. De uitkomsten zijn in tabel I verenigd.

TABEL I.

Boring	Diepte in m — N. A. P.	aard van het materiaal	aantal boom- pollen korrels per gram
Bergumerheide, boring 16	49.30—49.45	kleihoudend veen	800
Winschoten	14.50—19.0	zwarte klei	1000
Bantega	16.44	grijze klei	1000
Spannenburg, bron 5	35.40	grijze, kalkh. klei	1100
Assen	48.50—54.50	zwarte klei	1300
Bergumerheide, boring 13	57.60—57.70	veen	1400
Bergumerheide, boring 18	59.70—60.90	brok veen	1600
Bantega	18.84	humeuze klei	3000
Bergumerheide, boring 18	57.95—59.70	humeuze klei	3000
Bantega	18.39	grijze klei	4000
Bergumerheide, diepe waarnemingsput	155.15—155.45	grijze klei	4000
Bergumerheide, diepe waarnemingsput	110.95—111.05	veen	4500
Bantega	19.29	humeuze klei	5000
Bergumerheide, boring I A	90.50—91.50	brok veen	6000
Bantega	20.55	humeuze klei	8000
Bergumerheide, bron 8	6.20—9.40	zeer humeus zand	12000

Enkele monsters (b.v. Spannenburg, bron 5, 35—39 m) waren zo sterk kalkhoudend, dat men van kleihoudende moeraskalk kan spreken. Ook de habitus van deze monsters was afwijkend: de kleur was zeer licht, terwijl het materiaal in gedroogde toestand niet hard was als klei, maar met de hand gemakkelijk geheel verpulverd kon worden.

Het onderzoek van een groot aantal monsters bracht aan het licht dat talrijke zandmonsters brokjes veen en klei bevatten van één tot soms meer dan 20 cm³. Aanvankelijk verkeerde ik in de mening dat het hier om verontreinigingen ging, hetzij dat de brokjes in het zand op secundaire ligplaats voorkomen, hetzij dat de brokjes bij het verzamelen in de zandmonsters waren geraakt. Nader onderzoek leerde echter dat dit niet het geval kan zijn, maar dat de brokjes afkomstig moeten zijn van zeer dunne, bij het boren met een puls niet afzonderlijk opgemerkte veen- en kleilaagjes, waarvan het materiaal in verbrokkelde toestand samen met het onder- en bovenliggende zand omhoog komt. Bovendien had ik tweemaal het geluk bij in uitvoering zijnde boringen dergelijk materiaal te zien ophalen en dat heeft mij gesterkt in de overtuiging dat het om dunne doorboorde laagjes van afwijkende samenstelling gaat.

In dit verband leveren de boringen, uitgevoerd ten behoeve van het pompstation Noordbergum (Bergumerheide) van de Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden goed vergelijkingsmateriaal, dank zij de gelukkige omstandigheid dat hier materiaal beschikbaar was van een groot aantal, dicht bij elkaar gelegen boringen. Zo vertoonde bron 9 een groot

stuk veen tussen 55,20 en 58,10 m en bron 12 talrijke brokjes veen op overeenkomstige diepte, n.l. tussen 54,80 en 57,50 m. De pollenspectra van het veenmateriaal uit beide boringen vertonen onderling een zeer grote overeenkomst (tabel II).

TABEL II.

Bergumerhede	P	Pe	Ab	QM	C	B	S	A	Co	Gr	Cyp	Er	Var
bron 12													
54.80—57.50 m	34	1	—	9	—	6	—	50	5	—	—	—	24 brokjes veen
bron 9													
55.20—58.10 m	27	2	—	13	—	10	—	48	5	—	—	—	16 brok kleih. veen

Hetzelfde is het geval met de spectra van een veenlaagje uit boring 13 van 58,60—58,70 m, een veenlaagje uit bron 5 op 60 m en een groot brok sterk humeuze klei uit boring 18 tussen 58,95 en 60,70 m o. m. (tabel III).

TABEL III.

Bergumerhede	P	Pe	Ab	QM	C	B	S	A	Co	Gr	Cyp	Er	Var
bron 13													
58.60—58.70 m	85	—	—	—	—	15	—	—	1	—	—	—	8 veen
bron 5													
60 m	83	2	—	—	—	14	1	—	1	—	—	—	34 veen
bron 18													
58.95—60.70 m	82	—	—	2	—	14	—	2	1	1	—	—	6 brok hum. klei

Bij dit tweede voorbeeld is het bovendien interessant, dat de spectra gezamenlijk een zeer afwijkend beeld vertonen, vergeleken met de lagen er onder en er boven, door het zeer lage Alnus-percentages. Niet alleen blijkt er dus een zeer goede overeenstemming tussen losse veenbrokjes van overeenkomstige diepte uit verschillende boringen, maar ook bestaat er een volkomen overeenstemming tussen losse stukjes humeus materiaal met veen dat in twee andere boringen op overeenkomstige diepte toevallig wel als een afzonderlijk laagje werd opgemerkt. Neemt men nu bovendien in aanmerking dat dergelijke veenbrokjes in een bepaalde laag soms plotseling zeer talrijk optreden en er onder en er boven geheel ontbreken en dat dikwijls flinke stukken werden aangetroffen van zo weinig samenhangend veen, dat het bij eerste aanraking reeds geheel uit elkaar viel, dan wordt het wel heel moeilijk om aan verplaatst materiaal te denken. Het onderzoek heeft mij dan ook overtuigd dat we hier te doen hebben met zeer dunne veen- of kleilaagjes, die tengevolge van de gebruikte boortechniek niet afzonderlijk als zodanig bij het boren werden opgemerkt. De spectra, die het onderzoek van dergelijke losse stukjes veen of klei uit zandmonsters opleverde, heb ik dan ook zonder aarzeling bij het samenstellen van de diagrammen gebruikt. Evenals bij de andere spectra, werden de spectra van dergelijk materiaal op de halve hoogte tussen onder- en bovengrens van het monster getekend. Maakte het onderzoek, zowel door de samenstelling van de spectra als door de diepteligging, aannemelijk dat eenzelfde laagje in meer dan één boring was aangetroffen, dan werd voor het diagram

het gemiddelde van de betreffende spectra gebruikt. Hoewel een dergelijke handelwijze natuurlijk nadelen heeft, geloof ik dat het aldus verkregen beeld voor het gehele samengestelde diagram zuiverder is dan wanneer men de verschillende spectra met geringe hoogteverschillen alle in het diagram tekent. De hoogteverschillen zijn trouwens niet reëel, want zij hangen uitsluitend af van de diepte tussen welke het materiaal van het doorboorde laagje werd opgemerkt.

Zandmonsters werden in het algemeen niet in het pollenanalytische onderzoek betrokken. Hun polleninhoud is gewoonlijk zo gering dat een kwantitatieve bewerking ervan zinloos is. Zelfs al zou men met zeer veel geduld uit een groot aantal preparaten tenslotte een voldoende aantal korrels kunnen tellen, dan nog moet de waarde van de uitkomst als zeer twijfelachtig worden beschouwd, daar het bekend is dat in de pollenflora van zandmonsters de invloed van secundair stuifmeel en selectieve verwerking het beeld geheel kunnen mistekenen. Een uitzondering werd echter gemaakt voor sterk humeuze zandlaagjes, die een enkele maal, en met name in het middenpleistocene deel van het profiel, optreden. Het hoge gehalte aan humeuze stoffen wijst op de aanwezigheid van een oud, goed begroeid bodemoppervlak. Men mag aannemen dat het in de bodemlaag bewaarde stuifmeel tenminste voor het grootste deel autochtoon is.

Als voorbeeld zij het onderzoek vermeld van een zo sterk humeus zandlaagje, dat men bijna van een zandig veenlaagje zou kunnen spreken, aangetroffen in de boringen van Bergumerheide. Uit drie boringen werd het materiaal van dit laagje geanalyseerd. De uitkomsten zijn in tabel IV verenigd.

TABEL IV.

Bergumerheide	P	Pe	Ab	QM	O	B	S	A	Co	Gr	Cyp	Er	Var	
bron 13														
8.20—8.45 m	53	5	1	2	1	18	—	20	11	3	—	15	16	zeer hum. zand
bron 8														
7.20—10.45 m	28	3	—	—	2	35	—	32	15	—	—	24	5	zeer hum. zand
bron 17														
7.60—8.65 m	39	2	—	1	2	16	—	40	26	—	—	22	8	zeer hum. zand

Hoewel de percentages onderling nogal uiteenlopen — Pinus, Betula en Alnus domineren ieder éénmaal — stemt het algemene beeld van de drie spectra toch zo overeen, dat men in andere delen van dit en de overige diagrammen een soortgelijk spectrum vergeefs zal zoeken. Pinus, Alnus en Betula zijn alle drie belangrijke componenten in de pollenflora, terwijl Picea, de bestanddelen van het Quercetum mixtum en Carpinus wel met lage percentages, maar zeer constant aanwezig zijn. Corylus en Ericaceeën zijn met voor deze soorten relatief hoge percentages vertegenwoordigd. Enige verscheidenheid in de spectra is trouwens niet verwonderlijk, indien men bedenkt dat de vorming van het bodemlaagje een vrij lange tijdsduur kan omvatten. Van belang is ook dat op een vergelijkbaar niveau in het diagram van Spannenburg een overeenkomstig spectrum aanwezig is.

Aangaande de wijze, waarop de monsters werden voorbereid voor microscopisch onderzoek kan ik kort zijn. Alle monsters werden behandeld volgens de techniek, die door Erdtman (G. & H. Erdtman, 1933; G. Erdtman 1934, 1936a, b) is ingevoerd en met enige verbeteringen geheel is be-

schreven in zijn boek „An introduction to pollen analysis” (Erdtman, 1943). Indien het materiaal in series aldus wordt behandeld, is deze werkwijze nauwelijks tijdrovender dan de tegenwoordig veelal nog toegepaste behandeling met kaliloog, terwijl het voordeel van de bereikte grotere concentratie van het stuifmeel in het residu aanzienlijk is. Minerogene sedimenten werden steeds vooraf in een platinaschaaltje met 40 % fluorwaterstofzuur tot kookpunt verhit en met zoutzuur in koperen centrifugehulzen gewassen. Gewoonlijk werden enige verduurzaamde preparaten met glycerine-gelatine vervaardigd, terwijl het dan nog resterende deel van het residu in glazen buisjes met glycerine-gelatine werd bewaard.

De conserveringstoestand van het stuifmeel was in het algemeen zeer goed. Slechts in een gering aantal monsters maakte het stuifmeel een enigszins verweerde indruk, zonder dat het voor determinatie hinderlijk was. In enige monsters werden bovendien goed geconserveerde korrels naast enigszins verweerde aangetroffen. Aanwijzingen dat het hier stuifmeel van verschillende herkomst betrof, b.v. autochtoon en secundair, heb ik echter niet kunnen ontdekken. Men neemt een dergelijk verschil ook wel eens in holocene veenmonsters waar. Het is mogelijk dat de wijze van behandeling van het materiaal hier van invloed is. Losse luchtzakken van coniferenpollen werden, evenals pollenkorrels van deze groep met slechts één luchtzak, steeds voor een half exemplaar geteld, zodat de fout die anders door het kapot gaan van deze korrels gemakkelijk binnensluipt, geëlimineerd werd.

Reeds in het begin van het onderzoek openbaarde zich een onaangename eigenschap bij een deel van de kleimonsters. Het materiaal van een aantal monsters bleek n.l. in geringe percentages pollen te bevatten van genera, waarvan bekend is dat ze met het einde van het Tertiair uit dit deel van Europa verdwenen zijn. Ik heb er al op gewezen dat een dergelijke natuurlijke verontreiniging in minerogene sedimenten op zichzelf niet behoeft te verbazen. Uit veel jongere sedimenten is vroeger reeds tweemaal van een dergelijk verschijnsel melding gemaakt: Polak (1936) beschreef een geval van jonge zeeklei uit de Zuiderzee met vreemd pollen, Florschütz en Jonker (1939) beschreven een geval in bovenholocene Rijnklei van Wijk bij Duurstede. Beide keren werd de verontreiniging ontdekt door het optreden in vrij hoge percentages van *Picea*- en *Abies*-pollen, wat inderdaad in holocene sedimenten een ongewoon verschijnsel is. Men moet er evenwel rekening mee houden dat ook het overige pollen voor een meer of minder groot gedeelte verplaatst pollen kan zijn, iets wat naar mijn mening door de genoemde onderzoekers onvoldoende naar voren is gebracht. Men kan niet volstaan met aan te nemen dat alleen het *Picea*- en *Abies*-pollen verplaatst en het overige pollen autochtoon is, hoewel *Picea* en *Abies* in deze gevallen natuurlijk wel de meest karakteristieke componenten van de verontreiniging vormen. Polak zocht de oorsprong van de verontreiniging in erosie en opneming van materiaal uit oudere kleilagen, terwijl Florschütz en Jonker dachten aan uitspoeling van pollen op grote afstand, i.e. in de Boven-Rijnvlakte, waarvan bekend is dat *Picea* en *Abies* belangrijke bestanddelen zijn in de bovenholocene pollenflora.

Geen van de onderzoekers heeft echter een poging gedaan de omvang van de verontreiniging vast te stellen en zij gaven dan ook de diagrammen met de verontreinigde spectra. In de genoemde gevallen, waar de aanwezigheid van zuivere spectra uit veenlagen nog voldoende mogelijkheden tot datering gaf, lag een poging tot correctie wellicht ook minder voor de hand.

Voor de zeer dikke profielen van het onderhavige onderzoek, waar de aanknopingsmogelijkheden met betrouwbare veenlagen veel geringer waren, was het echter nodig zich rekenschap te geven van de kwantitatieve omvang van de verontreiniging.

Iversen (1936) heeft zich vroeger in een grondige en originele studie over de laatglaciale sedimenten in Denemarken met dit vraagstuk beziggehouden en een correctietechniek ontwikkeld, die zeer bevredigende resultaten gaf. Vroeger waren verschillende onderzoekers van laatglaciale afzettingen tot de conclusie gekomen, dat reeds in laatglaciale tijd een tijdelijke, sterke uitbreiding van thermofiele bomen moet hebben plaats gehad. Het had echter bevreemding gewekt dat deze uitkomst niet gesteund werd door de vondsten van macroscopische plantenoverblijfselen en Iversen deed nu de ondervinding op, dat de uitbreiding van thermofiele bomen alleen bleek uit pollendiagrammen van minerogene sedimenten. Op plaatsen waar organogene afzettingen onderzocht werden, bleek er niets van. De verdenking lag voor de hand dat het voorkomen van pollen van thermofiele bomen te wijten was aan natuurlijke verontreiniging met pollen op secundaire ligplaats. Het bewijs daarvoor leverde het onderzoek van het keileem. Ook het keileem bleek rijkelijk pollen, en daaronder van thermofiele bomen, te bevatten.

Iversen splitste toen het pollen van alle spectra van zijn profiel, het keileem inbegrepen, in twee groepen. Tot de eerste groep (A) werd al het pollen gerekend dat in laatglaciale sedimenten in ieder geval secundair moest zijn. Het overige pollen, waarvan dus niet direct kon worden gezegd of het zich in de afzetting op primaire dan wel op secundaire ligplaats bevond, werd tot de tweede groep (B) gerekend. De samenstelling van de A-groep bleek in het gehele profiel zeer constant te zijn, zodat de kwantitatieve omvang van het secundaire pollen blijkbaar van gelijkblijvende aard was. Ter correctie van de spectra trok Iversen toen het spectrum van het keileem van de overige spectra af. Het aantal pollenkorrels werd steeds zo geteld of zodanig omgerekend, dat het totaal van de A-groep 100 bedroeg. Bij de aftrekking viel de A-groep dus steeds geheel weg; de B-groep gedeeltelijk; wat in de B-groep overbleef moest de primaire polleninhoud van het betreffende spectrum zijn. Iversen verkreeg op deze wijze een diagram dat volkomen in overeenstemming was met hetgeen langs andere, betrouwbare weg reeds bekend was omtrent de klimatologische ontwikkeling in laatglaciale tijd.

Bij het werk van Iversen vormde het keileem de basis van het onderzochte laagcomplex. Het was dus mogelijk om veilig aan te nemen dat de verontreiniging in de laatglaciale sedimenten, volgens Iversen afkomstig uit interglaciale en tertiaire sedimenten, in gelijke samenstelling ook als „zuivere verontreiniging” in het keileem aanwezig was. Bovendien ging Iversen er van uit dat al het thermofiele-boompollen in ieder geval secundair was. Deze beide gelukkige factoren, die Iversen's correctie mogelijk maakten, ontbraken bij mijn onderzoek. Immers, het keileem vormde hier niet de basis, maar juist de bovenste afsluiting van het onderzochte complex. Men moest er dus mee rekening houden, dat een deel van het pollen, dat primair in het onderliggende klei-complex optreedt, als verontreiniging voorkomt in het keileem. In de tweede plaats was het onmogelijk om een bepaalde veronderstelling te maken met betrekking tot een zeker deel van het pollen, dat in ieder geval secundair was (met uitzondering natuurlijk van het zeer geringe percentage uitgesproken tertiaire vormen), zoals Iversen met het thermofiele-boompollen van zijn A-groep deed. Wanneer de A-groep uitsluitend tertiaire

vormen bevat, heeft de ingewikkelde correctietechniek geen zin, daar men dit deel van het pollen in een bepaald twijfelachtig spectrum ook wel direct kan afzonderen. De vraag is juist welk deel van het pollen, dat zowel secundair als primair kan zijn, inderdaad secundair is. Het kernpunt van Iversen's werkwijze is juist dat hij ook in het „zuivere verontreinigings-spectrum” van het keileem een B-groep overhoudt.

Aangezien dus een „zuiver verontreinigings-spectrum” als vergelijkings-object ontbrak, was het nodig naar een andere werkwijze te zoeken. Het lag toen voor de hand als vergelijkingsbasis niet een „zuiver verontreinigings-spectrum” te gebruiken, maar een zuiver autochtoon spectrum. In de praktijk is dit veel moeilijker, omdat, gelijk ook het onderzoek van Iversen aantoonde, de verontreiniging door het gehele profiel een grote gelijkmatigheid bezit, terwijl de zuiver autochthone spectra wisselen met de klimatologische ontwikkeling, die men juist wil vinden. Men mag een twijfelachtig spectrum dus alleen vergelijken met een zuiver spectrum, dat er stratigrafisch zeer dicht bij ligt, zodat de invloed van een intussen opgetreden klimaat-schommeling te verwaarlozen is. Als uitgangspunt komen dus uitsluitend profielgedeelten in aanmerking, waar veen- en dunne kleilaagjes éénmaal, of liefst herhaaldelijk, met elkaar afwisselen over een kleine verticale afstand. Ongelukkigerwijs komt een dergelijke afwisseling slechts zelden voor. Zoals in het volgende hoofdstuk zal blijken, bezitten enige profielen in het noordwestelijke deel van Overijssel en het aansluitende deel van Friesland een dergelijke samenstelling. Hier kon ik echter in de pollenflora van de kleilagen geen spoor van de tertiaire vormen ontdekken, zodat ik de polleninhoud van dit materiaal geheel als autochtoon beschouw. In ieder geval waren ze voor het thans gewenste doel onbruikbaar. Van enkele andere boringen, die op grotere diepte dan de zojuist genoemde, enige dunne kleilaagjes tussen twee veenlaagjes of veenlaagjes tussen twee kleilaagjes bevatten, was geen materiaal meer aanwezig. Na veel vruchteloos pogen heb ik er dus tenslotte van moeten afzien om tot een kwantitatieve bepaling van de omvang van het secundaire pollen te geraken. Het is echter zaak in de toekomst te blijven uitzien naar boringen, die hiervoor geschikt materiaal opleveren.

Er zijn evenwel een aantal argumenten, die ieder op zichzelf weliswaar niet sterk zijn, maar alle in de zelfde richting wijzen, en die mij hebben doen veronderstellen dat in de monsters met een onzuiver spectrum de hoeveelheid van het secundaire pollen in het algemeen gering is in vergelijking met die van het primaire pollen.

Ten overvloede zij er nog eens op gewezen, dat de omvang van het onmiddellijk als secundair herkenbare pollen geen aanleiding tot deze veronderstelling geeft. Het aanwezig zijn van secundair pollen als natuurlijke verontreiniging in het materiaal van een aantal monsters bleek uit het optreden van pollenkorrels van *Tsuga*¹⁾, *Sequoia* en *Taxodium*, genera, die

¹⁾ Nadat het pollenonderzoek was afgesloten en dit hoofdstuk geschreven, verscheen een korte mededeling met enige gegevens over de pollenflora uit de klei van Tegelen (Florschütz en Van Someren, 1948). Hierin wordt *Tsuga* nog als een bestanddeel van de Tegelse flora vermeld. De Reids maakten van dit genus nooit melding en ik rokende het zodoende als een karakteristiek tertiair geslacht tot mijn T-groep. Intussen maakt dit in feite niet veel verschil, daar slechts aan enkele door mij onderzochte afzettingen een zo hoge ouderdom kan toekomen. Slechts voor de onderste spectra uit de diagrammen van de diepste boringen moet men rekening houden met de mogelijkheid, dat een enkele *Tsugakorrel* van de T-groep in werkelijkheid autochtoon was.

De vraag rijst natuurlijk of *Tsuga* ook in de klei van Tegelen niet als een in-

wel uit het Boven-Tertiair van West-Europa bekend zijn, maar in botanisch goed onderzochte onderpleistocene afzettingen, zoals die van Tegelen en Cromer, ontbreken. In het geval van *Taxodium* kan er enige twijfel aan de juistheid van de determinatie bestaan, bij de zeer karakteristieke pollenvormen van *Tsuga* en *Sequoia* is daar echter geen sprake van. Nu is het bekend dat de beide vormen die, ook in de niet verontreinigde monsters, het grootste deel van de polleninhoud van het gehele onderzochte materiaal uitmaken, n.l. *Pinus* en *Alnus*, ook in de pollenflora van boventertiaire afzettingen zeer algemeen voorkomen. Men moet dus wel veronderstellen dat stellig ook een deel van deze „doorlopers”, om hier een sedimentpetrologische term te gebruiken, aan verontreiniging moet worden toegeschreven. Desondanks geloof ik, dat het algemene beeld van de verontreinigde spectra hierdoor niet in beslissende mate wordt beïnvloed.

Zie ik goed, dan zijn daarvoor vier argumenten aan te voeren:

- a) de zeer geringe frequentie van *Hystrix*;
- b) de grote absolute pollenrijkdom van de betreffende kleimonsters;
- c) de zeer geringe polleninhoud van het keileem;
- d) de overeenkomst tussen stratigrafisch vergelijkbare gedeelten van diagrammen met wel en niet verontreinigde spectra.

Het is nodig deze vier factoren afzonderlijk nader te beschouwen.

Iversen heeft opgemerkt dat het optreden van secundair pollen in zijn materiaal steeds samenging met het voorkomen van bolvormige, van al dan niet gevorkte uitsteeksels voorziene mikrofossielen, die hij samenbracht onder de verzamelnaam „*Hystrix*”. Iversen vermoedt dat ze verwant zijn met bepaalde groepen Radiolarien. Het zijn mariene organismen, die in grote hoeveelheden uit het Tertiair en het Krijt bekend zijn¹⁾. In ons land zijn volkomen vergelijkbare vormen beschreven en afgebeeld door De Wit (1943) uit cretaceïsche vuursteen van Zuid-Limburg. Hij brengt ze in navolging van Deflandre en Wetzell tot de familie Hystrichosphaeridae van de Flagellaten. De systematische plaats van de groep doet hier echter weinig terzake.

In de door de aanwezigheid van *Tsuga*, *Sequoia* e.d. als verontreinigd gekenmerkte monsters trof ik steeds enkele percentages *Hystrix* aan. In de overige monsters ontbrak deze vorm altijd. Zo kwam ik er al spoedig toe deze vorm als een duidelijke indicator van een natuurlijke verontreiniging te beschouwen. Iversen kon, aan de hand van zijn met betrekking tot de omvang van de verontreiniging veel gevarieerder materiaal, bovendien vaststellen, dat het percentage *Hystrix* evenredig is met de omvang van zijn A-groep. Daar uit zijn tabellen bovendien duidelijk blijkt, gelijk te verwachten was, dat de verhouding tussen A- en B-groep een maat is voor het aandeel van de verontreiniging, moet ook reeds het percentage van *Hystrix* een aanwijzing verschaffen van de mate waarin het materiaal verontreinigd is. In tegenstelling tot het materiaal van Iversen waren de percentages van *Hystrix* in het materiaal van het onderhavige onderzoek

gespoelde tertiaire soort moet worden beschouwd. Het feit, dat macroscopische overblijfselen in de overigens zo rijke flora ontbreken, sluit die mogelijkheid niet uit.

¹⁾ Bij de discussie, opgenomen achter het verslag van een voordracht van Iversen (1938), heeft Gams er op gewezen, dat een *Hystrix*-achtige vorm recent in het meer van Genève voorkomt. Een onderzoek naar de verspreiding van dergelijke organismen is dus zeer gewenst.

bijna altijd zeer laag. De percentages in de onderste, sterk verontreinigde monsters (direct boven het keileem) van Iversen bedroegen 35 à 40 %, om daarna naar boven, met het toenemen van de hoeveelheid primair pollen, geleidelijk te dalen. Op grond van deze vergelijking ben ik, zij het niet zonder schroom, geneigd in de lage Hystrix-percentages van het noord-nederlandse materiaal een aanwijzing te zien, dat de hoeveelheid secundair pollen gering en niet van beslissende invloed is op de samenstelling van de betreffende spectra. Meer dan een aanwijzing mag men er echter niet in zien, want het blijft natuurlijk een zeer hachelijke onderneming om een dergelijk door ervaring verkregen resultaat, op een ander gebied over te brengen.

Het tweede argument heeft betrekking op de absolute polleninhoud van de betreffende kleien. Eerder in dit hoofdstuk werden reeds enige cijfers over de polleninhoud van verontreinigde en niet-verontreinigde kleien medegedeeld. Het blijkt dat tussen beide groepen geen wezenlijk verschil aanwezig is. Ook daarin schuilt m. i. een aanwijzing, dat de pollenflora van de verontreinigde monsters voor het grootste deel primair is, daar het bekend is dat verplaatsing van stuifmeel met een vermindering van het aantal korrels gepaard gaat.

Een derde argument kan men vinden in de polleninhoud van het keileem. Met het oog op het vraagstuk, dat ons hier bezighoudt, werd een vrij groot aantal keileemmonsters eveneens op hun polleninhoud onderzocht. Ondanks behandeling met fluorwaterstofzuur werden echter per preparaat van 24×36 mm nooit meer dan vijf pollenkorrels aangetroffen, hoewel steeds onverweerde kalkhoudende keileemmonsters voor dit doel werden uitgezocht. Wanneer inderdaad de kleimonsters met verontreinigde spectra hun polleninhoud hoofdzakelijk aan de aanvoer van secundair pollen te danken zouden hebben, zou men deze pollenflora ook in het keileem verwachten. Bij het onderzoek van Iversen bevatte het keileem ongeveer een gelijke hoeveelheid pollen als de bovenliggende „Bänderton”, waarvan kon worden bewezen dat de hoeveelheid secundair pollen ongeveer 80 à 90 % van de totale polleninhoud uitmaakt. De polleninhoud van al deze monsters was groot genoeg om een „betrouwbare” telling mogelijk te maken. In het feit dat de polleninhoud van het keileem van de onderzochte profielen in Noord-Nederland zo buitengewoon arm is, ligt eveneens een aanduiding dat secundair pollen bij de aanvoer van het materiaal van dit complex geen belangrijke rol heeft gespeeld.

Tenslotte levert een vergelijking van de stratigrafisch overeenkomstige gedeelten van diagrammen met en zonder verontreinigde spectra het vierde en sterkste argument. Vergelijkt men de bovenste gedeelten van de diagrammen van Zuid-Friesland, waarin geen verontreinigde spectra voorkomen, met het diagram van Bergumerheide, waarin wel verontreinigde spectra optreden, dan is de overeenkomst zo goed, dat men wel tot de gevolgtrekking moet komen dat in het materiaal van Bergumerheide het primaire pollen het beeld beheerst.

Hoewel dus als vaststaand kan worden aangenomen dat in een aantal spectra van de, in het volgende hoofdstuk beschreven diagrammen secundair pollen is meegeteld, ben ik er op grond van bovenstaande overwegingen toe gekomen aan te nemen dat het secundaire pollen geen beslissende invloed oefent op de wezenlijke samenstelling van de verontreinigde spectra. Daar het niet mogelijk bleek voor deze geringe hoeveelheden secundair pollen een bruikbare kwantitatieve correctie in te voeren, werden de verontreinigde

spectra in ongecorrigeerde samenstelling in de diagrammen opgenomen. Teneinde echter geen valse voorstelling van de werkelijke verhoudingen te wekken, werd in het rechterdeel van de diagrammen steeds het percentage aan karakteristieke tertiaire vormen en het percentage *Hystrix* weergegeven, beide uitgedrukt in procenten van de som van het boompollen. De diagrammen leren dus met een oogopslag welke spectra niet zonder achterdocht met betrekking tot hun zuiverheid mogen worden beschouwd.

Tot slot een enkel woord over de determinatie der aangetroffen pollen-vormen en hun groepering. Ik kan daarover kort zijn omdat er, zoals de diagrammen tonen, van werd afgezien bijzondere vormen afzonderlijk te onderscheiden. Voor de onderscheiding van de boomgenera kan men volstaan met de beschrijvingen en afbeeldingen bij Meinke (1927), Bertsch (1942) en Erdtman (1943), terwijl ik bovendien beschikte over een collectie verduurzaamde preparaten van holoceen en recent materiaal. Bij het herkennen van het tertiaire stuifmeel had ik veel voordeel van de ervaring opgedaan tijdens een uitgebreid, maar nog niet afgesloten en niet gepubliceerd, onderzoek van de boventertiaire bruinkool uit Zuid-Limburg.

Het niet-boompollen werd in één groep verenigd. Deze bevat dus, behalve Gramineae, Cyperaceae en Ericaceae, zowel nog onbekende vormen als vormen, over de herkomst waarvan ik mij in de loop van het onderzoek wel bepaalde voorstellingen maakte. Het onderzoek van een nog weinig bekend complex behoort echter te beginnen met het opsporen van de grote lijnen in de bosgeschiedenis. Zijn die eenmaal in hoofdzaak bekend, dan kan men overgaan tot een verdere onderscheiding van het niet-boompollen. Het onderzoek van holocene afzettingen heeft wel geleerd hoeveel mogelijkheden er nog in deze groep schuilen. Men denke slechts aan de kennis, die langs pollenanalytische weg is verworven met betrekking tot de uitbreiding van het heidelandschap en de invloed van de neolithische mens op de natuurlijke vegetatie. Op den duur zal waarschijnlijk de groep van het niet-boompollen ook bij het onderzoek van pleistocene afzettingen nog allerlei nieuwe gezichtspunten kunnen openen, zij het dan natuurlijk ook met betrekking tot heel andere problemen dan de juist genoemde. Ik kan daar thans echter te gerede van afzien omdat dit onderzoek in de eerste plaats een stratigrafisch doel had.

HOOFDSTUK III.

DE POLLENDIAGRAMMEN.

Aan de bespreking van de verkregen pollendiagrammen mogen enkele algemene opmerkingen vooraf gaan.

De keuze van de onderzochte boringen is grotendeels door het toeval bepaald. Afgezien van de boring Bantega, die speciaal ten behoeve van dit onderzoek werd uitgevoerd op een bij uitstek geschikt punt, was ik in hoge mate afhankelijk van het aanwezige materiaal, dat voor pollenanalytisch onderzoek geschikt was. De boringen voor het pompstation te Bergumerheide vulden elkaar door hun grote aantal goed aan; bovendien is dit punt op zich zelf interessant door de aanwezigheid van het stratigrafisch belangrijke middenpleistocene mariene niveau. Twee boringen waren tot grotere diepte dan gewoonlijk het geval is, voortgezet, zodat verwacht kon worden dat althans een deel van het Onder-Pleistoceen aangetroffen was.

De boring Sneek werd onderzocht ter toetsing van de bij Bergumerheide gevonden uitkomsten met betrekking tot het mariene Midden-Pleistoceen. Dit punt was bovendien van belang door het voorkomen van een zeer dikke kleilaag beneden dit mariene niveau. Van deze boring was een grote verzameling, door Lorié bijeengebrachte monsters aanwezig in het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden.

Van de boring Spannenburg, bron 5, uitgevoerd in 1946, werd een groot aantal extra monsters voor pollenanalytisch onderzoek verzameld. De gedeelten van het diagram, die in dikkere kleilagen liggen, zijn daardoor bijzonder volledig. Deze boring behoort bovendien tot de diepste, die in dit gebied zijn verricht.

De boring Lemsterland F 3' werd in de eerste plaats onderzocht omdat hier een kleilaagje ontwikkeld was, in direct contact met het onderpleistocene mariene niveau.

Gasselte werd onderzocht als voorbeeld van een boring met een typische „hoogterrasafzetting”, terwijl tenslotte Assen en Winschoten tot de weinige plaatsen behoren, waarvan goede monsterreeksen uit de zeer dikke kleilagen van Lorié's „neutrale ruimte” beschikbaar waren.

De diagrammen zijn in het algemeen op dezelfde verticale schaal getekend. Slechts in enkele gevallen is daar om praktische redenen van afgeweken, hetzij wanneer over een grote verticale afstand slechts enkele verspreide spectra voorkomen (Lemsterland, Spannenburg), hetzij wanneer de afstand tussen de opeenvolgende spectra zeer klein was (Bantega). Ter wille van de overzichtelijkheid werd naast de lithologische profielen een schaalverdeling van zwarte en witte blokken aangebracht, waarvan ieder blok een verticale afstand van 10 m voorstelt. Alle diepte cijfers van de spectra zijn in meters beneden N. A. P., tenzij door een +-teken het tegen-deel is vermeld.

Tussen de overeenkomstige signaturen van spectra, die meer dan 10 m uit elkaar liggen, zijn de verbindingslijnen niet doorgetrokken. Dit betekent natuurlijk niet, dat deze spectra per se door een groter tijdsinterval gescheiden zijn dan spectra die dichter bij elkaar liggen. Pulsboringen hebben nu eenmaal het nadeel, dat zij ons geen aanwijzingen verschaffen, waar in het doorboorde profiel een stratigrafisch hiaat aanwezig is.

Teneinde de leesbaarheid van de diagrammen in de lage percentages te vergroten en de onduidelijkheid van vele diagrammen door te dicht opeenvolgende signaturen te vermijden, werd het eerste tiental procenten steeds op dubbele schaal aangegeven.

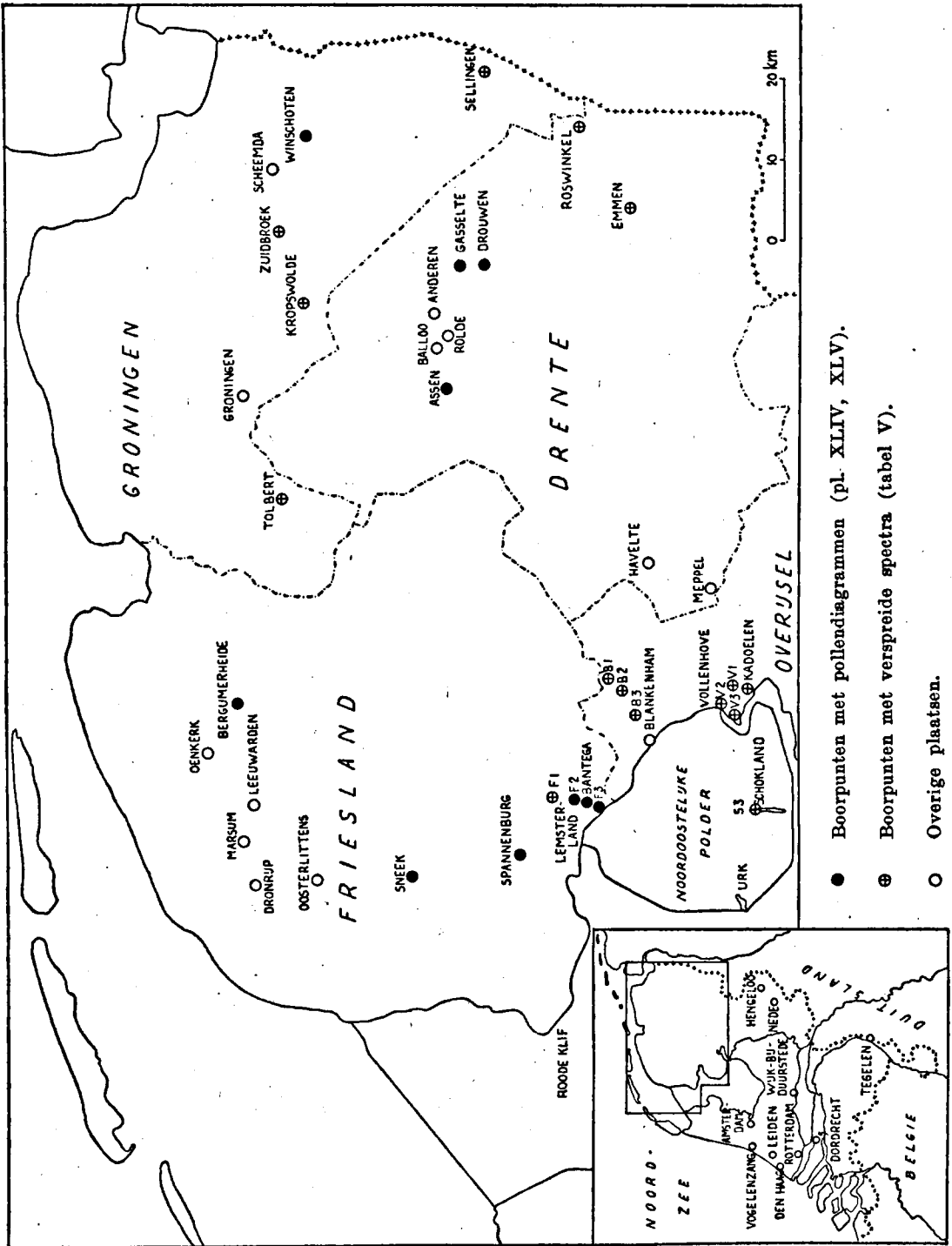
Bergumerheide (plaat XLIV).

Het diagram van Bergumerheide is een samengesteld diagram, verkregen door het onderzoek van materiaal uit twintig boringen. De boringen, die werden uitgevoerd voor het pompstation Noordbergum van de Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden, liggen in twee Oost—West lopende reeksen. De afstand tussen de uiterste boringen bedraagt ongeveer 600 m. De bereikte diepte bedraagt voor de meeste boringen ongeveer 90 m, slechts de boringen B en W 99.60 (diepe waarnemingsput) werden tot grotere diepte voortgezet, respectievelijk tot 156 m en 201 m — N. A. P. Het grote aantal dicht bij elkaar gelegen boringen heeft het mogelijk gemaakt dat dit diagram hoofdzakelijk berust op het onderzoek van veenlensjes, waarvan één boring er gewoonlijk slechts één of twee oplevert.

Het onderste deel van het diagram bestaat uit een groep van vijf spectra — afkomstig uit een, onderin zandige, kleilaag van 155,15—165,25 m — N. A. P. — waarin *Pinus* als dominerende boom door *Alnus* wordt vervangen. Parallel met de afnemende *Pinus* verloopt die van *Picea*. Het pollen van de overige bomen vertoont evenwel niet een dergelijke duidelijke verandering. Zelfs in het onderste spectrum (162 m) zijn de thermofiele bomen (*Abies*, *Carpinus* en de bestanddelen van het *Quercetum mixtum*) samen nog met 4% vertegenwoordigd, tegenover 8% in het bovenste spectrum (155,3 m). Daartussen schommelt dit percentage echter nog tussen 2% (155,65 m) en 7% (157,05 m). Aan een zo duidelijke kruising van de curven van *Pinus* en *Alnus* als hier aanwezig is, komt zeker klimatologische betekenis toe. Zoals de aanwezigheid van thermofiele soorten in het onderste spectrum laat zien, moet het klimaat in de tijd die door dit spectrum wordt voorgesteld, reeds zozeer verbeterd zijn, dat aan bomen met hogere eisen de mogelijkheid tot ontwikkeling gegeven was.

Een hiaat van ongeveer dertig meter, waarin geen voor pollenanalyse geschikte afzettingen voorkomen, scheidt dit deel van het diagram van de volgende groep spectra. Ondanks de grote afstand stemmen de spectra van 155,3 m en 125,25 m in hoofdzaak overeen. De zeven spectra van 125,25 tot 108,75 m vertegenwoordigen een tijd van uitgesproken mild klimaat. *Alnus* is in alle spectra overheersend, *Pinus* is tot een onbelangrijke component teruggedrongen door de sterke ontwikkeling van de thermofiele bomen. Het *Quercetum mixtum* is zeer goed vertegenwoordigd, terwijl *Carpinus* ongewoon hoge percentages bereikt. Bij 110 m vormen *Carpinus* en de bestanddelen van het *Quercetum mixtum* samen 30% van het boom-pollen.

Na een onderbreking van ruim tien meter gaat het diagram bij 98 m verder. Hoewel dit spectrum in beginsel nog dezelfde samenstelling vertoont als dat van 108,75 m, is er een onmiskenbare verschuiving waar te nemen



Figuur 1.

Overzichtskaartje van het onderzochte gebied.

ten gunste van *Pinus*, die na *Alnus* weer duidelijk de tweede plaats inneemt. De percentages van het *Quercetum mixtum* handhaven zich in het algemeen, maar die van *Carpinus* zijn sterk gedaald. Merkwaardig is het *Corylus maximum* bij 91 m.

Vertegenwoordigen de spectra van 98 tot 88 m nog altijd een gematigd klimaat, bij 87.1 m en vooral bij 86.8 m, begint een verandering in de samenstelling van de spectra. *Carpinus* verdwijnt, *Pinus* neemt toe en overtreft *Alnus*, maar wordt zelf weer door *Betula* overtroffen (86.8 m). Ook het verschijnen van *Salix* is in dit verband vermeldenswaardig.

De beide volgende spectra vertonen echter opnieuw *Alnus*-dominantie en een terugkeer van de thermofiele bomen (83.25 m). Dan snelt *Pinus* echter opnieuw omhoog, gevolgd door *Betula* en weldra ook door *Picea*. Hier is duidelijk een koude onderbreking, die zijn hoogtepunt bereikt bij 71.10 m. In het volgende spectrum (65 m) is *Alnus* *Pinus* al weer dicht genaderd, terwijl het *Quercetum mixtum* en *Corylus* ook weer aanwezig zijn. Bij 62 m heeft het spectrum opnieuw het karakter van dat van een gematigd klimaat. Op deze diepte ligt de onderkant van de door Tesch (1939) beschreven „mariene inschakeling in het hoogterras”, waarvan de bovenkant ongeveer bij 46 m ligt. Het estuariumkarakter van deze afzettingen onder Bergumerheide, dat Tesch uit de molluskenfauna afleidde, weerspiegelt zich ook in het grote aantal veenlensjes.

De pollenflora van deze lagen wijst in het algemeen op een gematigd klimaat. *Alnus* is de overheersende boom, al kan dat natuurlijk ten dele het gevolg zijn van groeiplaatsfactoren in de onmiddellijke nabijheid van een zeearm. De bestanddelen van het *Quercetum mixtum* komen echter geregeld boven 10 %, terwijl soms *Carpinus* en *Abies* aanwezig zijn. Uiterst merkwaardig zijn de twee hoge *Pinus maxima* van bijna 90 % (57.80 m en 49.40 m). Men zou geneigd zijn aan een verplaatste veenschol te denken, ware het niet dat in beide gevallen materiaal uit drie verschillende boringen een overeenkomstig spectrum opleverde. Voor het spectrum van 57.80 m betreft het tweemaal een veenlensje en éénmaal een lensje van humeuze klei, zodat ik er niet aan twijfel of het gaat hier om reële spectra. Het bovenste van de beide afwijkende spectra (49.40 m) ligt reeds in de overgang naar een blijvende overheersing van *Pinus*, al bereikt *Alnus* nog éénmaal een maximum (48.70 m). Geleidelijk neemt *Picea* dan ook in betekenis toe.

Het bovenste deel van het diagram vertegenwoordigt duidelijk een tijd met een aanmerkelijk koeler klimaat. *Pinus* beheerst het beeld met percentages van 80 tot meer dan 90 %. De bestanddelen van het *Quercetum mixtum* verdwijnen echter niet geheel. Overigens wordt het boompollen nog gevormd door *Betula*, *Picea* en *Alnus*.

Een afwijkend beeld vertoont alleen het spectrum van 22.60 m. Zoals uit het lithologische profiel blijkt, berust dit spectrum echter op losse kleibrokjes, die werden aangetroffen tussen 17.40 m en 27.80 m, zodat de plaats van dit spectrum tussen ruime grenzen kan schommelen. Waar men het tussen deze diepten ook plaatst, het blijft altijd te midden der overige spectra een afwijkend karakter behouden, zodat het mij juist leek dit spectrum in ieder geval op te nemen. Het werd volgens de zonder uitzondering toegepaste regel op de halve hoogte tussen boven- en ondergrens getekend.

Afwijkend is ook het bovenste spectrum afkomstig uit een dun humeus zandlaagje. Hoewel *Pinus* nog overheersend blijft, is het verschil met *Alnus* niet groot meer. Bovendien verschijnen zelfs *Carpinus* en *Abies* weer. Zoals

reeds eerder medegedeeld werd, is het spectrum het gemiddelde van materiaal uit drie boringen. Wij zullen zien dat een dergelijk spectrum met warmere inslag niet ver beneden het keileem ook op andere plaatsen is aangetroffen.

Sneek (plaat XLIV).

Dit diagram berust op het onderzoek van materiaal uit de zestig jaar geleden door Lorié beschreven boring bij het station Sneek (Lorié, 1887a). Het profiel is in tweeërlei opzicht van belang, zowel door de ligging van het boorpunt juist in de randzone van de middenpleistocene mariene transgressie, als door het optreden van een kleilaag van een zeer aanzienlijke dikte onder dit niveau.

- Deze kleilaag, waarvan de basis bij 130.50 m — N. A. P. nog niet was bereikt, bleek onderin rijkelijk, doch bovenin vrijwel geen stuifmeel te bevatten, hoewel er ogenschijnlijk geen verschil bestaat. Alle spectra beneden 84.00 m bezitten een zeker gehalte aan tertiaire pollenvormen of aan *Hystrix* als verontreiniging op secundaire ligplaats en vertonen daarin overeenkomst met de dikke kleilagen onder Assen en Winschoten. *Pinus* is steeds overheersend, *Alnus* en *Betula* zijn voortdurend goed vertegenwoordigd. Eénmaal vertoont *Alnus* neiging *Pinus* te overtreffen (101.50 m). Stuifmeel van de bestanddelen van het *Quercetum mixtum* is aanwezig in de spectra waarin *Pinus* beneden 80 % daalt, met uitzondering van het spectrum bij 84.00 m.

De preparaten van het monster bij 84.00 m bevatten nog ongeveer 50 pollenkorrels per preparaat; van de diepere kleimonsters bedroeg de polleninhoud per preparaat gewoonlijk minstens 100 à 200 korrels. Boven 84.00 m neemt de polleninhoud snel af en bedraagt niet meer dan 1 tot 3 korrels per preparaat, zodat het geen zin had op grond daarvan een diagram te ontwerpen. Het is niet duidelijk wat de oorzaak van dit verschil is. De omstandigheid dat steeds nog enkele, en goed geconserveerde, pollenkorrels aanwezig zijn, wijst er op dat de klei op zichzelf als conserveringsmedium voor stuifmeel niet ongeschikt is. De vraag komt dan ook op of wellicht tijdens de sedimentatie van de klei boven 84.00 m pollenneerslag uit de lucht geheel of praktisch geheel ontbrak, zodat het in deze monsters nog aanwezige stuifmeel een „zuivere verontreiniging” voorstelt. Het uiterst geringe pollengehalte van deze preparaten maakte het helaas onmogelijk van deze verontreiniging zuivere en binnen de grenzen der waarschijnlijkheid betrouwbare spectra te ontwerpen.

Een kleilensje bij 46.00 m bevat dan weer rijkelijk stuifmeel. Het merendeel van de spectra in dit bovenste deel van het diagram vertoont geen aanwijzingen dat zij met verplaatst stuifmeel verontreinigd zijn; de overige zijn waarschijnlijk slechts in zeer geringe mate verontreinigd.

Lorié heeft destijds reeds de aandacht gevestigd op het mariene karakter van het bovenste deel van de lagen tussen 31 en 54 m. Op grond van de samenstelling van de monsters moeten tot dit mariene gedeelte van het profiel zowel de fijne zanden tussen 31 en 33 m, als die tussen 38 en 43 m gerekend worden. De scheidende grove zandlaag vertoont geen sporen van mariene invloed. Een veenlensje, onder in deze laag, bij 37.50 m, vertoont als enige spectrum van het gehele diagram dominantie van *Alnus* over *Pinus*. Daarboven is *Pinus* weer de overheersende vorm. Men kan in dat deel van de *Pinus*-curve twee duidelijke maxima onderscheiden, die beide samengaan met een toeneming van het percentage niet-boompollen. De spectra met de laagste *Pinus*-percentages (24.50 en 26.00 m) hebben beide *Carpinus*. *Picea* en *Abies* zijn in dit gehele diagramgedeelte goed vertegenwoordigd. *Carpinus*

en *Abies* verdwijnen bij 24 m, de bestanddelen van het *Quercetum mixtum* en *Picea* bij 23 m. Daarboven is *Alnus*, met enkele procenten, de laatste vertegenwoordiger van de thermofiele bomen.

Spannenburg (plaat XLIV).

Dit diagram is vrijwel geheel ontstaan door onderzoek van materiaal van de 250 m diepe boring voor bron 5 van het pompstation Spannenburg der Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden. Slechts vijf spectra berusten op materiaal uit andere boringen van hetzelfde pompstation, n.l.: 14.70 m, 15.70 m, 88.00 m, 89.80 m (alle uit bron 1) en 88.15 m (bron 3).

De diepste spectra van dit diagram (beneden 211.90 m) hebben, samen met *Pinus* als overheersende soort, constant een matig percentage aan pollen van thermofiele bomen. Het aandeel van het *Quercetum mixtum* komt enige malen boven 10 %, *Carpinus* en *Abies* zijn echter niet doorlopend aanwezig. In enkele monsters werd *Pterocarya*-pollen gevonden. De percentages van *Picea schommelen* vrij sterk, bereiken enige malen 20 en zelfs 30 % en overtreffen dan die van *Alnus*, welke boom gewoonlijk na *Pinus* de tweede plaats inneemt.

De groep spectra tussen 187.15 en 197.90 m vertoont in hoofdzaak hetzelfde karakter. In de onderste drie spectra is *Alnus* de belangrijkste boom, zonder dat dit met een duidelijke toeneming van de thermofiele bomen gepaard gaat. Bij 192.40 m is *Pinus* weer dominerend; *Carpinus* treedt daar voor het laatst op, terwijl *Abies* in het volgende spectrum verdwijnt. Ik ben dan ook geneigd in deze groep spectra met de hoogte een toenemende koude invloed te zien.

Het volgende, meer dan 100 m omvattende deel van het profiel is slechts door enkele verspreide spectra vertegenwoordigd. Toch kunnen we een ontwikkeling waarnemen, die de inleiding vormt tot het bovenste deel van het diagram. Tot 88.00 m vertonen alle spectra het beeld van een vrij koud klimaat. Met uitzondering van het spectrum bij 96.90 m, waar hij door *Betula* wordt afgewisseld, is *Pinus* de overheersende boom. Van de thermofiele bomen weten zich slechts de bestanddelen van het *Quercetum mixtum* (alleen *Quercus* en *Ulmus*) in het algemeen met enkele procenten te handhaven.

Bij 87.65 m zien we evenwel een aanmerkelijke wijziging in de samenstelling van de pollenflora. *Alnus* overtreft *Pinus* met enige procenten, terwijl *Abies* en *Carpinus* weer verschijnen. Hier voltrekt zich duidelijk de overgang naar een gematigd klimaat. Ondanks de grote verschillen in diepte laten de beide volgende spectra (60.65 m en 47.50 m) haast geen veranderingen zien.

Van 47.50 m af is het diagram door een groot aantal spectra zeer volledig. *Pinus* en *Alnus* wisselen elkaar als overheersende boom voortdurend af, zonder dat hiermee schommelingen van betekenis in de curven van de overige bomen gepaard gaan. *Picea* is na *Pinus* en *Alnus* een vrij belangrijke component en overvleugelt beide zelfs éénmaal (39.40 m). *Abies* en *Carpinus* zijn beide tot 20.40 m aanwezig; *Abies* doorlopend, *Carpinus* met enkele kleine onderbrekingen. Het *Quercetum mixtum*, waarin ook *Tilia* voorkomt, komt slechts enkele malen boven 10 %, maar is wel doorlopend aanwezig. Het diagram draagt van 87.65 m tot 20.40 m het karakter van een gematigd klimaat. Bij 20.40 m doet zich een verslechtering van klimaat voelen. *Abies* en *Carpinus* verdwijnen, terwijl *Pinus* snel toeneemt om reeds in het

volgende spectrum met 90 % een maximum te bereiken. De beide volgende spectra worden door *Betula* beheerst, maar bij 15.70 m is *Pinus* opnieuw dominerend.

De bovenste twee spectra vertonen echter opnieuw een ontwikkeling in de richting van een gematigd klimaat. *Pinus* wordt tot 6 % teruggedrongen, terwijl *Alnus* met bijna 50 % het bovenste spectrum beheerst. Het aandeel van het *Quercetum mixtum* stijgt tot boven 10 %; *Corylus* bereikt met bijna 40 % zijn hoogste waarde van het gehele diagram.

Bantega (plaat XLV).

De boring bij Bantega ¹⁾ werd speciaal voor dit onderzoek verricht met steun van de stichting Molengraaff-fonds. De uitvoering geschiedde met het z.g. snelsteekapparaat volgens Ackermann (zie: Wijgmans, 1941), waarmee het mogelijk is van losse gesteenten ongeroerde kernen te verkrijgen.

Het onderzoek van een groot aantal steekproeven van verspreide monsters uit verschillende boringen had uitgewezen dat het fijnkorrelige complex tussen het keileem en de grove grindhoudende zanden van het z.g. „hoogterras” in het zuidelijke deel van Friesland veel dunner is en ondieper ligt dan meer naar het Noorden het geval is, maar in zijn vormingsduur zeker geen kortere tijd vertegenwoordigde. Bovendien is het bedoelde complex in het Zuiden van Friesland ontwikkeld in een facies, die zich bijzonder goed leent voor pollenanalytisch onderzoek. Het was dus wenselijk uit dit gebied een zo volledig mogelijke monsterreeks te verzamelen, teneinde een standaarddiagram te verkrijgen voor de floristische (en klimatologische) ontwikkeling tijdens de afzetting van dit fijnkorrelige laagpakket. Een vergelijking van alle uit dit gebied bekende boorprofielen en het pollenanalytisch onderzoek van een aantal monsters leidde toen tot de nauwkeurige plaatsbepaling. Het gekozen punt ligt in het gehucht Bantega (gemeente Lemsterland) en tussen de boorpunten F2 en F3 van het geohydrologisch onderzoek ten behoeve van de Noordoostelijke polder (Dienst der Zuiderzeewerken, 1938). Uit het daar medegedeelde profiel blijkt dat zich in de ondergrond van dit gebied in het Midden-Pleistoceen een veenlaag van ongewoon grote dikte en van ongewoon grote horizontale uitgestrektheid bevindt. De dikte van deze veenlaag neemt naar het Zuiden toe. In diezelfde richting daalt echter het glaciële niveau, terwijl in de zuidelijke boring (F3) het keileem niet meer aanwezig is. Blijkbaar heeft zowel voor als na de afzetting van het keileem erosie plaats gehad. Aangezien gevreesd moest worden dat daardoor ook een deel van het te onderzoeken complex was weggenomen, kwam een al te zuidelijke ligging van het boorpunt niet in aanmerking. Wel zou dan de maximale ontwikkeling van het veen worden gemist, maar dit bezwaar was niet zo groot, daar reeds gebleken was dat de kleilagen, waarmee het veen afwisselt, eveneens volkomen betrouwbare pollenspectra opleverden.

Het punt dat tenslotte gekozen werd heeft de verwachtingen, die op grond van een interpolatie tussen de boringen F2 en F3 bestonden, nog overtroffen. Niet alleen werd tussen 8.20 en 9.10 m het keileem aangetroffen, maar bovendien bleek de totale dikte van het daaronder gelegen complex van veen- en kleilagen aanmerkelijk dikker dan voorzien was.

Het profiel van de boring is als volgt (diepte in meters beneden maaiveld; maaiveld = 0.40 m — N. A. P.):

¹⁾ Vroeger Middenvaart geheten en op kaarten nog onder die naam vermeld.

0,00— 0,28 m	humeuze grond.
0,28— 0,80	veen.
0,80— 1,20	fijn, donker grijs zand.
1,20— 6,25	fijn, grijs zand.
6,25— 6,35	geelgrijze leem.
6,35— 6,53	fijn, geel zand.
6,53— 6,71	weinig kleihoudend en humeus zand.
6,71— 7,80	fijn zand met enkele grindkorrels.
7,80— 8,70	zeer zandige keileem met enkele grote stenen.
8,70— 9,71	fijn zand.
9,71— 9,73	zandige klei.
9,73—10,80	fijn zand.
10,80—10,85	kleihoudend zand.
10,85—11,25	grijze klei.
11,25—13,20	fijn zand.
13,20—13,54	zeer humeuze klei.
13,54—15,04	fijn zand.
15,04—15,08	veen.
15,08—15,16	fijn zand.
15,16—15,17	klei.
15,17—15,22	fijn zand.
15,22—15,32	zeer humeuze klei.
15,32—18,00	grijze klei.
18,00—18,35	enigszins humeuze klei,
18,35—18,50	zeer humeuze klei.
18,50—19,95	veen.
19,95—20,20	zeer humeuze klei.
20,20—20,60	humeuze klei.
20,60—20,66	zeer humeuze klei.
20,66—20,70	veen.
20,70—20,90	zandig veen.
20,90—21,00	fijn, zeer humeus zand.
21,00—21,06	fijn, humeus zand.
21,06—21,15	fijn, enigszins humeus zand.
21,15—25,00	fijn, onderin tot matig grof naderend zand.

Het diagram bestaat uit een aaneengesloten deel, dat ruim 6 m omvat, en een drietal groepen van spectra daarboven, die door steriele zandlaagjes zijn gescheiden. In totaal omvat het onderzochte deel van het profiel ruim 11 m. Tengevolge van de geringe afstanden tussen de spectra is de verticale schaal van dit diagram veel groter dan die van alle overige diagrammen.

In het onderste spectrum overheerst *Betula*. *Pinus* en *Betula* leveren samen bijna al het boompollen van dit spectrum. Door *Alnus*, met ruim 2 %, zijn de thermofiele bomen reeds vertegenwoordigd. In de volgende spectra, met *Pinus*-overheersing, verschijnen ook de bestanddelen van het *Quercetum mixtum*, *Corylus* en *Picea*. Bij dalende *Pinus*-percentages neemt het *Quercetum mixtum* in betekenis toe en bereikt weldra een duidelijk maximum (20.65—20.85 m). *Pinus* wordt van zijn dominerende plaats verdrongen en door *Alnus* vervangen, wat misschien op een vochtiger worden van het klimaat wijst. Het *Quercetum mixtum* gaat in betekenis achteruit, maar blijft toch nog enige tijd, na *Alnus* en *Pinus*, een element van betekenis in het diagram.

Geleidelijk voltrekt zich dan een belangrijke wijziging. Van 19.14 m af neemt *Picea* in betekenis toe; er zijn twee vrij hoge maxima, bij 18.54 m en 17.94 m. Bovendien doen twee nieuwe elementen hun intrede: *Abies* en *Carpinus*. *Abies* heeft een maximum gelijktijdig met het tweede *Picea*-maximum; de percentages van *Carpinus* blijven voortdurend laag.

Met het toenemen van de *Picea*-percentages nemen ook die van *Pinus* weer toe. De curven van *Pinus* en *Alnus* schommelen een tijdlang om elkaar

heen, terwijl *Picea* gewoonlijk de derde plaats inneemt. De betekenis van *Pinus* neemt naar boven echter geleidelijk toe. Bij 15.56 m en 15.47 m is *Betula* weer dominant.

De hogere spectra vertonen alle een duidelijke overheersing van *Pinus*, terwijl afgezien van *Alnus*, de thermofiele bomen vrijwel verdwenen zijn. Het *Quercetum mixtum* is soms nog met een enkel procent vertegenwoordigd. Het bovenste spectrum heeft als boompollen nog slechts dat van *Pinus* en *Betula*, terwijl het overige pollen een geweldige stijging tot 250 % vertoont. Blijkbaar vormden de bossen reeds geen gesloten bedekking meer, maar had het landschap het karakter van een open parklandschap gekregen.

Er is in dit diagram helaas geen aanduiding van één of meer spectra, die op een gematigd klimaat wijzen kort voor de ijsbedekking, zoals wij in enkele andere diagrammen waarnemen. Indien in diezelfde tijd ook onder Bantega nog materiaal tot afzetting kwam, zal men dit moeten zoeken in de steriele zandlagen, ofwel men moet aannemen dat toch voor de afzetting van het keileem nog enige erosie heeft plaats gehad en dat de betreffende afzetting daarbij is weggenomen. Het verloop van het keileem maakt dat niet onmogelijk.

Lemsterland (plaat XLV).

Dit is eveneens een samengesteld diagram, verkregen door analyses van materiaal uit drie, ten behoeve van het geo-hydrologische onderzoek van de N.O. Polder verrichte boringen, n.l. F 2, F 3 en F 3'. De eerste twee boringen zijn 30 m diep, F 3' is echter tot 160 m diepte voortgezet en bereikte op 154 m het mariene Onder-Pleistoceen (Icenien). Het diagram is vooral interessant, omdat een tweetal kleilensjes vlak boven deze mariene afzetting kon worden onderzocht (153.40 m en 148.83 m). Beide vertonen, naast de *Alnus*-dominantie, een flink gehalte aan thermofiele bomen. In het onderste monster is ook *Pterocarya*-pollen aanwezig. Men mag zeker tot een mild klimaat besluiten voor de tijd, die door de beide spectra wordt vertegenwoordigd. Het gedrag van *Pinus* en *Alnus* kan de indruk wekken dat het laagje, waaruit het bovenste spectrum afkomstig is, onder iets mildere klimatologische omstandigheden moet zijn gevormd. Het gedrag van het overige boompollen bevestigt dit echter niet en op grond van het ontbreken van *Abies*, *Pterocarya* en *Carpinus* in het bovenste spectrum, ben ik eerder geneigd de beide spectra als representanten van een aflopende warme tijd te beschouwen. De spectra van 141.95 m en 138.0 m hebben dan ook beide een aanmerkelijk koudere inslag.

De drie volgende spectra met grote onderlinge afstanden, 119.48 m, 88.78 m en 54.47 m hebben alle *Pinus* als overheersende boom, al is het verschil tussen *Pinus* en *Alnus* in het bovenste spectrum reeds minder dan 20 % geworden. Bij 37.12 m is de verhouding omgekeerd en neemt *Alnus* de eerste plaats in. De bestanddelen van het *Quercetum mixtum*, reeds bij 54.47 m aanwezig, nemen iets toe. Deze ontwikkeling laat zich vervolgen in het spectrum van 20.45 m, waar ook *Carpinus* verschijnt.

De spectra tot zover vermeld, berusten alle op materiaal uit de boring F 3'. De beide volgende spectra zijn ontleend aan materiaal uit de boring F 3, op slechts 10 m afstand van F 3' gelegen, daar in de monsterserie van deze boring de dikke veenlaag door twee monsters vertegenwoordigd was, tegenover één in de serie van F 3'. Deze beide spectra, 17.75 en 16.64 m, vertonen opnieuw een kruising van de curven van *Pinus* en *Alnus*.

De boringen, waarop dit diagram is gebaseerd, F 2, F 3 en F 3', zijn

vroeger reeds beschreven (Dienst der Zuiderzeewerken, 1938). Beschouwt men het daar afgebeelde profiel, dan blijkt dat de dikke veenlaag uit F 3 en F 3' in F 2 nog door een 0.65 m dikke veenlaag vertegenwoordigd is. Bovendien is in F 2 keileem aangetroffen, die in F 3 en F 3' ontbreekt, zodat de bovenpleistocene afzettingen direct op de dikke veenlaag rusten. Blijkbaar is het keileem met een deel van het onder liggende Midden-Pleistocene in een erosiegeul verdwenen. De mogelijkheid bestaat, dat ook een deel van de veenlaag is weggenomen.

Men kan aannemen dat de veenlaag uit F 2 chronologisch aequivalent is met het oorspronkelijk bovenste deel van de dikke veenlaag uit F 3 en F 3'. Helaas was van het veen uit F 2 geen materiaal meer beschikbaar, zodat een direct pollenanalytisch bewijs ontbreekt. De kleilaagjes direct boven en onder het veen uit F 2 hebben beide spectra met *Pinus* als overheersende boom. Blijkbaar heeft de overgang van een *Alnus*- naar een *Pinus*-fase zich in F 2 reeds voltrokken voor het veen tot ontwikkeling kwam. De beide boringen vullen elkaar dus goed aan, zodat de diagrammen zonder bezwaar kunnen worden samengevoegd. Het bovenste zestal spectra van het gecombineerde diagram Lemsterland berust op materiaal uit F 2.

De zes spectra vertonen alle een duidelijke overheersing door *Pinus*, onderin gevolgd door *Picea*, bovenin door *Betula*. Tegen een toenemende koude inslag, waartoe men op grond van deze vervanging van *Picea* door *Betula* zou kunnen besluiten, pleiten echter de iets stijgende curven van *Alnus* en *Corylus* bovenin.

Het zand boven het kleilaagje, waaraan het bovenste spectrum is ontleend, bevat reeds veel noordelijke stenen. Bij 6.80 m — N. A. P. volgt dan de onderkant van het keileem.

Gasselte—Drouwen (plaat XLV).

De spectra van Gasselte zijn afkomstig van materiaal uit de boringen Gasselte NV I en NV II, verricht ten behoeve van het geo-hydrologische onderzoek van Oost-Drente. Enige spectra onderin en bovenin het diagram zijn in geringe mate verontreinigd met verplaatst tertiair stuifmeel. De spectra tussen 29.50 m en 56.31 m zijn daar geheel vrij van; ook de habitus van de aanwezige stuifmeelkorrels laat omtrent de betrouwbaarheid van deze spectra geen twijfel.

Het onderste deel van het diagram vertoont een overmaat van *Pinus*, waarbij de thermofiele bomen echter niet geheel ontbreken. Het *Quercetum mixtum* is van het begin af aan vertegenwoordigd, zij het niet zonder onderbreking. Bij 44.76 m stijgt het *Alnus*-percentage boven dat van *Pinus*, om bij 39.63 m een duidelijk maximum te bereiken. Tegelijkertijd nemen de componenten van het gemengde eikenbos tot ongeveer 10 % toe, terwijl in de beide spectra bij 40.33 en 39.63 m *Carpinus* met enkele procenten vertegenwoordigd is. *Abies* en *Picea* hebben een kleine top bij 29.50 m, waar *Alnus* voor het laatst de overheersende boom is.

Het diagram is belangwekkend, ondanks het betrekkelijk geringe aantal spectra, door de aanwezigheid van een duidelijke warme fase, die samenvalt met de afzetting van het bovenste deel van een grove zone.

Het profielgedeelte tussen deze grove zone en de grondmorene is in de boringen Gasselte geheel als een fijnzandig complex ontwikkeld. Daarom is het diagram aangevuld met enkele, afzonderlijk getekende, spectra van materiaal uit een 1.5 km zuidelijker gelegen boring Drouwen, waar in het overeenkomstige deel van het profiel verscheidene kleilagen voorkomen. De

drie spectra van Drouwen zijn weer verontreinigd door verplaatst tertiair stuifmeel. Zij vertonen een duidelijke Pinus-dominantie, zonder dat de thermofiele bomen ontbreken. Dit beeld keert bij de hieronder te bespreken diagrammen van Assen en Winschoten terug.

Analoge spectra treft men ook aan in de diepste lagen van de boring Drouwen, die tot iets grotere diepte is voortgezet dan de boringen van Gasselte. Deze spectra mogen hier in tabelvorm worden medegedeeld.

Drouwen	P	Pc	Ab	QM	C	B	S	A	Co	Var	H	T	
80.80—81.20m o.m.	83	3	—	2	—	8	—	4	3	65	3	2	humeus zand
81.20—84.50m o.m.	98	—	—	—	—	2	—	—	1	23	7	1	brokjes klei

Assen (plaat XLV).

Het diagram van Assen levert een zeer eentonig beeld op, met Pinus van onder tot boven als overheesende vorm. In het algemeen, zij het niet zonder onderbrekingen, neemt het Pinus-percentages naar boven toe, gepaard gaande met een geleidelijke stijging van het percentages niet-boompollen. Onder het overige pollen zijn *Betula*, *Alnus* en *Picea* de belangrijkste componenten, maar met uitzondering van *Carpinus* ontbreekt geen enkele normale vorm. Geen spectrum of groep van spectra vertoont aanduidingen van een naderend klimaat-optimum. Ondanks kleine verschillen zijn alle spectra tamelijk uniform van samenstelling.

Ik beeld dit diagram niet zonder voorbehoud af, daar de percentages van tertiaire pollenvormen en van *Hystrix* soms vrij hoog zijn, zodat de samenstelling van het verplaatste pollen waarschijnlijk niet zonder invloed op het beeld van het diagram is. Slechts het onderste spectrum, bij 72.25 m, mag als praktisch reëel worden beschouwd. Merkwaardig is nu dat meteen de Pinus-curve duidelijk daalt. Hetzelfde verschijnsel doet zich ook in het diagram Winschoten voor. Zie ik goed dan zijn er twee verklaringen mogelijk: òf de invloed van het verplaatste pollen heeft hoofdzakelijk een niet reële verhoging van de Pinus-percentages in de verontreinigde spectra ten gevolge, òf het verplaatste pollen treedt alleen op bij een bepaalde materiaaltoevoer, die gebonden is aan een koud klimaat met overwegend Pinus-pollen in de spectra.

Winschoten (plaat XLV).

Lithologisch behoort dit profiel tot hetzelfde type als Assen: het is één van de plaatsen waar Lorié's „neutrale ruimte" een abnormaal grote dikte bereikt. Pollenanalytisch vertonen beide boringen hetzelfde beeld, al is het diagram van Winschoten iets minder eentonig. De meeste spectra zijn bovendien door een zeker gehalte aan *Hystrix* en tertiaire pollenvormen verontreinigd.

In de diepste twee monsters werden exemplaren van *Hystrix*, noch van karakteristieke tertiaire pollenvormen aangetroffen. Het wil niet zeggen dat deze beide spectra als volkomen betrouwbaar mogen worden beschouwd. In beide bevond zich onder de driehoekige pollenvormen een korrel, die sterk aan bepaalde soorten deed denken, die in tertiaire afzettingen zo veelvuldig voorkomen. Wel zal de verontreiniging in deze beide spectra zeer gering zijn.

TABEL V.

Diepte in m — N.A.P.	P	Pc	Ab	QM	C	B	S	A	Co	NBP	materiaal
Lemsterland, F 1.											
14.15 — 14.25	80	8	—	—	—	4	—	8	—	24	grijze klei
16.40 — 16.50	71	8	3	—	—	5	—	13	2	36	grijze klei
20.00 — 21.25	57	5	1	13	—	3	—	21	1	10	grijze klei
Vollenhove, V 1.											
16.00 — 16.70	26	1	—	5	—	1	—	67	3	14	humeuze klei
16.70 — 17.50	44	—	—	3	—	3	—	50	2	23	kleih. veen
Vollenhove, V 2.											
13.00 — 14.60	49	5	—	4	1	1	—	40	1	13	grijze klei
14.60 — 15.45	26	1	—	—	—	3	—	70	—	12	veen
15.45 — 16.85	34	3	—	6	—	3	—	54	2	14	grijze klei
16.85 — 17.35	27	3	—	5	—	1	—	64	1	6	grijze hum. klei
17.35 — 19.85	28	1	—	7	1	1	—	62	1	9	humeus zand
Vollenhove, V 3.											
12.45 — 13.95	63	4	—	1	—	16	1	15	2	48	grijze klei
13.95 — 15.85	53	5	1	3	—	2	—	36	—	9	humeuze klei
15.85 — 19.75	12	2	—	7	—	3	1	75	2	9	grijze klei
19.75 — 19.85	50	1	—	6	—	2	—	40	3	19	humeuze klei
23.15 — 23.25	36	2	—	17	—	1	1	43	1	13	humeuze klei
Oldemarkt, B 1.											
16.70 — 17.40	30	1	—	7	—	1	1	60	2	12	zeer hum. klei
Oldemarkt, B 2.											
21.40 — 25.70	59	2	—	6	—	2	—	31	—	22	brokjes veen
25.70 — 29.90	64	3	—	—	—	11	—	22	1	19	brokjes veen
Oldemarkt, B 3.											
16.90 — 18.60	33	6	1	50	—	1	1	8	12	14	kalkh. klei } terr.
18.60 — 18.65	95	—	—	1	—	3	—	1	—	8	kleih. veen } Eemien
Kadoelen, IV.											
13.30 — 14.70	29	3	1	4	1	1	—	61	4	10	grijze klei
43.20 — 44.20	72	3	—	5	1	7	6	6	—	110	kleih. veen
44.80 — 44.95	16	1	—	—	—	81	—	2	—	18	kleih. veen
Schokland, S 3.											
61.75 — 63.75	78	1	—	1	—	14	2	3	—	28	brok veen
156.50 — 159.75	61	7	—	2	—	3	—	27	5	27	klei
190.25 — 192.75	73	6	—	6	—	3	—	12	—	48	klei
Emmen, Angelslooërweg.											
8.00 — 9.50	19	6	—	5	—	13	1	56	5	43	kleih. veen
9.50 — 11.00	25	6	1	6	—	6	1	55	3	49	brokjes hum. klei
Emmen, Z. P.											
17.10 — 18.30	40	2	—	—	—	26	—	32	—	84	kleih. veen
Roswinkel.											
20.40 — 20.85	20	3	—	6	1	10	—	60	2	27	kleih. veen
Zuidbroek.											
93.17 — 93.27	45	1	—	1	—	—	1	52	1	10	veen
Sellingen.											
70.00 — 73.50	86	2	1	3	—	4	—	4	3	45	brokjes veen
Kropswolde.											
52.85 — 53.30	76	11	—	—	—	1	—	12	1	13	veen
Tolbert.											
55.50 — 58.00	24	—	—	8	—	—	—	68	2	9	brokjes veen

Het merkwaardige is nu, dat er tussen de samenstelling van deze en de volgende, op een enkele uitzondering na, alle verontreinigde spectra geen principiële verschillen bestaan. Dezelfde genera blijven vertegenwoordigd, terwijl hun onderlinge verhouding zich nergens zodanig wijzigt, dat een ingrijpende verandering in het beeld van het diagram ontstaat. *Pinus* is steeds de overheersende vorm, terwijl de meeste andere gewone bomen, met uitzondering van *Carpinus*, vertegenwoordigd zijn.

De waarde van dit diagram is, evenals van het diagram Assen, enigszins twijfelachtig, zolang wij niet met zekerheid kunnen zeggen hoe groot het aandeel van het verplaatste pollen is, en hoe het is samengesteld.

In dit verband moet ik ook wijzen op een enkel spectrum van een veenlaagje onder uit een boring te Zuidbroek. Het profiel van Zuidbroek sluit lithologisch geheel aan bij dat van Winschoten. Tussen 93.17 en 93.27 m werd een dun veenlaagje doorboord. Aangezien het monster niet de minste bijmenging van kleibestanddelen vertoont, mag men aannemen dat het pollenspectrum een volkomen betrouwbaar beeld geeft; er werd dan ook geen spoor van *Hystrix* of van karakteristieke tertiaire pollenvormen aangetroffen. Het spectrum (tabel V, p. 291) vertoont een geringe overheersing van *Alnus* over *Pinus*, bovendien zijn *Picea* en *Quercus* aanwezig. Het beeld wijkt dus niet principieel af van enkele spectra met vrij hoge *Alnus*-percentages, die onder in het diagram van Winschoten voorkomen. Het merkwaardige is nu, dat het veenmonster van Zuidbroek ook 2% *Tsuga*-pollen opleverde. Aangezien hier aan verplaatst stuifmeel niet valt te denken, moet men wel tot de conclusie komen dat *Tsuga* in de omgeving groeide tijdens de vorming van het veenlaagje.

Het feit dat het spectrum overigens aansluit bij een tendens, die reeds onderin het diagram van Winschoten aanwezig is, n.l. het toenemen van *Alnus* ten koste van *Pinus*, vormt m.i. een bevestiging van de conclusie uit het vorige hoofdstuk, dat de samenstelling van de verontreinigde spectra in het algemeen niet in overwegende mate door verplaatst stuifmeel wordt beheerst.

Een aantal afzonderlijke spectra, die in de loop van het onderzoek werden verkregen en niet in diagrammen zijn verenigd, zijn in tabel V vermeld.

HOOFDSTUK IV.

VERGELIJKING EN INTERPRETATIE DER DIAGRAMMEN.

De omstandigheid dat in het bewerkte gebied, evenals in het overige deel van Nederland, keileem slechts uit één stratigrafisch niveau bekend is, is oorzaak dat de in het vorige hoofdstuk beschreven diagrammen niet onmiddellijk aanknopingspunten voor een stratigrafische indeling op glaciële grondslag opleveren. Om daartoe te komen, moeten de diagrammen worden vergeleken met diagrammen uit andere gebieden, waar zulke aanknopingspunten wel aanwezig zijn. Helaas is het aantal pollenanalytisch onderzochte midden- en onderpleistocene afzettingen uit het Noordzeegebied en zijn omgeving nog uiterst gering, zodat er geen sprake van is dat men een regionaal geldig schema voor de floristische ontwikkeling kan opstellen. Zelfs voor het jongste interglaciaal, waarvan het aantal pollenanalytisch onderzochte afzettingen reeds veel groter is, is dit nog niet mogelijk.

Ik moet er op wijzen dat aan een enkel pollenspectrum niet dezelfde betekenis toekomt als aan een aantal fossielen zoals die bij oudere afzettingen uit een bepaalde laag verzameld worden. Een enkele soort of een combinatie van soorten, kan daar direct tot een ouderdomsbepaling leiden. Voor de fijne stratigrafie, die wij voor het ijstijdvak willen samenstellen, kan een enkel pollenspectrum niet onmiddellijk zulk een aanknopingspunt voor de datering verschaffen. Ziet men een ogenblik af van de oudste pleistocene afzettingen, waarin nog tertiaire relicten voorkomen, dan zijn het steeds dezelfde genera van bomen, die men in de verschillende interglacialen telkens opnieuw ziet verschijnen. Daarentegen is de klimatologische ontwikkeling van de verschillende interglacialen, en misschien ook van de glacialen, niet gelijk geweest. Dit heeft tot gevolg dat de volgorde, waarin verschillende bomen verschijnen en het aandeel dat zij in de flora hebben, van tijd tot tijd wisselen, al zijn daarbij ook andere factoren van invloed (Cain, 1944). Het onderzoek moet dus beginnen met het opsporen van de bosgeschiedenis, om daaruit de klimatologische ontwikkeling te reconstrueren. Is die ontwikkeling eenmaal in grote lijnen bekend, dan kan een enkel spectrum soms uitsluitsel geven over de vraag uit welke fase het betreffende laagje afkomstig is. Voor het Holoceen van West-Europa is de bosgeschiedenis in grote lijnen bekend. Voor het Pleistoceen zijn wij echter nog niet zover. Daar moet men dus nog voortdurend vergelijken met pollendiagrammen van afzettingen, die op andere gronden kunnen worden gedateerd (ligging tussen twee grondmorenes, zoogdierfauna).

Van de beide klassieke voorkomens van onder- en middenpleistocene afzettingen in Nederland, n.l. de kleien van Tegelen en van Nede, zijn nog geen pollendiagrammen gepubliceerd. Ook uit Engeland zijn mij geen onder- of middenpleistocene pollendiagrammen bekend. Uit Denemarken hebben Jessen en Milthers (1928), behalve een flink aantal diagrammen van boven-

pleistocene afzettingen, twee diagrammen bekend gemaakt van afzettingen uit West-Jutland, die liggen buiten de eindmorene van het Würm-landijs, maar niettemin nog door een grondmorene bedekt zijn. Het interglaciaal, waartoe Jessen en Milthers deze afzettingen rekenden, werd door hen aangeduid als „penultimate interglacial”, dat in latere beschouwingen over deze afzettingen, gewoonlijk gelijk is gesteld met het grote interglaciaal (d.w.z. Mindel-Rissinterglaciaal in de alpiene terminologie of Elster-Saaleinterglaciaal in de noordduitse terminologie). Intussen rijst aangaande deze gelijkstelling ernstige twijfel. Immers, nadat de bewuste diagrammen twintig jaar geleden werden gepubliceerd, heeft men een juister inzicht gekregen met betrekking tot de betekenis van het Warthe-stadium. De noordduitse gegevens wijzen er thans op dat de uiterste rand van het Warthe-ijs waarschijnlijk nog ten Westen van Jutland verliep, zodat het zeer goed mogelijk is dat de bedekkende grondmorene niet die van het Riss-ijs is, maar die van het Warthe-ijs.

Het volledigst bekend, van palaeobotanisch standpunt, is waarschijnlijk het poolse Pleistoceen (Szafer, 1928), maar de poolse diagrammen lenen zich, evenals enige uit Rusland (Dokturovsky, 1929) en de baltische landen (Dreimanis, 1947) door hun geografische ligging moeilijk voor vergelijking met het Noordzeegebied.

De beste vergelijkingsobjecten voor de noordnederlandse diagrammen worden gegeven door enige pollenanalytisch onderzochte afzettingen van noordduitse interglacialen. Van deze is het diagram van het profiel uit de boring Quakenbrück het belangrijkste, niet alleen door zijn geografische ligging slechts 60 km over onze grens, maar bovendien door de stratigrafische ligging tussen twee grondmorenes, die niet anders dan die van het Saale- en het Elster-ijs kunnen zijn. Deze belangrijke boring met het meest westelijk bekende voorkomen van de Elster-grondmorene is in ons land nauwelijks bekend geworden. Kruizinga (1944) heeft er melding van gemaakt, maar twijfel uitgesproken omtrent de juistheid van de stratigrafische interpretatie. Kruizinga oppert de mogelijkheid dat het onderste keileem van Wildvang (1935), op 76.80 m onder maaiveld, tot de Riss-ijstijd behoort, en dat wat Wildvang als het bovenste keileem opvat, slechts een product in het voorland van het Würm-ijs is. Vergelijkt men het profiel van Quakenbrück met de profielen uit de omgeving van Gehrde, 12 km zuidelijker, door Stille en Brinkmann (1930) beschreven, waar op overeenkomstige diepte eveneens twee keilemen aanwezig zijn, dan wordt de twijfel aan de juistheid van Wildvang's interpretatie geheel weggenomen. Ik aarzel dan ook niet het van Quakenbrück pollenanalytisch onderzochte complex van klei en kalk voor een afzetting uit het grote interglaciaal te houden. De monsterreeks van de boring Quakenbrück is tweemaal onderzocht, n.l. door Wildvang (1935) en door Jonas (1937a). Het diagram van Jonas is iets vollediger doordat ook de onderste kleilaag onderzocht werd.

Men kan onderscheiden een naaldbostijd, een loofbostijd en weer een naaldbostijd. Jonas gelooft in de onderste naaldbostijd aanwijzingen te zien van een tijdelijke klimaatverslechtering door de toeneming van de percentages van het niet-boompollen en het optreden van *Betula nana*. In de loofbostijd, die samenvalt met de afzetting van de moeraskalk, kan men achtereenvolgens onderscheiden: een *Quercetum-mixtum*-fase, een *Carpinus*-fase en een *Picea-Abies-Carpinus*-fase. *Picea*, die ook reeds in de onderste naaldbostijd vertegenwoordigd is, bereikt echter reeds een duidelijk maximum tijdens de *Carpinus*-fase; ook *Abies* is dan reeds aanwezig, zodat het verschil tussen

de *Carpinus*-fase en de *Picea-Abies-Carpinus*-fase vooral berust op een daling van de *Carpinus*-percentages. De bovenste naaldbostijd wordt geheel door *Pinus* beheerst.

Men kan er enige belangrijke gevolgtrekkingen uit afleiden:

1. het profiel weerspiegelt de volledige klimatologische ontwikkeling van een interglaciaal;
2. de klimatologische ontwikkeling voltrok zich niet zonder onderbrekingen;
3. het *Quercetum mixtum* bereikt zijn maximum eerder dan *Carpinus*;
4. *Abies* wordt pas van enige betekenis na het maximum van het *Quercetum mixtum*.

Een tweede belangrijk diagram uit het grote interglaciaal is dat van Ummendorf (Selle, 1941), waarvan de ouderdom door de ligging tussen Elster- en Saale-morenes eveneens vaststaat.

Selle onderscheidt achtereenvolgens een *Pinus*-fase, een *Carpinus-Corylus*-fase, een *Pinus-Picea*-fase en een *Pinus*-fase.

Vergelijkt men dit diagram met dat van Quakenbrück, dan blijkt er grote overeenstemming te bestaan. Daarentegen springen twee belangrijke verschillen in het oog met de beide diagrammen (Starup en Harreskov) uit het „penultimate interglacial” van Jessen en Milthers (1928, pl. XXXVIII), n.l. het ontbreken in deze diagrammen van een *Picea*-maximum vóór het klimaatoptimum en het ontbreken van een *Carpinus*-fase. Ik zie dat als een reden temeer om deze beide laatste diagrammen voorlopig niet tot het grote interglaciaal te rekenen.

Alle overige gepubliceerde onder- of middenpleistocene diagrammen zijn ten dele veel minder volledig dan de bovengenoemde van Quakenbrück en Ummendorf, ten dele staat hun stratigrafische plaats nog niet vast. Tot de eerste groep behoren o.a. vier diagrammen, die Heck (1930) heeft medegedeeld uit de Paludinalaag van Berlijn. Waarschijnlijk omvat het diagram Schillingsbrücke het gehele interglaciaal, maar de monsterafstand (1 m) is te groot in vergelijking tot de dikte van de afzetting (9 m), zodat de *Carpinus*-fase niet tot uitdrukking komt. De drie overige diagrammen omvatten slechts een deel van het interglaciaal.

Onder de diagrammen van interglaciale afzettingen, waarvan de ouderdom nog een punt van discussie vormt, neemt dat van Ilaren aan de Ems door zijn geografische ligging een belangrijke plaats in. Het gaat om een veenlaag ter dikte van 0.8 m, die rust op zand met noordelijke stenen en bedekt wordt door 5 m smeltwaterzand en een keienvloer eveneens van noordelijke stenen. De veenlaag is tweemaal pollenanalytisch onderzocht, door Pfaffenberg (1939) en door Jonas (1937b), terwijl Dewers (1939) de geologische omstandigheden onderzocht.

Dewers houdt de keienvloer voor een erosierest van het Saale-keileem, dat door opneming van Elster-materiaal plaatselijk rijk is aan oostfennoskandische gesteenten. Het merkwaardige is n.l. dat een door Dewers, volgens het systeem van Hesemann, verrichte zwerfsteentelling, een verhoudingsgetal opleverde dat typisch is voor het materiaal van de Elster-morenes. Dewers schrijft er voor terug de keienvloer voor een erosieproduct van een Elster-morene op te vatten, daar dit volgens hem de consequentie meebrengt het zand onder het veen als een afzetting uit de Günz-ijstijd te beschouwen. Hij ziet daar thans een smeltwaterafzetting van het Elster-ijs in en houdt het veen zelf zodoende voor een elster-saaleinterglaciale afzetting.

Ook Pfaffenberg kent aan het veen een elster-saaleinterglaciale ouderdom toe. Zijn pollendiagram verzet zich daar niet tegen, al vertoont het twee verschillen in vergelijking met het diagram van Quakenbrück: de vroege *Picea*-fase ontbreekt, terwijl er duidelijk een tweede maximum van het *Quercetum mixtum* is, dat hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door een top in de *Tilia*-curve. Overigens vertoont het diagram geheel dezelfde ontwikkeling, die wij reeds van Quakenbrück en Ummendorf leerden kennen. Het diagram van Jonas wijkt in één opzicht principieel af van dat van Pfaffenberg door het ontbreken van *Carpinus*-pollen. Op grond daarvan houdt hij de ouderdom van het diagram voor Günz-Mindelinterglaciaal, een opvatting waarin hij gesteund wordt door het optreden, zij het zeer sporadisch, van enkele korrels van onderpleistocene of zelfs tertiaire vormen, als *Tsuga*, *Pterocarya* en *Taxodium*.

Men kan dus zowel een geologisch als een palaeontologisch bezwaar tegen de mindel-rissinterglaciale ouderdom van het veen van Haren naar voren brengen. Tegen een zo hoge ouderdom als Jonas aan de veenlaag wil toeschrijven, pleit naar mijn mening de hoge ligging, n.l. meer dan 10 meter boven zeeniveau. Later zal nog blijken dat het overeenkomstige niveau in het oostelijke deel van het onderzochte gebied zeer veel dieper moet liggen. Het is te hopen dat de geologie van het voorkomen van Haren nog eens een definitieve uitspraak zal brengen betreffende de ouderdom van de veenlaag. Zolang dat niet is geschied en onze kennis van de botanische ontwikkeling van de verschillende interglacialen nog zo beperkt is, is het niet verantwoord het diagram als vergelijkingsobject te gebruiken, al zou men dat graag doen met een diagram van een vindplaats zo dicht bij ons land.

Hetzelfde bezwaar geldt voor het fraaie, door Gistl (1928) gepubliceerde diagram van Neu-Ohe (Lüneburgerheide). Gistl rekent de afzetting tot het jongste interglaciaal; Gams (1935), in zijn samenvatting van midden- en oosteuropese onderzoekingen, rekent hem evenwel tot het grote interglaciaal, zonder ook maar met een enkel woord van deze afwijking in de interpretatie van de oorspronkelijke bewerkte te reppen of deze met argumenten te staven. Het diagram is merkwaardig door het vroege optreden van *Carpinus* en de voortdurend vrij hoog blijvende percentages van *Pinus*. Tegen de riss-würminterglaciale ouderdom pleiten m.i. de laagblijvende percentages van het *Quercetum mixtum*. Voor zover wij thans kunnen beoordelen, lijken hoge percentages van het *Quercetum mixtum*, tot 40 en 50 %, wel karakteristiek te zijn voor diagrammen uit het laatste interglaciaal (Jessen en Milthers, 1928; Vermeer—Louman, 1934). Zelf kon ik uit de boring B 3 (Kalenberg, gem. Oldemarkt) voor het geo-hydrologisch onderzoek ten behoeve van de Noordoostelijke Polder (zie: Dienst der Zuiderzeewerken, 1938) een monster behorende tot het terrestrische Eemien onderzoeken, dat hetzelfde beeld vertoont (tabel V, p. 291).

Hoewel ik dus de bezwaren die Gams blijktbaar tegen de datering van Gistl gevoeld heeft, kan onderschrijven, moet ik er direct aan toevoegen, dat het diagram evenmin past in het beeld dat wij thans van de floristische ontwikkeling van het grote interglaciaal hebben. De uiterst gecompliceerde verhoudingen in het gebied van de Lüneburgerheide, tendele veroorzaakt door het verschijnen van de Warthe-morene tussen de morenes van de Saale en de Weichsel-ijstijd, laten een datering op geologische gronden nog niet toe. Ook dit diagram moet dus veiligheidshalve buiten beschouwing blijven.

Vrijwel zeker van mindel-rissinterglaciale ouderdom is de door Pfaffen-

berg (1934) onderzochte veenlaag van Tidofeld (N.W. van Wilhelmshaven). Het diagram, dat slechts uit acht spectra bestaat, stemt in principe met dat van Quakenbrück overeen. De vroege *Picea*-fase is niet vertegenwoordigd. Waarschijnlijk is de veengroei eerst later begonnen; daarop wijzen de reeds hoge percentages van *Alnus* en *Quercus* in het onderste spectrum. Ik kan het dan ook niet met Pfaffenberg eens zijn waar hij de veenvorming in de eerste helft van het interglaciaal stelt.

Het vrij grote aantal vindplaatsen van onder- en middenpleistocene afzettingen, waarvan de macroscopische plantenoverblijfselen zijn beschreven, ga ik thans stilzwijgend voorbij. Op zichzelf is het onderzoek van deze fossielen — vruchten, zaden en bladen — zeer waardevol, ook in stratigrafisch opzicht. Men behoeft slechts te denken aan de fraaie vergelijking van een reeks westeuropese vindplaatsen door Reid (1921a). De algemene verarming, die men in floristisch opzicht in de loop van het Kwartair waarneemt, maakt echter dat bij een dergelijke vergelijking het ontbreken van bepaalde soorten een grote rol speelt. Voor een betrouwbare vergelijking komen dan ook slechts vindplaatsen in aanmerking, die door het onderzoek van grote hoeveelheden materiaal floristisch tamelijk volledig bekend zijn. In een complex, zoals het Onder- en Midden-Pleistocene in Noord-Nederland, dat alleen door boringen ontsloten is, zou een dergelijke vergelijking spoedig misleidende gevolgtrekkingen opleveren. Een vergelijking tussen flora's, die door vruchten en zaden en door stuifmeel bekend zijn, is niet mogelijk zolang wij niet in staat zijn, naast het boompollen, het stuifmeel van een groot aantal gewone planten te onderscheiden.

Florschütz en Jonker (1942) hebben in een samenvattend overzicht van de flora van Nede vermeld van welke soorten stuifmeel is aangetroffen, terwijl Florschütz en Van Someren (1948) kortgeleden enkele kenmerkende pollenvormen uit de klei van Tegelen hebben medegedeeld, zodat men althans een voorlopige vergelijking kan maken. Stuifmeel van *Carya*, *Phellodendron*, *Pterocarya* en *Tsuga*, dat uit de klei van Tegelen wordt vermeld, komt in de klei van Nede niet voor, zodat men wel mag aannemen dat deze soorten hier uiterlijk met de Mindel-ijstijd verdwenen zijn en mogelijk zelfs al eerder. Deze onzekerheid hangt samen met een verschil in opvatting aangaande de ouderdom van de klei van Tegelen. Terwijl Tesch (1934, 1937) en Florschütz (1939) aan deze afzetting een gūnz-mindelinterglaciale ouderdom toekennen, zijn verscheidene auteurs tegenwoordig geneigd de horizon van Tegelen in het Gūnz-interstadiaal te plaatsen (Schreuder, 1945; Zeuner, 1945; Zonneveld, 1947). Het hoge percentage tertiaire vormen in de flora van Tegelen, wijst in dezelfde richting (Reid, 1921b). *Pterocarya* en *Tsuga* zijn door Baas (1932) vermeld uit het pollenanalytisch bewerkte interglaciaal van Schwanheim a. d. Main, maar helaas is deze afzetting nog niet op bevredigende wijze gecorreleerd met de glaciële chronologie van het alpiene gebied.

In dit verband is ook van belang het voorkomen van microsporangien, van twee *Azolla*-soorten, *A. tegeliensis* en *A. filiculoides*. Florschütz (1938) is geneigd deze als gidsfossielen respectievelijk voor het oudste en het middelste interglaciaal op te vatten. In één der boringen in de omgeving van Dordrecht (Florschütz, 1938; Steenhuis, 1942b) zijn beide soorten echter samen in één laag aangetroffen. Het is niet duidelijk of men hier moet denken aan verplaatst materiaal of aan het voorkomen van een nog weinig bekend niveau, gedurende welker vorming beide soorten inderdaad gelijktijdig leefden. In het licht van de nieuwe opvattingen, die bezig zijn te ontstaan

met betrekking tot de ouderdom van de klei van Tegelen, is dit laatste niet uitgesloten. Een verschuiving naar beneden van het niveau van Tegelen, zou plaats kunnen maken voor een dergelijke tussenliggende zone, al moet men daarbij intussen wel in het oog houden dat het Günz-interstediaal voorlopig, althans in het nordeuropese vergletscheringsgebied, nog een tamelijk hypothetische fase voorstelt.

Overziet men nu de tot dusverre bekend geworden pollendiagrammen van onder- en middenpleistocene afzettingen uit de wijdere omgeving van het Noordzeegebied, dan blijkt wel duidelijk dat wij van de floristische ontwikkeling van het Onder-Pleistoceen nog practisch niets weten, en van die in het Midden-Pleistoceen nog te weinig om overal het algemene van het bijzondere te kunnen onderscheiden. Op grond van de overeenstemming tussen enkele diagrammen van afzettingen, die volgens geologische argumenten stellig in het grote interglaciaal moeten worden geplaatst, is men geneigd voor deze tijd aan te nemen:

1. dat tijdens de loofbosfase van het warmste deel van het interglaciaal *Abies* en *Carpinus* eerst van betekenis werden nadat het *Quercetum mixtum* zijn maximale ontwikkeling was gepasseerd;
2. dat een *Picea*-fase optrad tussen deze loofbosfase en de hernieuwde dominantie van *Pinus* met het koeler worden van het klimaat.

In hoeverre *Picea* reeds algemeen van betekenis is geweest in de aanvang van het interglaciaal, staat nog niet vast.

Ik zou hier graag nog iets aan toe willen voegen betreffende de floristische ontwikkeling van interstadialen en de pollenanalytische verschillen tussen interglaciale en interstadiale afzettingen, hoewel nog nooit pollendiagrammen zijn gepubliceerd van onder- of middenpleistocene interstadiale afzettingen. Interstadialen zijn een grote rol gaan spelen in de chronologie van het Pleistoceen nadat de stralingscurve van Milankowitsch algemeen bekend was geworden en een aantal geologen tot de overtuiging was gekomen dat deze curve een bruikbare grondslag voor de indeling van het Pleistoceen kan verschaffen. Het belangrijkste geologische argument voor de juistheid van de door de stralingscurve verlangde verdubbeling of verdrievoudiging van de minima van de verschillende ijstijden, is tot nu toe geleverd door de studie van de löss in de periglaciale gebieden. Tot de zeer weinige pollenanalytisch onderzochte interstadiale afzettingen behoren die, welke door Florschütz uit Twente zijn beschreven (Florschütz, 1934; Florschütz en Van der Vlerk, 1936; Florschütz en Van der Vlerk, 1938). Op grond hiervan is men geneigd te veronderstellen dat in het pollendiagram van interstadiale afzettingen *Pinus* in het algemeen de overheersende boom is, hoewel thermofiele bomen zeker niet hebben ontbroken. Eventueel kan plaatselijk *Alnus* dominant zijn over *Pinus*, gelijk men b.v. ziet in het bovenste deel van het diagram van Hengeloo—Sluisput (Florschütz, 1934). Het onderste deel van dit diagram werd aanvankelijk (Florschütz, 1934) tot het jongste interglaciaal gerekend, later tot een Würm-interstediaal gebracht (Florschütz en Van der Vlerk, 1938). De heer Florschütz deelde mij echter mede thans geneigd te zijn tot de oorspronkelijke interpretatie terug te keren.

Beschouwt men thans in het licht van het bovenstaande de in hoofdstuk III beschreven diagrammen (zie ook plaat XLVI), dan kan men direct twee groepen onderscheiden, n.l.:

1. diagrammen, waarvan het beeld geheel door *Pinus* wordt beheerst (Assen, Winschoten);
2. de diagrammen die op een zekere diepte beneden het glaciële niveau spectra vertonen met behoorlijke pollenpercentages van thermofiele bomen (Bergumerheide, Sneek, Spannenburg, Bantega, Lemsterland, Gasselte—Drouwen); in de diagrammen van boringen, die tot voldoende diepte zijn voortgezet, ziet men bovendien op grotere diepte nogmaals een reeks van dergelijke spectra (Bergumerheide, Spannenburg, Lemsterland).

Ik laat de eerste groep van diagrammen voorlopig buiten beschouwing en bepaal mij eerst tot die van de tweede groep. In de diagrammen Bergumerheide, Spannenburg en Bantega komt een reeks van spectra voor, die voldoen aan de kenmerken, welke wij boven hebben opgesteld voor het grote interglaciaal.

Het diagram Bantega omvat een groot deel van de floristische ontwikkeling in deze tijd zeer volledig en kan door de geringe onderlinge afstand van de monsters als een standaarddiagram dienst doen. Er is een duidelijke *Quercetum-mixtum*-fase en een duidelijke *Picea*-fase tussen de aanvangs- en eindfasen, waarin *Pinus*, eventueel met *Betula*, overheerst. Een *Carpinus*-fase is niet duidelijk ontwikkeld. Wel bezit *Carpinus* op de te verwachten plaats in het diagram een tijdlang een gesloten curve, maar de percentages blijven laag. Aangezien niets er op wijst dat het profiel hier hiaten in de sedimentatie bezit, neem ik aan dat *Carpinus* in ons land nooit een element van veel betekenis is geweest, tengevolge van de westelijke ligging. Ook in holocene diagrammen zien wij de betekenis van *Carpinus* van Midden-Europa in westelijke richting snel verminderen (Bertsch, 1940). Het diagram geeft helaas geen uitsluitsel over de vraag in hoeverre een vroege *Picea*-fase tot ontwikkeling is gekomen. Gezien het feit dat het *Quercetum mixtum* reeds onderin het diagram zijn maximum bereikt, is het heel goed mogelijk dat deze fase nog valt tijdens de afzetting van het onderliggende zandpakket. De aanvangsfase van het interglaciaal is in het diagram niet vertegenwoordigd.

Bergumerheide heeft een duidelijke *Quercetum-mixtum*-fase (55.00—65.00 m) en een duidelijke *Picea*-fase (41.60—49.00 m); een *Carpinus*-fase is niet ontwikkeld wat een gevolg kan zijn van de grote monsterafstand juist in dit deel van het diagram.

De overeenkomstige warme zone van Spannenburg vertoont reeds onderin de aanwezigheid van *Carpinus* en *Abies*, met af en toe vrij hoge percentages van *Picea*. Verscheidene kleimonsters van deze boring tussen 25.0 en 40.0 m leverden bovendien microsporangien van *Azolla filiculoides* op.

Zowel in Bantega als in Bergumerheide en Spannenburg behoren deze warme zones tot het grote interglaciaal, met dien verstande, dat in Spannenburg het eerste deel van het interglaciaal met het *Quercetum-mixtum*-maximum ontbreekt.

Ondanks het geringere aantal spectra kan men een overeenkomstige ontwikkeling onderscheiden in de diagrammen van Gasselte en Lemsterland. In beide lijkt het *Carpinus*-maximum samen te vallen met het *Quercetum-mixtum*-maximum (Gasselte 39.63 m, Lemsterland 20.45 m), wat wel een gevolg is van het ontbreken van geschikt materiaal van de juist daaronder liggende diepte.

In nog sterkere mate lijkt het diagram van Sneek onder hetzelfde tekort.

De spectra van 37.50 m en 23.00 m stellen het laatste deel van de interglaciale ontwikkeling voor, waarvan men het optimale deel moet verwachten tussen 37.50 m en 46.00 m.

Vat men de hier genoemde diagramgedeelten inderdaad op als behorende tot het grote interglaciaal, dan kan men de spectra met warme inslag, die in twee van de diagrammen (Bergumerheide en Spannenburg) dicht onder het keileem voorkomen en van de interglaciale delen gescheiden zijn door een fase met zeer overwegende *Pinus*-percentages, beschouwen als te behoren tot het Riss-interstadiaal. In de beide diagrammen is het interstadiaal slechts door een enkel spectrum vertegenwoordigd (respectievelijk 7.00 en 9.30 m).

Afgezien van Sneek, waar het onderste deel van het diagram een beeld vertoont overeenkomstig dat van Assen en Winschoten, vertonen de drie tot grote diepte voortgezette boringen Bergumerheide, Spannenburg en Lemsterland beneden het zojuist als Mindel-Riss-interglaciaal opgevatte deel van het diagram, nogmaals een of meer reeksen spectra, die wijzen op een gematigd klimaat tijdens de afzetting van de betreffende lagen.

Bij Spannenburg en Lemsterland zijn deze lagen van die, welke ik tot het grote interglaciaal heb gerekend, gescheiden door een aanzienlijk pakket sedimenten, waaruit slechts enkele verspreide laagjes zich voor pollenonderzoek leenden. Deze verspreide spectra bezitten echter bijna zonder uitzondering een duidelijke *Pinus*-dominantie. Slechts eenmaal overheerst *Betula* (Spannenburg, 96.90 m) en het diagram krijgt hier het beeld dat ons zo goed bekend is van de laatglaciale sedimenten uit het einde van de Würm-ijstijd. Men zou zelfs kunnen veronderstellen dat de talrijke veenlensjes, die juist in dit deel van het profiel voorkomen, hun ontstaan danken aan een bevroren ondergrond!

De serie koude spectra ligt bij Spannenburg ongeveer tussen 88 m en 185 m, bij Lemsterland ongeveer tussen 50 m en 145 m, d. w. z. de dikte bedraagt in beide gevallen bijna 100 m, maar de diepte is onder Spannenburg een veertigtal meters groter. Het is niet direct duidelijk welke ouderdom aan dit pakket toekomt.

Laat ons eerst de warme spectra er onder beschouwen. In het diepste spectrum van Lemsterland werd *Pterocarya* in enkele procenten aangetroffen, zodat men geneigd is de diepste onderzochte lagen van Lemsterland in ouderdom gelijk te stellen met de klei van Tegelen. Intussen maant de onzekerheid ten aanzien van de plaats van het niveau van Tegelen tot voorzichtigheid. Immers, kent men aan de horizon van Tegelen een gūnz-interstadiale ouderdom toe, dan kennen wij geen andere palaeobotanisch onderzochte afzettingen uit ons land waaraan een gūnz-mindelinterglaciale ouderdom toekomt, zodat niet vaststaat of *Pterocarya* in deze tijd hier nog groeide. Afgezien van het ontbreken van *Pterocarya* stemt het laagcomplex tussen 187.15 m en 197.90 m van Spannenburg pollenanalytisch overeen met het onderste deel van Lemsterland, dat rust op het z.g. mariene Icenien.

Het merkwaardige is nu dat in de slechts 12 km meer naar het N.W. gelegen boring Spannenburg dit mariene Icenien bij 250 m diepte (nog) niet was aangetroffen (ik kom daar later nog op terug, hoofdstuk VI), maar ook dat tussen 211.90 m en 241.40 m onder Spannenburg nogmaals een laagcomplex voorkomt, waar in het pollendiagram *Pinus* wel is waar de overhand heeft, maar waarin thermofiele eveneens aanwezig zijn. Het aandeel van de componenten van het *Quercetum mixtum* stijgt hier en daar zelfs tot boven 10 %, terwijl in verscheidene spectra *Pterocarya* aanwezig is.

Ik zou daarom de onderste groep spectra van Spannenburg, beneden

211.90 m, in ouderdom gelijk willen stellen met de onderste spectra van Lemsterland. Beide diagrammen vertonen in dit deel *Pterocarya*-pollen en op grond hiervan ben ik voorlopig geneigd de betreffende lagen als het aequivalent van de klei van Tegelen te beschouwen. Of men deze afzettingen in het Günz-interstediaal of in het Günz-Mindelinterglaciaal moet plaatsen, is uit deze diagrammen niet af te leiden.

Het diagram Bergumerheide vertoont in zoverre een enigszins afwijkende ontwikkeling, doordat een langdurige *Pinus*-fase ontbreekt. Wel volgen beneden het diagramgedeelte, dat ik met zekerheid tot het grote interglaciaal wil rekenen, een aantal spectra met *Pinus*-dominantie, maar bij 83.25 m heeft *Alnus* weer de overhand in het pollenbeeld, om bij 86.80 m plaats te maken voor een *Pinus*-*Betula*-dominantie. Interessant is, dat de beide *Pinus*-*maxima* (72.75 en 86.80 m) gepaard gaan met hoge percentages van het niet-boompollen, zodat in de lagen tussen 70 m en 87 m het Mindel-glaciaal met zijn beide minima weerspiegeld kan zijn. Ik wil daarmee evenwel niet zeggen dat de beide spectra met het koudste karakter overeenkomen met de maximale uitbreiding van het Mindel-landijs; zij stellen niets anders voor dan de koudste fasen waar, hetzij nog materiaal in tot afzetting kwam, hetzij nog materiaal van onderzocht kon worden. Is deze opvatting juist dan mag men in de spectra tussen 79.00 m en 84.00 m het Mindel-interstediaal weerspiegeld zien. Het beeld dat deze spectra vertonen stemt goed overeen met het weinige dat wij van het karakter van interstediale afzettingen weten. Deze drie spectra worden zowel naar beneden als naar boven door spectra, die een kouder klimaat vertegenwoordigen, begrensd.

Ik moet er hier op wijzen dat het grindonderzoek van Steenhuis (1938) uitwees, dat bij ongeveer 75 m een duidelijke sprong in het kwartsgehalte van het grind optreedt. Welke betekenis men daar ook aan wil toekennen — Steenhuis beschouwt het als de grens tussen het II 1 en II 0 — men moet toegeven dat zich op ongeveer dezelfde diepte ook in het pollendiagram een ingrijpende wijziging voltrekt.

Beneden 87.10 m volgt in het diagram een gehele reeks van spectra, die wijzen op een zeer mild klimaat tijdens de vorming van de betreffende sedimenten.

Tussen 98.00 m en 108.75 m bevindt zich helaas een vrij groot hiaat tengevolge van het ontbreken van voor pollenanalyse geschikte laagjes. Het karakter van het pollenbeeld wijzigt zich echter niet en ik zie geen reden in dit hiaat een koude fase te veronderstellen. Tussen 108.75 m en 125.25 m zijn *Carpinus* en de bestanddelen van het *Quercetum mixtum* met ongewoon hoge percentages vertegenwoordigd.

Van de spectra tussen 155.30 m en 162.00 m hebben de bovenste nog *Alnus* als overheersende boom. Hoewel ook in het onderste spectrum nog thermofiele bomen aanwezig zijn, wijzen de hoge percentages van *Pinus* en *Picea* wel op een koeler klimaat. Of nu de fase van gematigd klimaat, die is vertegenwoordigd in de spectra van 157.05—155.30 m, zich ononderbroken voortzet naar de spectra boven 125 m, is niet met zekerheid vast te stellen. Het ontbreken van geschikte laagjes voor pollenanalyse speelt ons hier weer parten.

Florschütz (1938) heeft uit de laag van 155—157 m melding gemaakt van het voorkomen van *Azolla tegeliensis*. Stelt men dit niveau nu in ouderdom gelijk aan de klei van Tegelen en beschouwt men deze als een afzetting uit het Günz-interstediaal, dan zou men in het complex tussen 88 en 125 m het Günz-Mindelinterglaciaal weerspiegeld kunnen denken.

In ieder geval verzet dit diagram er zich niet tegen om de voortzetting van de zone van Tegelen in het Günz-interstadiaal te plaatsen, daar onder Bergumerheide tussen dit niveau en de afzettingen uit het grote interglaciaal nog een laagcomplex voorkomt met spectra, die op een gematigd klimaat wijzen.

Door het ontbreken van een goed geologisch gefundeerd vergelijkingsmateriaal kunnen de correlaties juist in het Onder-Pleistoceen niet anders dan van voorlopige aard zijn. Meer onderzoekingen, die in de eerste plaats gericht moeten zijn op het verkrijgen van standaarddiagrammen, zullen nodig zijn eer men met enige zekerheid bepaalde pollenanalytisch gekarakteriseerde delen van met pulsboringen verkregen profielen in de pleistocene chronologie kan rangschikken.

HOOFDSTUK V.

HET MIDDENPLEISTOCENE MARIENE NIVEAU EN DE INVLOED VAN ZEESPIEGELBEWEGINGEN OP HET GEDRAG VAN RIVIEREN.

Van de onderzochte profielen vertonen twee een deel van hun middenpleistocene sedimenten in mariene facies: Bergumerheide en Sneek. Beide liggen in de randzone van de transgressie. Tesch (1939) heeft reeds vermeld dat de vrij rijke molluskenfauna uit één der boringen te Bergumerheide duidelijk vermengd was met een aantal zoetwatermollusken als gevolg van de invloed van een ter plaatse uitmondende rivier. De mariene sedimenten liggen tussen 46.00 en 62.00 m — N. A. P.

Lorié (1887a) beschouwde het bovenste deel van het zandcomplex tussen 32.5 m en 55.5 m onder maaiveld in de Sneeker boring als een mariene afzetting en omschreef het nader als een strandformatie, op grond van de talrijke ingespoelde plantaardige overblijfselen. Een onderzoek van de door Lorié verzamelde monsters leerde mij, dat hiertoe moeten worden gerekend de fijne zanden tussen 31.00 en 33.00 m, en die tussen 38.00 en 42.00 m — N.A.P. Voor het scheidende grove zand vond ik geen sporen van mariene invloed, zodat het mogelijk is dat de mariene lagenserie door een kleine regressie onderbroken is.

Vergelijkt men nu de lithologische en faciële gegevens van het profiel met de uitkomsten van het pollenanalytische onderzoek, dan blijkt dat het mariene niveau het interglaciale klimaatoptimum omvat en een goed deel van de tweede helft van het interglaciaal. Onder Bergumerheide valt immers het Quercetum-mixtummaximum reeds in het mariene laagcomplex, terwijl aan de bovenzijde een deel van de Picea-fase daar eveneens nog toe behoort. Onder Sneek is de situatie minder duidelijk door het ontbreken van voldoende spectra uit de tijd van het klimaatoptimum. De weinige spectra laten echter geen andere mogelijkheid dan te besluiten dat ook hier de transgressie reeds ingezet had tijdens het hoogtepunt in de floristische ontwikkeling van het interglaciaal. De tweede helft van het interglaciaal met het weer koeler wordende klimaat valt nog duidelijk in de mariene zone. Deze gegevens laten ten aanzien van de ouderdom van het mariene niveau geen andere gevolgtrekking toe dan deze: de mariene inschakeling in de „hoogterrasafzettingen” is in de ondergrond van Noord-Nederland een zuiver mindelrissinterglaciale afzetting.

De gegevens laten evenwel een tweede gewichtige conclusie toe. Beschouwt men n.l. de profielen, waarin deze mariene inschakeling is aangetroffen, dan blijkt dat hij overal de afsluiting vormt van de grove fluviatiele middenpleistocene afzettingen (het z.g. hoogterras). Dat wil zeggen deze fluviatiele sedimenten zijn ontstaan tijdens en waarschijnlijk ook onder invloed van de stijgende zeespiegel in het eerste deel van het interglaciaal. Een bevestiging

van beide conclusies vindt men in het profiel van Gasselte waar een duidelijk ontwikkeld z.g. hoogterras aanwezig is, dat eveneens van mindel-rissinterglaciale ouderdom blijkt te zijn. Het bovenste deel van de grove afzetting onder Gasselte komt dus in ouderdom overeen met de mariene inschakeling onder Bergumerheide en Sneek.

Deze uitkomsten zijn tamelijk verrassend. Tesch (1934, 1937, 1939, 1947) en Steenhuis (1939), die zich de laatste tijd over de stratigrafie van het Pleistoceen van dit gebied hebben uitgesproken, beschouwden het z.g. „hoogterras” steeds als een afzetting uit de aanvangsfase van de Riss-ijstijd, een conclusie, die, zoals wij reeds gezien hebben, gebaseerd is op een lithologische correlatie met Midden-Nederland. Een dergelijke correlatie blijkt echter over zo grote afstand niet zonder gevaar. Het komt mij voor dat het dringend gewenst is dat wij de term „hoogterras” weer beperken tot zijn oorspronkelijke morfologische betekenis en er iedere stratigrafische betekenis aan onttrekken.

Faber (1947, p. 16) houdt de mariene inschakeling voor een riss-interstadiale afzetting, zonder daar bepaalde argumenten voor naar voren te brengen, maar naar ik veronderstel, om de moeilijkheid van een glaciële hoge zeespiegel te ontgaan.

Het is mogelijk dat ook Tesch deze moeilijkheid heeft gevoeld. In zijn opstel, aan de mariene inschakeling gewijd (Tesch, 1939), schrijft hij van de molluskenfauna: „Als geheel is deze fauna zonder bezwaar te plaatsen in den overgangstijd van Mindel-Rissinterglaciaal naar Rissglaciaal”, terwijl men in de verklaring van het kaartje dat de grens van de transgressie aangeeft leest: uitbreiding Noordzee „tijdens hoogterrasfase (aanvang II 1)”. De tussen haakjes geplaatste toevoeging is bijzonder interessant en heeft blijkbaar gediend om de mogelijkheid open te laten dat de transgressie wellicht iets ouder zou kunnen zijn dan destijds nog algemeen voor de ouderdom van deze grove sedimenten werd aangenomen. Zoals wij gezien hebben vormen de mariene sedimenten echter de bovenste afsluiting van de „hoogterrasafzettingen”.

Het pollenonderzoek van Noord-Nederland heeft nu wel geleerd dat wij de voorzichtige uitdrukking als „overgang van Mindel-Rissinterglaciaal naar Rissglaciaal” gerust los kunnen laten.

De mariene inschakeling is duidelijk interglaciaal.

Dat de mariene molluskenfauna daarbij als geheel een iets kouder karakter heeft dan de landflora, is niet verwonderlijk als men bedenkt dat de transgressie uit het Noorden kwam, en dus, zelfs onder een gematigd klimaat, toch in de eerste plaats boreale en zelfs arctische vormen meebracht. Wij hebben geen aanwijzingen dat de Noordzee een zuidelijke opening door het Nauw van Calais had ¹⁾, zodat de immigratie voor mediterrane vormen zeer bemoeilijkt en voor vele zelfs practisch onmogelijk was. Daarentegen konden terrestrische vormen, zowel planten als dieren, ongehinderd uit zuidelijke streken tot in Engeland doordringen. Reid heeft op dit verschil in de waarde als klimaat-indicator van de mariene en de terrestrische vormen reeds meer

¹⁾ Zeuner (1945, p. 236) vermeldt echter, dat sporen van het hoge zeeniveau uit het grote interglaciaal aanwezig zijn aan de franse kust tussen Wissant en Cape Griz Nez en leidt daaruit af, dat het Nauw van Calais in die tijd bestond. Uit het zuidelijke deel van de Noordzee zijn echter geen sporen van mariene invloed uit die tijd bekend. Het is mogelijk dat het door Zeuner waargenomen verschijnsel (hij vermeldt niet van welke aard het is) aan fluviale invloed moet worden toegeschreven.

dan een halve eeuw geleden zo duidelijk de aandacht gevestigd dat ik niet kan nalaten een enkele passage te citeren.

Na gewezen te hebben op het toenemen van het aandeel van de arctische mollusken in de fauna van de „Newer Pliocene period” (waaronder Reid verstaat het tijdsbestek van de afzettingen van de „Walton Crag (lower Red Crag)” tot de afzetting van het „Leda-myalis Bed” en waar het „Cromer Forest Bed” dus ook nog toe wordt gerekend) en na een wijziging in het klimaat als een der oorzaken van deze verandering te hebben beschouwd, schrijft Reid:

„But probably the change in the fauna was principally due to the sea being fully open to the north, so that there was a constant supply of arctic species brought by every tide or storm, while at the same time the southern forms had to hold their own without any aid from without; and if one was exterminated, it could not be replaced. In this way, of two species, a southern and a northern, equally fitted for any station, the northern would have the best chance of surviving, and would probably exterminate the southern... Taking now the land fauna and flora, it is seen that the same elevation which would raise a barrier to the migration of marine species, would form a highway for the land and freshwater forms, and we can apply to these the same reasoning as is used above, merely changing north for south. The southern species would be able, under these circumstances, to spread down the valley of the Rhine in a continuous stream. Their march would not be checked by the previous occupation of the country by arctic forms, for there does not appear to have been any land-connexion between Britain and Scandinavia till a later period. The southern fauna could thus occupy the whole of those portions of Britain where the climate was suitable. The local extermination of any species by an exceptionally severe winter would be of little consequence, for it could be immediately replaced by other individuals, and there were no boreal forms to take possession of its district”. (Reid, 1890, p. 189, 190.)

De vraag rijst nu of men ook in andere delen van het Noordzeebekken aanwijzingen vindt voor een hoge zeespiegel tijdens het grote interglaciaal, zich uitende in een mariene inschakeling onder het glaciële niveau uit de Riss-ijstijd of eventueel zelfs tussen de glaciële afzettingen uit Riss- en Mindel-ijstijd. Dit laatste nu is inderdaad het geval, zowel aan de westelijke als aan de oostelijke rand van het Noordzeebekken.

Van verschillende vindplaatsen in East Anglia is reeds lang de rijke molluskenfauna uit de z.g. „Middle Glacial Sands” bekend. De fauna werd aanvankelijk als verplaatst „Crag”-materiaal opgevat, doch Wood en Harmer (1872—74) hielden de fauna voor even oud als de afzetting zelf, hoewel een deel van het materiaal wel sporen van verplaatsing vertoonde. Woodward (1881) wees op het merkwaardige feit, dat onder de rijke fauna geen spoor is aangetroffen van de algemene molluskensoorten met stevige kleppen uit de Crag-formatie, die men toch in de eerste plaats zou verwachten, indien het om verplaatste Crag-mollusken ging. Deze omstandigheid doet ook Woodward (1881) besluiten de fauna niet als verplaatst Crag-materiaal te beschouwen. Kort geleden hebben Baden-Powell en Reid Moir (1942) nogmaals duidelijk naar voren gebracht dat de fauna, ondanks het grote aantal soorten dat ook in de Crag-formatie voorkomt, als geheel toch als een nieuwe verschijning moet worden opgevat. Deze auteurs hadden reeds vroeger (Reid Moir en Baden-Powell, 1938) aan de afzetting de naam „Corton Sands” gegeven. Zij zien er een strandformatie in, die op een hoogte van ongeveer 80 voet boven het huidige zeeniveau moet zijn ontstaan. Eén van de belangrijkste vindplaatsen uit stratigrafisch oogpunt is East-Runton, waar de Corton Sands tussen de „North Sea Drift” en de „Lower Chalky Boulder Clay” liggen. Aan het interglaciële karakter van de afzetting wordt in Engeland dan ook niet meer getwijfeld (zie ook: Zeuner, 1945, pp. 102—103).

Voor N. W. Duitsland heeft Gottsche reeds in de vorige eeuw gewezen op het voorkomen van mariene afzettingen tussen de oudste twee glaciële niveau's in de omgeving van Hamburg (Gottsche, 1898). Penck (1922) heeft aan deze transgressie later de naam Holstein-See gegeven. Een groot aantal gegevens betreffende de afzettingen en de fauna van deze transgressie zijn door Grahle (1936) verzameld. Grahle heeft niet alleen vrij nauwkeurig de grenzen van de transgressie aangegeven en daar binnen enige faciesgebieden onderscheiden, maar bovendien, op grond van de verticale verspreiding van de verschillende molluskensoorten, vastgesteld dat van onder naar boven in de mariene sedimenten het aandeel van de arctische soorten afneemt ten gunste van soorten uit meer gematigde zones. Grahle trekt daaruit de belangrijke conclusie, dat de transgressie in de eerste helft van het interglaciaal valt (p. 95). Intussen is die conclusie niet zonder bedenkingen. Neemt men aan dat de Noordzee destijds geen verbinding met de Atlantische Oceaan had door het Nauw van Calais — een veronderstelling waarmee ook Grahle instemt — dan moeten de vormen uit de meer gematigde klimaatzones hetzij geleidelijk om Schotland heen geïmmigreerd zijn, hetzij in een minderheid reeds in de fauna aanwezig zijn geweest en geleidelijk in de zuidelijke randzone van de transgressie overheersend zijn geworden. In beide gevallen is de wijziging, die Grahle in verticale zin waarneemt, niet een gevolg van een klimatologische ontwikkeling, doch slechts een kwestie van tijd. In deze, en andere uit het Noorden komende transgressies van de Noordzee, zijn arctische en boreo-arctische soorten steeds in een bevoorrechte positie. Slechts de plotselinge toeneming van hún aandeel is een gewichtig klimatologisch moment. Zeuner (1945) heeft dat onlangs aan de hand van het voorbeeld van de Crag-formatie van East Anglia nog eens nadrukkelijk naar voren gebracht. Ik kan Grahle's conclusie dan ook niet zonder voorbehoud aanvaarden, van hoeveel belang een nauwkeurige datering van de transgressie binnen het interglaciaal ook zou zijn.

Vergelijkt men de molluskenfauna van het middenpleistocene mariene niveau uit oostelijk Engeland, Nederland en Noordwest-Duitsland, dan treft in de eerste plaats het vrij grote aantal soorten, dat ook uit de onderpleistocene mariene afzettingen van oostelijk Engeland (bovenste deel van de Crag-formatie) en van Nederland (mariene Icenien) bekend is. Op zichzelf is dat niet verwonderlijk: een niet gering deel van de recente molluskenfauna van de Noordzee was reeds sedert het begin van het Kwartair, of zelfs sedert het jongste Tertiair, inheems in dit gebied. Anderzijds kan men echter vaststellen dat een aantal karakteristieke bestanddelen uit de onderpleistocene fauna reeds ontbreken (b.v. *Potamides tricinctum* Broc. var. *icenica* Harmer, *Melampus pyramidalis* Sow. var. *conica* Harmer, *Ringicula ventricosa* Sow.; in ons land ook *Tellina obliqua* Sow, die in Engeland echter nog wel uit de „Middle Glacial Sands” wordt vermeld). Bovendien moet men vaststellen, dat de soorten, die later in het mariene Boven-Pleistoceen (Eemien) op de voorgrond treden, nog geheel of nagenoeg geheel ontbreken. Tesch heeft melding gemaakt van het voorkomen van *Tapes senescens*, een karakteristieke soort uit de Eemfauna. Deze soort is echter uit Engeland, noch uit Duitsland uit het Midden-Pleistoceen bekend.

Als geheel neemt de fauna dus typisch een tussenpositie in tussen de fauna's van het Onder- en van het Boven-Pleistoceen. Dat de overeenstemming in de fauna's uit het middenpleistocene mariene niveau van Engeland, Nederland en Duitsland niet nog groter is, is, behalve van faciesverschillen, stellig ten dele een gevolg van de geringe kennis van dit niveau.

Uit ons land zijn slechts 21 soorten bekend, tegenover 60 uit Engeland en 58 uit N. W. Duitsland. Slechts 6 soorten zijn uit alle drie gebieden bekend en dit zijn alle „doorlopers” uit de kwartaire molluskenfauna van de Noordzee (*Arctica islandica*, *Cardium edule*, *Littorina littorea*, *Mytilus edulis*, *Scrobicularia plana* en *Turritella communis*).

Samenvattend kan men de overeenstemming in de molluskenfauna bevredigend noemen en er bestaat dan ook geen bezwaar tegen de transgressie in de drie gebieden als even oud te beschouwen, al sluit het kleine verschillen in de tijdstippen van aanvang en einde natuurlijk niet uit. Zowel in Engeland als in Duitsland lag het reeds voor de hand aan de transgressie een interglaciale ouderdom toe te kennen door de ligging van het mariene niveau tussen twee grondmorenes. Voor noordelijk Nederland, waar de onderste grondmorene ontbreekt, komt men na het pollenanalytische onderzoek tot dezelfde conclusies. Voor westelijk Nederland is hetzelfde nog niet bewezen, maar thans wel waarschijnlijk te achten. Dat wil zeggen dat er zowel in oostelijk Engeland als in Nederland, als in Noordwest-Duitsland duidelijke bewijzen zijn voor een transgressie van de Noordzee gedurende het grote interglaciaal (Mindel-Rissinterglaciaal).

Hozeer deze uitkomst voor Nederland een verrassing mag zijn, gezien de heersende opvatting aangaande de ouderdom van de grove fluviaatiele sedimenten (de z.g. hoogterrasafzettingen), waarmee het mariene niveau in noordelijk (en ook in westelijk) Nederland verbonden is, uit algemeen geologisch oogpunt is een dergelijke conclusie niet verrassend. Het is immers reeds lang bekend dat het aangroeien en afsmelten van uitgestrekte landijskappen een daling, respectievelijk een stijging van het zeeniveau tot gevolg moet hebben. Ik volsta met te verwijzen naar wat daaromtrent in de samenvattende boeken over de geologie van het Pleistoceen is te vinden (Daly, 1935; Zeuner, 1945; Flint, 1947) en naar de daar aangehaalde literatuur.

Veel verwonderlijker is het dat dit algemene beginsel nog zo weinig op het Pleistoceen van het Noordzeebekken is toegepast, hoewel toch de algemeen als interglaciaal beschouwde bovenpleistoecene Eemtransgressie reeds lang in die richting wees. Juist een dalingsgebied als het Noordzeebekken is voor een dergelijke beschouwing bijzonder leerzaam, daar men in geen andere gebieden een zo volledig lagencomplex kan verwachten. Veel minder dan in stabiele gebieden vallen hier de sedimenten aan latere erosie ten prooi. In tal van stabiele kustgebieden op aarde vindt men wel de sporen van vroegere hoge zeeniveau's, zonder dat men tot een nauwkeurige datering kan komen, als gevolg van het onvolledig zijn of geheel ontbreken van palaeontologisch dateerbare afzettingen.

De vraag rijst in hoeverre de eenvoudige regel: hoge zeespiegel tijdens de interglaciale tijden, lage zeespiegel tijdens de glaciale tijden, door bijkomende factoren in werkelijkheid aan zekere complicaties is onderworpen. Het onderzoek van Fennoskandia heeft duidelijk gemaakt, dat dit gebied thans onderhevig is aan isostatische opheffing (Gutenberg, 1941). De grens van het rijzende gebied valt ruwweg samen met de grens van de ijskap tijdens de maximale uitbreiding in de laatste ijstijd, d. w. z. van de ijskap, die de verstoring van het isostatische evenwicht veroorzaakte. Neemt men aan dat dit ook het geval was tijdens de vroegere ijstijden, dan betekent dit dat Nederland vrijwel steeds behoorde tot het periglaciale gebied dat door isostatische compensatie steeg tijdens de uitbreiding van de scandinaafse ijskap en daalde tijdens de afsmelting ervan. Met andere woorden voor ons

land hebben de bewegingen van het zeeniveau en de isostatische bewegingen van het land elkaar in het algemeen versterkt.

In de tweede plaats zal men allicht moeten rekenen met een zekere vertragingfactor, wanneer men het zeeniveau beschouwt als een functie van het klimaat. De hoogste stand van het zeeniveau zal niet samenvallen met het interglaciale klimaatoptimum, noch zal de laagste stand samenvallen met het glaciële klimatologische dieptepunt. Het bedrag van de vertraging kennen wij niet. Mogelijk is het slechts gering in vergelijking met de duur van glaciële en interglaciële tijden. In dat geval is Bull wellicht iets te ver gegaan, toen hij in zijn poging een indeling van het engelse Pleistoceen op eustatische grondslag te geven het effect van de vertraging aldus formuleerde: „In general a medium sea-level under cold conditions would be falling, and under warm conditions would be rising” (Bull, 1942, pp. 2—3).

Ingewikkelder worden de verhoudingen natuurlijk wanneer eigen bewegingen van een bepaald gebied een rol gaan spelen. Wij weten nog te weinig van de voortzetting van het uit het Zuidoosten van Nederland bekende breuksysteem in de richting van de Noordzee, om met bewegingen langs deze breukvlakken rekening te kunnen houden. Er bestaat zelfs nog geen eenheid van opinie over de vraag in hoeverre tektonische bewegingen thans invloed oefenen op het bedrag van de positieve niveauverandering langs onze kust (Escher, 1940). De dalende tendens van de bodem van het Noordzeebekken is, zoals wij al gezien hebben, een gunstige factor. Immers hij versterkt het effect van een positieve niveauverandering en verzwakt het effect van een negatieve niveauverandering. Het gevolg is dus een gunstige conserverende werking op eenmaal gevormde sedimenten.

Wij hebben al gezien dat in noordelijk Nederland het grofkorrelige, fluviatiele pakket, onder de mariene sedimenten opgevat moet worden als te zijn ontstaan tijdens de stijging van het zeeniveau, die leidde naar de hoge interglaciële zeestand. Dit betekent dat een stijging van het zeeniveau zich in een puinkegel niet slechts uit door de vorming van een wig van mariene sedimenten te midden der fluviatiele afzettingen, maar bovendien een rechtstreekse invloed oefent op het gedrag van de rivieren in hun benedenloop.

Het is vooral Zeuner (1945) geweest, die de tegenstelling heeft duidelijk gemaakt tussen het verschillende gedrag van de rivieren in de benedenloop en in de middenloop onder invloed van de wisselende factoren van glaciële en interglaciële tijden. Zowel in de benedenloop als in de middenloop nemen we een afwisseling waar van tijden met overwegend sedimentatie, met tijden van overwegend erosie en dalvorming, die leidt tot het ontstaan van een systeem van terrassen. Vergeleken met de glaciële cyclus zijn de tijden van sedimentatie en erosie voor de beide delen van de rivier echter ongelijk.

De meeste tot nu toe onderzochte terrassystemen behoren tot de middenloop van verschillende rivieren (Silezië, Thüringen). Hier veroorzaakte de sterke verweering in de bovenloop onder invloed van de vorst, begunstigd door geringe watertoevoer en spaarzame vegetatie, sedimentatie gedurende de glaciële tijden, vooral gedurende de eerste helft daarvan. Gedurende de interglaciële tijden, en ook weer hoofdzakelijk in de eerste helft, was de waterrijkdom groot en de verweering veel geringer. In de gedurende de voorafgegane glaciële fase neergelegde grove sedimenten, sneden de rivieren een nieuw dal in.

Tegenover de aldus gevormde klimatologische terrassen stelt Zeuner de thalassostatische terrassen, die in de benedenloop ontstaan onder de invloed

van de bewegingen van het zeeniveau. De stijgende zeespiegel van een interglaciaal vermindert het verval in de benedenloop en dwingt de rivier tot sedimentatie. Daarentegen veroorzaakt de lage zeespiegel tijdens een glaciële tijd een groter verval, met als gevolg dalvorming. Bij de in hoofdzaak onder klimatologische invloed gevormde terrassen langs de middenloop treedt dus sedimentatie op tijdens de eerste helft van een glaciële, bij de in de eerste plaats onder invloed van de bewegingen van het zeeniveau staande benedenloop vindt sedimentatie plaats gedurende de stijging naar het interglaciële hoge zeeniveau. Evenzo vindt in de middenloop erosie plaats gedurende een interglaciële, in de benedenloop gedurende een glaciële. Voor ons land, gelegen in de benedenloop van een riviergebied en aan de rand van een ondiepe zee, treedt hier een stratigrafisch kenmerk van grote waarde op.

Slechts van twee westeuropese rivieren zijn de terrassen in de benedenloop van dit eustatische standpunt uit, bestudeerd: de Somme en de Thames. Ik wil thans allereerst zo beknopt mogelijk samenvatten, wat omtrent deze belangrijke rivieren bekend is geworden. Drie franse onderzoekers hebben zich herhaaldelijk en uitvoerig met de afzettingen van de Somme beziggehouden: Commont, De Lamothe en Breuil.

Commont, wel inziende dat de bovenzijde van de terrassen, en door latere erosie en door de lössbedekking, een weinig solide basis voor zijn terrassenstudies vormde, koos de dalbodems der herhaalde fluviatiele uitschuring als basis. Helaas is Commont niet meer in de gelegenheid geweest nog een uitvoerige synthese van zijn onderzoekingen te geven. Zijn opstel van 1910 geeft echter een goed overzicht van de resultaten van zijn werk en van zijn denkbeelden aangaande de geschiedenis van de Somme (Commont, 1910).

De Lamothe (1918), die zich reeds tevoren had beziggehouden met de opgeheven strandterrassen van het Middellandse-zeegebied, ging uit van de bovenzijde van de fluviatiele terrasafzettingen. Terwijl Commont dus in wezen de lage (glaciële) zeeniveau's vervolgde, ging de Lamothe de hoge (interglaciële) zeeniveau's na. Tenslotte heeft Breuil, gebruik makende van de rijke faunistische vondsten en van een nauwkeurige interpretatie van de vaak zeer gecompliceerde profielen, de afzettingen van de Somme op meesterlijke wijze in de chronologie van het Pleistoceen gevoegd (Breuil en Koslowski, 1931/32).

Men kan langs de Somme drie duidelijke terrassen (*nappes principales*) onderscheiden: het hoogterras (het terras van La Ferme de Grâce) waarvan de bovenkant ± 40 m boven de huidige dalvlakte ligt; het middenterras (terras van St. Acheul of terras van 30 m) en het laagterras (terras van Montières of terras van 10 m), dat feitelijk in twee treden is te splitsen, op 10 m en 5 m boven de tegenwoordige dalvlakte. Reeds Commont heeft er op gewezen dat de sedimenten in de afzonderlijke terrassen van beneden naar boven in korrelgrootte afnemen. In de meest typische ontwikkeling wordt de basis gevormd door hoekige krijtfragmenten, daarop volgen zeer grindrijke afzettingen, vervolgens minder grindrijke afzettingen en zuivere zanden, terwijl het fluviatiele pakket aan de bovenzijde wordt afgesloten door leem. Veenlensjes en -laagjes worden veelvuldig in en op de bovenste fijne sedimenten aangetroffen. Tenslotte zijn de fluviatiele afzettingen bedekt door löss, waarvan Breuil en Koslowski nog eens nadrukkelijk de samenhang met de tijden van de zich uitbreidende vergletschering hebben aangewezen. „..... nous considérons le loess comme une formation éolienne

ayant pris naissance dans la période de progression de chaque glaciation et pendant son maximum. A chaque période de retrait et aux périodes interstadias et interglaciaires correspond, au contraire, une phase de dénudation et d'altération des dépôts de loess déjà formés" (Breuil en Koslowski, 1931/32, p. 453). Dit wordt gestaafd door het ontbreken van de warme interglaciale fauna in de löss, terwijl de kleur en het kalkgehalte van de löss wijzen op een herkomst uit onverweerd materiaal en afzetting onder koude en droge omstandigheden. In de gedachtengang van Breuil en zijn medewerkers nemen de verschillende lössen en hun verweringszones een belangrijke plaats in.

Het plateau (z.g. „haut niveau") waar de bovenzijde van het krijt op 55 m boven de basis van de jongste dalopvulling ligt en waarin de Sommeterrassen zich bevinden, heeft artefacten noch fossielen opgeleverd. De ouderdom van de afzettingen op het plateau staat dus niet vast. Insnijding bracht de Somme vervolgens op een 15 m lager gelegen niveau: het 40 m niveau van de basis van de hoogterrasafzettingen. De, na die insnijding gevormde, hoogterrasafzettingen, die in groeven bij Abbeville en St. Acheul ontsloten zijn, hebben vooral in hun bovenste fijnkorrelige lagen (de z.g. Marne blanche), een rijke en uitstekend geconserveerde zoogdierfauna opgeleverd. Tot de meest karakteristieke componenten behoren *Elephas meridionalis*, *E. trogontherii*, *E. antiquus*, *Hippopotamus major*, *Rhinoceros etruscus*, *R. mercki*, *R. leptorhinus*, *Machairodus*, *Cervus solilhacus*, *C. somonensis* en *Equus stenorhinus*. Deze fauna wijst op een warm klimaat en vertoont nog affiniteiten met de fauna van het Pliocen.

Een nieuwe insnijding bracht de Somme na de afzetting van het hoogterras nog weer 10 m dieper in de krijt-ondergrond (30 m niveau van het middenterras). De afzettingen van het middenterras rusten echter niet overal direct op het krijt. Op sommige plaatsen werden ook de afzettingen van het hoogterras weer door die van het middenterras bedekt. De klassieke groeven van Carpentier (Abbeville) en Fréville (Saint Acheul) vertonen beide de middenterrasafzettingen op de hoogterrasafzettingen. De afzettingen hebben echter ieder hun eigen opeenvolging in de sedimentatie van grof naar fijn, zijn door een duidelijk stratigrafisch hiaat gescheiden en verschillen bovendien geheel in hun faunistische inhoud. De pliocene relicten in de fauna van de hoogterrasafzettingen zijn in die van de middenterrasafzettingen verdwenen, terwijl een aantal echte pleistocene vormen verschijnen (o.a. een primitieve vorm van *Elephas primigenius*).

De afzettingen van hoog- en middenterras zijn beide bedekt door de oude löss, die tijdens de uitbreiding van het ijs in de derde (alpiene) ijstijd moet zijn gevormd. Op grond hiervan komen Breuil en Koslowski nu tot de conclusie, dat de afzetting van het hoog- en middenterrasmateriaal moet hebben plaats gehad, respectievelijk in het eerste en tweede (alpiene) interglaciaal: Günz-Mindel- en Mindel-Rissinterglaciaal. De Lamothe heeft aangetoond dat de afzettingen van het hoog- en middenterras stroomafwaarts in mariene sedimenten overgaan. In de hoogterras-tijd drong de zee tot tussen Long en St. Rémy in het Sommedal naar binnen, in de middenterrastijd tot St. Valéry. De hoogst bereikte zeestanden waren voor beide tijden respectievelijk tussen 55 en 60 m (waarschijnlijk 57 à 58 m) en 32 à 33 m boven het huidige zeeniveau. De Lamothe vergelijkt zijn uitkomsten, in het gebied van de Somme verkregen, met de sporen van hoge zeeniveaus langs de Franse westkust en in het Middellandse-zeegebied. De voortreffelijke overeenkomst, die er blijkt te bestaan, leidt hem zonder aarzeling tot de

gevolgtrekking dat de herhaalde afwisseling van sedimentatie en erosie van de Somme aan bewegingen van het zeeniveau moet worden toegeschreven. Merkwaardig genoeg heeft hij nooit als oorzaak voor deze bewegingen van het zeeniveau op de even zovele malen herhaalde uitbreiding en afsmelting der grote pleistocene landijskappen gewezen, hoewel een dergelijke conclusie in zijn werk als het ware voor het grijpen ligt. Vergelijkt men nu echter de uitkomsten van de Lamothe met die van Breuil en Koslowski, dan blijft er geen andere mogelijkheid over dan aan het zeeniveau van 32—33 m een mindel-rissinterglaciale ouderdom, en aan dat van 57—58 m een günz-mindel-interglaciale ouderdom toe te kennen.

De onderzoekingen van Breuil en Koslowski hebben duidelijk gemaakt dat de periode van fluviatiele sedimentatie van het middenterras door een koudere fase onderbroken is geweest, gedurende welke de middenterrasafzettingen van het 30 m niveau met solifluctieproducten werden opgehoogd en de Somme zich 20 m dieper in de krijtondergrond insneed (10 m niveau van het laagterras I). De afzettingen aan de basis van deze hoogste trede van het laagterras moeten op grond van hun fauna en palaeolithische industrie nog tot het grote, tweede interglaciaal worden gerekend. Het Mindel-Rissinterglaciaal wordt door Breuil en Koslowski dus in drieën gesplitst: twee warme fasen, gescheiden door een zeer veel koelere fase. Verder gaan zij niet. Zeuner (1945) paralleliseert echter deze middelste koele fase met het stralingsminimum van 230.000 jaar geleden (Riss I), daar volgens hem als vaststaand kan worden beschouwd, dat de grote voorlaatste ijstijd (Saale in Noord-Duitsland) overeenkomt met het stralingsminimum van 187.000 jaar geleden (Riss II). Op dit gewichtige punt kom ik later in hoofdstuk VII terug.

Tijdens de voorlaatste ijstijd heeft de Somme zijn bed nogmaals 5 m dieper in de krijtondergrond uitgeschuurd (5 m niveau van het laagterras II). Dit ging gepaard met solifluctie langs de hellingen van het dal. De afzettingen van het volgende interglaciaal zijn zowel faunistisch als archaeologisch goed bekend. In deze tijd valt bovendien de intensieve verwerking van de oude löss. De zee dringt opnieuw tot tussen Long en St. Rémy in het Sommedal binnen. Het zeeniveau moet 18 à 19 m hoger dan het tegenwoordige zijn geweest. De daling van het zeeniveau met de uitbreiding van de Würm-gletschers leidde voor de Somme een nieuwe erosietijd in. De dalbodem van deze laatste insnijding ligt in het mondingsgebied van de Somme ongeveer 30 m beneden het huidige zeeniveau. Er ontstond evenwel geen evenwichtsprofiel: het lengteprofiel van de krijtondergrond vertoont een duidelijke knik tussen Long en Belloy. De postglaciale en holocene sedimentatie, veroorzaakt door de geleidelijke stijging van de zeespiegel na het lage niveau in het Würm-glaciaal, bedraagt boven dit knikpunt slechts enkele meters en neemt beneden dit punt geleidelijk in dikte toe, tot ruim 30 m in het mondingsgebied. Deze divergentie tussen de oppervlakte en de basis is een complicatie, die het onderzoek van eustatische terrassen bijzonder bemoeilijkt.

Men kan uit de bovenpleistocene geschiedenis van de Somme dus door terug te tellen een nieuw argument putten voor de juistheid van de ouderdomsbepaling door Breuil en Koslowski van de sedimentatie van het hoog- en het middenterras, en daarmee ook van de beide oudste interglaciale hoge zeeniveau's. De details van de geschiedenis van de Somme gedurende het Boven-Pleistoceen, hoe belangrijk ook op zichzelf, hebben geen betekenis voor een vergelijking met de onder- en middenpleistocene ondergrond van Noord-Nederland. Ik laat ze verder rusten.

Van nog meer betekenis dan de Somme, is de Thames voor een vergelijking met Nederland. Niet alleen mondt de Thames in de Noordzee uit, en is zodoende aan dezelfde mariene invloeden onderworpen geweest als de grote nederlandse rivieren, waarmee hij in sommige delen van het Pleistoceen zelfs één riviersysteem vormde, maar bovendien vertoont de Thames door zijn ligging ongeveer aan de rand van de maximale ijskap, veel meer overeenkomst met de nederlandse rivieren dan de Somme, die altijd tot het periglaciale gebied behoorde.

De terrassen van de Thames zijn reeds lang het onderwerp geweest van uitvoerige onderzoekingen en de literatuur over de Thames is dan ook veel uitvoeriger dan die over de Somme. Over de interpretatie bestaan echter nog meningsverschillen en vooral de correlatie van de afzettingen van de Thames met de morenes van East Anglia is nog niet op een voor alle onderzoekers bevredigende wijze gelukt. Het is thans niet nodig op die verschillpunten de nadruk te leggen; men kan er zich gemakkelijk over oriënteren door een vergelijking te maken tussen de synthese van King en Oakley (1936) en de samenvattingen door Boswell (1931) en door Zeuner (1945, pp. 114—135). Meer dan de chronologische interpretatie interesseert ons thans het beginsel, dat de terrasvorming in de benedenloop van de Thames gedurende het Pleistoceen heeft beheerst. King en Oakley (1936) konden niet minder dan 17 stadia onderscheiden, waarvan het oudste overeenkomt met het vermoedelijk nog pliocene hoge zeeniveau van ruim 100 m boven het tegenwoordige zeeniveau (Sicilian), en het jongste met de opvulling van een erosiegeul onder invloed van de bovenholocene Littorina-transgressie. Het oudste pleistoocene niveau wordt gevormd door het Ambershamterras („200 ft platform”), dat volgens Zeuner in verbinding staat met de hoge zeespiegel uit het oudste interglaciaal (Milazzian). Tussen de afzetting van de sedimenten van het Ambershamterras en die van het volgende Boyn-Hillterras worden twee erosiefasen onderscheiden, waardoor de „Kingston leaf bench” en de „Boyn Hill bench” ontstonden. Op de Boyn Hill bench, dus aan de basis van de Boyn-Hillterrasafzettingen, ligt een grondmorene, zodat het dal van de Thames in ieder geval nog voor de Boyn-Hilltijd door ijs werd bereikt. Het Boyn-Hillterras is het eerste duidelijk ontwikkelde terras van de Thames beneden London. Bij Swanscombe werd in de afzetting van dit terras in 1935 een menselijke schedel gevonden; de afzettingen vormden dientengevolge het onderwerp van een uitvoerig rapport (Swanscombe committee, 1938).

King en Oakley (1936) hadden er reeds op gewezen dat de sedimenten, waaruit het Boyn-Hillterras bestaat, geen ononderbroken reeks voorstelt, doch door een erosiefase (Clactonchannel) in tweeën is gedeeld, een conclusie die door het laatste onderzoek is bevestigd. Zeuner (1945, p. 123) toonde bovendien aan dat de „lower loam”, die de afsluiting vormt van de sedimenten uit de eerste fase, een typische verweringslaag bezit.

Hoewel enkele elementen van de fauna uit de Boyn-Hillafzettingen in de loop van de beide sedimentatiefasen een zekere ontwikkeling vertonen, heeft de rijke fauna als geheel zoveel overeenkomst met wat elders uit het grote interglaciaal bekend is, dat over de ouderdom van de Boyn-Hillafzettingen geen twijfel bestaat. Als karakteristieke elementen van de zoogdierfauna noem ik *Dama clactonianus*, *Elephas antiquus*, *E. primigenius* (vroegevorm) en *Equus caballus* var. *mosbachensis*; van de mollusken *Corbicula fluminalis* en *Viviparus diluvianus*.

Ik geloof dat alle engelse onderzoekers het er over eens zijn dat de

afzettingen, waaruit het Boyn-Hillterras bestaat, in ouderdom overeenkomen met die uit het Mindel-Rissinterglaciaal van het vasteland. Zeuner (1945) heeft dat met nadruk naar voren gebracht, terwijl Oakley dit reeds in het Swanscombe Report (1938) als de meest waarschijnlijke interpretatie had beschouwd, in tegenstelling tot zijn vroeger opstel, waar deze correlatie nog niet naar voren is gebracht (King en Oakley, 1936)¹⁾.

De aanwezigheid van overblijfselen van Cetacea in de Boyn-Hill-afzettingen bij Greenhithe wijst er op dat de zee in deze tijd onmogelijk ver verwijderd kan zijn geweest.

De omstandigheid dat de sedimentatie van de Boyn-Hillterrasafzettingen onder invloed van de stijgende zeespiegel tijdens het grote interglaciaal eenmaal is onderbroken door een erosiefase, gedurende een daling van het zeeniveau, heeft Zeuner er toe geleid te besluiten dat de hoogste zeestand eerst laat in het interglaciaal werd bereikt (Zeuner, 1945). Wij hebben al gezien dat de uitkomsten van het onderzoek in Noord-Nederland, op andere gronden, tot dezelfde conclusie leiden.

De voltooiing van de opvulling van de dalen uit de Pre-Boyn Hill- en Inter-Boyn Hill erosiefasen, werd gevolgd door een nieuwe, snelle verlaging van de erosiebasis. De Thames vormde een nieuwe geul in de Boyn-Hillafzettingen. De bodem van dit dal ligt iets dieper dan het huidige zeeniveau. Een trede op ongeveer 10 m boven zeeniveau duidt echter een onderbreking in de insnijding aan, zodat het dal in twee fasen moet zijn tot stand gekomen. De wanden van dit dal zijn grotendeels bekleed met de „Main Coombe Rock”, een solifluctie-product, dat hoofdzakelijk uit Krijtfragmenten bestaat.

De „Coombe Rock” wordt ten dele bedekt door de afzettingen van het Taplow terras („50 ft Terrace”). Zeuner beschouwt deze nieuwe dalopvulling als het gevolg van de stijging van het zeeniveau in het jongste interglaciaal (Main Monastirian). Dat de zoogdierfauna, door King en Oakley vermeld van Maidenhead, een koud karakter heeft, behoeft daarmee niet noodzakelijk in strijd te zijn. Immers, Zeuner's gevolgtrekking geldt steeds voor de benedenloop, terwijl Maidenhead in den middenloop ligt. Nu blijken de dalbodems, waarvan het lengteprofiel met enige nauwkeurigheid bekend is, een knikpunt te bezitten in de omgeving van Londen, d. w. z. de aanpassing van het lengteprofiel van de rivier bij een wijziging van de erosiebasis drong stroomopwaarts niet verder door dan tot de omgeving van Londen. Daar ligt dus de overgangszone tussen de middenloop met zijn klimatologische terrassen en de benedenloop met zijn thalassostatische terrassen.

Kortheidshalve blijve de jongere geschiedenis van de Thames thans buiten beschouwing. Overziet men de gegevens, die de onder- en middenpleistocene ontwikkeling van de Thames oplevert, uitgaande van mindel-rissinterglaciale ouderdom van de Boyn-Hillafzettingen, dan blijkt dat de lage zeespiegel zowel in het voorafgaande als in het volgende glaciaal, een dubbel minimum bezit. Het grote interglaciaal zelf is door minstens één, waarschijnlijk koudere, fase met een verlaging van het zeeniveau onderbroken.

Zowel Somme en Thames, als Noord-Nederland, leveren het bewijs dat

1) Prof. W. B. R. King deelde mij mede, dat ook naar zijn overtuiging de sedimentatie van het Boyn-Hillterras in het grote interglaciaal heeft plaats gehad.

het regiem waardoor sedimentatie en erosie in de benedenloop van de rivieren wordt beheerst, principieel afwijkt van het regiem, dat het gedrag van de rivieren bepaalde in de klassieke terrassengebieden van Midden-Europa (Saksen, Thüringen, Silezië).

De erkenning van dit onderscheid zal waarschijnlijk nog verder kunnen bijdragen tot het ontwarren van de ingewikkelde verhoudingen in de gecombineerde puinkegel van Rijn, Maas en Schelde, die ons land is. De uitkomsten van het onderzoek in Noord-Nederland wijzen er op dat de bouw van dit gebied in beginsel overeenstemt met wat wij van andere delen van het Noordzeebekken weten en wat wij op algemeen geologische overwegingen mogen verwachten.

Het feit dat in grote delen van ons land de fluviatiele afzettingen, onder invloed van de dalende bodem van het Noordzeebekken, niet als normale terrassen zijn ontwikkeld, maakt de verhoudingen in beginsel niet gecompliceerder, maar wel moeilijker toegankelijk. We mogen echter niet vergeten dat ons land voor tal van stratigrafische problemen van het Pleistoceen een sleutelpositie inneemt door zijn ligging bij de mond van een grote rivier, aan de rand van het Noordzeebekken en aan het uiteinde van de grote riss-glaciale ijsskap.

HOOFDSTUK VI.

HET ONDER-PLEISTOCEEN.

In de fluviatiele puinkegel, die Nederland is, dringen uit de richting van de Noordzee drie wiggen van mariene afzettingen binnen: de bovenpleistocene Eemlagen, de middenpleistocene transgressie, die in het vorige hoofdstuk uitvoerig ter sprake kwam, en het onderpleistocene z.g. mariene Icenien. Het laatste niveau is minder dan de beide andere een wigvormige inschakeling, daar het mariene Icenien in grote delen van ons land rechtstreeks de voortzetting vormt van het mariene Pliocene. Ten Dam en Reinhold (1941) hebben er echter op gewezen dat ook dit mariene Icenien in een deel van ons land transgressief is.

De mariene Eemlagen worden reeds lang als een interglaciale afzetting beschouwd. Wij hebben gezien dat aan de middenpleistocene transgressie eveneens een interglaciale ouderdom toekomt en de vraag doet zich vanzelf voor in hoeverre het Icenien, geheel of tendele, met een transgressie gedurende het oudste interglaciaal in verband staat.

De gegevens, waarover wij tot nu toe beschikten, schijnen niet op een dergelijk verband te wijzen. Integendeel, Tesch (1934, 1937) heeft steeds het koude karakter van de molluskenfauna naar voren gebracht. Het arctische karakter van de fauna is in het middelste derde deel van het Icenien zo duidelijk, dat Tesch daarin een afzetting uit het Günz-glaciaal ziet.

Voor de pleistocene transgressies in het Noordzegebied geeft het karakter van de mariene fauna evenwel slechts een zeer eenzijdig beeld van de klimatologische omstandigheden, waaronder de transgressie plaats vond (zie boven, p. 304). Daarom is het zeer gewenst dit beeld aan te vullen met gegevens over de flora die tegelijkertijd in het omringende land groeide.

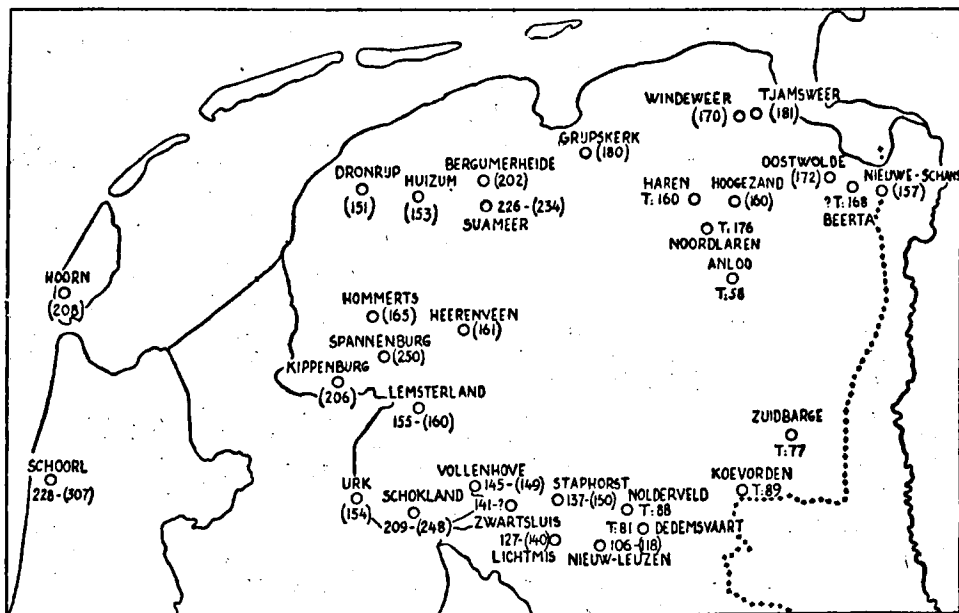
Helaas heeft het onderzoek van Noord-Nederland in dit opzicht met betrekking tot het onderpleistocene mariene niveau vrijwel niets opgeleverd. Van de onderzochte boringen heeft slechts één (Lemsterland, F 3') de mariene facies van het Onder-Pleistoceen bereikt. De kleilaag boven het mariene niveau leverde enige spectra, die op een gematigd klimaat wijzen. Er kan natuurlijk heel goed een aanzienlijk hiaat aanwezig zijn tussen de afzetting van het mariene niveau en de kleilaag, waaraan de bewuste spectra ontleend zijn. De uitkomst van deze enkele analyses zegt dan ook niet meer dan dat wij er wellicht rekening mee zullen moeten houden dat, althans een deel van het mariene Icenien, niet onder zulke koude omstandigheden is gesedimenteed als wij tot nu toe, op grond van de molluskenfauna, hebben aangenomen.

Een enkel spectrum van een kleilaag, 10 m boven het mariene Icenien, uit een boring op Schokland, leidt tot dezelfde conclusie (zie tabel V, p. 291, Schokland, S 3: 190.25—192.75 m). Ondanks de overheersing van Pinus, wijst

dit spectrum door het percentage van het *Quercetum mixtum* op een betrekkelijk gematigd klimaat.

De overige boringen in Noord-Nederland, die het mariene Icenien hebben bereikt, leverden geen materiaal dat zich voor pollenanalytisch onderzoek leende, of er waren geen monsters meer van aanwezig.

Gezien de mogelijkheden, die het pollenanalytische onderzoek van boormonsters blijkt te bezitten, zullen analyses van onderpleistocene afzettingen zeker nog nieuwe gezichtspunten kunnen openen met betrekking tot een nadere ouderdomsbepaling van het mariene Icenien. Wel zal het gelukkige toeval ons daarbij te hulp moeten komen. Immers het aantal boringen dat tot het mariene Onder-Pleistoceen doordringt, is zeer gering in vergelijking



Figuur 2.

De verspreiding van het mariene Onder-Pleistoceen.

Verklaring 228—(307): mariene Onder-Pleistoceen bij 228 m — N.A.P. aangetroffen en bij 307 m nog niet doorboord; (208): mariene Onder-Pleistoceen of Tertiair bij 208 m nog niet bereikt; T: 77: bovenzijde van het Tertiair bij 77 m bereikt; mariene Onder-Pleistoceen niet aangetroffen.

met het totale aantal uitgevoerde boringen. Bovendien is de ligging der boorpunten niet onverschillig. De ervaring, opgedaan bij het onderzoek van het middenpleistocene mariene niveau, maakt het duidelijk dat de gunstigste omstandigheden voor pollenanalytisch onderzoek in verband met mariene afzettingen zijn te verwachten in het randgebied van de betreffende transgressie. Hoewel de kustlijn van het mariene Icenien ongeveer Noord-Zuid door het onderzochte gebied verliep, zijn mij uit deze randzone van de Icenien-zee geen boringen van voldoende diepte bekend geworden.

Alle boringen, dieper dan 150 m, zijn op het kaartje (fig. 2) aangegeven, bovendien zijn uit het zuidelijke gebied een aantal belangrijke, ondiepere boringen vermeld. Bij de verschillende boorpunten is aangegeven

de diepte van het mariene Onder-Pleistoceen, c. q. de bovenzijde van het Tertiair, of, zo deze niet werden bereikt, de einddiepte van de boring.

Uit het kaartje blijkt nog eens dat de boringen die marien Icenien aantreffen, beperkt zijn tot het westelijke deel van het onderzochte gebied. In het Oosten behoren de jongste mariene niveau's reeds tot het Tertiair. De reconstructie van de grens van de Icenien-transgressie (Tesch, 1942, kaartje 4a) berust echter nog slechts op een gering aantal boringen. In het Noorden moet de grens lopen tussen Suameer en Haren, in het Zuiden tussen Nieuw-Leuzen en Dedemsvaart.

Bovendien blijkt uit het kaartje dat het mariene Onder-Pleistoceen in het westelijke deel niet een ononderbroken, geleidelijk naar het Westen en Noorden dalend niveau is.

Vergelijkt men de cijfers voor de bovenkant van dit niveau in de reeks boringen Zwartsluis, Vollenhove, Lemsterland (respectievelijk 141, 145 en 155 m) met de uitkomst van de boring Spannenburg (bron 5) waar dit niveau op 250 m diepte nog niet was bereikt, dan blijkt tussen Lemsterland en Spannenburg een zodanig hoogteverschil aanwezig, dat men dit niet meer door een geleidelijk toenemende bodemdaling in noordwestelijke richting kan verklaren. Hoewel het bekend is dat het Onder-Tertiair in de ondergrond van N.W.-Overijssel een tektonische culminatie bezit (Ten Dam, 1945), waarmee mogelijk de geringe diepte van het Icenien onder Vollenhove en omgeving nog in verband staat, kan men daarmee toch niet verklaren dat hetzelfde niveau onder Spannenburg meer dan 250 m diep zou liggen. Daartegen verzetten zich ook de dieptecijfers van Schoorl en Suameer (respectievelijk 228 en 226 m),

De enige verklaring lijkt mij, aan te nemen dat het mariene Onder-Pleistoceen in de ondergrond van Spannenburg aan erosie heeft blootgestaan. Of het geheel is verdwenen of slechts ten dele, zodat het oudste deel beneden 250 m nog aanwezig is, is niet uit te maken. De dikte van het volledige Icenien is van Noord-Nederland niet bekend.

Het spreekt vanzelf dat de diepteligging van de bedoelde dalbodem van groot belang is voor de relatieve ouderdomsbepaling van de onderste groep spectra van het diagram Spannenburg. Immers, ligt de dalbodem nog beneden 250 m, dan betekent het dat de diepste spectra jonger zijn dan het mariene Onder-Pleistoceen. Zou de dalbodem b.v. ongeveer op 200 m liggen, dan wil dat zeggen dat tussen de spectra van 211.9 en 197.5 m een geweldig hiaat aanwezig is. Hoewel de samenstelling van deze beide spectra niet veel verschilt, vertonen ze door het voorkomen van *Pterocarya* in de onderste groep, een opmerkelijk verschil. Dit zou bovendien betekenen dat ook hier, gelijk in het Zuiden van ons land, het Icenien transgressief is.

Helaas is onze kennis van de floristische ontwikkeling, juist van het Onder-Pleistoceen, nog veel te gering om thans zulke gevolgtrekkingen toe te laten.

Voorlopig kunnen we alleen zeggen dat in de ondergrond van Spannenburg een erosiegeul aanwezig is, waardoor het Icenien geheel of ten dele is verdwenen. Voor de tijd van ontstaan van dit dal denkt men, in analogie met wat wij in het vorige hoofdstuk voor het Midden-Pleistoceen zagen, in de eerste plaats aan een glaciële tijd met lage zeespiegel.

Het is mogelijk dat de diepe ligging van het Icenien onder Schokland eveneens met dit dal in verband staat. Wel ontbreekt het Icenien hier niet geheel, maar de bovenzijde ligt toch zeer veel dieper dan iets oostelijker in de kop van Overijssel. Het zou van groot belang zijn indien het mogelijk

werd op grond van de mariene fauna (mollusken, foraminiferen) tot een gedetailleerde indeling van het mariene Onder-Pleistoceen te komen. Daarmee zou een vergelijking mogelijk zijn tussen de ouderdom van het bovenste deel van de mariene zones van Schokland en uit N. W. Overijssel.

Leidt aldus het onderzoek naar de ligging van de diepste mariene inschakeling reeds tot de gevolgtrekking, dat het Pleistoceen in het onderzochte gebied niet is opgebouwd uit een aantal, over grote uitgestrektheid doorlopende zones, men wordt daarin nog gesterkt door een vergelijking van de onderpleistocene diagramgedeelten uit de diepste drie boringen (Bergumerheide, Spannenburg en Lemsterland).

Bestond het gehele onderzochte complex eenvoudig uit een aantal op elkaar gestapelde, doorlopende zones, dan zouden alle diagrammen op overeenkomstige diepte, d. w. z. rekening houdende met een geleidelijke daling in noordwestelijke richting, ten naaste bij hetzelfde pollenbeeld vertonen. In werkelijkheid blijkt het tegendeel het geval te zijn. In het diagram Bergumerheide volgt onder de groep spectra, waaraan wij een mindel-rissinterglaciale ouderdom hebben toegekend, een betrekkelijk dunne zone van spectra, die op een koel klimaat wijzen (65—79 m), terwijl de spectra daar beneden over een aanzienlijke diepte een uitgesproken mild karakter hebben. Deze warme zone strekt zich minstens tot 125 m, en mogelijk zelfs tot 157 m uit. Daarentegen zien wij zowel in het diagram van Spannenburg, als in dat van Lemsterland beneden de mindel-rissinterglaciale spectra, tot op grote diepte spectra met het karakter van een vrij koud klimaat. Wel is waar is in beide diagrammen het aantal spectra uit deze koude zone gering, maar er is geen enkele reden om aan te nemen dat juist tussen ieder paar laagjes, waaruit deze koude spectra afkomstig zijn, de sedimentatie onder gematigde klimaatomstandigheden plaats vond. Dan nog zouden de diagrammen van Spannenburg en Lemsterland een geheel ander beeld vertonen dan dat van Bergumerheide, tenzij men bovendien wil aannemen dat in Bergumerheide een aantal koude laagjes door het ontbreken van voor pollenanalyse geschikt materiaal juist aan het onderzoek ontsnapt zijn, een veronderstelling, die op zijn minst genomen, al buitengewoon onwaarschijnlijk is. Er rest geen andere gevolgtrekking dan deze: de sedimentatie onder Spannenburg en Lemsterland enerzijds en onder Bergumerheide anderzijds vond op overeenkomstige diepte onder totaal verschillende klimatologische omstandigheden plaats en dientengevolge ook in ongelijke tijden.

Wij hebben al gezien dat bovendien de diepste delen van Spannenburg en Lemsterland onderling verschillen. Terwijl in deze laatste de koude zone iets boven 150 m overgaat in een gematigde zone, waaronder spoedig het mariene Onder-Pleistoceen volgt, zet de koude zone zich onder Spannenburg nog minstens een vijftigtal meters dieper voort.

Vergelijkt men nu verder, behalve het beeld van de pollendiagrammen, ook de lithologische samenstelling van de profielen, dan blijkt dat het onderpleistocene deel van de profielen Bergumerheide en Lemsterland in hoofdzaak uit grove, grindhoudende zanden bestaat, terwijl het profiel Spannenburg nagenoeg geheel uit fijnkorrelige sedimenten is opgebouwd. Dit betekent dat aan de korrelgrootte van het sediment geen enkele betekenis toekomt met betrekking tot de vraag onder welke klimatologische omstandigheden het is gevormd en dat het bijgevolg volkomen ontoelaatbaar is grofkorrelige sedimenten met glaciële en fijnkorrelige sedimenten met interglaciële tijden te paralleliseren. Voor een hoofdzakelijk fluviatiel complex, gelijk het Pleistoceen van Nederland, met zeer ingewikkeldé sedimentatieverhoudingen,

behoeft deze gevolgtrekking niet te verwonderen. Niettemin heeft de opvatting, dat grove sedimenten van glaciële en fijne sedimenten van interglaciële ouderdom zijn, in de nederlandse literatuur algemeen ingang gevonden. De oorsprong van dit misverstand berust op de onjuiste generalisatie van de in ieder geval ten dele onjuiste ouderdomsbepaling van de z.g. hoogterrasafzettingen. In Midden-Nederland liggen deze grove sedimenten gewoonlijk direct onder het keileem en op de, blijkens flora en fauna kennelijk interglaciële klei van Nede, zodat het voor de hand lag de vorming ervan te plaatsen in de aanvangsfase van het Riss-glaciëel. Het is zeer goed mogelijk dat deze opvatting juist is, gezien de analogie met hetgeen wij weten van de klassieke terrassen-gebieden van Midden-Europa, waar inderdaad de belangrijkste sedimentatie samenvalt met de aanvangsfasen van de glaciële tijden. Strikt bewezen is het voor Nederland evenwel nog niet.

In Noord-Nederland zijn de grove z.g. hoogterrasafzettingen meestal niet in direct contact met het keileem. De grove zanden bevatten echter vrij veel stenen, die kennelijk oorspronkelijk van noordelijke herkomst zijn. Zowel Lorie als Van Cappelle namen daarom reeds in de vorige eeuw aan dat de sedimentatie gelijktijdig onder fluviatiele invloed uit het Zuiden en onder fluvioglaciële invloed uit het Noorden was tot stand gekomen. Zij kwamen dan ook beiden tot de conclusie dat de sedimentatie in ieder geval in een glaciële fase plaats had, al verschilden zij van mening over de vraag, welk glaciëel dit was. De uitkomsten van het palaeobotanische onderzoek geven aan die opvatting echter geen steun.

Ook onder de in het vorige hoofdstuk besproken middenpleistocene profielgedeelten kan men voorbeelden vinden van lagen die uit materiaal van geheel verschillende korrelgrootte zijn opgebouwd, maar niettemin tot dezelfde fase van het grote interglaciëel behoren. Ik behoef er slechts op te wijzen hoe het interglaciële klimaatoptimum in de profielen Bergumerheide en Gasselte in de grove grindhoudende zanden ligt, terwijl het in het profiel Bantega in de fijnkorrelige zone ligt. Van een eenvoudig verband tussen korrelgrootte en klimaat is ook hier geen sprake en het komt mij voor dat ons inzicht in de ontstaanswijze van het Pleistoceen zal winnen, indien wij van de toepassing van de bovengenoemde, door zijn eenvoud natuurlijk aantrekkelijke, maar verkeerd gebleken, regel afzien.

Wij moeten nog een ogenblik stilstaan bij een vergelijking met de uitkomsten van het sedimentpetrologische onderzoek (Edelman, 1933; Böhmers, 1937). Het is vooral de door Edelman ontdekte B-Scheemda-associatie, die de stratigraaf belang inboezemt. In de, in het algemeen uit een menging van de A-groep en de B-saussuriet-groep samengestelde profielen, ziet men in een bepaald niveau een zekere invloed van de B-Scheemda-groep, die gekarakteriseerd is door een hoog gehalte aan parametamorfe mineralen. Het feit dat de invloed van deze associatie van Oost naar West afneemt, deed Edelman (1933) de herkomst van dit materiaal in oostelijke richting zoeken. Op grond van een zekere analogie met de Enschede-provincie, die de sporen vertoont van Westduitse rivieren, ten dele met de vroeg-fluvioglaciële sedimenten van de Riss-ijstijd samenvalt en klaarblijkelijk is afgezet toen de westduitse rivieren door het landijs in westelijke richting gedrongen werden, heeft Edelman (1939) later de mogelijkheid geopperd dat de B-Scheemda-provincie een soortgelijke vorming uit een oudere ijstijd, wellicht de Mindel-ijstijd, voorstelt.

De omstandigheid, dat een boring, die een aantrekkelijk studieobject

voor de sedimentpetroloog oplevert, door de lithologie van zijn profiel dat juist niet is voor de palynoloog, is oorzaak dat geen sedimentpetrologisch bewerkte boringen pollenanalytisch konden worden onderzocht. Een rechtstreekse vergelijking tussen de uitkomsten van beide onderzoeken is daarom nog niet mogelijk, hoe gewenst een dergelijke correlatie ook zou zijn.

Dat de invloed van de B-Scheemda-associatie zich op vrij sterk wisselende diepte kan doen gelden, behoeft na wat al eerder over de bouw van het Pleistoceen werd gezegd, geen verwondering meer te wekken.

Onder Urk ligt de zone met de duidelijkste invloed van de B-Scheemda-groep tussen 66 en 99 m, onder Kippenburg tussen 66 en 92 m. De dichtstbij gelegen pollenanalytisch bewerkte diepe boringen, Lemsterland en Spannenburg, vertonen op overeenkomstige diepte inderdaad spectra met een koud karakter. Dat deze „koude” zone zich verder zuidelijk uitstrekt, wordt bevestigd door een enkel spectrum uit de boring Schokland S 3 (61.75—63.75 m, zie tabel V, p. 291) dat hetzelfde karakter bezit.

Bijzonder diep ligt de zone met invloed van de B-Scheemda-groep onder Noordlaren en onder Suameer. Onder Noordlaren zet de invloed van deze associatie zich duidelijk voort bijna tot de bovenzijde van het Mioceen.

Onder Suameer ligt de zone met de duidelijkste B-Scheemda-invoed tussen 163 en 175 m. Vergelijkt men deze boring met de 5 km noordelijker gelegen, pollenanalytisch bewerkte boring Bergumerheide, dan is het duidelijk dat aan de sedimenten van deze diepte onder Bergumerheide in geen geval een mindelglaciale ouderdom kan worden toegeschreven. De mineralogische tabel van Suameer (Böhmers, 1937, p. 62) leert evenwel dat er nog twee zones zijn met duidelijke B-Scheemda-invoed, n.l. tussen 122 en 142 m en tussen 70 en 80 m. De diepste komt ongeveer overeen met een groot hiaat in het pollendiagram van Bergumerheide tussen twee warme zones, de bovenste komt overeen met een groep koude spectra direct onder de mindel-rissinterglaciale reeks. Aannemende dat een correlatie tussen Suameer en Bergumerheide, door de geringe onderlinge afstand van deze beide punten, alleen op grond van de dieptecijfers toelaatbaar is, bestaat dus een merkwaardige overeenstemming tussen de uitkomsten van het sedimentpetrologische en het palynologische onderzoek. De vraag doet zich direct voor of de B-Scheemda-provincie inderdaad aan één bepaalde glaciale fase is gebonden, of dat de invloed van deze of een soortgelijke materiaaltoevoer zich meermalen heeft doen gelden. Verder onderzoek, en dan bij voorkeur door een mineralogische en palynologische analyse van dezelfde boringen, zal waarschijnlijk nog tal van nieuwe gezichtspunten openen.

Ondanks het zeer geringe aantal boringen van voldoende diepte kan men reeds vaststellen dat over grote afstand doorlopende zones in het onder-pleistoceen van noordelijk Nederland ontbreken en dat de korrelgrootte van de sedimenten geen maatstaf is voor klimatologische omstandigheden waaronder zij gevormd werden. De bouw van het onderzochte complex zullen we ons niet moeten voorstellen als een eenvoudige opeenstapeling van afwisselend grof- en fijnkorrelige afzettingen, maar eerder als een ingewikkeld samenstel van ten dele in, en ten dele over elkaar heen afgezette lagen, waarbij iedere afzonderlijke zone die chronologisch een eenheid vormt, dat in lithologisch opzicht dikwijls niet is. Het feit dat de dalen in de verschillende erosiefasen niet steeds op dezelfde plaats lagen, maakt het beeld vrij ingewikkeld. Het wordt nog ingewikkelder doordat tengevolge van de bodemdaling, waaraan het gebied onderworpen is, de dalen niet alleen volkomen werden opgevuld, maar zelfs overvuld werden, waarbij de sedimentatie zich

over de plateau's, aan weerszijden van de dalen heen, uitbreidde. Dat alles maakt dat de profielen van punt tot punt grote verschillen kunnen vertonen en het beeld gecompliceerd verschijnt.

Het is echter heel goed mogelijk dat het beeld op den duur betrekkelijk eenvoudig zal blijken te zijn, indien wij door het onderzoek van een groot aantal boringen de ligging leren kennen van de belangrijkste dalen uit de verschillende erosiefasen en, ook door het onderzoek van andere gebieden, een vollediger beeld krijgen van de floristische ontwikkeling en van de schommelingen in materiaaltoevoer.

HOOFDSTUK VII.

DE DIKKE KLEI-AFZETTINGEN EN HET RISS-INTERSTADIAAL.

Ondanks het feit dat de korrelgrootte van de pleistocene sedimenten in noordelijk Nederland een slecht chronologisch kenmerk is, blijft het natuurlijk een merkwaardig verschijnsel dat het keileem in het Noorden van ons land bijna steeds op een fijnkorrelig pakket, en in het midden van ons land bijna steeds direct op een grofkorrelige afzetting rust. Dit verschil is reeds lang bekend. Zodra men de grove zone in het Noorden, die bijna altijd wel op wisselende diepte onder de fijnkorrelige volgt, als de voortzetting van de grove zone uit Midden-Nederland beschouwt, rijst natuurlijk direct de vraag welke plaats aan dit fijnkorrelige pakket in de pleistocene chronologie toekomt. Hoewel dit pakket uit honderden boringen bekend is, zijn er nooit macroscopische fossielen in aangetroffen, met uitzondering van enige plantaardige overblijfselen, die door Van Cappelle (1891, 1910) zijn vermeld, maar waaraan merkwaardig genoeg verder nooit aandacht is geschonken. Het ontbreken van fossielen gold zelfs altijd als een kenmerk van deze afzettingen. Lorié (1907) voerde voor dit pakket de naam „neutrale ruimte” in, een naam, die door Tesch (1934) later als een „gelukkig gevonden term” is overgenomen. Weliswaar wordt men er niet veel wijzer door, maar de term heeft in ieder geval dit voordeel dat onze onwetendheid aangaande dit complex er niet achter schuil gaat. De dikte van het complex schommelt tussen ruime grenzen: bedraagt soms 0 m, maar meestal tien tot enige tientallen meters en bereikt op enkele plaatsen een dikte van meer dan 100 m. Wij hebben al gezien hoe juist deze dikke afzettingen Lorié's overtuiging, dat de grove afzettingen (zijn „bovenste grof”, de latere „hoogterrasafzettingen”) en het keileem oscillaties van één ijstijd vertegenwoordigen, wel eens deed wankelen. De kleilagen van deze „neutrale ruimte” zijn bekend onder de naam „potklei”, een naam, die reeds door Staring (1856—1860, II, p. 61) wordt gebruikt en ook op de geologische kaart heden ten dage nog voorkomt. Staring zegt er o. a. van: „De leembank is te Winschoten en, daar in de nabijheid, bij Kloosterholt, goed bekend, omdat men die voor uitgebreide tighelwerken, sedert langen tijd opgegraven heeft” (Staring, 1856—1860, II, p. 60). De herkomst van de naam is dus duidelijk. Intussen is het de vraag of men er altijd hetzelfde onder verstaat. Lorié gebruikt de term n.l. ook voor kleilagen, zoals in de Sneeker boring, die onder de grove zone liggen, terwijl de term op de geologische kaart beperkt is tot kleilagen tussen de grove zone en het keileem. Ik geloof niet dat de term ooit geologisch behoorlijk gedefinieerd is.

Het fijnkorrelige complex tussen de z.g. „hoogterrasafzettingen” en het keileem, de „neutrale ruimte” van Lorié dus, waarvan de potklei een onderdeel vormt, wordt op de geologische kaart samengevat onder het symbool II 3', waaronder dan worden verstaan vroeg-fluvioglaciale afzettingen

uit de Riss-ijstijd en eventuele afzettingen uit het Riss-interstadiaal. Gezien de opvatting, die aan de geologische kaart ten grondslag ligt met betrekking tot de ouderdom van de z.g. „hoogterrasafzettingen” is dit een correcte omschrijving, maar de zaak verandert natuurlijk nu blijkt dat de grove zone op verschillende plaatsen niet een afzetting uit de aanvangsfase van het Riss-glaciaal vertegenwoordigt. In ieder geval heeft de geologische kaart alle afzettingen in de „neutrale ruimte” als een eenheid beschouwd.

Het eerste nu wat het pollenanalytische onderzoek van dit complex heeft geleerd, is dat het geen eenheid is, noch naar de tijd van ontstaan, noch naar de herkomst van het materiaal. Men behoeft daarvoor slechts een vergelijking te maken tussen het pollenbeeld van de kleilagen onder Bantega of Spannenburg (18.50—41.40 m), van de kleilaagjes onder Bergumerheide en van de zeer dikke kleilagen onder Assen of Winschoten. Dit zijn alle drie typische „potklei”-lagen in de zin van de geologische kaart. Eventueel kan men er de diepste kleilaag van Sneek aan toevoegen, die door Lorié (1887a) eveneens met de naam potklei is bestempeld.

De kleilagen onder Bantega en Spannenburg behoren grotendeels nog tot de loofbosfase van het Mindel-Rissinterglaciaal; de kleilaagjes onder Bergumerheide liggen tussen de afzettingen van het grote interglaciaal (met de mariene inschakeling) en een humeuze zone (7.00 m), die waarschijnlijk het Riss-interstadiaal vertegenwoordigt, terwijl de dikke kleilagen onder Assen en Winschoten met hun vrijwel gelijkblijvende spectra en hun constante vermenging met verplaatst stuifmeel, nog een derde type vertegenwoordigen, wat ook hun ouderdom zij. Tenslotte ligt de diepste kleilaag van Sneek beneden de afzettingen uit het Mindel-Rissinterglaciaal, zodat wij hier nog een vierde type van potklei zien.

Het blijkt dus dat onder de naam „potklei” een aantal zeer verschillende afzettingen is samengevat, die niets anders gemeen hebben dan dat zij uit klei bestaan. De term „potklei” is als geologisch begrip dan ook zonder enige betekenis en kan beter worden afgeschaft.

Laat men nu de kleilagen van Bantega en Spannenburg, waarvan de stratigrafische plaats volkomen duidelijk is, verder buiten beschouwing, dan blijven in de eerste plaats de zeer dikke kleilagen van Assen en Winschoten over. Het is mogelijk dat de kleilaagjes van Bergumerheide nog in enig verband staan met de afzettingen van Assen en Winschoten; zij zijn immers evenmin volkomen vrij van verplaatst stuifmeel. Hetzelfde geldt voor de kleilaagjes van Drouwen, die wel één geheel vormen met de fijne zanden boven de mindel-rissinterglaciale grove afzetting van Gasselte, en mogelijk geldt hetzelfde ook voor de diepste kleilaag van Sneek, die pollenanalytisch in ieder opzicht, zowel door de samenstelling van het pollenbeeld als door de aanwezigheid van verplaatst stuifmeel, merkwaardig overeenstemt met de kleien van Assen en Winschoten.

Na hetgeen wij al eerder gezien hebben omtrent de verschillen in korrelgrootte binnen zones van gelijke ouderdom, moet men zich afvragen of ook deze dikke kleilagen niet een korrelgrootte-variëatie voorstellen van de sedimenten, die om de kleivoorkomens heen op gelijke diepte liggen. Om die vraag te beantwoorden werden de boringen Gasselte en Drouwen onderzocht, die in de randzone van het gebied met de dikke kleilaag onder Assen en omgeving liggen. Gasselte bezit een aantal spectra, die duidelijk laten zien dat hier het grote interglaciaal vertegenwoordigd is (29.50—44.76 m). Deze spectra vertonen geen spoor van verplaatst tertiair pollen, dat zo karakteristiek is voor de spectra van de kleimonsters. De kleilagen kunnen

dan ook niet beschouwd worden als de voortzetting van grovere lagen in hun omgeving.

De volgende vragen doen zich nu voor:

1. hoe en wanneer zijn de depressies ontstaan waarin deze kleilagen liggen?
2. hoe en wanneer zijn ze opgevuld?

Omtrent het wanneer zou het pollenanalytische onderzoek ons moeten inlichten. Daarom is het bijzonder ongelukkig dat juist deze toch al enigszins raadselachtige afzettingen steeds met verplaatst pollen verontreinigd zijn, zodat men in het onzekere blijft welke graad van betrouwbaarheid aan de verkregen diagrammen toekomt. Ik wil daarom eerst nagaan of een nadere geologische beschouwing van de ligging der kleilagen ons iets verder brengt.

Nu zijn dergelijke zeer dikke kleilagen, behalve van Assen en Winschoten, nog uit de ondergrond van een aantal andere plaatsen bekend, n.l. Dronrijp en de omgeving van Oudega (gem. Smalingerland). Deze friese voorkomens komen duidelijk uit op de profielen door Steenhuis (1919) gegeven. Hoewel de uitgebreidheid van verschillende voorkomens nadien door talrijke nieuwe boringen beter bekend is geworden, geloof ik niet dat nieuwe voorkomens zijn ontdekt, die niet rechtstreeks met de reeds bekende in verbinding staan.

Van deze voorkomens is dat van Dronrijp in één opzicht zeer belangwekkend. Dronrijp ligt n.l. binnen het gebied van de middenpleistocene transgressie, die in de omgeving van Dronrijp door verscheidene boringen is aangetoond op een diepte tussen 43 en 64 m. De 150 m diepe boring Dronrijp (Rapport Sneek, 1906) vertoont van dit niveau echter geen spoor. Onder een laag keileem (18—44 m) volgt tot 130 m klei, daaronder tot 151 m (einddiepte) fijn zand. Helaas waren van deze belangrijke boring geen monsters bewaard, zodat over de polleninhoud van de kleilaag niets valt te zeggen. Ik neem aan dat deze klei, evenals die van Oudega, overeenkomt met die van Assen en Winschoten. De klei in het gebied van Dronrijp ligt dus in een erosiegeul, die jonger is dan het middenpleistocene mariene niveau, dat in de tweede helft van het Mindel-Rissinterglaciaal geplaatst moet worden. Anderzijds zien we dat het keileem boven de klei nog slechts een zeer zwakke depressie vertoont, die men gemakkelijk op rekening kan brengen van een iets grotere klink in het kleigebied dan in de hoofdzakelijk uit zand bestaande ondergrond er omheen. Het is mogelijk dat ook de grote dikte van het keileem daarmee samenhangt.

Het blijkt dus dat de vorming van de erosiegeul en de opvulling ervan met klei moet hebben plaats gehad tussen de middenpleistocene (mindel-rissinterglaciale) transgressie en de komst van het landijs in dit gebied.

Hebben wij dus in de ondergrond van Dronrijp een erosiegeul, die nog voor de komst van het landijs werd opgevuld, wij kennen uit ons land nog een tweede dalsysteem, dat eveneens na het grote interglaciaal ontstond, maar dat niet meer voor de komst van het landijs werd opgevuld en waarin de genoemde dikke kleilagen door erosie ten dele zijn verdwenen. Tot dit systeem behoren het Oer-Emsdal in het oostelijke deel van de provincie Groningen en het Oer-Vechtdal. In deze dalen schoof het landijs over de dalbodem heen, zodat het keileem in een depressie werd afgezet. De dalen werden zodoende met keileem bekleed, maar niet opgevuld. Na het terugtrekken van het landijs kwamen zij dus opnieuw als dalen te voorschijn. Zij deden direct dienst als afvoergeulen voor het smeltwater, waardoor het keileem op vele plaatsen aan krachtige erosie bloot stond. Niettemin kan

men in tal van boringen in deze dalen het glaciële niveau nog duidelijk herkennen.

Zulke dalen hebben niet alleen betekenis voor de glaciële morfologie, maar zij zijn ook voor de chronologie van ons Pleistoceen van belang. Immers het feit dat het dal onder Dronrijp wel, dat van de Oer-Vecht niet is opgevuld voor de komst van het landijs, bewijst dat er twee fasen van dalvorming kunnen worden onderscheiden tussen de mindel-rissinterglaciële transgressie en de ijsbedekking van ons land. Dit wijst op twee gescheiden fasen met een lage zeespiegel en dus op twee koude fasen gedurende het Riss-glaciiaal. Een dergelijke verdubbeling van het Riss-glaciiaal is van tal van andere plaatsen uit West-Europa bekend. Ik herinner aan de lössen van het Sommegebied (Breuil en Koslowski, 1931/32), aan de dubbele trede in de dalvorming in de Boyn-Hillterrasafzettingen van de Thames (King en Oakley, 1936) en aan de profielen van de Ebbsfleetvalley (Burchell, 1935). Zeuner (1945) heeft tal van andere voorbeelden bijeengebracht. Zij zijn echter alle afkomstig of uit het periglaciële gebied, of uit het engelse vergletscheringsgebied, terwijl de aanduidingen binnen het scandinafse vergletscheringsgebied schaars zijn. Voor ons land maakt het nog eens duidelijk dat de ijsbedekking in de fase Riss II valt. Deze mening was reeds algemeen aanvaard, zij het op vrij zwakke gronden. Immers de onderscheiding tussen Riss I en Riss II berustte in ons land op de ouderdomsbepaling van de hoogterrasafzettingen. Nu gebleken is dat deze afzettingen in noordelijk Nederland ouder zijn, zou dientengevolge ook de ijsbedekking een hogere ouderdom toe kunnen komen. Daar is evenwel geen reden voor.

In ruimer verband is dit punt in zoverre van belang, dat wij in het scandinafse vergletscheringsgebied nog niets positiefs weten met betrekking tot de uitbreiding van het ijs in de fase Riss I, zodat men erop verdacht moet zijn dat een deel van de morenes, die wij tot nu toe als behorende tot de fase Riss II beschouwen, in werkelijkheid in de fase Riss I thuis horen. Niet alleen is volgens de curve van Milankowitsch het stralingsminimum van Riss I dieper dan dat van Riss II (respectievelijk de minima van 230.000 en 187.000 jaar), maar bovendien liggen in sommige delen van het alpiene vergletscheringsgebied de eindmorenes van Riss II binnen die van Riss I. Sommige deense geologen hebben dan ook de mening verdedigd dat de Riss-ijstijd van Noord-Europa (de Saale-ijstijd van de duitse geologen) met het stralingsminimum van voor 230.000 jaar overeenkomt, en de Warthe-ijstijd het minimum van voor 187.000 jaar vertegenwoordigt.

Laat ons thans terugkeren tot de dikke kleiafzettingen van Noord-Nederland en zien in hoeverre de bekende voorkomens de onderlinge samenhang vertonen, die men geneigd is te verwachten indien de sedimentatie inderdaad in erosiegeulen heeft plaats gehad. Het is vooral de oude, diepe boring van Dronrijp, waar het middenpleistocene mariene niveau is verdwenen, die duidelijk maakt dat de sedimentatie van de klei niet in afgesloten bekkens kan hebben plaats gehad.

Uit de profielen van Steenhuis (1919) kan men reeds afleiden dat de voorkomens van Dronrijp en Oudega tot een doorlopende reeks behoren (combinatie van de profielen III, IX en IV). Hetzelfde lijkt ook het geval te zijn met een aantal boringen uit het noordoostelijke deel van de provincie Groningen (Van Calker, 1908). Om de vraag met meer nauwkeurigheid te kunnen beantwoorden, werden op een kaartje (figuur 3) alle bekende voorkomens van dikke kleilagen verenigd, samen met een aantal representatieve boringen, waarin op geringere diepte reeds grove sedimenten werden aan-

getroffen. Ik moet daar direct aan toevoegen dat het maken van gevolgtrekkingen op deze louter lithologische grondslag, na de weinig bemoedigende conclusies met betrekking tot het verband tussen korrelgrootte en ouderdom, waartoe wij eerder kwamen, volkomen ontoelaatbaar zou zijn, indien het pollenanalytische onderzoek niet had uitgewezen dat deze dikke kleipakketten tot op zekere hoogte een eenheid voorstellen. Ik ben dan ook geneigd de uitkomsten van de beide onderzochte punten Assen en Winschoten, die onderling zo'n grote overeenstemming vertonen in vergelijking met alle overige diagrammen, te generaliseren. Helaas was het niet mogelijk de verkregen gegevens aan andere punten te toetsen, daar bijna alle boringen in de dikke kleilagen tot de oudere boringen behoren, waarvan geen materiaal is bewaard.

Vergelijkt men nu, met het gemaakte voorbehoud in gedachten, het kaartje (figuur 3), dan blijkt dat men niet alleen het voorkomen van Dronrijp waarschijnlijk met dat van Oudega in verbinding kan brengen, maar bovendien kan men deze reeks via Drachtstercompagnie, Marum en Veenhuizen misschien met Assen in verbinding brengen. Dat het aantal tussengelegen punten met dikke kleilagen niet groter is, kán een gevolg zijn van solifluctie, waardoor een deel van het grove materiaal van de dalwanden in de geulen terecht kwam en het beeld van de dikke kleiafzettingen vertroebeld is. Indien de genoemde punten inderdaad delen voorstellen van één doorlopende, met klei opgevulde geul, dan is het merkwaardig dat niets blijkt van de voortzetting in westelijke richting. Wel zijn er aanwijzingen, dat de geul zich in oostelijke richting voortzet, waardoor een verbinding tot stand komt van de kleivoorkomens van Assen met die van Winschoten en omgeving. Intussen blijkt uit de kaart dat er ook reden is een voortzetting van het kleivoorkomen van Winschoten in noordwestelijke richting te zoeken, zodat het mogelijk is dat zich in de omgeving van Winschoten een splitsing in het geulensysteem bevindt.

De hier gegeven oplossing om de verschillende voorkomens van ongewoon dikke kleilagen met elkaar in verbinding te brengen, is niet meer dan een eerste poging om de vorming van deze merkwaardige afzettingen beter te begrijpen. Meer onderzoek, zowel palynologisch als sediment-petrologisch, is nodig om tot een definitieve oplossing te komen. Wellicht kan ook de hydrologie daar toe bijdragen. Immers, indien de dikke kleiafzettingen werkelijk de opvulling voorstellen van diepe geulen, dan fungeren zij in de ondergrond als waterdichte schotten, die invloed moeten hebben op de horizontale waterbeweging in het gehele gebied.

De diepe kleilaag van Sneek, die in alle nu bekende eigenschappen volkomen overeenstemt met de rissglaciale kleien van Assen en Winschoten, kwam reeds eerder ter sprake. Deze kleilaag wordt echter bedekt door het mariene Mindel-Rissinterglaciaal en is dus kennelijk ouder dan de klei van Dronrijp, die in een erosiegeul, ingesneden in dit zelfde mariene niveau ligt. Soortgelijke kleien werden dus, behalve gedurende het Riss-glaciaal, ook reeds in een vroegere tijd afgezet. Een aanwijzing in die richting vormt ook het voorkomen van enkele verontreinigde spectra met Pinus-overheersing onderin de boring Drouwen, dus op een niveau dat weer duidelijk ligt beneden de interglaciale afzettingen van Gasselte, en de aanwezigheid van een veenlaagje met Tsuga-pollen, onderin de boring Zuidbroek, dat op günz-interstadiale ouderdom wijst.

Uit Noordwest-Duitsland zijn reeds lang „schwarze diluviale Tone” onder de naam „Lauenburger Ton” bekend in een gebied dat zich van

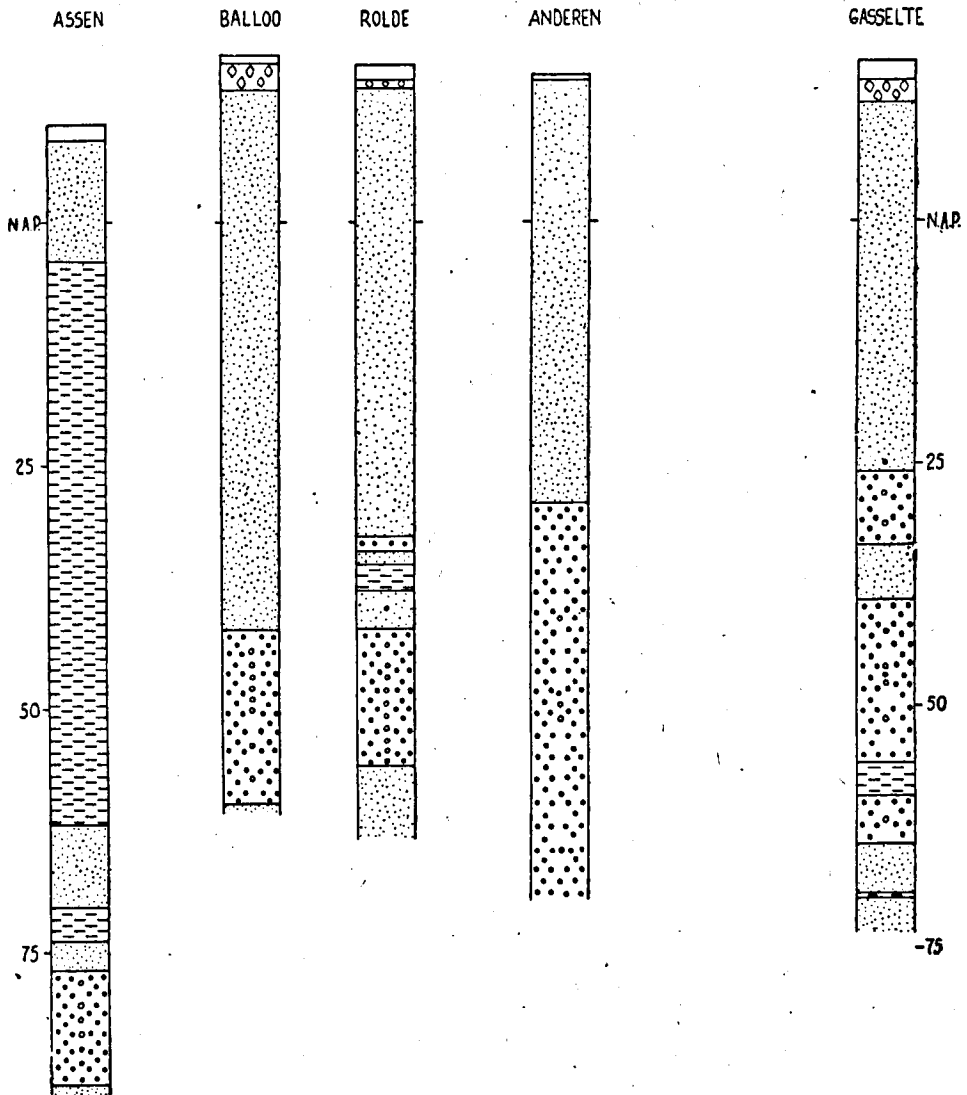
Hamburg tot de nederlandse grens uitstrekt. Schucht (1912) wijdde er een uitvoerige studie aan. Men heeft in de nederlandse literatuur gewoonlijk de „potklei” als het equivalent van de „Lauenburger Ton” beschouwd. Ook Schucht deed dat, naar ik meen, echter grotendeels ten onrechte. De „Lauenburger Ton” ligt n.l. overal onder de afzettingen van de Holstein-See en wordt door de duitse geologen dan ook opgevat als een fluvio-glaciale afzetting tijdens het afsmelten van het Elster-ijs ontstaan (Dewers, 1941). In Nederland is de klei, zoals wij gezien hebben, in het algemeen jonger dan het grote interglaciaal. Slechts de diepe kleilaag onder Sneek en enige kleilaagjes in het diepste deel van de boring Drouwen zou men door hun ligging direct als de voortzetting van de „Lauenburger Ton” kunnen beschouwen. De klei is in Duitsland, voor zover ik weet, nooit pollenanalytisch onderzocht; wel is het bekend dat er verplaatste tertiaire mariene mollusken in voorkomen.

In het gebied tussen Elbe en Zuiderzee had blijkbaar in de loop van het Pleistoceen twee maal sedimentatie plaats van kleien, die gekarakteriseerd zijn door het optreden van verplaatste tertiaire fossielen. Beide keren stond de sedimentatie in verband met een glaciatie. Gedurende de eerste sedimentatiefase (einde van de Mindel-ijstijd) lag het zwaartepunt van de sedimentatie in Noordwest-Duitsland, hoewel tot ver in het Westen (Sneek) de invloed nog merkbaar is. Het voorkomen van de klei onder het Mindel-Rissinterglaciaal van Sneek doet zelfs de vraag rijzen of niet ook op andere plaatsen, waar zulk een duidelijk scheidend interglaciaal niveau ontbreekt, de klei in twee tijden is afgezet. Dit geldt in de eerste plaats voor Dronrijp, waar de ondergrens van de klei waarschijnlijk ongeveer op dezelfde diepte ligt als bij Sneek. Dat onder Dronrijp, evenals in de meeste andere kleivoorkomens, afzettingen uit het tussenliggende interglaciaal ontbreken, behoeft niet tegen sedimentatie in twee verschillende glaciale te pleiten. De sterke klink van de bodem boven de kleivoorkomens zal aan de rivieren een zeker conservatief karakter hebben gegeven, zodat in een volgende erosietijd de dalvorming weer in dezelfde strook plaats had en de interglaciale afzettingen daar het eerst aan de erosie ten offer vielen. Het zal waarschijnlijk niet gemakkelijk zijn de sedimentatie in twee tijden voor de dikke kleilagen direct te bewijzen. Uit pollenanalytisch oogpunt vormen zij door hun glaciale karakter en hun gehalte aan verplaatst pollen een ondankbaar object. Ik ben overtuigd dat het onderzoek van de randzones van de kleivoorkomens veel vruchtbaarder zal zijn. Gasselte en Drouwen zijn reeds zulke punten. Gasselte, met zijn duidelijke grove interglaciale zone, ligt juist buiten het gebied van de kleis sedimentatie. Meer naar het centrale deel van het kleivoorkomen van Assen ziet men de grove zone geleidelijk uitwiggen, terwijl onder Assen een kleipakket van grote dikte aanwezig is (figuur 4). Ik zie voor een dergelijke ontwikkeling geen andere verklaring dan door een tweemaalige sedimentatie van de klei aan te nemen, gescheiden door een interglaciaal en een vroeg-glaciale erosiefase, waarin de interglaciale afzettingen weer grotendeels verdwenen.

Kleien uit de tweede sedimentatiefase schijnen in Noordwest-Duitsland van geringe betekenis te zijn en wij zien dus dat het zwaartepunt van de kleis sedimentatie zich in de Riss-ijstijd naar het Westen heeft verplaatst, vergeleken met de Mindel-ijstijd. Dit verschijnsel zal een gevolg zijn van het feit dat ook de landijsbedekking zich in het Riss-glaciaal verder naar het Westen uitstreckte dan in het Mindel-glaciaal.

Samenvattend kan men zeggen dat in de loop van het Onder- en Midden-

Pleistoceen minstens twee keer zeer dikke kleilagen zijn afgezet. De klei werd gesedimenteerd in geulen, die verklaard kunnen worden door fluviaatiele erosie tijdens een lage, glaciële zeespiegel. De sedimentatie stond onder



Figuur 4.

Vijf boorprofielen, die het uitwijken van de gróve zone in de richting van het kleivoorkomen van Assen demonstreren.

invloed van fluvio-glaciële stromen, die grote hoeveelheden klei meevoerden afkomstig van tertiaire afzettingen in Noordwest-Duitsland.

Wij hebben reeds gezien dat de sedimentatie van de klei, die jonger is

dan het grote interglaciaal, ligt tussen de fasen van dalvorming, die met de stadia Riss I en Riss II samenhangen. In hoeverre de sedimentatie tot de aanvangsfase van het Riss II behoort, of ook een groter of kleiner deel van Riss-interstadiaal omvat, is door de vertroebeling van het pollenbeeld met verplaatst materiaal, nog niet duidelijk. Het beeld, dat de pollen-diagrammen thans vertonen, verzet zich niet tegen een interstadiale ouderdom, maar ik moet er direct aan herinneren dat wij niet zeker weten of de invloed van het verplaatste pollen zich in het niet-specifieke tertiaire pollen doet gelden door een verhoging van de percentages van het thermofiele-boompollen of van het Pinus-pollen.

In ieder geval schijnen interstadiale afzettingen buiten de gebieden van het grote kleicomplex slechts van geringe betekenis te zijn. Het humeuze klei- en veencomplex in het Zuiden van Friesland, dat door Steenhuis (1939) als een typisch Riss-interstadiaal werd beschouwd, behoort nog tot het grote interglaciaal. Een riss-interstadiale ouderdom komt wel toe aan de humeuze laagjes dicht onder het keileem in de boringen Bergumerheide en Spannenburg.

Dat de sedimentatie in het Riss-interstadiaal buiten de klei-opvulling van het geulensysteem zo beperkt is, schrijf ik toe aan de korte duur van het Riss-interstadiaal. Het gewone beeld van de sedimentatie in dit gebied blijkt te zijn: opvulling van de dalen uit de voorafgaande erosiefasen, en nadat die opvulling is voltooid, uitbreiding van de sedimentatie over het aldus weer geëgaliseerde gebied. In het Riss-interstadiaal was voor zo'n volledige ontwikkeling geen tijd. Nadat de dalen waren opgevuld, kwam het hele gebied met de nadering van het landijs onder een volkomen nieuw regiem van sedimentatie en erosie. De rivieren, eventueel geholpen door smeltwater, werkten sterk eroderend, terwijl de sedimentatie indirect, en weldra ook direct, plaats had onder invloed van het landijs.

HOOFDSTUK VIII.

HISTORISCH-GEOLOGISCHE SAMENVATTING.

De tertiaire ondergrond van het onderzochte gebied is slechts in het oostelijke deel bekend. De weinige gegevens wijzen er op dat de verbreiding van het Plioceen binnen die van het Mioceen blijft, zodat de boventertiaire zee blijkbaar regressief was. In hoeverre de regressie zich ononderbroken gedurende het Onder-Pleistoceen heeft voortgezet, is niet bekend, daar het mariene Onder-Pleistoceen niet doorboord is. Het is dus mogelijk dat de afzettingen van het mariene Onder-Pleistoceen in hun randgebied nog door fluviatiel of terrestrisch Pleistoceen van het mariene Plioceen gescheiden zijn. In het Zuiden van ons land en in België is het mariene Onder-Pleistoceen transgressief, maar helaas bestaat over dit gewichtige punt in het Noorden nog geen zekerheid.

In het oostelijke deel van het onderzochte gebied is het Pleistoceen geheel in fluviatiele en terrestrische facies ontwikkeld. Blijkens de uitkomsten van het pollenonderzoek is waarschijnlijk de zone van Tegelen aangetroffen (Zuidbroek). Aangezien deze fase slechts door enige afzonderlijke spectra is vertegenwoordigd, is omtrent de volledige bosgeschiedenis ervan in Noord-Nederland nog vrijwel niets te zeggen. Dat bemoeilijkt ook een vergelijking met enige groepen spectra in het westelijke deel, die mogelijk dezelfde fase vertegenwoordigen. Zulke spectra, die door geringe percentages *Tsuga*- en *Pterocarya*-pollen afwijken van de spectra uit alle jongere afzettingen, komen voor onderin de boringen Lemsterland en Spannenburg. In Lemsterland stammen deze spectra uit kleilensjes onmiddellijk boven het mariene Onder-Pleistoceen, in Spannenburg uit de opvulling van een dal waarin het mariene Onder-Pleistoceen grotendeels, en wellicht geheel, is verdwenen. Plaatst men deze spectra in het Günz-interstadiaal — met enig voorbehoud, daar wij niet zeker weten of *Tsuga* en *Pterocarya* nog tijdens het Günz-Mindelinterglaciaal in dit deel van Europa groeiden — dan betekent dit dat de mariene afzettingen onder Lemsterland eveneens in dit interstadiaal zijn ontstaan of iets ouder zijn. Indien geen of slechts een gering stratigrafisch hiaat aanwezig is tussen de kleilensjes, waaruit de bewuste spectra stammen, en de mariene afzettingen, dan zouden de mariene sedimenten in het geheel niet onder zulk een koud klimaat zijn gevormd als Tesch (1934, 1937) tot nu toe op grond van de molluskenfauna heeft verondersteld.

De afzetting van het mariene Onder-Pleistoceen moet niet lang daarna gevolgd zijn door een belangrijke erosiefase, waarin de mariene afzettingen onder Spannenburg grotendeels of geheel werden weggenomen. In een aantal boringen in het zuidelijke deel van Friesland en het noordwestelijke deel van Overijssel ligt de bovenzijde van het mariene niveau op ongeveer 150 m diepte. In de 250 m diepe boring Spannenburg zijn geen mariene afzettingen aangetroffen. Of zij op grotere diepte nog voorkomen is niet bekend.

Aangezien niet vastgesteld kan worden op welke diepte de dalbodem ligt, is niet uit te maken hoe de relatieve ouderdom van het (verdwenen) mariene niveau ten opzichte van de spectra uit het onderste deel van de boring is. Het blijft dus zowel mogelijk dat alle aangetroffen lagen jonger zijn dan het mariene niveau, of ook dat een deel van de onderste lagen ouder is. In dat geval zou dus het mariene Onder-Pleistoceen transgressief zijn geweest. Op den duur zal het wellicht mogelijk zijn dergelijke vragen met behulp van pollenanalytisch onderzoek op te lossen. Zolang onze kennis van de floristische ontwikkeling van het Onder-Pleistoceen nog zo gering is, moeten wij beginnen uit te gaan van op andere wijze geologisch dateerbare profielen.

Merkwaardig is dat spectra, die op een koud klimaat wijzen en de stadia van het Günz-glaciaal zouden kunnen vertegenwoordigen, niet duidelijk aanwijsbaar zijn. Het is natuurlijk mogelijk dat deze stadia in de eerste plaats erosiefasen waren, zodat afzettingen eruit beperkt zijn.

In de diepe boring Lemsterland zijn geen aanwijzingen, dat het Günz-Mindelinterglaciaal vertegenwoordigd is. Afzettingen uit deze tijd zijn echter duidelijk ontwikkeld onder Bergumerheide en daar door een reeks spectra van uitgesproken mild karakter vertegenwoordigd. Tot deze tijd behoren de spectra met de hoogste percentages van *Carpinus* en het *Quercetum mixtum*, die bij het gehele onderzoek aangetroffen zijn. Ook het enige spectrum, waarin de naaldbomen geheel verdwijnen, valt in deze tijd.

Van tal van plaatsen, zowel in als buiten Europa, is een hoge zeespiegel, ongeveer 60 m boven het huidige zeeniveau, bekend uit het oudste interglaciaal. Het is merkwaardig dat van deze transgressie nooit sporen in de ondergrond van Nederland zijn aangetroffen en misschien moeten wij nog altijd rekening houden met de mogelijkheid dat het enige Onder-Pleistocene mariene niveau dat wij in Nederland kennen (het z.g. Icenien) althans ten dele van günz-mindelinterglaciale ouderdom zal blijken te zijn.

Veel duidelijker dan tijdens het Günz-glaciaal komt de koude invloed tijdens het Mindel-glaciaal tot uitdrukking. Het Mindel-glaciaal, met zijn lage zeespiegel, was wel in de eerste plaats weer een tijd van fluviatiele erosie. Een erosiegeul uit die tijd kennen we thans met zekerheid uit de ondergrond van Sneek en het is waarschijnlijk dat ook op andere plaatsen (Dronrijp, Assen) de sporen van zulke geulen nog aanwezig zijn. In hoeverre dit geulensysteem onder invloed van fluvioglaciale stromen is ontstaan, is niet uit te maken, zolang wij het verloop van de erosiegeulen niet kennen. Wel lijkt het zeer waarschijnlijk dat de geulen door fluvioglaciale sedimenten zijn opgevuld. De opvulling van de geul onder Sneek vertoont door zijn gehalte aan verplaatste tertiaire fossielen overeenkomst met de fluvioglaciale afzettingen van het afsmeltende Mindel-lands, die in Noordwest-Duitsland onder de naam „Lauenburger Ton” bekend zijn. Het ijsfront lag tijdens het Mindel-glaciaal hoogstens 60 km ten Oosten van Drente en Groningen.

Afzettingen uit het Mindel-glaciaal zijn ook uit de ondergrond van Bergumerheide bekend. Het diagram vertoont zelfs aanduidingen van de beide koude stadia en van het scheidende interstadiaal met een veel gematigder klimaat. Helaas is het niet mogelijk geweest de ouderdom van het mindelglaciale geulensysteem en de opvulling ervan te vergelijken met de mindelglaciale afzettingen onder Bergumerheide.

Wanneer met het afsmelten van de mindelglaciale ijskap de zeespiegel begint te rijzen, worden de rivieren opnieuw tot sedimentatie in hun benedenloop gedwongen. In tegenstelling tot de heersende opvattingen zijn sedi-

	Lorié (1907)	Van Cappelle (1910)	Tesch (1934, 1947)	Steenhuis (1939)	Brouwer	
Midden-Pleistoceen	Riss-glaciaal II } interstad. } I }	keileem	keileem	keileem	keileem	
			fijne zone („neutrale ruimte“)	fijne zone („neutrale ruimte“, incl. potkleilagen)	fijne zone (niveau van klei- en veenlagen, incl. potklei)	vegetatie-niveau (Bergumerheide, Spannenburg)
			grove zone („bovenste grof“)	grove zone („hoogterras“)	grove zone („hoogterras“)	kleilagen (Dronrijp, ? bovenste deel); dalvorming (Dronrijp, enz.)
Mindel-Riss-interglaciaal		fijne zone	ontbreekt	ontbreekt	belangrijke sedimentatietijd (: Bergumerheide, Sneek, Spannenburg, Bantega, Lemsterland, Gasselte); in het westen: bovenste deel in mariene facies	
Onder-Pleistoceen	Mindel-glaciaal II } interstad. } I }	grove zone	zone, overwegend uit zand opgebouwd	grove zone	Bergumerheide 71-87 m (met twee koude fasen); dalvorming en diepste kleilaag van Sneek	
			voortzetting van de zone van Tegelen	voortzetting van de zone van Tegelen	voortzetting van de zone van Tegelen	Bergumerheide 88-125 m
			mariene Icenien	mariene Icenien (fluv. facies ontbreekt)	mariene Icenien (fluv. facies ontbreekt)	dalvorming (Spannenburg) ? Tsuga-Pterocarya-fase (Spannenburg, Lemsterland, Zuidbroek, Bergumerheide; ? mariene Onder-Pleistoceen)

Vergelijkend overzicht van de stratigrafische interpretatie van het Onder- en Midden-Pleistoceen van Noord-Nederland door verschillende auteurs.

menten, die in ouderdom ongeveer overeenkomen met de klei van Nede, in Noord-Nederland zeer verbreid. De pollendiagrammen hebben duidelijk gemaakt dat een groot deel van de afzettingen, die men tot nu toe in het Riss-glaciaal en in het Riss-interstadiaal plaatste, in werkelijkheid het grote interglaciaal vertegenwoordigen. Tot nu toe werd in ons land het grote interglaciaal in de eerste plaats als een tijd van erosie beschouwd. Die opvatting kan voor het Zuiden van Nederland juist zijn. Wanneer wij over meer palaeontologische aanknopingspunten beschikken in de pleistocene profielen van Zuid- en Midden-Nederland, zal moeten blijken waar de overgang ligt van de middenloop van de rivieren met hun klimatologische terrassen naar de benedenloop, waar de sedimentatie hoofdzakelijk plaats vond onder invloed van de bewegingen van het zeeniveau.

Over het geheel genomen kan men waarnemen dat de korrelgrootte van de afzettingen van beneden naar boven afneemt. Dat heeft tot gevolg dat het eerste deel van het interglaciaal in pollenanalytisch opzicht nog onvoldoende bekend is. De bosgeschiedenis van het tweede deel is echter uit een aantal boringen vrij nauwkeurig bekend geworden. Het blijkt dat tijdens de loofbostijd van het warmste deel van het interglaciaal, naast *Alnus*, de bestanddelen van het *Quercetum mixtum* al vroeg van betekenis worden. *Carpinus* verschijnt pas later, maar is, voorzover wij op het ogenblik kunnen beoordelen, tijdens het grote interglaciaal in Noord-Nederland nooit van veel betekenis geweest. Ongeveer gelijktijdig met het verschijnen van *Carpinus* worden ook de typische interglaciale coniferen, *Abies* en *Picea*, in het pollenbeeld van belang. *Picea* bereikt gewoonlijk tegen het einde van het interglaciaal, voordat *Pinus* weer overheersend wordt, vrij hoge percentages. Het beeld, dat wij op het ogenblik van de floristische ontwikkeling van het Mindel-Rissinterglaciaal in Noord-Nederland hebben verkregen, stemt goed overeen met hetgeen de weinige pollenanalytisch onderzochte afzettingen van deze tijd uit het buitenland hebben geleerd.

Met behulp van de pollendiagrammen kan men nu ook tot een nauwkeurige datering komen van de middenpleistocene transgressie in Noord-Nederland (de z.g. mariene inschakeling in het hoogterras). Het blijkt dat de transgressie in Friesland inzette tijdens de *Quercetum-mixtum* fase en dat de regressie begon ongeveer bij het begin van de *Picea*-fase. In overeenstemming met wat van de geschiedenis van de benedenloop van de Thames bekend is, bereikte de zee ook hier eerst laat in het interglaciaal zijn hoogste stand. Uit de gegevens die nu uit Engeland, Nederland en Noordwest-Duitsland bekend zijn, kan men afleiden dat een aanzienlijke transgressie van de Noordzee plaats had tijdens het Mindel-Rissinterglaciaal.

De regressie, die aan het einde van het grote interglaciaal begon, leidde voor de rivieren een nieuwe erosiefase in. Uit het feit dat een deel van de dalen, die na het grote interglaciaal ontstonden, nog weer werden opgevuld voordat het Riss-landijs dit gebied bereikte, terwijl dit met een ander deel van de gevormde dalen niet het geval was, mag men afleiden dat er twee afzonderlijke fasen van dalvorming waren tussen het grote interglaciaal en de komst van het landijs. Het ligt voor de hand hierin de beide stadia van het Riss-glaciaal (Riss I en Riss II) weerspiegeld te zien. De polleninhoud van de kleien, waarmee de dalen uit de eerste fase zijn opgevuld, wijst erop dat men de herkomst van dit materiaal weer gedeeltelijk moet zoeken bij tertiaire afzettingen van Noordwest-Duitsland. In hoeverre fluvio-glaciale stromen bij het transport een rol hebben gespeeld, is moeilijk uit te maken zolang niets bekend is met betrekking tot de uitbreiding van het scandinavische landijs tijdens het stadium Riss I.

Tijdens het Riss-interstediaal zal het gehele gebied weer een landschap zonder veel reliëf zijn geworden. Afzettingen uit dit interstediaal met het duidelijke pollenbeeld van een enigszins gematigd klimaat, komen slechts weinig voor.

Tijdens de grote uitbreiding van het landijs in het stadium Riss II ontstonden in Noord-Nederland twee belangrijke dalen, die eerst na de Riss-ijstijd werden opgevuld en die door hun diepe ligging van het keileem nog gemakkelijk herkenbaar zijn: de dalen van de Oer-Ems en van de Oer-Vecht. De abnormale dikte die het keileem in een reeks heuvels in het Zuiden van Friesland en Drente bezit, wijst erop dat de ijsrand hier gedurende enige tijd stabiel bleef en dat het Oer-Vechtdal toen een proglaciaal dal was, waardoor verscheidene meer oostelijke rivieren hun weg naar zee hadden. Eerst daarna schoof het ijsfront naar Midden-Nederland op.

Uit de stratigrafie van het preglaciale Pleistoceen in de ondergrond van Noord-Nederland blijkt duidelijk dat het hier om een oscillatie van het landijs tijdens het stadium Riss II gaat. Er bestaat geen aanleiding om aan twee verschillende stadia, laat staan aan twee verschillende ijstijden, te denken.

Overziet men de uitkomsten van het pollenanalytische onderzoek, dan blijkt dat zelfs het onderzoek van niet al te volledige monsterreeksen, die door pulsboringen worden geleverd, in staat is een bijdrage te leveren voor een goed gefundeerde stratigrafie van ons Pleistoceen. Daarbij is het van belang dat zodoende juist gebieden voor onderzoek toegankelijk worden, die door de grote dikte van hun afzettingen voor de studie van het Pleistoceen van bijzondere betekenis zijn. Op het ogenblik is onze kennis van het Midden-Pleistoceen, dat door een veel groter aantal boringen is bereikt, vollediger dan die van het Onder-Pleistoceen. Wanneer wij over meer goed verzameld materiaal van het Onder-Pleistoceen kunnen beschikken, zal onze kennis daarvan zeker aanzienlijk toenemen. Ik kan niet beter eindigen dan met de woorden, waarmee Van Cappelle zijn laatste opstel besloot: „Het verzamelen van voor een deugdelijk onderzoek bruikbaar materiaal zij daarom nogmaals dringend aanbevolen!” (Van Cappelle, 1910, p. 55).

SUMMARY.

Pollen analytical and geological investigations of the Lower and Middle Pleistocene in the Northern Netherlands.

The Pleistocene deposits in the northern part of the Netherlands, form through their extreme thickness up to more than 300 m, a promising object for study from the stratigraphical point of view.

The boulder clay of the penultimate glaciation lies in the province of Drente at or near the surface, but in northerly and westerly directions it dips away beneath Upper Pleistocene and Holocene deposits. The Pleistocene deposits below this boulder clay form the subject of the present paper.

In the first chapter the existing opinions regarding the stratigraphy are briefly reviewed. Van Cappelle (1888, 1891, 1892a, 1892b) and Lorié (1887a, 1893, 1899) described several borings already in the last century. They found the boulder clay in general to be underlain by a fine grained sand below which a coarse sand occurred, containing many Scandinavian erratics. Both, Lorié and Van Cappelle considered the coarse sands as having been deposited under the simultaneous influence of southern rivers and northern fluvio-glacial streams. Therefore it was assumed that a Scandinavian ice-front was at that time not too far distant. Van Cappelle believed that this ice-front belonged to an older glaciation than that from which the boulder clay originated, since he found in the fine sediments some rare plant remains which indicated a temperate climate. Lorié, however, took the ice-front to be a mere oscillation of the same glaciation which deposited the boulder clay. Later geologists agreed with Lorié (Tesch, 1934, 1937, 1947; Steenhuis, 1939), basing their opinion on a correlation with the central part of the Netherlands, where a coarse zone occurs above the Nede clay representing the Mindel-Riss Interglacial (Florschütz and Jonker, 1942). It is at present generally accepted that these coarse gravel containing sands form one continuous horizon which was deposited during the first cold stage of the Riss glaciation, whereas the boulder clay represents the second cold stage.

Hardly anything is known about deeper horizons in the northern Netherlands. According to Tesch and Steenhuis Mindel-Riss Interglacial deposits are lacking; the Mindel Glacial stage is perhaps represented by an other zone of coarse deposits overlying again a series of fine grained sediments. The base of the Pleistocene is formed by marine beds which, in the opinion of Tesch (1934, 1937), comprise in part, the Günz Glacial stage, since the molluscan fauna of the middle part bears a distinctly arctic character. Since the stratigraphy was based on lithological criteria alone it seemed desirable to investigate whether it could be confirmed on palaeontological grounds. For this purpose pollen analysis proved to be the most suitable method, since the sequence of sediments under review is accessible only in borings, which seldom yield macroscopic fossils.

In chapter II some technical aspects of the pollen analytical research are discussed. The material available consisted of samples of some rare peat beds, of samples of often thick clay beds and of lumps of clay and peat, which are found sometimes in sand samples. Such lumps probably originate from very thin peat beds, which were not differentiated in the sample as separate layers. This is proved by the similarity between the spectra of these lumps and the spectra of thin beds found in situ in nearby borings (table II and III, p. 272). In general very sandy samples were not analysed, unless they were very humic and nearly sandy peat in appearance (table IV, p. 273).

The samples investigated proved to be rich enough in pollen to furnish reliable counts. A number of absolute pollen frequencies of different materials are given in table I (p. 271). All the samples were prepared after the technique introduced by Erdtman (1943).

Some spectra indicated pollen of tertiary genera, which became extinct in western Europe at the beginning of the Pleistocene period. These pollens are clearly derived from tertiary deposits, but the same may be the case with other pollen of less diagnostic character. The question thus arises to which extent the pollen content of the strata under study has been derived from older series.

The correction technique developed by Iversen (1936), who subtracted the clearly secondary pollen he found in a boulder clay from the spectrum he obtained in the complex overlying it, could not be applied in our case, where the sediments studied unfortunately underly the boulder clay.

It might be feasible to correct contaminated spectra by comparing them with pure spectra from nearly the same depth, so that possible climatic differences can be disregarded. Contaminated spectra were found in several thick clay complexes. In these cases intercalations of peat beds which could have yielded uncontaminated material for comparison do not occur. Therefore the amount of contamination could not be estimated and all spectra given are uncorrected. However, we have indicated in the diagrams the amount of typical tertiary pollen (T) and of *Hystrix* (H), expressed in percentages of the tree pollen.

However, four arguments indicate that the amount of reworked pollen is in general not great:

1. the low frequency of *Hystrix*, which proved to be a measure of the impurity in Iversen's material;
2. the absolute pollen frequencies of the impure spectra as compared with the pure ones;
3. the very small pollen content of the boulder clay;
4. the similarity of pure and impure spectra in corresponding zones of different diagrams.

The depth given for each spectrum in the diagrams corresponds with the average depth of top and bottom of the sample (in metres below N. A. P. = high water at Amsterdam).

In chapter III the results of the pollen analysis are discussed, whereas in chapter IV a stratigraphical interpretation is attempted after comparing the diagrams.

The number of Lower and Middle Pleistocene pollen diagrams from western Europe is still very limited. The most important diagrams are those

from Quakenbrück (Wildvang, 1935; Jonas, 1937a) and Ummendorf (Selle, 1941), both from western Germany. The diagrams from Starup and Harreskov, published in the classical paper by Jessen and Milthers (1928), have not been used since it is quite uncertain whether the penultimate interglacial referred to by the authors can be correlated with the Mindel-Riss or the Riss-Warthe Interglacial.

Of the borings investigated (for localities compare map, fig 1) Bantega yielded by far the best diagram. This boring has specially been carried out for this purpose and yielded a complete sequence of undisturbed cores. The diagram is found to be in close agreement with those of Quakenbrück and Ummendorf: during the hardwood phase the mixed oak forest reached its maximum at an early date (20.65—20.85 m); only afterwards *Carpinus* and *Abies* appeared and *Picea* had a distinct (double) maximum after the climatic optimum of the hardwood phase (18.54 and 17.94 m). There can be no doubt as to the Mindel-Riss Interglacial age of this diagram. The same interglacial epoch can, based on a smaller number of spectra still clearly be recognized in some other diagrams viz. Bergumerheide (41.60—65.0 m), Sneek (24.0—46.0 m), Spannenburg (20.40—88.0 m), Lemsterland (15.58—54.47 m) and Gasselte (27.80—62.65 m).

Furthermore Bergumerheide (7.00 m) and Spannenburg (9.30 m) show a temperate spectrum close below the boulder clay, representing probably the Riss I/II Interstadial stage.

Three deeper borings again show beneath the Mindel-Riss Interglacial a number of spectra with a temperate character. In a few of these pollen of *Pterocarya* occur (Spannenburg, 211.90 m and deeper; Lemsterland 153.40 m). *Pterocarya* has long been known from the Tegelen clay, but the age of this famous locality has not yet been determined with certainty. Tesch (1934, 1937) and Florschütz (1939) hold the view that it represents the Günz-Mindel Interglacial, but at present some authors consider the Tegelen clay as belonging to the Günz I/II Interstadial.

Our palaeontological knowledge of the Lower Pleistocene is still too incomplete to solve the problem. We do not know whether some so-called tertiary relics (for inst. *Tsuga*, *Pterocarya*) which occur in the Tegelen clay, range upward into the first interglacial or not. In this respect we may remark that the diagrams from Spannenburg and Lemsterland possess no indications of cold spectra which could be interpreted as Günz II Glacial stage.

An equivalent of the Tegelen clay has probably been found at Bergumerheide. Florschütz (1938) mentioned *Azolla tegeliensis* (155—157 m) which he suggested as a characteristic species of the zone of Tegelen. At Spannenburg another species (*A. filiculoides*) which is characteristic for the Nede clay (Mindel-Riss Interglacial) has been found between 25 and 40 m. A boring near Dordrecht however, yielded both species from the same bed. Bergumerheide shows between the horizon with *A. tegeliensis* and the Mindel-Riss Interglacial deposits a third zone with spectra of a temperate climate and without tertiary relics (88.0—125.25 m). This strongly suggests that the zone of Tegelen belongs to the Günz I/II Interstadial and that the above-mentioned horizon at Bergumerheide represents the Günz-Mindel Interglacial. Perhaps the spectra between 187.15 and 197.90 m of Spannenburg belong to the same horizon.

An entirely different picture is shown by the diagrams of Assen and Winschoten. *Pinus* predominates throughout the diagrams, but nearly all

spectra are contaminated with tertiary pollen and with *Hystrix*. As we do not know to which degree the percentages of certain genera are overrated, the diagrams are less valuable. The diagram of Assen is particularly monotonous. Winschoten shows rather high *Alnus* percentages in the lower part. The same has been observed in a thin peat bed of the boring Zuidbroek (93.17—93.27 m, table V, p. 291), which possesses 2% *Tsuga* pollen. Since in this case we have no reason to believe that the sample is contaminated, it must be assumed that the entire pollen content is autochthonous and therefore the spectrum probably represents the Günz I/II Interstadial. The same horizon can perhaps be recognized in the nearby boring at Winschoten.

The same picture as at Assen and Winschoten is shown by the diagram of Drouwen and the lower part of Sneek. We shall see later that geological considerations are of assistance in interpreting these profiles.

In chapter V further consideration is given to the Middle Pleistocene marine horizon and a new conclusion has been reached regarding the age of this deposit which has a bearing upon the general understanding of the glacial stratigraphy of the northern Netherlands.

In two borings the Middle Pleistocene sediments are partly developed in marine facies (Bergumerheide 46.00—62.00 m; Sneek 31.00—42.00 m). The marine deposits lie above a coarse fluvial series which is generally held to be of early Riss Glacial age. The pollen diagrams prove the marine sediments to be deposited between the mixed oak forest phase and the *Picea* phase, i. e. in the second half, of the Mindel-Riss Interglacial. The underlying coarse deposits must therefore have been laid down during the first half of the same interglacial.

A Mindel-Riss Interglacial transgression is known from England as well as from Germany. In East Anglia the Corton Sands (Baden-Powell and Reid Moir, 1942; Zeuner, 1945) and in N. W. Germany the sediments of the Holstein-Sée (Grahle, 1938) were deposited during this transgression. The molluscan fauna (Tesch, 1939) proves to be somewhat colder in character than the landflora which is understandable since the sea transgressed from the north and consequently introduced northern species. On the other hand free immigration from the south was possible by land. Reid (1890) has already pointed out that different conclusions may be reached regarding climatic conditions from a comparison of marine and terrestrial organisms.

Furthermore several rivers are known to have had their main aggradation phases during interglacial times when the rising sea level decreased their transporting capacity and thus were forced to deposit their load. As Zeuner (1945) stated we have to distinguish between thalassostatic terraces in the lower and climatic terraces in the middle courses. All classic studies of river terraces have been made of climatic terraces with glacial aggradation and interglacial valley formation. The lower courses of two west European rivers have been studied from the eustatic point of view: the Somme (Commont, 1910; De Lamothe, 1918; Breuil and Koslowski, 1931/32) and the Thames (King and Oakley, 1936) and the results are briefly reviewed. It seems that the same conditions which obtained in the lower Somme and the lower Thames were present in the northern part of the Netherlands: the principal factors affecting the behaviour of the rivers were oscillations of the sea-level during glacial and interglacial times, although terraces in the morphological sense did not develop owing to the gradual subsidence of the North Sea basin. Since all relevant deposits are entirely covered by

younger sediments we do not yet know where in this country the transition occurs from the type of sedimentation typical for the lower course of the rivers under predominant marine influence to the climatic terraces of their middle course.

Three marine transgressions are known to have occurred in the Netherlands Pleistocene: 1° the Eemian, of Riss-Würm Interglacial age which has long been generally recognized; 2° the Middle Pleistocene transgression, the Mindel-Riss Interglacial age of which has now been proved by the pollen diagrams; and 3° the Lower Pleistocene transgression (Icenian), the exact age of which is still unknown. Therefore the question arises whether this oldest transgression might be connected with the first interglacial. This point is discussed in chapter VI. Tesch (1934, 1937) argued that the middle part of the marine Lower Pleistocene represents the Günz Glacial stage on the ground that its molluscan fauna is distinctly arctic in character. Unfortunately the oldest marine deposits occur in only one of the borings investigated (Lemsterland). A few spectra immediately above this horizon show a temperate character. Though the horizon from which the spectra are derived may possibly be separated from the marine deposits by a stratigraphical hiatus, we must consider the possibility that the marine Lower Pleistocene horizon has not been deposited under such cold conditions as would appear from the conclusions of Tesch. The lowermost spectrum shows a small amount of *Pterocarya* pollen, suggesting, in accordance with our present state of knowledge, a Günz I/II Interstadial age rather than a Günz-Mindel interglacial age. However, if *Pterocarya* would still prove to have occurred in Günz-Mindel Interglacial time, the marine Lower Pleistocene could be ascribed to a Günz-Mindel Interglacial age. Incidentally, during this epoch, a high sea-level has been observed all over the world.

The map (fig. 2) shows the location of all borings of more than 150 m deep, whereas some other important borings have been added in the southern part of the area. The following is an explanation of the figures shown on the map with each boring: if two figures are given the first means the depth to the top of the marine Lower Pleistocene in metres, whilst the second, in brackets, indicates the lowest level reached without penetrating this marine horizon. One figure in brackets indicates the greatest depth reached. In this case no marine Lower Pleistocene or older formations have been met with. A figure preceded by T means that the Tertiary has been reached at this depth without encountering marine Lower Pleistocene.

The map shows that the Lower Pleistocene in a marine facies is restricted to the western part of the area. Since the base of the marine beds has nowhere been reached we do not know whether it is transgressive, as it is in the southern Netherlands.

Comparing the figures of Zwartsluis, Vollenhove and Lemsterland with that of Spannenburg, there is a striking difference which suggests that the marine horizon has disappeared by erosion in the sub-soil of Spannenburg. The profile of Spannenburg gives no evidence of the relative age of the sediments present as compared with the marine deposits elsewhere. It follows from the above that the Pleistocene of the area under investigation is not composed of a number of continuous horizons laid down one upon the other.

Up to now it was assumed that coarse sediments represented cold or glacial periods, whereas finer deposits corresponded with warmer and intra-glacial phases. However comparing the results of the Spannenburg and Lemsterland borings in this light, we are struck by the fact that the deposits

of the Mindel Glacial phase at Lemsterland are composed of coarse grained sediments, whilst the equivalent interval at Spannenburg is fine grained. Both show, however, spectra indicating a cold climate. Furthermore at Bergumerheide a continuous coarse section is formed which shows a diagram containing successively warm, cold and again warm spectra, which correspond with the Günz-Mindel Interglacial, Mindel Glacial and Mindel-Riss Interglacial respectively. This demonstrates that grain size alone is not indicative of the climatic conditions prevailing during sedimentation.

A number of borings have been investigated from a sedimentary petrological viewpoint by Edelman (1933) and by Böhmers (1937). From a stratigraphical viewpoint, the B-Scheemda group is most interesting. It is characterized by high percentages of para-metamorphic minerals, the amount of which decreases from east to west. Edelman therefore looked for their origin in an easterly direction. Later he suggested that this group might have been deposited during the Mindel glaciation, when the courses of German rivers were deflected through the northern Netherlands by the ice-front (Edelman, 1939).

In the boring at Urk the most conspicuous B-Scheemda influence occurs between 66 and 99 m; in the Kippenburg boring between 66 and 92 m, whilst the nearest wells of Lemsterland and Spannenburg show spectra with a cold character at corresponding depths.

In the Suameer boring the B-Scheemda influence is, according to Böhmers, most distinctly developed between 163 and 175 m. However, his mineralogical table (Böhmers, 1937, p. 62) shows the presence of two more horizons with rather high percentages of para-metamorphic minerals, viz. between 122 and 142 m and between 70 and 80 m. The lowest interval could not be investigated for its pollen content. The 122—142 m interval is unfortunately barren of pollen but the underlying and overlying beds contain a temperate flora. The uppermost zone (70—80 m) is apparently equivalent to the Mindel Glacial interval as established at nearby Bergumerheide. Thus it is obvious that the B-Scheemda group or a mineral aggregate comparatively rich in para-metamorphic minerals fluctuated at different times and that these fluctuations might correspond to periodic deflections of the Germanic rivers into the northern part of the Netherlands.

A discussion of the considerable clay deposits, which puzzled Loricé already half a century ago, is given in chapter VII. These deposits are known from a limited number of localities. In general all fine grained sediments between the boulder clay and the upper coarse horizon have been considered to form one unit, comprising the Riss I/II Interstadial as well as the early fluvioglacial deposits. The pollen diagrams strongly indicate that this cannot be the case. The clay deposits of Bantega and the upper clay of Spannenburg are undoubtedly of Mindel-Riss Interglacial age. Assen and Winschoten, however, represent another, probably glacial type, also by their content of reworked pollen. Of further localities known to have very thick clay beds Dronrijp is the most interesting. Here the clay is clearly deposited in a valley cut in the marine Mindel-Riss Interglacial series and therefore is apparently younger. As the boulder clay shows hardly any depression above the clay, the valley must have been filled up before the Riss ice reached the region (pl. XLVI).

All localities with clay deposits thicker than 70 m, including occasionally fine sand beds, have been shown in black on the map (fig. 3). The two figures given indicate the top and bottom of the clay horizon, unless the

second figure is in brackets, which means that at that depth the base has not been reached. Their distribution suggests that the localities belong to two valleys, one running from east to west and a second one from southeast to northwest. The thick clay deposits in the lower half of the Sneek boring correspond, from a pollen analytical point of view, to the clay deposits of Assen and Winschoten, which are of a post Mindel-Riss Interglacial age. The clay of Sneek however, is covered by the marine Mindel-Riss Interglacial beds and must therefore be older. This suggests that the thick clay beds of other localities might also have been deposited in two phases, although separating interglacial beds are lacking in most of the profiles. The clay itself is an unpromising medium for pollen analysis, but better results may be obtained from the border regions where intercalations of sands with peat might occur. The profiles (fig. 4) show a gradual thinning out of the coarse deposits in the direction of Assen. The profile at Drouwen, in the vicinity of Gasselte, yielded spectra with a cold character and with reworked pollen above (see plate XLV) as well as below (refer table, p. 290) the coarse horizon. Strong evidence therefore exists that thick clay beds were deposited twice in valleys of glacial age during the Lower and Middle Pleistocene. The older of the two deposits apparently correspond with the „Lauenburger Ton“ from northwestern Germany (Schucht, 1912).

Apart from the above discussed valley systems of Sneek and Dronrijp a still younger valley system is known to exist. It developed after the above mentioned two valley systems had been filled up and it still existed at the time the Riss ice arrived because we find a mantle of boulder clay deposited in the bottom as well as on the flanks of these valleys. Such valleys have been recognized below the present Overijselse Vecht and the Ems rivers.

Essentially we have recognized three periods during which valleys were formed in Middle Pleistocene times. The first (Sneek) is pre Mindel-Riss Interglacial and therefore probably of Mindel Glacial age. The second (Dronrijp) and the third (Vecht-Ems) both occur between the Mindel-Riss Interglacial and the arrival of the Riss ice and therefore probably correspond with the two cold stages of the Riss Glacial. From this scheme it might be concluded that the Riss ice reached the Netherlands during the Riss II stage.

Chapter VIII summarizes in Dutch the sequence of events during the Lower and Middle Pleistocene and we refer to table (p. 333) for a chronological representation of most of the above described events.

LITERATUUR.

- Baas, J., — 1932 —, Eine fröhldiluviale Flola im Mainzer Becken. (Zeitschr. f. Bot., 25. Bd., pp. 289—371).
- Baden-Powell, D. W. F., and J. Reid Moir, — 1942 —, On a new palaeolithic industry from the Norfolk Coast. (Geol. Mag., vol. LXXIX, pp. 209—219).
- Bertsch, K., — 1940 —, Geschichte des deutschen Waldes. 120 pp., Jena.
- Bertsch, K., — 1942 —, Lehrbuch der Pollenanalyse. (Handb. der prakt. Vorgeschichtsforsch., Bd. 3). VIII + 195 pp., Stuttgart.
- Böhmers, J. C. A., — 1937 —, Over de petrologische samenstelling van de oud-kwartaire sedimenten in Noordelijk Nederland. (Geol. en Mijnb., 16e jrg., pp. 60—64; pp. 69—72).
- Boswell, P. G. H., — 1931 —, The stratigraphy of the glacial deposits of East Anglia in relation to early man. (Proc. Geol. Ass., vol. 42, pp. 87—111).
- Breuil, H., et L. Koslowski, — 1931/32 —, Études de stratigraphie paléolithique dans le Nord de la France, la Belgique et l'Angleterre. La vallée de la Somme. (L'Anthropologie, t. 41, pp. 449—488; t. 42, pp. 291—314).
- Bull, A. J., — 1942 —, Pleistocene chronology. (Proc. Geol. Ass., vol. LIII, pp. 1—45).
- Burchell, J. P. F., — 1935 —, Evidence of a further glacial episode within the valley of the Lower Thames. (Geol. Mag., vol. 72, pp. 90—91).
- Bursch, F. C., F. Florschütz and I. M. van der Vlerk, — 1938 —, An early paleolithic site on the northern Veluwe. (Proc. Kon. Ned. Ak. van Wetensch., vol. XLI, pp. 909—920).
- Cain, S. A., — 1944 —, Foundations of plant geography. XIV + 556 pp., New York and London.
- Calker, F. J. P. van, — 1908 —, Beiträge zur Geologie der Provinz Groningen. Grundbohrungen. (Mitt. a. d. Mineral.geol. Inst. d. Reichsuniv. Groningen, I. Bd., II. Heft, pp. 31—169).
- Cappelle, H. van, — 1888 —, Bijdrage tot de kennis van Friesland's bodem. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. V, Afd. Meer uitgebr. art., pp. 141—177).
- Cappelle, H. van, — 1891 —, Rapport omtrent eenige in de gemeente Havelte (Drenthe) verrichte grondboringen. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 1. (Versl. en Meded. Kon. Ned. Akad. van Wet., afd. Nat., 3e reeks, dl. IX, pp. 68—70).
- Cappelle, H. van, — 1892a —, Geologische resultaten van eenige in West-Drenthe en in het aangrenzende deel van Overijssel verrichte grondboringen. (Verhandel. Kon. Ned. Akad. van Wet., dl. XXIX, 40 pp.).
- Cappelle, H. van, — 1892b —, Bijdrage tot de kennis van Friesland's bodem. III. Eene diepe boring te Oosterlittens benevens eenige algemeene beschouwingen over het Diluvium van Friesland. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. IX, pp. 3—10).
- Cappelle, H. van, — 1910 —, Bijdrage tot de kennis van de landijsvormingen in de provincie Friesland en van het oudere fluviatile Diluvium in den ondergrond van Noord-Nederland. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 37. (Verhandel. Kon. Akad. van Wet. Amsterd., 2e sectie, dl. XVI, no. 5, 55 pp.).
- Commont, V., — 1910 —, Note préliminaire sur les terraces fluviatiles de la vallée de la Somme. (Ann. Soc. géol. du Nord, vol. 39, pp. 185—210).
- Daly, R. A., — 1934 —, The changing world of the ice age. XXII + 271 pp., New Haven.
- Dam, A. ten, — 1945 —, De structuur van de palaeoceene en eeceene bekkens in Nederland. (Geol. en Mijnb., nw. serie, 7e jrg., pp. 38—43).
- Dam, A. ten, and Th. Reinhold, — 1941 —, Die stratigrafische Gliederung des niederländischen Plio-Phozäns nach Foraminiferen. (Meded. Geol. Stichting, serie C-V-no. 1, 66 pp.).
- Dewers, F., — 1939 —, Die geologischen Lagerungsverhältnisse des interglazialen Torfes von Haren/Ems. (Abh. Naturw. Ver. Bremen, Bd. 31, pp. 347—359).
- Dewers, F., — 1941 —, Diluvium. In: F. Dewers, K. Gripp und F. Overbeck, Das Känozoikum in Niedersachsen. Geol. und Lagerst. Niedersachsens, III. Teil. (Veröff. Prov.-Inst. f. Landespl., Landes- und Volkssk. von Niedersachsen a. d. Univ. Göttingen, Reihe A I, Bd. 3, pp. 53—267).
- Dienst der Zuiderzeewerken, — 1938 —, Geo-hydrologisch onderzoek van den Noordoostelijken Polder. (Driemaandel. Ber. Zuiderzeew., jrg. XIX, no. 2, pp. 18—24).

- Dokturowsky, W. S., — 1929 —, Die interglaziale Flora in Russland. (Geol. För. Förhandl., Bd. 51, pp. 389—410).
- Dreimanis, A. — 1947 —, A draft of pleistocene stratigraphy in Latvia and S. Estonia. Preliminary report. (Geol. För. Förhandl., Bd. 69, pp. 465—470).
- Edelman, C. H., — 1933 —, Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair. Acad. proefschr., Amsterdam, 104 pp.
- Edelman, C. H., — 1938 —, Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. LV, pp. 397—431).
- Edelman, C. H., — 1939 —, Onderzoek der zanden in verband met de stratigrafie van het Kwartair van Nederland. (Handel. XXVIIe Nederl. natuur- en geneesk. congres te Nijmegen, pp. 246—247).
- Eindverslag over de onderzoekingen en uitkomsten van den dienst der Rijksopsporing van Delfstoffen in Nederland 1903—1916. 664 pp., Amsterdam.
- Erdtman, G., — 1934 —, Ueber die Verwendung van Essigsäureanhydrid bei Pollenuntersuchungen. (Svensk bot. Tidskr., Bd. 28, pp. 354—358).
- Erdtman, G., — 1936a —, Neue pollenanalytische Untersuchungsmethoden. (Ber. ü. d. Geobot. Forschungsinst. Rübel in Zürich f. 1935, pp. 38—46).
- Erdtman, G., — 1936b —, New methods in pollen analysis. (Svensk. bot. Tidskr., Bd. 30, pp. 154—164).
- Erdtman, G., — 1943 —, An introduction to pollen analysis. (A new series of plant sci. books, vol. XII). XVI + 329 pp., Waltham.
- Erdtman, G., and H. Erdtman, — 1933 —, The improvement of pollen analysis technique. (Svensk bot. Tidskr., Bd. 27, pp. 347—357).
- Escher, B. G., — 1940 —, Het vraagstuk van de daling van den bodem van Nederland. (Geol. en Mijnb., nw. serie, 2e jrg., pp. 173—196).
- Faber, F. J., — 1947 —, Geologie van Nederland. III. Nederlandsche landschappen. 2e druk, VIII + 381 pp., Gorinchem.
- Flint, R. F., — 1947 —, Glacial geology and the Pleistocene epoch. XVIII + 589 pp., New York.
- Florschütz, F., — 1938 —, Palaeobotanisch onderzoek van jong-pleistoecene afzettingen in het oosten van Overijssel. (Proc. Sect. of Sci., Kon. Akad. v. Wet., vol. XXXVII, pp. 297—301).
- Florschütz, F., — 1938 —, Die beiden Azolla-arten des niederländischen Pleistozäns. (Rec. des trav. bot. néerl., vol. 35, pp. 932—945).
- Florschütz, F., — 1939 —, Overzicht der resultaten van palaeo-botanisch onderzoek van pleistoecene afzettingen in Nederland. (Handel. XXVIIe natuur- en geneesk. congres te Nijmegen, pp. 239—241).
- Florschütz, F., and F. P. Jonker, — 1939 —, A botanical analysis of a late-pleistocene and holocene profile in the Rhine delta. (Rec. des trav. bot. néerl., vol. 36, pp. 686—696).
- Florschütz, F., and F. P. Jonker, — 1942 —, Über die Flora des Mindel-Riss-Interglazials in den Niederlanden. (Rec. des trav. bot. néerl., vol. 39, pp. 176—188).
- Florschütz, F., en A. M. H. van Someren, — 1948 —, Microbotanische verschillen tussen de klei van Beuver en de klei van Tegelen. (Geol. en Mijnb., nw. serie, 10e jrg., pp. 68—69).
- Florschütz, F., and I. M. van der Vlerk, — 1936 —, The pleistocene human skull from Hengelo I. Geological-palaeontological part. (Proc. Sect. of sci., Kon. Akad. van Wet., vol. XXXIX, pp. 76—80).
- Florschütz, F., et I. M. van der Vlerk, — 1938 —, Les phénomènes périglaciaires et leur rapport avec la stratigraphie de l'époque weichselienne (wurmienne) en Twente. (Congr. int. de Géogr. Amsterdam. Excursion B 4, La région glaciaire, pp. 33—41).
- Gams, H., — 1935 —, Beiträge zur Mikrostratigraphie und Paläontologie des Pliozäns und Pleistozäns von Mittel- und Osteuropa und Westsibirien. (Eclog. geol. helv., Bd. 28, pp. 1—31).
- Gisl, R., — 1928 —, Die letzte Interglazialzeit der Lüneburger Heide pollenanalytisch betrachtet. (Botan. Arch., Bd. 21, pp. 648—710).
- Gottsche, C., — 1898 —, Die Endmoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holstein's. Theil II: Das marine Diluvium. (Mitth. geogr. Ges. Hamburg, Bd. XIV, 74 pp.).
- Grahle, H.-O., — 1936 —, Die Ablagerungen der Holstein-See (Mar. Interglaz. I), ihre Verbreitung, Fossilführung und Schichtenfolge in Schleswig-Holstein. (Abh. preusz. geol. Landesanst., N. F., Heft 172, 110 pp.).
- Gutenberg, B., — 1941 —, Changes in sea level, postglacial uplift, and mobility of the earth's interior. (Bull. Geol. Soc. Am., vol. 52, pp. 721—772).
- Heck, H.-L., — 1930 —, Zur Fossilführung der Berliner Paludinschichten, ihrer Beschaffenheit und Verbreitung. (Zeits. deutsch. geol. Ges., Bd. 82, pp. 385—404).

- Iversen, J., — 1936 —, Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. Eine Korrektionsmethode zur Pollenanalyse minerogener Sedimente. (Danm. geol. Undersøg., IV. R., Bd. 2, Nr. 15, 24 pp.).
- Iversen, J., — 1938 —, Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. (Verh. III. int. Quartär-Konf., Wien, Sept. 1936, pp. 225—228).
- Jessen, K., and V. Mälthers, — 1923 —, Stratigraphical and paleontological studies of interglacial fresh-water deposits in Jutland and Northwest-Germany. (Danm. geol. Undersøg., II. R., Nr. 48, 379 pp. + atlas).
- Jonas, F., — 1937a —, Das Quakenbrücker Interglazial. (Beih. bot. Centralbl., Bd. 57, Abt. B, pp. 219—246).
- Jonas, F., — 1937b —, Ein altpleistozänes Moor bei Haren a. d. Ems. (Beih. bot. Centralbl., Bd. 57, Abt. B, pp. 343—366).
- King, W. B. R., and K. P. Oakley, — 1936 —, The pleistocene succession in the lower parts of the Thames valley. (Proc. prehist. Soc., nw. ser., vol. 2, pp. 52—76).
- Kruizinga, P., — 1944 —, Het probleem van de noordelijke erratica en van het aantal pleistoecene landijsbedekkingen voor ons land. (Verh. geol.-mijnbouw. Gen., Geol. serie, dl. XIV, Gedenk. Tesch, pp. 289—303).
- Lamothe, De, — 1918 —, Les anciennes nappes alluviales et lignes de rivages du bassin de la Somme et leurs rapports avec celles de la Méditerranée occidentale. (Bull. Soc. géol. de France, notes et mém., sér. 4, t. XVIII, pp. 3—58).
- Lorié, J., — 1887a —, Contributions à la géologie des Pays-bas, II. Le Diluvium ancien ou graveleux. (Arch. du Mus. Teyler, série II, T. III, 103 pp.).
- Lorié, J., — 1887b —, Beschouwingen over het Diluvium van Nederland. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. IV, pp. 383—453).
- Lorié, J., — 1893 —, Grondboringen te Assen. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 13. (Verh. Kon. Akad. van Wet., 2e sectie, dl. III, no. 2, 21 pp.).
- Lorié, J., — 1899 —, Beschrijving van eenige nieuwe grondboringen. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 25. (Verh. Kon. Akad. van Wet., 2e sectie, dl. VI, no. 6, 37 pp.).
- Lorié, J., — 1904 —, Beschrijving van eenige nieuwe grondboringen, V. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 33. (Verh. Kon. Akad. van Wet., 2e sectie, dl. X, no. 5, 21 pp.).
- Lorié, J., — 1905 —, Beschrijving van eenige nieuwe grondboringen, VI. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 34. (Verh. Kon. Akad. van Wet., 2e sectie, dl. XII, no. 2, 58 pp.).
- Lorié, J., — 1907 —, Het interglacialisme in Nederland. De voorgestelde eenheid van het ijs-tijdvak, III. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. XXIV, pp. 406—448).
- Meinke, H., — 1927 —, Atlas und Bestimmungsschlüssel zur Pollenanalytik. (Botan. Arch., Bd. 19, pp. 380—449).
- Molengraaff, G. A. F., and W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht, — 1913 —, Nederland. (Handb. der reg. Geol., I. Bd., 3e Abt., 98 pp., Heidelberg).
- Penck, A., — 1922 —, Die Eem-Schwungung. (Verh. geol.-mijnbouw. Gen., Geol. serie, dl. VI, pp. 91—105).
- Pfaffenberg, K., — 1934 —, Das Interglazial von Tidofeld (Jeverland in Oldenburg). (Abh. Naturw. Ver. Bremen, Bd. 29, pp. 122—128).
- Pfaffenberg, K., — 1939 —, Das Interglazial von Haren (Emsland). Eine palaeobotanisch-pollenanalytische Untersuchung. (Abh. Naturw. Ver. Bremen, Bd. 31, pp. 360—376).
- Polak, B., — 1936 —, Pollen- und torfanalytische Untersuchungen im künftigen nordöstlichen Polder der Zuidersee. (Rec. des trav. bot. néerl., vol. 33, pp. 313—332).
- Rapport inzake eener drinkwaterleiding voor Sneek, — 1906 —, 90 pp., Sneek.
- Reid, C., — 1890 —, The pliocene deposits of Britain. Mem. Geol. Surv. Un. Kingd., VIII + 326 pp., London.
- Reid, E. M., — 1921a —, On two preglacial floras from Castle Eden (County Durham). (Quart. Jour. geol. Soc. London, vol. 76 for 1920, pp. 104—144).
- Reid, E. M., — 1921b —, A comparative review of pliocene floras based on the study of fossil seeds. (Quart. Jour. geol. Soc. London, vol. 76 for 1920, pp. 145—161).
- Reid Moir, J., and D. F. W. Baden-Powell, — 1938 —, A palaeolithic industry from the Cromer District. (Nature, vol. 142, p. 912).
- Schreuder, A., — 1945 —, The Tegelen fauna, with a description of new remains of its rare components (*Leptobos*, *Archidiskodon meridionalis*, *Macaca*, *Sus strozzi*). (Arch. néerl. de Zool., t. VII, pp. 153—204).
- Schucht, F., — 1912 —, Der Lauenburger Ton als leitender Horizont für die Gliederung und Altersbestimmung des nordwestdeutschen Diluviums. (Jahrb. kgl. preusz. geol. Landesanst. f. 1908, Bd. 29, T. II, pp. 130—150).
- Selle, W., — 1941 —, Beiträge zur Mikrostratigraphie und Paläontologie der nordwestdeutschen Interglaziale. (Jahrb. Reichsstelle f. Bodenforsch. f. 1939, Bd. 60, pp. 197—235).

- Steenhuis, J. F., — 1916 —, Bijdrage tot de kennis van den diluvialen ondergrond van Drente en Friesland. Acad. proefschr., Leiden, 130 pp.
- Steenhuis, J. F., — 1917 —, Beschouwingen over en in verband met de daling van den bodem van Nederland. Meded. omtrent de geol. van Ned., enz., no. 40. (Verh. Kon. Akad. van Wet., 2e sectie, dl. XIX, no. 2, 115 pp.).
- Steenhuis, J. F., — 1919 —, De geologische bouw en geschiedenis van den ondergrond der provincie Friesland. (Bijlage XI van het Rapp. betr. eene centrale drinkwaterleiding voor de prov. Friesland, 103 pp.).
- Steenhuis, J. F., — 1936 —, Het kwartsgehalte van het grindbestanddeel in het Nederlandsch Kwartair en het „Miserere” der onomatografie. (Versl. geol. Sectie; Geol.-mijnbouwk. Gen., 3e dl., pp. 352—355).
- Steenhuis, J. F., — 1937a —, Bijdrage tot de kennis van het kwartsgehalte der grindhoudende zandlagen aan de oppervlakte en in den ondergrond van Nederland. (Verh. geol.-mijnbouwk. Gen., geol. serie, dl. XII, pp. 1—40).
- Steenhuis, J. F., — 1937b —, Nieuwe bijdrage tot de stratigrafie van het Nederlandsche Pleistoceen. (Geol. en Mijnb., 16e jrg., pp. 7—8).
- Steenhuis, J. F., — 1938 —, Enkele nieuwe uitkomsten van de bepaling van het kwartsgehalte der grindhoudende zandlagen. (Bijlage bij het jaarversl. 1937 van het Rijksbur. v. Drinkwatervoorz.). Versl. en meded. betr. de volksgezondh., pp. 553—558).
- Steenhuis, J. F., — 1939 —, De stratigrafische moeilijkheden bij de analyse van het Nederlandsche Kwartair. (Water, 23e jrg., pp. 175—178).
- Steenhuis, J. F., — 1942a —, Nogmaals eenige nieuwe bepalingen van het kwartspercentage der grindhoudende zandlagen in den ondergrond en aan de oppervlakte van Nederland. (Natuurhist. Maandbl., 31e jrg., pp. 84—86; pp. 89—94).
- Steenhuis, J. F., — 1942b —, De geologische resultaten van het geo-hydrologische onderzoek, verricht voor de hoogdrukwaterleiding der gemeente Dordrecht (1932—1937). (Geol. en Mijnb., nw. serie, 4e jrg., pp. 49—60).
- Stille, H., und R. Brinkmann, — 1930 —, Der Untergrund des südlichen Oldenburg und der Nachbargebiete. (Abh. preusz. geol. Landesanst., N. F., Heft 116, pp. 75—112).
- Staring, W. C. H., — 1856/1860 —, De bodem van Nederland. Dl. I: XII + 441 pp; dl. II: XII + 480 pp., Haarlem.
- Swanscombe Committee, — 1938 —, Report on the Swanscombe skull. (Jour. roy. anthropol. Inst. of Gr. Brit. and Irel., vol. LXVIII, pp. 17—98).
- Szafer, W., — 1928 —, Entwurf einer Stratigraphie des polnischen Diluviums auf floristischer Grundlage. (Ann. Soc. géol. Pol., vol. 5, pp. 1—15).
- Tesch, P., — 1934 —, De opeenvolging van de oud-plistoceene lagen in Nederland. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. LI, pp. 649—675).
- Tesch, P., — 1937 —, Het voetstuk van Nederland. (Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e serie, dl. LIV, pp. 7—16).
- Tesch, P., — 1939 —, De mariene inschakeling in de hoogterrasafzettingen in het Westen en Noorden van Nederland. (Geol. en Mijnb., nw. serie, jrg. 1, pp. 9—13).
- Tesch, P., — 1942 —, De Noordzee van historisch-geologisch standpunt. (Meded. 's Rijks geol. Dienst, serie A, no. 9, 23 pp.).
- Tesch, P., — 1947 —, Stratigraphie du Pléistocène dans le Nord-Ouest de l'Europe. (La géol. des terrains récents dans l'ouest de l'Europe, pp. 289—293, Bruxelles).
- Vermeer-Louman, G. G., — 1934 —, Pollen-analytisch onderzoek van den West-Nederlandschen bodem. Acad. proefschr., Amsterdam, 184 pp.
- Wildvang, D., — 1935 —, Die Interglazialbohrung Quakenbrück. (Jahrb. preusz. geol. Landesanst. f. 1934, Bd. 55, H. 1, pp. 142—150).
- Wit, R. de, — 1943 —, Hystriosphæridae uit Limburgsche vuursteen. (Verh. geol.-mijnbouwk. Gen., geol. serie, dl. 13, pp. 363—392).
- Wood, S. V., and F. W. Harmer, — 1872/1874 —, Supplement to the Monograph of the Crag Mollusca. With an introductory outline of the geology of the same district. (Mon. pal. Soc., Monogr. Crag Mollusca, vol. 3, 31 + 99 pp., London).
- Woodward, H. B., — 1881 —, The geology of the country around Norwich. Explan. of the quarter sheets 66 N. E. and 66 S. E. of the one-inch Geol. Surv. map of Engl. a Wales. Mem. Geol. Surv. England and Wales, 215 pp., London.
- Wright, W. B., — 1937 —, The quaternary Ice Age. 2nd ed., XXV + 478 pp., London.
- Wijgmans, J., — 1941 —, Bodemonderzoek met het snelsteekapparaat. (Spoor- en Tramwegen, 14e jrg., pp. 415—417).
- Zeuner, F. E., — 1945 —, The pleistocene Period. Its climate, chronology and faunal successions. XII + 322 pp., Ray Soc., London.
- Zonneveld, J. I. S., — 1947 —, Het Kwartair van het Peelgebied en naaste omgeving. Een sediment-petrologische studie. Acad. proefschr., Leiden, ook: (Meded. Geol. Stichting, serie C-VI-no. 3, 223 pp.).