

EEN PALYNOLOGISCH ONDERZOEK VAN IN DEKZAND
ONTWIKKELDE BODEMPROFIELEN

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0092 6457

Dit proefschrift met stellingen van

ALBERT JAN HAVINGA,

landbouwkundig ingenieur, geboren te Sneek, 19 oktober 1920, is
goedgekeurd door de promotor, Dr. Ir. C. H. EDELMAN, hoogleraar
in de bodemkunde.

De Rector Magnificus der Landbouwhogeschool
W. F. EIJUSVOOGEL

Wageningen, 20 september 1962

NN 8201,336

no 336

C

EEN PALYNOLOGISCH ONDERZOEK VAN IN DEKZAND ONTWIKKELDE BODEMPROFIELEN

*A PALYNOLOGICAL INVESTIGATION OF SOIL PROFILES
DEVELOPED IN COVER SAND*

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. F. EHSVOOGEL,
HOGLERAAR IN DE HYDRAULICA, DE BEVLOEIING, DE WEG- EN
WATERBOUWKUNDE EN DE BOSBOUWARCHITECTUUR,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG, 2 NOVEMBER 1962 TE 16.00 UUR

DOOR

A. J. HAVINGA

H. VEENMAN EN ZONEN N.V. - WAGENINGEN - 1962

104166 - 03

**Bibliotheek
der
Landbouw Hogeschool
WAGENINGEN**

Aan mijn ouders

Aan mijn vrouw

STELLINGEN

I

De ontwikkeling van de bodemkartering in Nederland heeft tot gevolg gehad, dat een fysiografische indeling in bodemeenheden steeds meer ten achter werd gesteld ten gunste van een morfometrische indeling. Het is echter gewenst dat in de legenda van een bodemkaart voor algemeen gebruik, de fysiografische aspecten van de bodemgesteldheid duidelijk tot uiting komen.

II

De diepere bodemlagen in de komkleigebieden in de Betuwe tussen Maurik en Tiel in het westen en Randwijk en Andelst in het oosten, voorzover niet bestaand uit veen of pleistoceen zand, bezitten sterk het karakter van een meerafzetting.

III

Het verschil in kalkgehalte van het jonge duinzand ten zuiden en ten noorden van Bergen kan hoofdzakelijk worden verklaard door aan te nemen dat, bij selektief transport van zand en schelpdelen, de soort van schelpen en de hoeveelheid van doorslaggevende betekenis zijn en niet, zoals door DE VRIES wordt aangenomen, de ligging van de kustlijn ten opzichte van de overheersende windrichting.

V. DE VRIES, 1961. Vegetatiestudie op de westpunt van Vlieland. Diss. Amsterdam.

IV

De belangrijke verschillen die de verlandingsvegetaties in Noordwest-Overijsel vertonen, zijn geen gevolg van het al of niet optreden van kwel, zoals door KUIPERS wordt aangenomen, maar houden dikwijls verband met verschillen in bodemgesteldheid.

P. KUIPERS, 1958. Verlandingsvegetaties in N.W.-Overijsel. *Kruipnieuws* 20, 1: 1-19.

V

Bij vegetatiekartering kan palynologisch onderzoek van bodemprofielen soms een belangrijke steun geven.

VI

Dat de boompollensamenstelling van de door WATERBOLK geanalyseerde grafheuvelzolen meestal niet in afhankelijkheid van de beginnende heideuitbreiding verandert, wordt door deze onderzoeker niet verklaard.

H. T. WATERBOLK, 1954. De praehistorische mens en zijn milieu. Diss. Groningen.

VII

Waar in een rivierkleigebied eenzelfde polderpeil voorkomt, moet men bij het vaststellen van de meest gewenste grondwaterstand de eisen van de fruitteelt op de stroomruggrond in het algemeen zwaarder laten wegen dan die van het intensief gebruikte of te gebruiken grasland op de komklei.

J. W. MINDERHOUD, 1960. Grasgroei en grondwaterstand. Diss. Wageningen.

VIII

Bij een groot gedeelte van de graslandbedrijven in de gebieden met knipklei kan door een eenvoudige bevoeiing de schade tengevolge van periodiek optredende zeer sterke verdroging, op weinig kostbare wijze ten dele worden ondervangen.

IX

Bij de natte aggregaatanalyse wordt door PEERLKAMP ten onrechte geen rekening gehouden met een verschillende zwellingsduur van verschillende kleien.

P. K. PEERLKAMP, 1948. Het meten van de bodemstructuur. Landbouwkundig Tijdschrift 60, 8: 321-338.

X

Bekalking van tropische bodems kan een voor de landbouwproductie gunstig effect hebben. Dit geldt, in tegenstelling tot de opvatting van MIDDELBURG, ook voor roodaarden.

H. M. MIDDELBURG, 1952. De kalkbehoefte van tropische roodaarden. Bergcultures 27, 7: 126-130.

XI

Het gebruik om in literatuurlijsten geen titels van publikaties te vermelden, belemmert de literatuurstudie en dient derhalve te worden vermeden.

WOORD VOORAF

Dit proefschrift is het resultaat van een onderzoek aan het Laboratorium voor Regionale Bodemkunde, Geologie en Mineralogie van de Landbouwhogeschool te Wageningen, verricht in de jaren 1954-1961.

Aan Prof. Dr. C. H. EDELMAN, van wie het initiatief tot het onderzoek is uitgegaan, is de schrijver veel dank verschuldigd voor de vele raadgevingen, de warme belangstelling en de medewerking, bij het werk ondervonden.

Zijn erkentelijkheid gaat voorts uit naar Prof. Dr. F. FLORSCHÜTZ, die de schrijver in de methodiek van het palynologisch onderzoek inwijdde en later behartenswaardige kritiek gaf;

Dr. B. POLAK, voor het tot stand komen van een pollenherbarium en voor de vele andere steun bij het onderzoek;

Dr. J. Ch. L. FAVEJEE, voor de medewerking bij het onderzoek naar de oxydatiegevoeligheid van verschillende pollensoorten.

Voorts wordt dank gebracht aan de Heren G. BUURMAN en W. F. ANDRIESSEN voor het tekenwerk, de Heer Z. VAN DRUUTEN voor de fotografie en aan alle anderen, die op enige wijze tot het resultaat hebben bijgedragen.

Dat de publikatie van het proefschrift mogelijk werd gemaakt door een subsidie van de Nederlandse organisatie voor zuiver wetenschappelijk onderzoek, zij hier mede met erkentelijkheid vermeld.

INHOUD

	Blz.
HOOFDSTUK I	
INLEIDING	1
HOOFDSTUK II	
BESCHRIJVING VAN DE BODEMPROFIELEN EN DE MOGELIJKHEDEN DIE ZIJ VOOR HET ONDERZOEK BIEDEN	4
Uddelermeer I, II en III: 5 – Staphorst I en II: 8 – Epe I, II en III: 10 – Peel I, II, III en IV (reeks H): 12 – Noordoostpolder I, II en III: 13 – Delfzijl I, II, III, IV en V: 15 – Appingedam: 19 – Flevoland I, II en III: 20 – Velzen I, II, III en IV: 21 – Peel V, VI en VII (reeks L): 23.	
HOOFDSTUK III	
BESCHRIJVING VAN DE DIAGRAMMEN	26
Uddelermeer I: 26 – Uddelermeer II en III: 27 – Staphorst I en II: 28 – Epe I, II en III: 29 – Peel I, II, III en IV (reeks H): 31 – Noordoostpolder I, II en III: 33 – Delfzijl I, II, III, IV en V: 34 – Appingedam: 37 – Flevoland I, II en III: 38 – Velzen I, II, III en IV: 38 – Peel V, VI en VII (reeks L): 41.	
HOOFDSTUK IV	
HET ONTSTAAN VAN EEN POLLENPROFIEL IN EEN ZANDIGE BODEM	45
1. Literatuurgegevens	45
a. Opstuivingstheorieën	45
b. Inspoelingstheorieën	48
c. Theorieën die uitgaan van een combinatie van verschillende processen	50
2. De frekwentieverdeling van het pollen in het zand	51
3. De verschillende wijzen waarop pollen in een zandige bodem kan terechtkomen	54
a. Sedimentatie van pollen tegelijk met zand	55
b. Pollensedimentatie tegelijk met ophoping van zand aan het bodemoppervlak door de bodemfauna	58
c. De betekenis van de opstuiving en van de accumulatie van zand door de bodemfauna voor de ontwikkeling van het pollenprofiel	59
d. Verspoeling van zand met pollen	61
e. Inspoeling van pollen	62
f. De betekenis van de polleninspoeling voor de ontwikkeling van het pollenprofiel	63
g. De pollenverdeling in de bodem als gevolg van homogenisatie	65
h. Willekeurige overrepresentatie	68
4. Selectieve korrosie	70
a. Literatuurgegevens	70
b. Het Uddelermeeronderzoek	72
c. Hoge <i>Pinus</i> - en <i>Tilia</i> -waarden in zandspektra	76
d. Oxydatieproeven	76
HOOFDSTUK V	
DE INVLOED VAN DE BODEMKUNDIGE SITUATIE OP HET ONTSTAAN VAN HET POLLENPROFIEL	79
1. De lengte van het pollenprofiel	79
2. De aansluiting van het zandgedeelte van een pollendiagram aan het veengedeelte	80

HOOFDSTUK VI	
BETREKKINGEN TUSSEN ZANDSPEKTRUM EN VEGETATIE	82
1. Lokale invloed	82
2. De betekenis van een hoge Σ NAP: Σ AP verhouding	84
3. Post-boreale zandspektra met hoge <i>Ericaceae</i> -waarden	85
4. Boreale zandspektra met hoge Σ NAP-waarden	86
5. Mengspektra	90
HOOFDSTUK VII	
DE BETEKENIS VAN ZANDSPEKTRA VOOR OUDERDOMSBEPALINGEN	91
1. Gelijktijdige sedimentatie van pollen en zand	91
2. Infiltratie van pollen in de zandige bodem	91
3. De datering van de aanvang van de veengroei	94
HOOFDSTUK VIII	
DE VEGETATIEONTWIKKELING BIJ DE VERSCHILLENDE PROFIELEN	95
1. Beschrijving van de vegetatieontwikkeling	95
2. Enkele algemene konklusies	101
HOOFDSTUK IX	
ENKELE BODEMKUNDIGE KONSEKWENTIES VAN HET ONDERZOEK	105
1. De tijden waarin en de oorzaken waardoor podzolering optrad	105
2. Invloed van de vegetatie op de podzolering	106
HOOFDSTUK X	
SAMENVATTING	110
SUMMARY	114
LITERATUURLIJST	119
FOTO'S EN POLLENDIAGRAMMEN EN -TABELLEN	123

HOOFDSTUK I

INLEIDING

Nog betrekkelijk kort geleden werd het ontstaan van podzolprofielen in zandige bodems in Nederland steeds aan een heidebegroeiing toegeschreven. Deze opvatting scheen bevestigd door palynologisch onderzoek van het "heidepodzolprofiel" door BEYERINCK (1931, 1933a en b) en FLORSCHÜTZ (1941). Voorts zijn er incidentele gegevens waaruit zou blijken dat boven podzolprofielen (SCHRÖDER 1934, VERMEER-LOUMAN 1934, FLORSCHÜTZ 1941) en humeuze zandlagen (POLAK 1936), die onder veen van tenminste atlantische ouderdom werden aangetroffen, oorspronkelijk een heidebegroeiing voorkwam.

In de laatste vijftien jaar won in bodemkundige kring hoe langer hoe meer het inzicht veld, dat een groot deel van de gepodzoleerde bodems, in het bijzonder de vochtige, oorspronkelijk bos zou hebben gedragen. Daarbij werd in het begin vooral aan eikenbos gedacht. Een exact bewijs voor de juistheid van deze theorie kon door bestudering van de samenhang tussen bodemgesteldheid en vegetatie echter niet geleverd worden, wegens het zo goed als geheel ontbreken van oorspronkelijke begroeiingen op onze zandgronden.

Een goede mogelijkheid een beter gefundeerd inzicht te krijgen, bleek de door BEYERINCK ingevoerde methode van palynologisch zandonderzoek toe te passen op bodemprofielen die onder stuifzand- en veenlagen van verschillende ouderdom aanwezig zijn. In enkele gevallen konden ook vegetatieve overblijfselen van de voormalige plantengroei in het onderzoek worden betrokken.¹ Deze komen echter bij zandige bodems slechts af en toe in goed gekonserveerde toestand voor en dan nog alleen voorzover die bodems onder veen aanwezig zijn. Getracht is de profielontwikkeling in samenhang met de vegetatieontwikkeling, vanaf het begin van het Holoceen, na te gaan.

De analyse van bedolven profielen biedt nog het grote voordeel, dat men zeker weet dat ze niet door grondbewerking zijn verstoord en dat de vegetaties waarvan het pollen afkomstig is niet door de mens zijn beïnvloed, tenminste als de bedekkende lagen oud genoeg zijn.

Het onderzoek heeft alleen betrekking op in dekzand ontwikkelde profielen. Er zijn overwegend podzolprofielen geanalyseerd, maar daarnaast ook enkele andere bodemvormingen, onder andere gleyprofielen, waarbij een inspoelingshorizont ontbreekt.

Bij het literatuuronderzoek bleek het niet mogelijk voldoende gegevens te verzamelen voor een juiste interpretatie van de pollendiagrammen van de zandige bodems. Daarom is het onderzoek uitgebreid met een bestudering van de betekenis van zanddiagrammen in het algemeen. Daarbij werd vooral veel aandacht besteed aan de ontstaanswijze van het pollenprofiel² in zand.

¹ De determinatie geschiedde door de heer H. JAPING, Instituut voor Bosbouwkundig Onderzoek te Wageningen.

² Onder pollenprofiel wordt verstaan de vertikale verdeling van het pollen in de bodem, welke weergegeven wordt door het pollendiagram.

De zonering van de veen- en zandgedeelten van de diagrammen vond plaats door correlatie met verschillende perioden uit de vegetatiegeschiedenis, die als volgt zijn onderscheiden (VAN DER HAMMEN 1953, VAN ZEIST 1955, ZAGWIJN 1956, POLAK 1959), zie tabel I.

TABEL I. Indeling en vegetatiegeschiedenis van het Laatglaciaal en het Holoceen
TABLE I. *Division and vegetational history of the Late-glacial and Holocene*

Periode <i>Period</i>	Vegetatie <i>Vegetation</i>	Pollenspektra in veendiagrammen <i>Pollen spectra in peat diagrams</i>
HOLOCEEN <i>HOLOCENE</i> ± <i>Fagus-Carpinus</i> periode in de zanddiagrammen ¹	Subatlanticum <i>Subatlantic</i> <i>Fagus</i> en later ook <i>Carpinus</i> belangrijk, steeds voort- gaande ontbossing	Sterke <i>Fagus</i> -toename, <i>Carpinus</i> bereikt vrij hoge waarden, sterke toename van niet-boompollen (NAP), vooral van <i>Ce- realia</i>
± <i>Fagus-Carpinus</i> period in the sand diagrams ¹	<i>Fagus important and after- wards Carpinus also, con- tinual disafforestation</i>	<i>Marked increase in Fagus, Carpinus reaches fairly high values, marked increase in non-arboreal pollen (NAP), especially Cerealia</i>
	Subboreaal/ <i>Subboreal</i> <i>Fagus</i> breidt zich uit, toene- mende invloed van de mens	<i>Fagus</i> -toename, <i>Carpinus</i> met geringe percentages aanwezig, toename van NAP, landbouwonkruiden en <i>Cerealia</i> verte- genwoordigd
	<i>Fagus spreads, increasing influence of man</i>	<i>Increase in Fagus, small percentages of Carpinus, increase in NAP, agricultural weeds and Cerealia represented</i>
HOLOCEEN <i>HOLOCENE</i>	Atlanticum <i>Atlantic</i> Elzenbos en gemengd eiken- bos, op het eind immigrereert <i>Fagus</i> en begint de mense- lijke invloed (landbouw)	<i>Alnus</i> en het <i>Quercetum mixtum</i> bereiken hoge waarden, in het bovenste deel van de zone verschijnen <i>Fagus</i> en soms <i>Cerea- lia</i> , <i>Pinus</i> weinig aanwezig, grens met het Subboreaal vormt de <i>Ulmus</i> afname; met het Boreaal de <i>Pinus-Alnus</i> -kruising
	<i>Alder forest and mixed oak forest, finally Fagus immi- grates and the influence of man begins (agriculture)</i>	<i>Alnus and the Quercetum mixtum reach high values, Fagus appears in the top part of the zone and occasionally Cerealia, hardly any Pinus, boundary with the Sub- boreal is formed by the decrease in Ulmus, and the boundary with the Boreal by the Pinus-Alnus crossing</i>

¹ De grens tussen Atlanticum en *Fagus-Carpinus*-periode is in de zanddiagrammen gelegd bij het eerste optreden van *Fagus* of eventueel *Carpinus* (zie blz. 27).

The boundary between the Atlantic and Fagus-Carpinus period is located in the sand diagrams at the first appearance of Fagus or, where applicable Carpinus.

Periode <i>Period</i>	Vegetatie <i>Vegetation</i>	Pollenspektra in veendiagrammen <i>Pollen spectra in peat diagrams</i>
HOLOCEEN <i>HOLOCENE</i>	<p>Boreaal/<i>Boreal</i> Dennen- en berkenbossen, <i>Corylus</i> zeer belangrijk, warmteminnende bomen nemen in belangrijkheid toe <i>Fir and birch forests, Corylus very important, warmth-loving trees become more important</i></p> <p>Praeboreaal/<i>Preboreal</i> Gesloten berken- en dennenbossen, warmteminnende bomen immigreren</p> <p><i>Dense closed fir and birch forests, warmth-loving trees immigrate</i></p>	<p><i>Pinus</i> gewoonlijk dominant, <i>Corylus</i> en soms ook <i>Betula</i> komen met hoge waarden voor, het <i>Quercetum mixtum</i> en <i>Alnus</i> nemen wat toe <i>Pinus usually dominant, Corylus and occasionally also Betula occur with high values, the Quercetum mixtum and Alnus show a slight increase</i></p> <p>NAP neemt snel af, eerst vooral <i>Betula</i> sterk vertegenwoordigd, daarna ook <i>Pinus</i>; <i>Corylus</i> verschijnt en dikwijls ook <i>Ulmus</i> <i>NAP decreases rapidly, at first Betula very well represented, afterwards Pinus as well; Corylus appears and often Ulmus as well</i></p>
LAATGLACIAAL <i>LATE-GLACIAL</i>	<p>Jonge Dryastijd <i>Late Dryas-time</i> Parklandschap met <i>Betula</i> en <i>Pinus</i> <i>Park landscape with Betula and Pinus</i></p> <p>Alleröd-tijd <i>Alleröd oscillation</i> Tamelijk dichte bossen, eerst van <i>Betula</i>, later van <i>Pinus</i> en <i>Betula</i> <i>Fairly dense forests, first Betula, afterwards Pinus and Betula</i></p> <p>Oude Dryas-tijd <i>Earlier Dryas-time</i> Aanvankelijk toendra, daarna parklandschap met <i>Betula</i> <i>First tundra, afterwards park landscape with Betula</i></p>	<p>Snelle toename van NAP, <i>Pinus</i> neemt af <i>Rapid increase in NAP, Pinus decreases</i></p> <p>Snelle afname van NAP, eerst voornamelijk <i>Betula</i>, daarna ook <i>Pinus</i> veel aanwezig <i>Rapid decrease in NAP, Betula chiefly present at first, afterwards a high percentage of Pinus</i></p> <p>Hoge NAP-waarden, <i>Betula</i> aanwezig <i>High NAP values, Betula present</i></p>

HOOFDSTUK II

BESCHRIJVING VAN DE BODEMPROFIELEN EN DE MOGELIJKHEDEN DIE ZIJ VOOR HET ONDERZOEK BIEDEN

In totaal zijn 29 profielen onderzocht, die groepsgewijs, in verschillende delen van Nederland zijn aangetroffen (zie fig. 1). De verschillende profielreeksen zijn benoemd naar de vindplaats en in het navolgende gerangschikt in volgorde van toenemende ouderdom.

Binnen elke reeks zijn de profielen in het algemeen ongeveer even oud. Wat betreft de morfologische kenmerken kunnen ze niettemin soms sterk uiteenlopen. Anderzijds kan men tussen bodemvormingen welke van variërende ouderdom zijn, soms juist een grote overeenkomst konstateren.



FIG. 1. De plaatsen waar de onderzochte profielen zijn aangetroffen
Locations at which the profiles investigated were found

De mogelijkheden die de profielen voor het onderzoek boden of schenen te bieden, zijn bij elke reeks vermeld. Daar de mogelijkheid tot onderzoek naar de aard van de vroegere vegetatie natuurlijk steeds aanwezig was, is die niet apart genoemd. Wel is op daarvoor bijzonder gunstige omstandigheden de aandacht gevestigd.

Voor de beschrijving van de verschillende bodemhorizonten zijn de in tabel II aangegeven symbolen gebruikt (Soil Survey Manual 1951, Schema voor Profielbeschrijving van de Stichting voor Bodemkartering). De kleurbepalingen vonden plaats aan de hand van de "Munsell soil color charts".¹ In de diagrammen zijn de originele symbolen en afkortingen van de vertaalde omschrijvingen vermeld. De kleuren zijn die van grond onder droge omstandigheden. In de tekst zijn om praktische redenen eigen omschrijvingen gebruikt.

De kleuren van de inspoelingshorizonten zijn naar de mate van roodkleuring in drie groepen onderscheiden. Deze vallen achtereenvolgens onder "hue" 10YR, 7,5YR en 5YR en zijn omschreven als iets, vrij sterk en sterk roodbruin. De donkerte van de B-horizont kan in horizontale richting soms sterk variëren, maar de "hue" is meestal konstant. De sterk roodbruine kleuren zijn tot de drogere profielen beperkt.

De kleuren van de A₂-horizonten vallen steeds onder 10YR. Er zijn een grijze en een witte groep onderscheiden, die gekenmerkt zijn door een verschillende "value". Deze is voor de eerstgenoemde groep 5,5 of 5, voor de andere meer dan 5,5; meestal 6,5. Van beide groepen is een ondergroep afgesplitst met een iets sterkere roodkleuring, waarbij de "hue" iets naar 7,5YR verschoven is. Bij de kleurbepaling kon de rodere tint alleen min of meer tot zijn recht komen door een grotere "chroma" toe te kennen, namelijk 1,5 in plaats van 1. De rodere tint gaat bij de grijze groep meestal ook met een grotere helderheid gepaard ("value" 5,5). De kleur is in de tekst omschreven als violetgrijs, die zonder de rodere tint als grijs. De rodere tint veroorzaakt in de witte groep een roseachtig witte kleur. Bij ontbreken daarvan is de kleur wit genoemd. De roseachtig witte kleur komt algemeen voor, de witte maar zelden.

De grijze en violetgrijze A₂-horizonten worden bij de hoger gelegen, droger ontwikkelde podzolprofielen aangetroffen. Men neemt wel aan dat de grijze kleur op heideïnvloed en de violetgrijze kleur op bosïnvloed wijst. De witte en roseachtig witte A₂-horizonten worden algemeen bij lage natte podzolprofielen aangetroffen.

UDDELERMEER I, II EN III

Door POLAK (1959) is een palynologische studie gewijd aan de organische onderwaterafzetting (dy en gyttja), welke in een vele meters dikke laag de zandige bodem van het Uddelermeer bedekt. Hierna wordt dit sediment aangeduid als dy-profiel Uddelermeer I. Het meer is gelegen in het noordelijke deel van de Veluwe, waar over een grote oppervlakte fluvioglaciale zanden voorkomen. Plaatselijk, ook nabij het meer, zijn deze met een weinig dekzand bedekt. Tot betrekkelijk kort geleden kwam in de omgeving een uitgestrekt heideveld voor, maar dit is in recente tijd ontgonnen.

Vanaf de laatglaciale periode van de Würmijstijd heeft in het meer een ononderbroken sedimentatie plaatsgevonden van organische stof, een weinig verstoven zand en ook van pollen. Daar de pollenregen op een open wateroppervlak neerdaalde, kan

¹ Een kleur wordt daarin bepaald door zijn "hue" of uitgangskleur, waarin zijn betrekking tot de primaire kleuren rood (R), geel (Y), groen (G), enz. tot uitdrukking komt, door zijn "value" of helderheid en door zijn "chroma" of kleurverzadiging. Een kleur met een "hue" 10YR, een "value" 5 en een "chroma" 2 wordt omschreven als 10YR 5/2.

TABEL II. Verklaring der symbolen voor de profielhorizonten
 TABLE II. Explanation of the symbols for the profile horizons

Symbol <i>Symbol</i>	Omschrijving <i>Description</i>
A	uitspoelingshorizont/ <i>eluviation horizon</i>
(A)	zwak ontwikkelde A/ <i>weakly developed A</i>
A ₁	het donker gekleurde bovenste deel met een hoog organische-stofgehalte/ <i>the dark coloured top part with a high content of organic matter</i>
A ₂	het lichtgrijs of wit gekleurde onderste deel met maximale uitspoeling/ <i>the light grey or white-coloured bottom part with maximum eluviation</i>
A ₃	overgang naar B, maar de grootste overeenkomst met A/ <i>transition to B, but more closely resembling A than B</i>
AB	overgang naar B, evenveel overeenkomst met A als met B/ <i>transition to B, equal resemblance to A and B</i>
AC	overgang naar C, evenveel overeenkomst met A als met C, B ontbreekt/ <i>transition to C, equal resemblance to A and C, B absent</i>
B	inspoelingshorizont/ <i>illuviation horizon</i>
(B)	zwak ontwikkelde B/ <i>weakly developed B</i>
B ₁	overgang van A naar B, maar de grootste overeenkomst met B/ <i>transition from A to B, but more closely resembling B than A</i>
B ₂	het middelste deel met maximale inspoeling/ <i>the central part with maximum illuviation</i>
B _{2h}	B ₂ met bijzonder sterke accumulatie van organische stof/ <i>B₂ with very great accumulation of organic matter</i>
B ₃	overgang naar C, maar de grootste overeenkomst met B/ <i>transition to C, but more closely resembling B than C</i>
BC	overgang naar C, evenveel overeenkomst met B als met C/ <i>transition to C, equal resemblance to B and C</i>
C	weinig of niet veranderd moedermateriaal/ <i>little or no change in the parent material</i>
G	onder grondwaterinvloed sterk gereduceerde, grijze gleyhorizont met tweewaardige ijzerverbindingen/ <i>grey gley horizon highly reduced by ground water, containing bivalent iron compounds</i>
GC	C-horizont met matig sterke gley-invloed/ <i>C-horizon with fairly marked gley effect</i>
g	geringe gley-invloed, meestal roestkleurige driewaardige ijzerverbindingen aanwezig/ <i>slight gley effect, rust-coloured trivalent iron compounds mostly present</i>
I	bovenste deel van een dubbel podzolprofiel/ <i>top of a double podsol profile</i>
II	onderste deel van een dubbel podzolprofiel/ <i>bottom of a double podsol profile</i>
d	afwijkende korrelgrootteverdeling van het zand/ <i>different grain-size distribution of the sand</i>
u	afwijkende laag, bijvoorbeeld steen- of veenlaag/ <i>unconformable layer, for instance a stone or peat layer</i>
an	opgebrachte laag/ <i>layer deposited by man</i>

het pollendiagram van de organische afzetting niet sterk vertekend zijn door de invloed van een lokale vegetatie, behalve misschien van sommige waterplanten. Het geeft dus een goed beeld van de ontwikkelingsgang van de regionale vegetatie.

Een pollendiagram zoals door POLAK verkregen, is ideaal als toets voor pollendiagrammen van sedimenten met minder gunstige voorwaarden voor het opvangen en conserveren van het pollen van de regionale flora. Nabij het Uddelermeer is in de dekzandbodem een humus-podzolprofiel ontwikkeld. Nu is een dergelijke bodemvorming reeds herhaaldelijk een studieobject voor palynologen geweest, echter zonder dat zij tevens over een diagram van een onderwaterafzetting als vergelijkingsobject beschikten. Dit is de reden, waarom in de nabije omgeving van het meer twee profielen, Uddelermeer II en III, zijn onderzocht. Door de diagrammen daarvan te vergelijken met dat door POLAK verkregen, zou het mogelijk zijn, na te gaan of in de zanddiagrammen dezelfde fasen van de bosgeschiedenis terug te vinden zijn als door het dy-diagram worden weergegeven. Indien dit het geval zou blijken te zijn, dan zou tevens aan het licht kunnen komen of de zandspektra, vergeleken met de dy-spektra, eventueel een bepaalde vertekening laten zien. Deze zou een gevolg kunnen zijn van een sterke invloed op de pollenregen van een plaatselijke begroeiing onmiddellijk nabij de onderzochte profielen, maar ook van andere oorzaken, zoals bijvoorbeeld een verschillend sterke weerstand van de onderscheidene pollensoorten tegen korrosie.

Profiel Uddelermeer II is 40 m ten oosten van het meer aangetroffen onder een aarden wal, welke als verdedigingswerk in de 7e à 10e eeuw na Chr. is opgeworpen. Ter plaatse bedraagt de dikte van de wal 115 cm. De onderste 50 cm bestaan uit lichtgeel, zuiver zand, van dezelfde aard als het zand van de C-horizont van het podzolprofiel. Er bleek zeer weinig pollen in aanwezig te zijn, zodat vast staat, dat er vanuit de bedekkende zandlaag zo goed als geen pollen in de onderzochte bodem is geïnfiltreerd.

Het podzolprofiel vertoont een grijze A_2 , waaronder een B-horizont van een donkere, vrij sterk roodbruine kleur (7,5YR). In de laatstgenoemde horizont komen hoofdzakelijk ingespoelde humusstoffen, maar daarnaast ook ijzerverbindingen voor, zoals bleek uit de rode kleur van het zand nadat het was gegloeid. Voor een nauwkeurige omschrijving van de dikten en de kleuren der opeenvolgende horizonten wordt verwezen naar het diagram.

Het profiel is niet geheel intakt. Uit het ontbreken van een strooisellaag en de geringe dikte van de A_1 -horizont blijkt, dat een waarschijnlijk enkele cm's dikke laag van de oorspronkelijke bovengrond ontbreekt.

Onder een restant van de vroegere heide, enige tientallen meters van het vorige profiel verwijderd, is het profiel Uddelermeer III aangetroffen. Het reikt veel dieper dan het vorige. De grote dikte van de A_2 -horizont is ten dele een gevolg van een vrij recente overstuiving. De dikke inspoelingslaag is sterk verkit en op bepaalde diepte wat rijker aan ijzer dan de overeenkomstige laag van profiel Uddelermeer II. De kleur van de B-horizont valt echter in dezelfde "hue" (7,5 YR).

De resultaten van de pollenanalyse van profiel Uddelermeer III zijn wel beschreven, maar gezien de grote overeenkomst met die van Uddelermeer II, is de weergave ervan in een grafiek achterwege gebleven.

Ongeveer 45 cm onder het oorspronkelijke bodemoppervlak is bij profiel Uddelermeer II, in de BC-horizont, een enkele cm dikke laag van keitjes met een doorsnee van ± 2 cm aanwezig. De stenen vormen een vrij kompakte laag, maar hebben vermoedelijk toch voldoende ruimte gelaten voor de tot grotere diepte doordringende plantwortels en bodemdieren, die mogelijk bij de bodemvorming een zekere rol hebben gespeeld. De laag kan in horizontale richting vervolgd worden tot profiel Uddelermeer III, waar zij op ± 60 cm diepte, eveneens in de BC-horizont voorkomt. Nog verder in dezelfde richting daalt het bodemoppervlak geleidelijk tot slechts enkele cm's er boven, zodat de stenen achtereenvolgens in de B₂-, de A₂- en de A₁-horizont worden aangetroffen.

STAPHORST I EN II

Oorspronkelijk kwam in de omgeving van Staphorst op de zwak golvende bodem van pleistoceen dekzand een uitgestrekt hoogveen voor. Dit is in de late middeleeuwen voor de turfbereiding afgegraven. Slechts een van 1 tot 15 cm in dikte variërend laagje, dat direkt op het zand rust, is op de meeste plaatsen niet mee verveend. Men heeft het later weer bedekt met een 25 à 40 cm dikke laag humeuze teelaarde, om de bodem voor landbouw geschikt te maken.

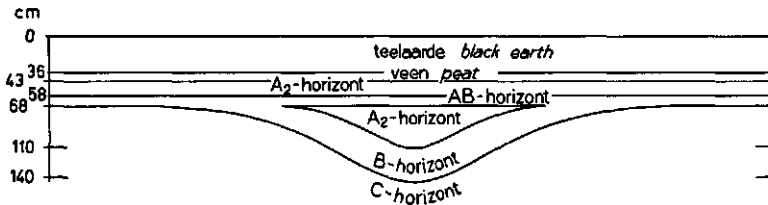
In het pleistocene dekzand komen in het algemeen goed ontwikkelde, droge podzolprofielen voor. De uitspoelingslaag bezit onderin een naar het violet neigende grijze, en bovenin een zuiver grijze kleur. Met deze laag vormt de donkere, vrij sterk roodbruine (7,5YR) B-horizont een sterk contrast. In het bovenste deel van de inspoelingshorizont is een buitengewoon sterke accumulatie van humusstoffen opgetreden, zodat een min of meer venige laag is ontstaan (B_{2b}-horizont). Er valt duidelijk horizontale splinging in waar te nemen. Waarschijnlijk is deze laag niet alleen door inspoeling van humusstoffen ontstaan, maar ten dele ook door humificatie van organische stof, afkomstig van een vroegere beworteling, die op dit niveau een dicht vilt vormde. Onder de B-horizont komen donkerbruine fibers voor.

In de laag zelf kon door gloeien geen ijzer aangetoond worden, daar beneden wel een weinig.

Over het algemeen bezitten de bodemprofielen in de omgeving de boven omschreven kenmerken. Een goede vertegenwoordiger is het onderzochte profiel Staphorst I. Daarnaast komen min of meer regelmatig over het gebied verspreid ook profielen voor, die zijn gevormd zoals profiel Staphorst II. Het laatstgenoemde profiel, dat 20 m van het andere verwijderd ligt, is een dubbel podzolprofiel en is zeer diep ontwikkeld. De onderste van de twee loodzandlagen is bijzonder dik en heeft een iets violette, nogal bruinachtige tint. De bovenste A₂-horizont onderscheidt zich niet noemenswaard van die van het enkelvoudige podzolprofiel. De AB-horizont, die de beide lagen scheidt, valt weinig op, wat zowel een gevolg is van zijn fletse kleur als van zijn geringe dikte. De onderste inspoelingslaag is daarentegen nogal donker en vrij dik.

De oppervlakten waarover de dubbele podzolprofielen worden aangetroffen zijn zeer klein, ongeveer 2 à 3 m in doorsnee. Zijdelings gaan ze in het normale podzolprofiel over, doordat de beide inspoelingslagen zich samenvoegen (zie fig. 2).

FIG. 2. Schematische voorstelling van profiel Staphorst II
Diagram of profile Staphorst II



Boven beide onderzochte profielen is, onder de teelaardelaag, een veenlaagje aanwezig. Bij Staphorst I bedraagt de dikte ervan 12 cm, bij Staphorst II slechts 1,5 cm en is het in verticale richting gescheurd. De veengroei begon bij deze profielen in het Subboreaal, nog voor het optreden van *Carpinus*. Vanaf die tijd heeft dus geen bodemvorming onder invloed van de vegetatie meer plaatsgevonden.

Door TAMM (1950) is een dubbel podzolprofiel in Noord-Zweden beschreven. Het wordt daar algemeen onder een natuurlijke bosvegetatie aangetroffen. Volgens deze auteur ontstaat het door het omwaaien van bomen. Men treft deze bodemvorming in het bijzonder aan waar de bodem los is, ter plaatse van bijna niet waarneembare terreinsverhogingen van slechts 2 à 3 m² oppervlakte.

RAMANN (1886) geeft een afbeelding van een sterke, komvormige verlaging van de B-horizont van een gepodzoleerde bodem. Boven de verlaging is de bodem sterk gestoord, behalve langs de rand, waar een dikke loodzandlaag aanwezig is. Volgens RAMANN is deze bodemvorming ontstaan ter plaatse van een oude boomstronk. In overeenstemming hiermee zou de grote diepte waarop de onderste uitspoelingslaag bij profiel Staphorst II voorkomt, goed op vroegere boomgroei kunnen wijzen.

Een andere aanwijzing dat de profielen van Staphorst onder bos zijn ontstaan, is misschien de betrekkelijk violette tint van het loodzand. Uit een beschrijving van podzolprofielen onder een *Piceabos* door TRAUTMANN (1952) en uit een palynologisch onderzoek van een fossiel podzolprofiel door SCHEYS, DUDAL en BAYENS (1954) zou blijken, dat een dergelijke tint soms aan de invloed van een bosvegetatie moet worden toegeschreven.

Het leek interessant te onderzoeken of de polleninhoud van het zand, in overeenstemming met de beschreven bodemvorming, de aanwezigheid van een vroegere begroeiing met bos duidelijk zou demonstreren.

Voorts leent het materiaal zich voor een geheel ander onderzoek, namelijk of er eventueel polleninspoeling in het zand heeft plaatsgevonden. Hiervóór is beschreven dat boven de gepodzoleerde bodem een teelaardelaag aanwezig is welke daarvan door een veenlaag is gescheiden. Het spreekt welhaast vanzelf dat de polleninhoud van de teelaardelaag karakteristieke verschillen met die van het onderliggende podzolprofiel moet vertonen, waar een ongestoorde, betrekkelijk dikke veenlaag de beide zandige lagen scheidt. Waar echter een gescheurd en dun veenlaagje voorkomt, zoals bij Staphorst II, kan mogelijk door uitspoeling pollen vanuit de kultuurlaag ook in het onderliggende zand zijn terechtgekomen.

Bijzondere vermelding verdient nog dat de onderste loodzandlaag van het dubbele podzolprofiel, van ± 20 – ± 45 cm diepte doorzeefd was met nauwe en wijdere gangen (zie fig. 5, foto's achter de literatuurlijst). In één van de wijdere gangen werd een dode graafbij van het geslacht *Halictus*¹ aangetroffen. De talrijke nauwe gangen moeten door de larven van deze bij zijn gemaakt. Daar de larven van *Halictus* door de wijfjes van stuifmeel als voedsel worden voorzien, is het duidelijk dat er ook recent pollen in het zand kan zijn geraakt. Het pollen behoeft dus geen juiste aanwijzing te geven omtrent de vegetatie waaronder het podzolprofiel is ontstaan. Dit zal blijken uit een vergelijking met de polleninhoud van het profiel Staphorst I, waarbij een dergelijk gangenstelsel niet is waargenomen.

EPE I, II EN III

De podzolprofielen van Epe zijn in het stuwwallenlandschap van het noordoostelijke deel van de Veluwe aangetroffen, waar een lokale verbreiding van dekzand voorkomt. Het zandoppervlak bezit een onrustige topografie, als gevolg van een zandverstuiving die er in een betrekkelijk late periode van het Holoceen is opgetreden. In sommige lagere delen van het terrein, die voor de verstuiving reeds lager ten opzichte van de omgeving lagen, komen vennetjes voor, welke ten dele met veen zijn opgevuld. De vegetatie bestond in de wijde omtrek tot voor kort uit heide. Pas in de laatste 25 jaar is men tot aanplant van dennenbos overgegaan.

Hier volgt eerst de bespreking van de profielen Epe II en III, en daarna van profiel Epe I.

Profiel Epe II, dat de morfologische kenmerken van een vrij droog podzolprofiel bezit, is aangetroffen onder het veen van een vennetje. Voor en tijdens het ontstaan van het podzolprofiel heeft het zand aan de oppervlakte gelegen, en kon het regenwater gemakkelijk in het zand infiltreren en zich bij het diepe grondwater voegen. Op den duur is de zandige bodem echter ondoorlatend geworden, geraakte de depressie met water gevuld en werd het profiel fossiel.

Zeven meter van de rand van het vennetje verwijderd is het droge podzolprofiel Epe III aangetroffen. Het zandoppervlak ligt daar ± 125 cm hoger dan de bodem van het vennetje en helt vrij sterk. Nog enkele tientallen meters verder wordt het terrein plaatselijk nog belangrijk hoger en kan men twee podzolprofielen boven elkaar aantreffen, gescheiden door een laag geelwit stuifzand.

De beide profielen gelijken op het enkelvoudige profiel Staphorst I wat betreft de kleur van de uitspoelingshorizont. De inspoelingshorizont is echter sterker rood gekleurd (SYR), en lang niet zo sterk humeus als bij Staphorst I. Er komen bij profiel II twee, en bij profiel III één zeer dunne, sterk verkitte bandjes in voor. Onder en boven deze bandjes is de B_2 -horizont ook wel verkit, echter in veel geringere mate. In de C-horizont zijn vrij veel donkerbruine fibers aanwezig. Onderling verschillen de twee profielen vooral doordat bij profiel Epe II bovenin de inspoelingshorizont een

¹ De determinatie is uitgevoerd door Dr. J. B. M. van Dinther, Laboratorium voor Entomologie te Wageningen.

vettig aanvoelende organische stof voorkomt, die het zand een "kazig"¹ karakter geeft.

Het verschil in topografische situatie tussen de profielen, heeft tot gevolg gehad dat profiel II ondieper ontwikkeld is dan profiel III. De onderkant van de A₂-horizont ligt op respectievelijk 12 en 20 cm diepte onder het oorspronkelijke bodemoppervlak; die van de B₂-horizont op 26 en 37 cm diepte.

Boven het oorspronkelijke oppervlak van de gepodzoleerde bodem komt een 6 à 7 cm dikke zandlaag voor met ongeveer dezelfde kleur als de uitspoelingshorizont. Schijnbaar vormt die daarmee dan ook een geheel. Door mikroskopisch onderzoek kon echter worden aangetoond, dat zij ervan gescheiden is door een dun laagje met zeer veel houtskool. Hoogstwaarschijnlijk heeft er overstuiving plaatsgevonden, nadat de vegetatie door brand was vernietigd.

Het houtskoolrijke oorspronkelijke bodemoppervlak is onder het stuifzand vervolgd over een afstand van enkele honderden meters, tot waar profiel Epe I is aangetroffen. Vanaf een bepaald punt voegde zich tussen dit oppervlak en het stuifzand een dunne veenlaag in. Uit de beschreven situatie volgt, dat de dunne veenlaag bij dit profiel Epe I ouder is dan de 6 à 7 cm dikke stuifzandlaag bij de andere profielen.

Het podzolprofiel Epe I, waarvan alleen het bovenste deel in het betreffende diagram is weergegeven, lijkt vrij veel op profiel Epe III. Een sterk verkit bandje komt daarbij in de B₂-horizont echter niet voor.

Uit gloeiproeven is gebleken dat het dunne verkitte laagje (bij 27 cm) in de B₂-horizont van profiel Epe III, zeer ijzerrijk is. Alle daar beneden aanwezige lagen, inclusief de C-horizont, bevatten ook zeer veel, hoewel toch iets minder ijzer. De lagen boven het verkitte laagje zijn ijzerloos. Bij het onder het vennetje aanwezige profiel Epe II zijn merkwaardig genoeg alle lagen boven 23 cm vrijwel ijzerloos, inclusief de sterk verkitte bandjes in de B₂-horizont. Pas beneden 23 cm, in het onderste deel van de B₂-horizont, begint het zand ijzerrijk te worden. Profiel Epe I is over de gehele diepte vrijwel ijzerloos. Hierbij kon alleen in de C-horizont een weinig ijzer worden aangetoond. Wat de ijzerhoudendheid van de diverse lagen betreft kan men echter bezwaarlijk vergelijkingen maken tussen de verschillende profielen. Zij liggen namelijk in het bereik van het grondwater, zodat deze eigenschap een secundair verschijnsel kan zijn.

De reeks van drie profielen staat, evenals de reeks Staphorst, waarnemingen toe met betrekking tot het probleem van de infiltratie van pollen in het zand. Immers, in de volgorde Epe I, II en III heeft het oorspronkelijke bodemoppervlak steeds langduriger in de situatie verkeerd dat er pollen uit de atmosfeer in terecht kon komen. Toen de podzolprofielen Epe I en II reeds door veen bedekt waren, kon toch bij profiel Epe III het pollen, via de dunne stuifzandlaag, mogelijk nog in het onderliggende zand doordringen. Een eventuele infiltratie kan gemakkelijk aangetoond worden, daar er sinds het einde van de veenvorming veranderingen in de flora en dus ook in de pollenregen zijn opgetreden.

¹ "Kazigheid" wordt aangetroffen bij lagere podzolprofielen, in onontgonnen gebied begroeid met *Erica tetralix* en *Molinia coerulea*. Met de term wordt uitsluitend een veldbodembkundig kenmerk aangegeven, waarbij buiten beschouwing wordt gelaten, hoe de samenstelling van de organische stof is en ook, of die bij de verschillende profielen kan variëren.

PEEL I, II, III EN IV (REEKS H)

Er zijn in de Peel, niet ver van Griendtsveen, twee reeksen profielen onderzocht en wel een reeks (H) van relatief hoog gelegen podzolprofielen en een reeks (L) van relatief laag gelegen, natte profielen van variërend karakter. Waar de monsters van de beide reeksen zijn verzameld, was het veen, zoals op de meeste plaatsen, reeds afgegraven. De bodem was er echter nog niet in kultuur gebracht, zodat de in de zandige ondergrond aanwezige bodemprofielen meestal gaaf, onder een dunne restveenlaag, werden aangetroffen. In dit gebied is nogal wat variatie in de samenstelling van het zand. Op vele plaatsen bezit dit een zuiver dekzand-, elders een vrij sterk lemig karakter. Vooral in de ondergrond komt veel lemig materiaal voor. Waarschijnlijk is er dikwijls eener bijmenging met löss aanwezig.

De beschrijving van de profielen van de reeks L, welke uit een zeer vlak en laag, betrekkelijk centraal gelegen gedeelte van de Peel afkomstig zijn, zal later plaatsvinden. Hier volgt alleen de beschrijving van de profielen van reeks H.

De profielen Peel I, II, III en IV liggen langs de westelijke rand van het gebied, waar de bodem een vrij sterke opwelling bezit. Waarschijnlijk is de rug ontstaan door een zandverstuiving onder invloed van het periglaciaire klimaat in de Würmijstijd. Het zand bezit tot tenminste 1,30 m diepte de samenstelling van dekzand. De profielen Peel I, II en III liggen boven op de rug, profiel Peel IV op de helling naar het vlakke terrein. De afstanden tussen de profielen bedragen telkens ± 25 m.

Bij de profielen I, II en III was in het veen, 7 à 10 cm boven het zandoppervlak, de zogenaamde grenshorizont te zien, die het jonge van het oude mosveen scheidt. Hieruit volgt, dat deze profielen ongeveer tegelijkertijd, en wel in het laatst van het Subborea, door het veen zijn bedekt. Bij profiel Peel IV was het veen tot beneden het niveau van deze horizont weggegraven. Uit het palynologisch onderzoek is echter gebleken, dat ook daarbij de veengroei pas in het jongere deel van het Subborea is begonnen.

De drie profielen behoren alle tot het droge type, maar vormen in de genoemde volgorde toch een geleidelijk vochtiger wordende reeks. Niet alleen de hoogteligging ten opzichte van de grondwaterspiegel, maar ook de topografische hoogteligging daalt in deze volgorde. Naar schatting bedraagt het hoogteverschil zowel tussen de profielen I en II als tussen II en III ongeveer 30 cm.

De uitspoelingslaag bezit bij deze profielen een lichtgrijze kleur, welke naar het violet neigt en ongeveer identiek is met die van het onderste deel van de A_2 -horizont van de profielen van Staphorst en Epe. Een duidelijk verschil is echter, dat bij de profielen van de Peel deze kleur direkt onder de A_1 -horizont begint. De inspoelingslaag is telkens sterk roodachtig donkerbruin van kleur (5YR) en sterk verkit. Hij lijkt het meest op de B-horizont van profiel Epe III. Bij geen der profielen komt "kazigheid" in het bovenste deel van de inspoelingslaag voor. Onder de B-horizont zijn donkerbruine fibers aanwezig.

Het in de volgorde Peel I, II en III geleidelijk vochtiger wordende karakter uit zich in hoofdzaak in de toenemende diepte tot waar podzolering heeft plaatsgevonden. De onderzijde van de A_2 -horizont bevindt zich op respectievelijk 14, 13 en 27 cm onder het zandoppervlak en die van de B_2 op 30, 35 en 44 cm diepte.

Bij profiel Peel IV, aan de flank van de zandrug, is het zandoppervlak nog 75 cm lager dan bij profiel Peel III. De bodemvorming moet daarbij onder veel nattere omstandigheden hebben plaatsgevonden dan bij de andere profielen. De B-horizont is niet verkit, minder roodachtig van tint (7,5YR) en bovendien sterk gevlamd. De laag is bovenin niet "kazig".

De A₂-horizont onderscheidt zich door een roseachtig witte kleur en een uitzonderlijke dikte. De onderzijde ligt bij 39 cm onder het zandoppervlak. De diepe ontwikkeling van de uitspoelingslaag moet met de sterke helling van het bodemoppervlak samenhangen. In een dergelijke situatie kunnen enorme grondwaterstandschoommelingen optreden, welke tot gevolg hebben dat periodiek tot grote diepte een zeer intensieve uitloging van het zand plaatsvindt.

Profiel Peel IV vormt in morfologisch opzicht een overgang van de drogere Peelprofielen naar de lage, natte profielen van de Noordoostpolder, die hierna worden besproken. Het staat echter reeds betrekkelijk dicht bij de laatste.

Er viel in het terrein een merkwaardig scherpe overgang te constateren van het bodemprofiel van het type Peel III naar dat van het type Peel IV. Deze voltrok zich over een afstand van slechts 40 cm.

De betrekkelijk geringe afstanden tussen de vier verschillende profielen garanderen dat zij een samenhangende reeks voor het onderzoek vormen. Eventuele verschillen in standplaats van de vroegere vegetaties zijn terug te voeren op verschillen in bodemkundige hoogteligging. Bovendien zijn de profielen alle ongeveer terzelfder tijd door het veen overgroeid. Het is dan ook uitgesloten dat bepaalde morfologische verschillen zouden kunnen zijn ontstaan, bijvoorbeeld als gevolg van klimaatswisseling en een daarmee samenhangende wijziging in de vegetatie.

Andere redenen voor onderzoek van de beschreven profielen zijn de volgende. De verschillende diepten tot welke de vier profielen zijn ontwikkeld, bieden gunstige voorwaarden voor het opsporen van een eventuele samenhang tussen de diepte van profielontwikkeling en de lengte van het pollenprofiel. Daar de onderscheidene horizonten bij de diverse profielen verschillend dik zijn, zou misschien kunnen blijken dat een bepaalde pollensamenstelling aan een bepaalde horizont is gebonden. Zou dit waar zijn, dan moet de opeenvolging van de horizonten ook aan de hand van het verloop van de pollenkurven steeds zijn terug te vinden. Voorts kan onderzocht worden of het vrij natte profiel Peel IV een andere polleninhoud bezit dan de droge profielen. De verwachting was, dat in de laatstgenoemde veel *Callunapollen* zou worden aangetroffen, maar dat dit pollen in profiel Peel IV zou ontbreken.

NOORDOOSTPOLDER I, II EN III

De bodem van de Noordoostpolder bestaat overwegend uit een kleipakket, dat rust op pleistoceen dekzand. Tussen deze twee afzettingen ligt op vele plaatsen nog een veenlaag. Deze vormt het restant van een eertijds vele meters dik pakket veen, dat door abrasie grotendeels is verdwenen. Waar het nog aanwezige veen in zijn oorspronkelijke, ongestoorde ligging wordt aangetroffen, zijn in het zand daaronder gave podzol- en andere bodemprofielen aanwezig.

Ter plaatse van de onderzochte profielen, in het noordoostelijke deel van de polder, waar het zand zich $\pm 2,5$ m beneden de zeespiegel bevindt, is het veen (*Carexveen*) zijn groei begonnen in het begin van het Subboreaal. De bodemvorming is hier dus ongeveer terzelfder tijd afgesloten als bij de Staphorster profielen.

Aanvankelijk zijn twee podzolprofielen gekozen (Noordoostpolder I en II), die slechts 1,50 m van elkaar verwijderd liggen. Ten gevolge van de hoge grondwaterstand konden toen echter geen monsters van de gehele B-horizont worden verkregen. Later zijn de ontbrekende monsters alsnog genomen, onmiddellijk naast profiel II. De analyseresultaten daarvan zijn weergegeven in diagram Noordoostpolder III.

De bodemvorming reikt bij deze profielen zeer diep. Bij profiel Noordoostpolder I is de onderzijde van de uitspoelingshorizont bij 56 cm aanwezig, bij profiel Noordoostpolder II (en III) zelfs pas bij 66 cm. De onderzijde van de inspoelingshorizont ligt bij ongeveer 100 cm. Evenals bij het profiel Peel IV hangt de buitengewoon grote dikte van de uitspoelingshorizont waarschijnlijk samen met de sterke helling van de zandige bodem. Over een afstand van 10 m gerekend daalt het zandoppervlak ongeveer 2,50 m.

De beide profielen Noordoostpolder I en II verschillen echter buitengewoon van elkaar, wat betreft de dikte van de A_1 -horizont. Bij profiel I reikt de laag tot 38 cm onder het zandoppervlak met een onderbreking op 17–20 cm, waar een laag van wit, gebleekt zand aanwezig is. Bij profiel II gaat de A_1 - reeds bij 12 cm in de A_2 -horizont over.

Een dergelijke zeer onregelmatige ontwikkeling van de A_1 -horizont wordt bij laag gelegen, natte podzolprofielen wel meer aangetroffen. Het is evenwel de vraag of men in zo'n geval steeds van een eigenlijke A_1 -horizont mag spreken. Het is namelijk niet uitgesloten, dat de zwarte humeuze laag in feite niet bij het podzolprofiel hoort. De humus kan ook naderhand in het gebleekte zand van het reeds gevormde podzolprofiel geïnfilteerd zijn. Dit zou bijvoorbeeld kunnen hebben plaatsgevonden toen de oorspronkelijke vegetatie, waaronder het podzolprofiel reeds was ontstaan, tengevolge van een voortdurend stijgende grondwaterstand reeds was afgestorven en opgevolgd door een broekbos.

De A_2 -horizont van de Noordoostpolder-profielen is zeer licht van kleur, zelfs nog iets witter dan die van het vrij lage podzolprofiel Peel IV. Zij hebben echter de roseachtige tint gemeen. De inspoelingslaag komt met die van profiel Peel IV overeen, wat betreft zijn gevlamde uiterlijk en zijn vrij sterk roodachtig bruine kleur (7,5YR). De laag heeft bij de profielen in de Noordoostpolder echter een "kazig" karakter.

De profielen zijn onder meer geanalyseerd om te onderzoeken, of de polleninhoud een zekere overeenkomst bezit met die van Profiel Peel IV, zoals men op grond van de overeenkomstige morfologische kenmerken zou kunnen verwachten. Heeft *Calluna* hier bij de podzolering eventueel een rol gespeeld? Voorts zou het mogelijk zijn na te gaan of de zwarte humus van de A_1 -horizont inderdaad van een broekvegetatie afkomstig is. Dat kon bijvoorbeeld blijken uit extra hoge *Alnus*- of *Betula*-percentages in de desbetreffende pollenspektra.

DELFIJL I, II, III, IV EN V

In de omgeving van Delfzijl was het mogelijk een studie van de diepere ondergrond te maken, dank zij twee diepe uitgravingen, die daar op een onderlinge afstand van verscheidene honderden meters voor waterstaatkundige doeleinden waren gemaakt. De bodem bestaat uit een dikke zeekleilaag, die naar beneden in een veenpakket overgaat. Het veen, waarvan de onderste lagen in het Atlanticum zijn ontstaan, rust op zijn beurt op pleistoceen dekzand. Plaatselijk is het zand zeer lemig. De bovenzijde van de zandige bodem bevindt zich ± 7 m beneden de zeespiegel. Onmiddellijk onder het veen werden in het zand vegetatieprofielen aangetroffen, die overwegend tot het podzoltype behoren. Hier en daar is er echter ook gleyvorming opgetreden.

Het veen bleek in hoofdzaak samengesteld uit resten van riet, zeggen en ook van els en berk. Direct boven het zand waren echter ook houtresten en andere overblijfselen aanwezig die erop wezen, dat de zandige bodem met een geheel andere vegetatie begroeid is geweest, voordat het moerasbos zich begon te ontwikkelen. In de ene put (A) lagen op de zandige bodem talrijke eikestammen. Blijkbaar is de bodem daar, voordat de grondwaterstand te zeer gestegen was, begroeid geweest met een loofbos. In de andere put (B) kwamen geen eikestammen voor, maar talrijke grote dennestobben. Ook werden er grote hoeveelheden dennekegels op het zand gevonden. De wortels die uit de stobben ontsproten, waren sterk in horizontale richting uitgespreid en drongen met de uiteinden slechts ondiep in de zandige bodem door. De dennebomen hebben van de stijgende grondwaterstand blijkbaar hinder ondervonden. Voorts groeiden er blijkens een houtvondst ook populieren.

In beide putten werden talrijke wortelresten in het zand aangetroffen. In put A bleken deze van eik en els afkomstig te zijn, in put B alleen van els.

Het zandoppervlak bezit in put A grote hoogteverschillen. Deze hebben tot gevolg gehad, dat het zand op de ene plaats veel later door het veen is bedekt dan op de andere. In deze put is één profiel (Delfzijl I) onderzocht. In put B waren de omstandigheden voor het onderzoek gunstiger. Het zand heeft daarin een zeer vlakke ligging, zodat met grote zekerheid aangenomen kan worden, dat de bodemvorming onder invloed van de begroeiing overal ongeveer terzelfder tijd is geëindigd. Om deze reden zijn in put B op verschillende plaatsen profielen geanalyseerd (Delfzijl II, III, IV en V).

Profiel Delfzijl I is een vrij nat ontwikkeld podzolprofiel, dat slechts tot 25 cm diepte reikt. De A_2 -horizont heeft een witte, iets roseachtige kleur, overeenkomende met die van het gebleekte zand van de lage podzolprofielen Peel IV en Noordoostpolder I en II. De B-horizont van profiel Delfzijl I verschilt echter belangrijk van de B der andere genoemde profielen, doordat hij niet gevlamd is en een donkerder en tegelijk minder sterk roodachtig bruine kleur heeft (10YR in plaats van 7,5YR). De horizont is niet verkit en bezit tot 9 cm beneden de bovenzijde een "kazig" karakter.

Het profiel werd aangetroffen op 15 cm afstand van een omgevallen eikestam, ongeveer halverwege de stronk en de kruin. Tot in de C-horizont werden wortelresten van eik en els aangetroffen. Blijkbaar is het profiel vrij plotseling verdronken, daar anders de eikewortels verteerd zouden zijn.

De profielen Delfzijl II, III, IV en V in put B liggen op onderlinge afstanden van

40 tot 125 m. In de genoemde volgorde vormen ze een reeks waarbij de bodemvorming onder toenemend vochtige omstandigheden heeft plaatsgevonden. In dezelfde volgorde ligt echter de bovenzijde van de profielen op een diepte van achtereenvolgens 7,03; 6,85; 7,00 en 7,14 m beneden de zeespiegel. Daaruit blijkt bijvoorbeeld, dat het in bodemkundig opzicht hogere (drogere) profiel Delfzijl II, 18 cm lager ligt dan het in bodemkundig opzicht lager gelegen (vochtiger) profiel Delfzijl III.

In de bodemkunde komt men een dergelijke schijnbare tegenstrijdigheid dikwijls tegen. De oorzaak kan bijvoorbeeld zijn, dat de grondwaterspiegel de oppervlakte-topografie slechts in grove trekken volgt en onder een terreinsverhoging van slechts beperkte omvang geen noemenswaardige verhoging bezit. Het was echter bij de vier profielen door omstandigheden in de put niet mogelijk, een nader verband te ontdekken tussen de bodemkundige en de topografische situatie.

Het vrij droge podzolprofiel Delfzijl II is weinig diep ontwikkeld en bezit een duidelijke, vrij roodachtig donkerbruine inspoelingshorizont. De kleur valt in dezelfde "hue" (7,5YR) als die van de B-horizont van de lage podzolprofielen Peel IV en Noordoostpolder I en II. De laag is enigszins verkit, niet gevlamd en niet "kazig". De uitspoelingshorizont heeft een grijze kleur, die zich duidelijk van de veel wittere en roseachtige kleur van de A_2 -horizont der juistgenoemde profielen en van profiel Delfzijl I onderscheidt.

De resten van elzewortels, die tot in de C-horizont werden aangetroffen, waren weinig talrijk. Bij de andere profielen in put B werden er meer aangetroffen en wel des te meer, naarmate de bodemkundige situatie lager was.

Profiel Delfzijl III reikt wat dieper dan het vorige profiel, wat vooral berust op de aanwezigheid van een betrekkelijk dikke AB-overgangshorizont. Het onderste traject van deze horizont is, evenals het bovineinde van de B_2 , enigszins "kazig". De B_2 -horizont is beneden het "kazige" traject niet verkit. Wat betreft de kleur stemt hij goed overeen met de B_2 -horizont van profiel Delfzijl II. Ook de kleur van de A_2 -horizont is bij deze profielen ongeveer dezelfde. Wel is de A_2 -horizont bij Delfzijl III op een bepaalde diepte (bij ± 9 cm) witter, maar hij is niet roseachtig zoals bij de nattere profielen Peel IV, Noordoostpolder I en II en Delfzijl I.

In de inspoelingslaag vielen enkele lichtgrijze, schuin omlaag gerichte strepen op die een sterk contrast vormden met de donkerbruine kleur van het omringende zand. Het zijn smalle uitstulpingen van de A_2 - die tot vrij diep in de B_2 -horizont doordringen. Ze zijn ontstaan doordat, na vertering van de afgestorven wortels, de wortelgangen van bovenaf met het gebleekte zand van de uitspoelingslaag zijn opgevuld. Soms waren de gangen nog met de cilindervormige wortelbast bekleed.

Op belangrijk vochtiger omstandigheden tijdens de bodemvorming wijzen de morfologische kenmerken van profiel Delfzijl IV. Dit profiel reikt zeer diep, namelijk tot 80 cm onder het zandoppervlak. In tegenstelling tot de eveneens diep ontwikkelde profielen Peel IV en Noordoostpolder I en II bezit het geen dikke uitspoelings-, maar een dikke inspoelingshorizont. Deze verschillende profielontwikkeling hangt waarschijnlijk samen met een verschil in topografische situatie. Bij profiel Delfzijl IV helt het zandoppervlak namelijk niet, zoals bij die andere profielen.

De A_2 -horizont bezit bij profiel Delfzijl IV dezelfde witte, iets roseachtige tint als bij

de natte podzolprofielen Peel IV, Noordoostpolder I en II en Delfzijl I. De B-horizont is niet verkit. Hij heeft het gevlamde uiterlijk met de inspoelingslaag van de profielen Peel IV en Noordoostpolder I en II gemeen, maar de weinig roodachtige kleur (10YR) met die van profiel Delfzijl I. De kleur is bij Delfzijl IV veel fletser dan bij de andere profielen. Evenals bij profiel Delfzijl III komen er met uit de A_2 -laag afkomstig zand, opgevulde oude wortelgangen in voor. "Kazigheid" ontbreekt in de laag.

De dikte van de A_2 -horizont is in de direkte omgeving van profiel Delfzijl IV zeer variabel. De diepte tot waar de horizont reikt, varieert ongeveer van 8 tot 20 cm. De B-horizont komt wel steeds tot ongeveer dezelfde diepte voor; een dunnere gebleekte laag gaat dus gepaard met een dikkere inspoelingslaag. De dikte van de A_2 -horizont bleek nauw samen te hangen met de korrelgrootteverdeling van het zand. Ter plaatse van het onderzochte profiel, waar de onderzijde van de A_2 -horizont 16 cm onder het zandoppervlak ligt, was de fractieverdeling als volgt: 4,1% < 2 μ ; 1,4% 2-16 μ ; 3,8% 16-50 μ en 91,7% > 50 μ . Op 50 cm afstand van dit punt verwijderd, waar de A_2 -horizont 4 cm dik was, kwam de volgende fractieverdeling voor: 6,6% < 2 μ ; 5,6% 2-16 μ ; 12,4% 16-50 μ en 75,4% > 50 μ . Een fijnere samenstelling van het zand veroorzaakt dus een sterke afname van de dikte van de uitspoelingslaag. Uit de omstandigheid dat de ondiepere uitspoelingslaag niet met een dunnere inspoelingslaag samen gaat, blijkt dat de laatste onmogelijk alleen door uitspoeling van het erboven aanwezige zand kan zijn ontstaan. Zijdelingse verplaatsing van humusstoffen en humificatie van wortelresten moeten daarbij een belangrijke rol hebben gespeeld.

Ongetwijfeld hangt het vochtige karakter van het profiel Delfzijl IV, behalve met de topografische situatie, ook samen met het pleksgewijze voorkomen van lemig materiaal.

Profiel Delfzijl V wijkt van de beschreven profielen sterk af door het ontbreken van een inspoelingshorizont. Onder een uitspoelingshorizont bevindt zich hier een gleyhorizont, die op uiterst natte omstandigheden tijdens de bodemvorming wijst. Uit het ontbreken van een B- onder de A_2 -horizont kan men afleiden, dat de uitgeloopte stoffen zijdelings zijn afgevoerd. In navolging van LAATSCH (1957, blz. 248) is dit profiel een gley-podzolprofiel genoemd.

De tussen 25 cm en 47 cm diepte aanwezige G-horizont bezit een groenachtige reductiekleur (2,5 GY 7/2), tengevolge van het voorkomen van twee-waardige ijzerverbindingen. Nadat de laag gedurende langere tijd aan de lucht was blootgesteld, ontstonden roestkleurige oxydatievlekken.

In deze horizont is de grondwaterbeweging waarschijnlijk van veel invloed geweest op de bodemstructuur. De zandkorrels komen hierin in een veel dichtere pakking voor dan in de andere lagen. Als gevolg van die dichte structuur bezit het zand een schijnbaar lemig karakter. Schat men de zwaarte (fractie-verdeling) volgens de gewone veldmethode, waarbij het zand tussen duim en vinger wordt gewreven, dan kan men geen verschil waarnemen met het lemige zand dat vlak naast het profiel Delfzijl IV is aangetroffen. Uit de slianalyse bleek evenwel, dat de gleylaag eenzelfde granulaire samenstelling heeft als de erboven en de eronder aanwezige lagen en ook als het niet lemige zand bij profiel Delfzijl IV. De analysegegevens van profiel Delfzijl V zijn als volgt (zie tabel III).

TABEL III. Korrelgrootteverdeling in de verschillende horizonten van het gley-podzolprofiel Delfzijl V
 TABLE III. Grain-size distribution in the various horizons of the gley-podsol profile Delfzijl V

Horizont <i>Horizon</i>	Diepte in cm <i>Depth in cm</i>	Korrelgrootteverdeling <i>Grain-size distribution</i>
A ₂	10-20	3,1% < 2 μ ; 1,7% 2-16 μ ; 3,2% 16-50 μ ; 92% > 50 μ
G	35-45	2,8% < 2 μ ; 1,8% 2-16 μ ; 3,7% 16-50 μ ; 91,7% > 50 μ
GC	60-70	3,3% < 2 μ ; 1,8% 2-16 μ ; 2,6% 16-50 μ ; 92,3% > 50 μ

De A₂-horizont is zeer licht van kleur, maar toch niet zo wit als de overeenkomstige horizont van de lage, natte podzolprofielen Peel IV, Noordoostpolder II en III en Delfzijl IV. De meer geelachtige tint wijst waarschijnlijk op een iets geremde uitloging. Behalve door podzolering heeft er wellicht ook bleking plaatsgevonden, doordat de grondwaterspiegel periodiek tot het zandoppervlak steeg. Tijdens de hoge grondwaterstanden kan er reductie van drie-waardige en zijdelingse afvoer van twee-waardige ijzerverbindingen opgetreden zijn. Op een overeenkomstige wijze wordt bijvoorbeeld ook het ontstaan van een gebleekte horizont bij sommige pseudo-gleyprofielen verklaard (LAATSCH 1957, blz. 251).

De A₁-horizont komt bij het geanalyseerde profiel tot een diepte van 10 cm voor. In de direkte omgeving werden echter zeer verschillende dikten van deze bodemlaag waargenomen.

Bij de profielen Delfzijl II, III, IV en V waren de omstandigheden gunstig om een morfologisch kenmerk waar te nemen, dat bij zandprofielen als deze meestal zeer moeilijk aan de profielwand is te onderscheiden. Bedoeld wordt de verstoring van de horizontale gelaagdheid, welke tijdens de sedimentatie van het zand is ontstaan en in de diepere lagen nog in zijn oorspronkelijke vorm aanwezig is. De verstoring houdt geen rechtstreeks verband met bodemvormende processen als podzolering en gleyvorming, maar komt in hoofdzaak tot stand door de activiteiten van de bodemfauna. Daardoor wordt het bodemmateriaal van verschillende diepten door elkaar gemengd (FRANZ 1952, HOEKSEMA 1953). Daarnaast treedt dan ook nog verplaatsing van grond op, doordat de wortels deze opzij drukken en doordat oude wortelgangen instorten. Deze processen werden door HOEKSEMA (1953) samengevat onder de naam biologische homogenisatie. Het instorten vindt ook in een gepodzoleerde bodem plaats, maar tengevolge van de betrekkelijk geringe doorworteling meestal niet in sterke mate.

Daar homogenisatie, in het bijzonder de menging door de dierlijke activiteit, en podzolering elkaar tegenwerkende processen zijn, moeten ze bij de hiervoor genoemde profielen na elkaar zijn geschied. Blijkbaar vormde de zandige bodem oorspronkelijk een voor de bodemfauna gunstig milieu, maar zijn later de levensvoorwaarden gewijzigd en steeds ongunstiger geworden. De structuur van de gehomogeniseerde bodem werd echter gefixeerd toen de biologische activiteit tenslotte verdween. Tijdens de podzolering, die vanaf die tijd optrad, is deze goed intact gebleven.

De hoofdoorzaak van de geleidelijke vernietiging van de bodemfauna is ongetwijfeld

de stijging van de grondwaterstand geweest. Daarnaast kunnen ook andere oorzaken van invloed zijn geweest, zoals een geleidelijke ontkalking van het oorspronkelijk kalkrijke dekzand of een geleidelijke wijziging van de vegetatie.

Bij de podzolprofielen Delfzijl II, III en IV zijn van boven naar onderen drie zones van verschillend sterke verstoring van de horizontale gelaagdheid te onderscheiden. In de bovenste, zone 1, is elk spoor van deze gelaagdheid verdwenen. In de daaronder aanwezige, zone 2, is die nog meer of minder goed herkenbaar. In de onderste, zone 3, valt alleen in de onmiddellijke omgeving van de niet zeer talrijke wortelsporen nog een geringe verstoring waar te nemen. De diepten tot welke de opeenvolgende zones reiken, zijn zeer verschillend. Zij bedragen bij de twee relatief droge podzolprofielen Delfzijl II en III achtereenvolgens 40, 55 en 90 cm; bij het natte podzolprofiel Delfzijl IV 20, 35 en 65 cm. Bij het natte gleyprofiel Delfzijl V komt boven de verdichte gley-horizont, van 16-25 cm, zone 2 voor, en boven 16 cm zone 1. In de gley-horizont zelf was een vrij onduidelijke, daar beneden een duidelijke gelaagdheid te zien.

Men zou kunnen veronderstellen, dat de verstoring van de gelaagdheid ten dele ook een gevolg is van vorstwerking in de glaciële periode. Het verloop van de overgangen tussen de zone's deed echter niet aan kryoturbitie of solifluktie denken.

De homogenisatie ging blijkbaar bij de drogere profielen Delfzijl II en III tot belangrijk grotere diepte, dan bij de vochtiger profielen Delfzijl IV en V. Dit is juist tegengesteld aan de podzolering; de podzolprofielen II en III zijn immers belangrijk ondieper dan profiel IV. Als gevolg daarvan wordt de onderkant van zone 1 bij de profielen II en III beneden, respektievelijk in de BC-horizont aangetroffen en bij profiel IV op de overgang van de A₂- naar de B-horizont (zie fig. 6 en 7).

De reeks Delfzijl van put B biedt, evenals de reeks Peel H, de mogelijkheid na te gaan, of er een verband bestaat tussen de diepte tot waar de bodenvorming heeft plaatsgevonden en de lengte van het pollenprofiel. Behalve de podzoleringsdiepte kan hierbij echter ook de diepte van de homogenisatie in het onderzoek worden betrokken. Door het onderzoek van het gley-podzolprofiel Delfzijl V kan de polleninhoud van de podzolprofielen worden vergeleken met die van een sterk afwijkende bodenvorming.

APPINGEDAM

Evenals bij Delfzijl ter plaatse van put B, ligt bij Appingedam op een diepte van ongeveer 7 m beneden de zeespiegel een pleistocene dekzandlaag met een vrijwel horizontaal oppervlak onder veen van atlantische ouderdom. Het veen bestaat hier uit riet- en zeggeresten.

Profiel Appingedam is evenals profiel Delfzijl V een gley-podzolprofiel, doch is daarmee niet volkomen vergelijkbaar. Beneden 35 cm diepte komt namelijk een ondoorlatende keileemlaag voor, zodat er mogelijk geen direct contact met het diepere grondwater heeft bestaan. Een echte G-horizont, waarin het zand bovendien een zeer dichte pakking bezit, ontbreekt. Onder de iets geelachtig gekleurde A₂- begint direct de GC-horizont.

Een vergelijking van het pollendiagram van Appingedam met dat van Delfzijl V

zou kunnen uitwijzen of bij gley-podzolprofielen ook pollenflora's van variërende samenstelling kunnen voorkomen.

FLEVOLAND I, II EN III

Na de drooglegging van Oostelijk Flevoland kwamen in het oostelijke deel van de polder, over een oppervlakte van ongeveer 25 ha, de resten bloot van een vroeger dennenbos. De talrijke stobben, die betrekkelijk dicht naast elkaar aangetroffen werden, hadden een grootste onderlinge afstand van 15 m. Zij bezaten lange wortels, die iets boven het bodemoppervlak uitstaken en daaraan evenwijdig liepen. Pas op betrekkelijk grote afstand van de stam boorden zij zich in de grond.

De stobben rustten op een veenlaag van atlantische ouderdom. Het veen is oorspronkelijk in een veel dikkere laag aanwezig geweest, zodat de stobben er geheel door waren ingesloten. Door mariene erosie is het veen echter grotendeels weer verdwenen. Waarschijnlijk hebben de talrijke boomwortels verhinderd, dat de abrasie verder ging dan het niveau van de oorspronkelijke bodem van het bos, of een weinig daar beneden.

Het veen is voornamelijk door *Carex* gevormd. Plaatselijk is, voorafgaand aan de dennegroei, *Eriophorum* voorgekomen en op de duur *Empetrum* en *Pyrola*. Van *Sphagnum* zijn wel sporen, maar geen vegetatieve resten aangetroffen.

In het algemeen bedraagt de dikte van de veenlaag niet meer dan 50 cm. Daaronder bevindt zich op ongeveer 3 m -N.A.P. het pleistocene dekzand, met een zwak golvend oppervlak. Plaatselijk steken kleinere of grotere plateauvormige zandkoppen nog juist door het veen heen. Ook daarop waren de stobben aanwezig.

In het zand zijn podzolprofielen aanwezig die onder natte omstandigheden zijn ontstaan. De inspoelingshorizont is iets roodachtig bruin (10YR) en bezit eenzelfde, hoewel minder uitgesproken gevlamd uiterlijk als de inspoelingshorizont van de natte podzolprofielen Peel IV, Noordoostpolder I en II en Delfzijl IV. De laag bezit geen "kazig" karakter.

Er zijn in totaal drie profielen onderzocht, die ongeveer op een rechte lijn liggen, op onderlinge afstand van telkens 30 m. Bij profiel Flevoland I ligt het zandoppervlak ruim 46 cm onder het veenoppervlak. In de richting van profiel Flevoland III loopt de zandige ondergrond zeer geleidelijk een weinig omhoog. Ter plaatse van profiel Flevoland II is de helling iets steiler. Juist boven het laatstgenoemde profiel is nog 10 cm veen aanwezig. Nog verder in dezelfde richting gaat het zandoppervlak over in een relatief hoog gelegen, groot "plateau" dat niet door veen is bedekt. Hierop ligt profiel Flevoland III. Dit profiel werd aangetroffen juist onder een dennewortel. Onder deze wortel was nog een 5 mm dik ongestoord veenlaagje achtergebleven. In topografisch opzicht neemt de hoogteligging in de richting van I naar III dus toe. Bodemkundig gezien verkeren de profielen Flevoland I en III echter in een overeenkomstige, lage, natte positie. Zij bezitten geen witte A_2 -horizont; de A_1 rust direkt op de vrij fletsbruin gekleurde B, die tamelijk diep is ontwikkeld. Profiel Flevoland I reikt dieper dan uit het diagram valt af te lezen. Bij dit laagst gelegen profiel was het ten gevolge van de hoge grondwaterstand echter niet mogelijk betrouwbare monsters van de diepere ondergrond te verkrijgen.

De morfologische kenmerken van profiel Flevoland II wijzen op een bodemkundig wat hogere ligging, in overeenstemming met zijn aanwezigheid op een kleine helling. Het profiel bezit een diepe en sterk gebleekte uitspoelingshorizont, maar een zeer zwak ontwikkelde, ondiepe inspoelingshorizont. De laatste is ontstaan onder invloed van een sterk zijdelingse verplaatsing van de ingespoelde humusstoffen. In het bovenste deel van de A_2 -horizont, tot 4 cm diepte, kan men 1-3 mm dikke, witte en donker-grijze laagjes onderscheiden, die door oppervlakkige verspoeling van het zand zijn gevormd.

Bij de Flevolandreeks kon speciale aandacht worden geschonken aan de datering van het begin van de veengroei. Bij een dergelijke datering maakt men in het algemeen gebruik van de ouderdom die aan de spektra van de bovenste zandlagen en de onderste veenlagen wordt toegekend. Zeer dikwijls komt men de combinatie "boreale" zandspektra onder atlantische veenspektra tegen. Daarbij wordt dan veelal aangenomen, dat de zeer humeuze tot venige overgangslaag in de boreaal-atlantische overgangperiode is gesedimenteerd (zie bijvoorbeeld DOPPERT 1957, blz. 155). De veengroei zou dan bij de aanvang van het Atlanticum zijn begonnen. Het is echter zeer de vraag of een zogenaamd boreaal-atlantisch overgangsspektrum in de overgangslaag de bewuste periode inderdaad steeds vertegenwoordigt. Wanneer een veenlaag pas later in het Atlanticum is ontstaan, op een zandpakket met tot bovenin "boreale" spektra, zou men bij de analyse in de overgangszone ongetwijfeld ook "boreaal-atlantische" overgangsspektra vinden. In feite is er dan echter een hiaat aanwezig. De reeks profielen van Flevoland nu biedt de mogelijkheid, een datering van de aanvang van de veengroei, aan de hand van de opeenvolging van zand- en veenspektra, op betrouwbaarheid te toetsen. Daartoe bepaalt men met behulp van de veendiagrammen eerst de ouderdom van het veenlaagje, dat de bovenzijde vormt van het veen bij Flevoland I of bij Flevoland II. Het veenoppervlak is, doordat het ongeveer met het niveau van de oorspronkelijke bodem van het dennenbos samenvalt, een gidsniveau, dat overal waar de stobben voorkomen ongeveer eenzelfde ouderdom aangeeft. De bepaalde tijd is derhalve dezelfde als die, waarin het zeer dunne veenlaagje onder de dennewortel bij profiel Flevoland III ontstond of, wat hetzelfde is, de veengroei daar begon. Het zal nu gemakkelijk kunnen blijken of de op deze, indirecte wijze bepaalde aanvangstijd van de veengroei, eenzelfde resultaat geeft als de gebruikelijke methode.

VELZEN I, II, III EN IV¹

De profielen van deze reeks zijn in de bouwput aangetroffen, die bij Velzen voor de tunnel onder het Noordzeekanaal was gemaakt. Er komt in de omgeving een ongeveer 16 m dik pakket holocene klei- en veenlagen voor, dat op pleistoceen dekzand ligt. De onderste laag van het holocene pakket wordt gevormd door het zogenaamde veen-op-grotere-diepte, waarvan de onderzijde bij de onderzochte profielen uit zeg-

¹ Aan het onderzoek van de profielen Velzen I, II en III is reeds eerder een publikatie gewijd (Havinga 1957). De profielen zijn daarin in dezelfde volgorde genummerd. Daar het inzicht in de betekenis van de diagrammen sindsdien is verdiept en teneinde de resultaten van het onderzoek van alle geanalyseerde profielen samen te vatten, worden de analyseresultaten in deze studie nogmaals besproken.

geveen bestaat. Het veen is in het begin van het Atlanticum of, plaatselijk, reeds tijdens de boreaal-atlantische-overgangperiode ontstaan.

Direkt onder dit veen-op-grotere-diepte bevinden zich in het pleistocene zand de onderzochte profielen.¹ Het dekzand heeft een enigszins golvend oppervlak, waardoor de bodemkundige situatie van plaats tot plaats zeer verschilt. Waar de bodem tijdens de profielvorming onder betrekkelijk droge omstandigheden heeft verkeer, zijn podzolprofielen ontstaan. Deze zijn veelal zwak ontwikkeld, ondiep en met weinig kontrasterende kleuren. Waar vochtige omstandigheden geheerst hebben, zijn humeuze gleyprofielen gevormd. In het algemeen komen de plaatsen waar gleyvorming is opgetreden, overeen met de in topografisch opzicht laagste delen van het zandoppervlak.

Onderzocht zijn twee vrij droge podzolprofielen, Velzen III en II, waarvan het laatstgenoemde nog onder de vochtigste omstandigheden is gevormd. Voorts een humeus gleyprofiel, Velzen I, en een profiel dat een tussenvorm is van een podzol- en een humeus gleyprofiel, Velzen IV. In de volgorde III, II, IV, I wordt de bodemkundige situatie voortdurend lager (vochtiger) en neemt, tot profiel Velzen IV, de topografische hoogteligging af. Het zandoppervlak komt achtereenvolgens 15,20 m, 15,60 m, 16,10 m en 16,10 m onder de zeespiegel voor. Uit deze getallen blijkt, dat hier belangrijk grotere hoogteverschillen voorkomen dan bijvoorbeeld bij de reeks Delfzijl. De onderlinge afstanden tussen de profielen bedragen meer dan 100 m, behalve tussen de profielen Velzen II en IV, die slechts 30 m van elkaar verwijderd liggen.

De beide podzolprofielen verschillen onderling weinig. De inspoelingshorizont is bij profiel Velzen II wat donkerder dan bij profiel Velzen III. De kleuren vallen echter in beide gevallen in de iets roodbruine groep (10YR). Bij de A₂-horizont is geen variatie in kleur te zien; deze is in beide gevallen grijs. De profielen reiken maar weinig diep, namelijk respectievelijk 23 en 25 cm onder het zandoppervlak. Ze lijken veel op het droogste profiel van de reeks Delfzijl, profiel Delfzijl II. Dit laatste bezit echter een wat donkerder en tegelijk meer roodbruine (7,5YR) B-horizont dan profiel Velzen II.

Op de plaats van een vrij scherpe inzinking van het zandoppervlak, temidden van een gebied met podzolprofielen, werd profiel Velzen IV aangetroffen, dat een tussenvorm van een podzol- en een humeus gleyprofiel voorstelt. Over een afstand van 6 à 8 meter ter weerszijden ervan stijgt het zandoppervlak ongeveer 75 cm. Waarschijnlijk ligt het profiel op de bodem van een kleine geul. Op 32 cm diepte onder het zandoppervlak komt een dun lemig laagje voor en nog een paar cm dieper een dun veenlaagje. Hieruit blijkt, dat de bodem tijdens de sedimentatie van het materiaal zeer nat is geweest en dat er wel eens wat verspoeling is opgetreden.

Het profiel bezit geen gebleekte A₂-horizont en ook geen duidelijke inspoelingslaag. In plaats daarvan is een zeer zwak ontwikkelde B-horizont aanwezig, die ten dele het karakter van een C-horizont bezit. Er komen talrijke stippen en verticale streepjes in voor, zoals men die vaak in een profiel onder een lage-heidevegetatie kan waarnemen ("Molinia-streping"). Het profiel vertoont een vrij zwakke gley-invloed.

Helaas was het veen boven dit profiel door graafwerkzaamheden niet meer in een ongestoorde ligging aanwezig. Het zelfde geldt voor de bovenste 2 cm van het zand.

¹ De bodemvorming in het pleistocene zand in de tunnelput is uitvoerig beschreven door Pons (1959).

Pas vanaf 3 cm onder het oorspronkelijke bodemoppervlak konden betrouwbare analyses worden verkregen.

Het in bodemkundig opzicht laagst gelegen profiel, het humeuze gleyprofiel Velzen I, werd aangetroffen waar het zandoppervlak over een betrekkelijk grote afstand een duidelijke depressie vertoonde. Men geeft een dergelijk profiel in de bodemkunde, evenals de gley-podzolprofielen Delfzijl IV en Appingedam, ook wel de naam elzenprofiel. In het zand werden resten van elzewortels aangetroffen. Het profiel bezit onder een A_1 -horizont een nogal donkergrijze laag, die naar beneden geleidelijk lichter onder kleur wordt en tenslotte ongemerkt in de C-horizont overgaat. Tot in de A_1 -horizont komt bij dit profiel vrij veel ijzer voor, voornamelijk in gereduceerde vorm.

Evenals bij de reeks Delfzijl konden bij de Velzer profielen waarnemingen worden gedaan, met betrekking tot de verstoring van de oorspronkelijke gelaagdheid van het zand door homogenisatie. Bij de beide podzolprofielen is een volledige verstoring aanwezig tot ± 40 cm diepte, dus tot ver beneden de B-horizont, en bij het humeuze gleyprofiel tot 35 cm diepte. Bij profiel Velzen IV was boven het lemige laagje bij ± 32 cm geen gelaagdheid van het zand te zien.

De reeks Velzen biedt de mogelijkheid, gezien de ouderdom van het veen-op-groterediepte, iets gewaar te worden over de vegetaties waaronder oudholocene bodemprofielen zijn ontstaan. Door de zeer uiteenlopende bodemvormingen zijn de voorwaarden gunstig voor het opsporen van een eventuele samenhang tussen de aard van het bodemprofiel en de pollenflora in het zand. In dit opzicht sluiten de profielen van Velzen goed aan bij die van Delfzijl.

PEEL V, VI EN VII (REEKS L)

De reeks Peel L verschilt van de vorige reeksen in zoverre, dat de profielen ver uiteen liggen en van onderling sterk verschillende ouderdom zijn. De profielen hebben echter met elkaar gemeen dat ze onder uiterst natte omstandigheden, ten dele onder water zijn ontstaan. In de volgorde V, VI en VII wordt de bodemkundige hoogteligging nog voortdurend lager. Het ontstaan van de, het zand bedekkende, veen-respektievelijk gyttjalagen valt op een steeds vroeger tijdstip.

De profielen zijn in het lage, vlakke deel van de Peel aangetroffen, oostelijk van de profielen van reeks H op de zandrug. Profiel Peel IV, dat het meest naar het oosten gelegen profiel van reeks H is en de profielen Peel VI, VII en V liggen in deze volgorde op een rechte lijn. De onderlinge afstanden bedragen in dezelfde richting sukessievelijk 150 m, 150 m en 1000 m. Profiel Peel VI ligt ± 3 m en profiel Peel VII ± 4 m lager dan profiel Peel IV. De relatieve hoogteligging van het zand bij profiel Peel V, kon door terreinomstandigheden niet goed worden geschat.

Profiel Peel V, dat zoals gezegd in bodemkundig opzicht het hoogst ligt, is een nat podzolprofiel. Het is ongeveer ten tijde van de boraal-atlantische overgangperiode door zeggegeven bedekt en sluit wat dit betreft goed aan bij de profielen van de reeks Velzen.

Het profiel is betrekkelijk zwak ontwikkeld. De inspoelingshorizont heeft een fletse, iets roodbruine kleur (10YR) en is enigszins gevland. De laag is niet "kazig" maar wel in zeer geringe mate verkit.

Boven de B- is een vrij dunne, roseachtig grijze A₂-horizont aanwezig. De kleur is lang niet zo licht als de witte kleur van de A₂ bij de natte podzolprofielen van de andere reeksen. De uitloping is blijkbaar betrekkelijk zwak geweest. Behalve van de lage ligging ten opzichte van het grondwater, kan dit ook een gevolg zijn van de aanwezigheid van lemig materiaal, dat beneden ± 33 cm onder het zandoppervlak in een dikke laag voorkomt. De profielontwikkeling heeft juist tot die diepte plaatsgevonden.

Van 23 tot 26 cm, dit is op enige afstand boven de lemige ondergrond, wordt in de B₂-horizont nog een lichter bruin gekleurd laagje aangetroffen, met een overeenkomstige granulaire samenstelling als de onderste lemige laag. Dit schijnt erop te wijzen dat, ongeveer ten tijde van de sedimentatie van de verschillende lagen of iets later, verspoeling van bodemmateriaal is opgetreden. Ook de aanwezigheid van kleine grindsteentjes in het zand kan daardoor worden verklaard. Men zal er rekening mee moeten houden dat met het zandige materiaal ook pollen is verspoeld en dat het pollendia-gram daardoor zekere afwijkingen kan vertonen van het normale beeld.

Profiel Peel VI is niet in normaal dekzand ontwikkeld, maar in een zandige bodem die zeer rijk is aan een gyttja-achtige organische stof. Tot ver beneden de onderzijde van het vegetatieprofiel behoudt de bodem het sterk organische karakter. Dientengevolge bezit de C-horizont een okergele kleur. De kleuren van het eigenlijke vegetatieprofiel staan dicht bij die van het moedermateriaal, maar wijken er toch voldoende van af om van bodemvorming te kunnen spreken. Er is een zeer zwakke uitspoelingshorizont boven een weinig opvallende inspoelingshorizont aanwezig. De laatste onderscheidt zich van de andere horizonten vooral door een meer roodachtige tint ("hue" 7,5YR in plaats van 10YR). De A- en de B- zijn beide donkerder van kleur dan de C-horizont. Zij bleken in geringe mate ontijzerd te zijn; de A- iets sterker dan de B-. Hoewel de bodemvorming min of meer analoog aan podzolering is verlopen, mag in dit geval niet van een podzolprofiel gesproken worden. Het bodemprofiel bezit veel overeenkomst met dat, hetwelk algemeen in vochtige terreindepressies van een heideveld in een dekzandgebied voorkomt, onder een vegetatie van voornamelijk *Erica tetralix* en *Molinia caerulea*. Ook de verticale, donkerbruin gekleurde streepjes, die men onder een begroeiing van *Molinia* zo algemeen in het bodemprofiel kan waarnemen, ontbreken niet. Misschien zijn de streepjes ook ontstaan onder invloed van de huidige welige *Moliniavegetatie* op het afgeveende land. Bij een bodemkartering van een deel van de Peel is het bodemtype op grond van de morfologische kenmerken omschreven als een oud-laag-heideprofiel (VAN NISPEN TOT PANNERDEN 1952). Het wordt in dit veengebied over grote oppervlakten in de zandige bodem aangetroffen.

Het geanalyseerde profiel komt niet direkt onder veen voor, maar onder gyttja van praeboreale ouderdom. Voordat de groei van het daarboven aanwezige zeggeveen begon, is er dus een plas geweest, op de bodem waarvan organische resten bezonken. Men spreekt in zo'n geval wel van een meerbodemgrond. Waarschijnlijk is ook het zand van de ondergrond, voorzover het met organische stof is vermengd, onder water tot afzetting gekomen. De zwakke profielontwikkeling in het bovenste deel ervan, wijst er evenwel op dat de zandige bodem gedurende een bepaalde tijd, in het Praeboreaal, onder betrekkelijk droge omstandigheden aan de oppervlakte moet hebben gelegen.

Ook waar het laagst gelegen profiel, Peel VII, aangetroffen werd, is een meerbodem aanwezig. Deze is in het Laatglaciaal ontstaan. De gyttja bedekt de zandige ondergrond hier zelfs met een 32 cm dikke laag. Boven deze afzetting komt weer *Carex*veen voor. In het zand is geen profiel in de bodemgenetische betekenis van het woord ontstaan. Bodemvorming onder invloed van plantengroei heeft er namelijk niet in plaats gevonden. Tot 21 cm onder het zandoppervlak bezit de bodem een enigszins bont uiterlijk. Dit wordt veroorzaakt doordat tot die diepte organische, min of meer venige bestanddelen door het zand zijn gemengd. Hierdoor is een onregelmatig patroon van streepjes en vlekjes van donkerbruine en lichtgrijze kleuren ontstaan. Beneden 21 cm komt geen organische stof in enigszins belangrijke hoeveelheid meer in het zand voor. Het is daar egaal, lichtgrijs van kleur.

De morfologische gesteldheid van deze bodem wijst erop, dat het organische materiaal en het zand onder water zijn bezonken en misschien verspoeld, en dat de bodem nimmer droog aan de oppervlakte heeft gelegen.

HOOFDSTUK III

BESCHRIJVING VAN DE DIAGRAMMEN

De boomsoorten en de niet-boomsoorten die in de onmiddellijke omgeving van de onderzochte profielen kunnen hebben gegroeid, zijn niet, zoals in veendiagrammen veelal gebruikelijk is, buiten de boompollensom ($\Sigma AP = 100\%$), respektievelijk de niet-boompollensom (ΣNAP) gehouden. De diagrammen moeten namelijk in de eerste plaats een afspiegeling zijn van de lokale vegetaties, waaronder de profielen zijn ontstaan. Bij veenonderzoek wil men echter in het algemeen de regionale vegetaties leren kennen, die rondom de venen zijn voorgekomen.

Hoge waarden voor de *Ericaceae* worden steeds bijna geheel door *Calluna* gevormd. *Calluna*-percentages zijn daarom niet apart vermeld, tenzij er bij een bepaald profiel slechts zeer weinig *Ericaceae* voorkwamen. Niet-boompollensoorten zijn in de diagrammen weergegeven als ze met tenminste 4% zijn vertegenwoordigd. Anders zijn ze in de bijbehorende tabel XIV opgenomen. Bij de reeksen Noordoostpolder, Delfzijl, Appingedam en Velzen zijn ze echter meestal niet apart onderscheiden.

De aanduidingen van de verschillende holocene perioden zijn bij de beschrijving van de zanddiagrammen in het algemeen tussen aanhalingstekens geplaatst. Hiermee wordt bedoeld, de betrekkelijke waarde van een zonering van de zanddiagrammen te onderstrepen. In het navolgende zal namelijk blijken, dat in vele gevallen een zonering als bij organische afzettingen toegepast, niet toelaatbaar is, zonder dat dit evenwel uit de samenstelling en de opeenvolging van de verschillende pollenspektra valt af te leiden.

UDDELERMEER I

Het diagram Uddelermeer I is samengesteld uit een deel van de door POLAK (1959)¹ verkregen diagrammen I en VI, die wat betreft de vegetatiegeschiedenis op elkaar aansluiten.

Van beneden naar boven zijn door deze onderzoekster de volgende zones onderscheiden. Bij 465 cm is een boreaal spectrum met overwegend *Pinus* en *Corylus* aanwezig, van 445 tot 415 cm is het Atlanticum vertegenwoordigd, van 415 cm tot 225 cm het Subboreaal en boven 225 cm het Subatlanticum. Als criterium voor de atlantisch-subboreale overgang geldt de daling van het *Ulmus*-percentage, direkt boven het geringe maximum bij 415 cm. De subboreaal-subatlantische overgang bevindt zich daar, waar *Fagus* toeneemt en *Carpinus* een continue curve begint te vormen. Voorts nemen de kruiden en de *Cerealia*, welke laatste vanaf 245 cm aanwezig zijn, dan duidelijk toe.

De scheiding tussen de atlantische en de subboreale zone berust dus op slechts geringe verschillen in de *Ulmus*-waarden. Een dergelijke subtiele onderscheiding is alleen dan toelaatbaar indien men, zoals hier het geval is, over statistisch zeer betrouwbaar

¹ Voor de vriendelijke toestemming de diagrammen hier te mogen reproduceren, wil de schrijver op deze plaats Dr. B. Polak gaarne hartelijk dank zeggen.

materiaal beschikt. Bij de zonering van zanddiagrammen moet men er echter rekening mee houden, dat het materiaal minder betrouwbaar is. Pollen in zandgrond kan immers aan allerlei processen, zoals bijvoorbeeld selectieve korrosie, onderhevig zijn geweest. De onderscheiding van bepaalde "perioden" zal in zanddiagrammen dan ook steeds op duidelijke veranderingen in de pollensamenstelling moeten berusten. Een dergelijke verandering is het eerste optreden van *Fagus*. In de oudere palynologische literatuur laat men het Subboreaal dikwijls met het verschijnen van *Fagus* beginnen in plaats van met de *Ulmus*-afname. Dit criterium is ook bij de zonering van de zanddiagrammen gebruikt, terwijl de periode na het eerste optreden van *Fagus* aangeduid wordt als de *Fagus-Carpinus*-periode (zie blz. 31). Om de vergelijking van het dy-diagram met de zanddiagrammen te vergemakkelijken, wordt door de schrijver echter ook in het eerstgenoemde diagram de bovengrens van de "atlantische" zone daar gelegd waar *Fagus* begint op te treden, dit is bij 275 cm.

Met uitzondering van het boreale spektrum demonstreert het diagram een zeer gelijkmatige pollensamenstelling. Zowel in de atlantische als in de *Fagus-Carpinus*-zone komt het *Quercetum-mixtum* voor in dominerende positie of, direkt na *Alnus*, op de tweede plaats. De *Quercetum mixtum*-percentages, die tussen $\pm 30\%$ en $\pm 40\%$ schommelen, mogen voor een diagram uit een gebied van de Nederlandse zandgronden uitzonderlijk hoog geacht worden. De waarden voor *Quercus*, de voornaamste component, variëren van $\pm 25\%$ tot $\pm 35\%$.

UDDELERMEER II EN III

Bij Uddelermeer II werd tot 70 cm, dit is 13 cm dieper dan de onderzijde van de inspoelingshorizont, voldoende pollen voor de analyse aangetroffen. De betrekkelijk kompakte steenlaag bij ± 45 cm heeft blijkbaar geen beletsel gevormd voor indringing van stuifmeel.

Het zanddiagram lijkt veel op het dy-diagram; er kan een overeenkomstige zonering op worden toegepast. Bij 70 cm komt een "boreaal" spektrum voor, de spektra tussen 63 en 39 cm vertegenwoordigen het "Atlanticum" en die boven 39 cm de "*Fagus-Carpinus*-periode". Zelfs wordt in dit diagram, bij 56 cm, het geringe *Ulmus-maximum* teruggevonden dat in het dy-diagram bij 415 cm aanwezig is. De *Cerealia* verschijnen bij 19 cm, tegelijk met *Carpinus*. *Secale* wordt in het bovenste spektrum echter nog niet aangetroffen, in tegenstelling tot het bovenste spektrum van het dy-diagram. De jongste periode van de vegetatiegeschiedenis is in het zanddiagram blijkbaar niet vertegenwoordigd.

Diagram Uddelermeer II verschilt wat betreft het AP-gedeelte van het dy-diagram doordat *Alnus* in de "post-boreale" spektra domineert, de *Quercetum mixtum*-percentages daarin betrekkelijk gering zijn en doordat *Quercus* binnen het *Quercetum mixtum* niet sterk overheerst, maar door *Tilia* terzijde of zelfs voorbij wordt gestreefd.

Vermelding verdient nog, dat van 56 tot 70 cm een gesloten *Picea*-kurve aanwezig is.

Zeer grote verschillen kan men bij het NAP waarnemen. De *Ericaceae* zijn in het zanddiagram met veel hogere percentages vertegenwoordigd dan in het dy-diagram. In beide gevallen echter nemen de percentages naar boven geleidelijk toe. In het eerstge-

noemde diagram zijn in het onderste spektrum $\pm 50\%$ *Ericaceae* aanwezig en in het bovenste $\pm 500\%$. In de overeenkomstige spektra in het andere diagram bedragen de waarden respectievelijk 2% en 25%.

Ook wat betreft het kruidenpollen blijken bij Uddelermeer II veel grotere hoeveelheden aanwezig te zijn, echter alleen in de diepere lagen. Er is zeer overwegend *Ligulifloraepollen* (*Taraxacum*-type) aangetroffen, dat dikwijls tot kleine klompjes samengebald werd waargenomen. Wel zijn van veel andere kruiden- en varensoorten nog zeer geringe hoeveelheden pollen en sporen aangetroffen. Bijna al deze soorten zijn, naast vele andere, waaronder van typische waterplanten, ook door POLAK bij haar onderzoek gevonden.

De polleninhoud van het niet bedolven profiel Uddelermeer III is in principe gelijk aan die van het door de aarden wal bedekte profiel Uddelermeer II. Er is derhalve geen diagram van weergegeven. Een opvallend goede overeenkomst bestaat er wat betreft de *Ericaceae*-percentages, die ook bij de Uddelermeer III van boven naar beneden een geleidelijke, sterke afname demonstreren (van 425% tot 80%). De kruidenpercentages berusten weer voornamelijk op de aanwezigheid van *Ligulifloraepollen* (*Taraxacum*-type), maar ze bereiken niet die hoge waarden welke bij het andere zandprofiel zijn aangetroffen. Maximaal komt er 80% kruidenpollen voor. De *Ranunculaceae*, welke bij Uddelermeer II praktisch ontbreken, komen in de diepere spektra bij Uddelermeer III met 20% voor. Andere belangrijke verschillen zijn nog, dat in de allerbovenste zandlagen van het niet bedolven profiel *Secalepollen* is aangetroffen en voorts, dat hier bij een "boreaal" spektrum als oudste zone ontbreekt.

STAPHORST I EN II

Merkwaardigerwijs is bij het dubbele podzolprofiel Staphorst II het pollen tot ongeveer dezelfde diepte onder het oorspronkelijke zandoppervlak aangetroffen als bij het enkelvoudige profiel Staphorst I. Beneden 40 cm komt in de onderste loodzandlaag van het eerstgenoemde profiel praktisch geen pollen meer voor. Het is een grote zeldzaamheid dat de uitspoelingshorizont van een podzolprofiel geen pollen bevat.

In het spektrum op de overgang van zand naar veen in diagram Staphorst I, komt *Fagus* reeds voor, maar *Carpinus* nog niet. Dit betekent dat het profiel in de subboreale *Fagus*-periode door het veen is overdekt.

Het veenspektrum bij 0,5 cm boven het zandoppervlak in diagram Staphorst II, vertoont eenzelfde boompollensamenstelling als het hiervoor genoemde spektrum. Wat betreft het NAP verschilt het daarvan echter belangrijk, onder andere doordat de *Cerealia*, *Fagopyrum* en *Rumex* erin zijn vertegenwoordigd. Blijkbaar is het geanalyseerde materiaal van het zeer dunne en gescheurde veenlaagje van profiel Staphorst II wat "verontreinigd" geweest met het kultuur-pollenrijke zand van de bovenliggende teelaardelaag. Op grond van de stratigrafische positie van het veenlaagje, dat zijdelings met de dikkere veenlaag bij Staphorst I is verbonden, mag men evenwel aannemen, dat ook dit in het Subboreaal is ontstaan.

De zandgedeelten van de beide diagrammen bezitten betrekkelijk veel overeenkomst. *Alnus* domineert bij Staphorst I tot 25 cm onder het zandoppervlak, bij Stap-

horst II in alle spektra. *Pinus* is in het eerstgenoemde diagram beneden 25 cm wat sterker vertegenwoordigd dan *Alnus*. De *Ericaceae* bezitten aan de bovenzijde van beide diagrammen vrij geringe waarden, maar nemen naar beneden enorm toe.

Er zijn echter ook duidelijke verschillen. Evenals in het veen komt in de bovenste zandlagen bij Staphorst II, pollen van *Cerealia*, *Fagopyrum* en *Rumex* voor en wel tot respectievelijk 10 cm, 7,5 cm en 5 cm onder het zandoppervlak. De maximumwaarden bedragen 9%, 7% en 5%. In het zand bij het andere profiel ontbreekt dit pollen.

Ongetwijfeld zijn de verschillen ontstaan doordat er bij Staphorst II via de scheuren in het dunne veenlaagje ook een contact bestaat tussen de teelaardelaag en het oorspronkelijke zandoppervlak, terwijl dit bij het andere profiel met de dikke veenlaag ontbreekt. De teelaardelaag bevat behalve het genoemde, ook veel *Gramineae*- en ander dan van *Rumex* afkomstig kruidenpollen en voorts veel *Sphagnum*sporen. Bij Staphorst II worden hiervoor in de bovenste zandspektra onder het veen ook betrekkelijk hoge waarden aangetroffen. In het andere diagram zijn de percentages veel geringer.

Zou men een zonering zoals die bij veendiagrammen gebruikelijk is, hier willen toepassen, dan zou men bij Staphorst I kunnen onderscheiden: een "atlantische" zone tot 25 cm en daar beneden een "boreaal-atlantische"-overgangszone. Bij Staphorst II zou men op grond van de aanwezigheid van *Fagopyrum*, de bovenste drie spektra onder het veen in het "Subatlanticum" moeten plaatsen; het traject beneden 7,5 cm zou het "Atlanticum" weergeven.

In de onderste spektra zijn nog een paar opmerkelijke verschillen waarneembaar. Bij Staphorst II is op 30 en 40 cm diepte veel *Valerianapollen* aanwezig (tot 30%). De typische moerasplant heeft de droge podzolbodem natuurlijk niet als standplaats gehad. De diepten waarop het pollen aangetroffen is, vallen binnen het verticale traject van de talrijke nauwe gangen van de larven van de graafbij. Bij Staphorst I werd beneden 20 cm betrekkelijk veel (tot 15%) *Cruciferaepollen* gevonden, dat in het zand bij Staphorst II vrijwel afwezig is.

EPE I, II EN III

Evenals in hoofdstuk II worden eerst Epe II en III en daarna Epe I besproken.

Het onderste spectrum van diagram Epe II treft men reeds bij 34 cm aan, dat van diagram Epe III pas bij 72 cm. Blijkbaar zijn de omstandigheden bij profiel Epe II, ter plaatse van de terreindepressie, veel minder gunstig geweest voor een diepe indringing van het pollen dan bij het op de helling gelegen profiel Epe III. Er blijkt geen direkt verband te bestaan tussen de lengten van de beide pollenprofielen en de diepten tot welke de beide bodemprofielen reiken. Bij profiel Epe II werd tot in de BC-horizont pollen gevonden, bij profiel Epe III tot ruim 20 cm beneden de bovenzijde van de C-horizont.

Het bovenste (humus)spectrum in diagram Epe III en het bovenste veenspectrum in diagram Epe II, geven duidelijk de recente dennenbegroeiing weer. *Secale* is in beide spektra onder de *Cerealia* goed vertegenwoordigd. Naar beneden nemen de

percentages voor *Secale* geleidelijk af tot de waarde 0; bij Epe III over het stuifzand traject, bij Epe II in het veengedeelte van het diagram. De stuifzandlaag van 6 cm dikte boven het oorspronkelijke zandoppervlak bij Epe II, is dus reeds voor het optreden van *Secale* door het veen bedekt. Zij zal vanaf die tijd geen pollen uit de atmosfeer meer opgevangen kunnen hebben. In de laag werd wel *Cerealiapollen* van een ander type dan *Secale* aangetroffen. Ook *Carpinus* en *Fagus*, welke bomen pas in het jongere Holoceen verschijnen, zijn reeds met het pollen er in vertegenwoordigd. Beneden het oorspronkelijke bodemoppervlak ontbreken bij dit profiel het *Cerealia*- en het *Carpinus*-pollen geheel. *Fagus* komt nog slechts éénmaal, met een zeer gering percentage voor, 0,5 cm onder het oorspronkelijke bodemoppervlak. Bij profiel Epe III is de situatie geheel anders. Men treft daarbij in het gedeelte van het diagram dat het oorspronkelijke podzolprofiel vertegenwoordigt, *Secale*, andere *Cerealia*, *Carpinus* en *Fagus* nog wel aan, namelijk tot respectievelijk 2, 11, 11 en 9 cm diepte.

Naast de genoemde verschillen bezitten de diagrammen van de beide podzolprofielen II en III over de trajecten van 0 tot 34 cm, respectievelijk van 0 tot 40 cm ook een grote overeenkomst. Over deze trajecten lopen, van boven naar beneden, de *Alnus*-kurven geleidelijk terug, terwijl de *Corylus*- en *Pinus*-waarden toenemen.

Vanaf 40 cm en tot 59 cm komen bij Epe III betrekkelijk hoge *Tilia*-waarden voor. *Betula* neemt beneden 40 cm zeer toe en domineert vanaf 49 cm sterk over de andere boomsoorten. Beneden 49 cm gaan de *Pinus*-waarden, welke bij 40 en 49 cm nog even groot waren als die van *Alnus*, de laatstgenoemde belangrijk overtreffen.

Volgens de gebruikelijke zonering zou in het diagram tussen 11 en 21 cm onder de bovenzijde van het vroegere bodemoppervlak, de grens tussen de "Fagus-Carpinus-periode" en het "Atlanticum" liggen. De "atlantische" zone zou zijn onderste begrenzing vinden ongeveer bij 40 cm, waar de *Alnus*- en *Pinus*-kurven elkaar zijn ganderd. De zone tussen \pm 40 en 59 cm zou de overgang vormen naar de "boreale" zone, waarin *Alnus* geheel teruggelopen is. Misschien kan het spektrum bij 72 cm ook "praeboreaal" zijn. Het Laatglaciaal kan hierbij buiten beschouwing blijven, omdat de kruiden-percentages en vooral het aantal kruidensoorten maar gering zijn. Vermeld zij nog, dat *Artemisia*, een veelvuldig in het Laatglaciaal maar ook in het Praeboreaal wel optredende soort, beneden 49 cm vrij hoge waarden vertoont.

De zonering van diagram Epe II is eenvoudiger. Bij 0,5 cm onder het zandoppervlak treft men een "subboreaal" spektrum aan; bij 34 cm één, waarvan de pollensamenstelling met de "boreaal-atlantische-overgangperiode" in verband gebracht zou kunnen worden. Tussen beide spektra in bevindt zich de "atlantische" zone.

Van profiel Epe I, dat enkele honderden meters van de beide andere profielen verwijderd ligt, is alleen de polleninhoud van het bovenste deel van de uitspoelingslaag en van het bedekkende veenlaagje weergegeven. In het veenspektrum komen *Fagus*, *Carpinus* en *Cerealia* voor, maar is *Secale* nog niet onder de *Cerealia* vertegenwoordigd. Het is dus van een ongeveer overeenkomstige ouderdom als de spektra in de dunne stuifzandlaag, die bij profiel Epe II tussen het veen en het onderliggende podzolprofiel aanwezig is. Op grond van de stratigrafische positie is echter aangenomen (zie blz. 11) dat het veenlaagje bij profiel Epe I nog iets ouder is dan de stuifzandlaag bij profiel Epe II.

In de zandspektra bij 5 en 8,5 cm komen *Carpinus*, *Fagus* en de *Cerealia* niet meer voor. In dit opzicht stemmen ze overeen met het zandspektrum bij 3 cm onder het oorspronkelijke bodemoppervlak in diagram Epe II. Het zand is blijkbaar kort voor of in het begin van het Subboreaal door het veen bedekt.

Vermelding verdient dat het kruidenpollen bij de profielen Epe II en III en in de diepere, niet in het diagram vertegenwoordigde lagen van profiel Epe I voornamelijk van *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type) afkomstig is.

Bij profiel Epe I is in de brandlaag, die daar direkt onder het veen voorkomt, de pollendichtheid bijzonder klein (200 korrels per gram grond). Dientengevolge werd de pollensamenstelling er in niet bepaald. De laag is zeer rijk aan houtskooldeeltjes. Blijkbaar is kort voordat de veengroei hier begon, de vegetatie door brand vernietigd.

Bij profiel Epe II, dat eerst een weinig werd overstoven en pas veel later, toen *Secale* in de pollenflora begon op te treden, door veen bedekt, is in de brandlaag de pollendichtheid beduidend groter (± 6600 korrels per gram grond). De houtskoolconcentratie is hier, volgens visuele waarneming aan de gewone pollenpreparaten, veel geringer dan bij het vorige profiel. Profiel Epe III, waarbij het na de geringe overstuiving niet meer tot veengroei is gekomen, bezit in dezelfde laag verreweg de grootste pollendichtheid (± 37000 korrels per gram grond) en de kleinste concentratie aan houtskooldeeltjes.

PEEL I, II, III EN IV (REEKS H)

In de spektra die op de overgang van het zand- naar het veengedeelte of onmiddellijk boven deze overgang in het veengedeelte voorkomen, zijn bij alle vier diagrammen *Fagus*, *Carpinus* en de *Cerealia* reeds vertegenwoordigd. Hieruit blijkt dat de profielen, ook het laagst gelegen profiel, Peel IV, in het jongere deel van het Subboreaal door het veen zijn overgroeid. Dit kwam bij de profielen Peel I, II en III reeds tot uiting in de stratigrafische positie van de grenshorizont in het veen (zie blz. 12).

In de zandgedeelten van de diagrammen kunnen van boven naar beneden een "Fagus-Carpinus-periode" en een "Quercetum mixtum- of atlantische periode" worden onderscheiden. De diagrammen van de beide uitersten van de reeks: de profielen Peel I en IV, respectievelijk het droogste en het natste profiel, reiken echter nog verder terug in de vegetatiegeschiedenis. Daarbij komen namelijk ook "boreale" en (bij Peel IV) "praeboreale" spektra voor.

Het onderste spektrum van de "Fagus-Carpinus-periode" treft men bij Peel I, II, III en IV aan op respectievelijk 5, 10, 25 en 4 cm diepte onder het zandoppervlak. Het is merkwaardig, dat de periode steeds met het optreden van *Carpinus* begint, behalve bij Peel IV, waarbij *Carpinus* tegelijk met *Fagus* verschijnt. In veendiagrammen komt *Carpinus* namelijk meestal na *Fagus*. Hetzelfde geldt trouwens voor bijna alle zanddiagrammen van de andere reeksen, voorzover het jongere Holoceen daarin is vertegenwoordigd. Alleen in diagram Epe III treedt *Carpinus* ook het eerst op. Daar de zanddiagrammen wat betreft het eerste optreden van de beide boomsoorten blijkbaar onregelmatigheden demonstreren, scheen een onderverdeling in een "subboreale" en een "subatlantische" zone weinig zin te hebben. Daarom is in het voor-

gaande en wordt in het vervolg in het algemeen van de "Fagus-Carpinus"-zone gesproken, zodra één van deze beide boomsoorten begint te verschijnen.

De *Cerealia*, welke de jongste periode vertegenwoordigen, zijn alleen bij de diagrammen Peel II en III tot beneden het zandoppervlak, in beide gevallen tot 5 cm diepte, aangetroffen.

De "atlantische" zone treft men in de verschillende diagrammen aan over achtereenvolgens de trajekten 10-25, 15-45, 30-58 en 9-33 cm. Bij Peel I is bij 42 cm een "boreaal" spektrum aanwezig en tussen 25 en 42 een "boreaal-atlantische"-overgangszone. Bij Peel IV komt van 43 tot 63 cm een "boreale" zone voor; het spektrum bij 38 cm geeft de overgangsfase naar het "Atlanticum" of het vroegste stadium daarvan weer. Het spektrum bij 71 cm, waarin *Corylus* met een gering percentage voorkomt en *Botrychium* goed vertegenwoordigd is, is waarschijnlijk van "praeboreale" ouderdom.

Uit bovenstaande gegevens volgt, dat de diagrammen van de beide uitersten van de reeks, Peel I en IV, een grote overeenkomst bezitten wat betreft de diepten, waartussen de "Fagus-Carpinus"- en de "atlantische" zone aanwezig zijn. De beide andere diagrammen geven als het ware de diagrammen I en IV, over het traject vanaf het zandoppervlak tot aan de "boreaal-atlantische"-overgangszone, in sterk uitgerekte vorm weer. De uitrekking is het sterkst in diagram Peel III.

Het onderste spektrum van de onderscheidene diagrammen treft men achtereenvolgens aan op 42, 45, 58 en 71 cm diepte, respectievelijk in het traject waarover de BC-, de B₃-, de BC- en nogmaals de BC-horizont aanwezig is. Schijnbaar is er dus een verband aanwezig tussen de lengte van het pollenprofiel en de diepte tot welke het podzolprofiel reikt. Er kan echter geen samenhang waargenomen worden wat betreft de diepten tussen welke de opeenvolgende diagramzones voorkomen en die waar tussen de verschillende horizonten aanwezig zijn. De "Fagus-Carpinus"-zone reikt weliswaar bij alle vier profielen tot in de A₂-horizont, maar de "atlantische" zone komt bij de respectievelijke profielen voor tot in de B₂-, de B₃-, de BC- en de A₂-horizont. De "boreale" spektra zijn bij Peel I in de BC-, bij Peel IV in de A₃-, de B₂- en de B₃-horizont aanwezig.

Alle vier diagrammen vertonen een goede overeenkomst, wat betreft de samenstelling van de spektra van de "Fagus-Carpinus"- en de "atlantische" zone. In de eerstgenoemde zone domineren *Alnus* en *Corylus* over de andere boomsoorten. In de andere treedt het *Quercetum mixtum* sterk naar voren, vooral bij Peel I, II en III. Dit berust op het zeer sterk op de voorgrond treden van *Tilia*. In diagram Peel II is bij 45 cm de *Tilia*-dominantie zelfs zo sterk, dat de onderlinge verhoudingen der andere boomsoorten in het normale spektrum niet tot uiting komen. Er is daarom nog een tweede spektrum getekend, waarin *Tilia* buitengesloten is. In overeenstemming met het "atlantische" karakter blijkt *Alnus* daarin over *Pinus* te domineren. De andere componenten van het *Quercetum mixtum* komen in de "atlantische" zone ongeveer evenveel of in nog geringere mate voor, dan erboven of -beneden.

Salix laat in diagram Peel III bij 30 cm een incidentele, zeer sterke toename zien. In het betreffende spektrum zijn de percentages berekend, door *Salix* buiten de boompollensom te houden. Ook in sommige andere zanddiagrammen, bijvoorbeeld

Velzen I en II, kan men een dergelijk gedrag van *Salix* waarnemen (zie blz. 40).

De *Ericaceae*-kurven vertonen in de verschillende diagrammen een min of meer overeenkomstig beeld. Zij geven vanaf het zandoppervlak tot waar de trajekten met de zeer hoge *Tilia*-waarden beginnen, betrekkelijk hoge percentages weer. Waar de zeer hoge *Tilia*-waarden aanwezig zijn, bedragen ze echter meestal niet meer dan ± 50 , bij Peel II dalen ze zelfs tot 2. Bij Peel I nemen de *Ericaceae*-percentages daarbeneden eerst weer toe, om daarna opnieuw sterk te dalen. Een dergelijk verloop is bij de *Ericaceae*-kurve van Peel IV niet aanwezig. De kurve wijkt, min of meer geleidelijk, steeds verder terug, totdat het percentage tenslotte, in de "boreale" zone, minder dan 20 bedraagt.

Ook de kruidenkurven lijken veel op elkaar. Zij demonstreren een bij Peel I, II en III zeer sterke en bij Peel IV minder opvallende toename van de percentages. Men treft deze bij Peel I in de "boreaal-atlantische"-overgangszone aan over het traject van de B₃-horizont en bij Peel II, III en IV in de "atlantische" zone over de trajekten van respectievelijk de AB- en B₂-, de B₂-, B₃- en BC-, en de A₂-horizont. Blijkbaar is de toename niet aan een bepaalde zone van het diagram of horizont van het profiel gebonden. In alle gevallen komt zij voornamelijk op rekening van *Succisa* en *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type). *Succisa* domineert sterk bij Peel I; de *Liguliflorae* komen overwegend voor bij Peel III en IV. Beide soorten zijn ongeveer even sterk vertegenwoordigd bij Peel II.

De *Filicinae*-kurven laten eveneens een toename zien in de verschillende diagrammen. Ook daarbij blijkt er geen afhankelijkheid van een bepaalde profielhorizont te bestaan. Er schijnt echter wel een verband aanwezig te zijn tussen het verloop van de *Filicinae*-kurve en de zonering van de diagrammen. Het begin van de toename in benedenwaartse richting, vindt men in alle gevallen namelijk in de "atlantische" zone. In de "boreaal-atlantische"-overgangszone en de "boreale" zone zijn bij Peel I en IV betrekkelijk hoge percentages aanwezig; bij Peel II en III, waarbij de laatstgenoemde zones ontbreken, blijven ze gering.

Evenals bij de profielen van Epe werd ook bij de profielen van de Peel-reeks, direkt onder het veen een dunne brandlaag met vrij veel houtskool aangetroffen. De pollen-koncentratie bleek in de laag weer duidelijk geringer te zijn, dan in de er beneden aanwezige zandlagen. Er zijn echter geen exacte bepalingen van gedaan.

NOORDOOSTPOLDER I, II EN III

Uit de aanwezigheid van *Fagus*, met zeer geringe percentages, in het bovenste zandspektrum van diagram Noordoostpolder I en in het spektrum op de overgang van het veen naar het zand in diagram Noordoostpolder II, blijkt, dat het Subboreaal reeds aangebroken was toen de beide profielen door het veen werden overgroeid. Ondanks de omstandigheid dat de bodemvorming tot grote diepte heeft plaatsgevonden, werd zelfs tot in de C-horizont voldoende pollen aangetroffen om een betrouwbare analyse toe te laten. De polleninhoud van het zand blijkt zeer te verschillen van die der tot nu toe besproken profielen. In alle zandspektra komen zeer hoge waarden voor het *Quercetum mixtum* voor. In diagram I variëren die tussen 47% en 67%; in

diagram II tussen 51 % en 74 %. De spektra zijn ook wat betreft het aandeel van de andere boomsoorten zeer gelijkmatig samengesteld. Hierdoor bezitten de verschillende kurven over lange trajekten dikwijls een vrijwel loodrecht verloop. Men kan van boven naar beneden een "Fagus"- en een "atlantische" zone onderscheiden. In diagram Noordoostpolder I is de overgang tussen 46 en 54 cm aanwezig, in het andere diagram tussen 30 en 40 cm. Bij 115 cm is in diagram Noordoostpolder III, dat op Noordoostpolder II aansluit, het *Quercetum mixtum*-percentage vrij sterk teruggegaan. Het onderste spektrum bezit reeds een meer "boreaal" karakter.

De boompollengedeelten van de diagrammen bezitten nog de meeste overeenkomst met die van de Peel-reeks. Ook daarbij werden immers zeer hoge *Quercetum mixtum*-waarden aangetroffen. Bij de Peel-diagrammen kwamen de betreffende spektra echter alleen in het diepere deel van de "atlantische" zone voor. Voorts is bij de Noordoostpolder-profielen het *Quercetum mixtum*-pollen niet, zoals bij de Peel-reeks, voornamelijk van *Tilia*, maar zeer overwegend van *Quercus* afkomstig.

De totale NAP-percentages zijn gering. Een belangrijk verschil met de reeds besproken diagrammen is, dat de *Ericaceae* zo goed als geheel ontbreken. De struik- en kruidenflora moet zich bij de Noordoostpolder-profielen in het post-Boreaal ongetwijfeld van die bij de andere profielen hebben onderscheiden. Merkwaardig is vooral dat de pollenflora van profiel Peel IV zo weinig overeenkomst met die van de Noordoostpolder-profielen bezit, ondanks het feit dat deze profielen sterk op elkaar gelijken. Dit geeft een belangrijke aanwijzing, dat aan de invloed van de vegetatie op de podzolering geen al te grote betekenis mag worden toegekend. De *Alnus*- en *Betula*-kurven laten in diagram Noordoostpolder II over het traject van de A_1 -horizont een duidelijke toename zien, welke ten koste van het *Quercetum mixtum* gaat. Maar ook daar beneden nemen *Alnus* en/of *Betula* wel eens toe, zo bijvoorbeeld *Alnus* bij 60 cm. Bij het andere profiel, met de zeer diepe humusinfiltratie, valt een bepaalde samenhang tussen de aanwezigheid van de A_1 -horizont en de samenstelling van de spektra moeilijk te ontdekken. Men treft daarbij bijvoorbeeld in het humeuze deel, op 26 en 36 cm diepte, geringere waarden voor *Alnus* en *Betula* aan dan in het gebleekte zand bij 19 cm. Over het geheel genomen geldt echter wel, dat de beide boomsoorten bij Noordoostpolder I tot grotere diepte met hogere percentages vertegenwoordigd zijn dan bij Noordoostpolder II. Het schijnt derhalve dat de pollendiagrammen een zwakke aanwijzing geven, dat de humus van een vegetatie met een meer broekbosachtig karakter afkomstig is (zie blz. 14).

DELFIJL I, II, III, IV EN V

Het diagram van profiel Delfzijl I in put A, wordt gescheiden van de diagrammen van de profielen in put B besproken. De afstand tussen de beide putten is zeer groot en bovendien is de hoogteligging van het zandoppervlak bij profiel Delfzijl I niet nauwkeurig bekend. Het is dus goed mogelijk, dat dit profiel op een ander tijdstip door het veen is bedekt dan de profielen in put B, al valt de ouderdom van de onderste veenlagen wel overal in dezelfde holocene periode, namelijk het Atlanticum.

Bij profiel Delfzijl I is tot in de C-horizont voldoende pollen voor de analyse aangetroffen.

Daar de onderste veenspektra van atlantische ouderdom zijn, moet het profiel belangrijk ouder zijn dan de hiervoor beschreven profielen Noordoostpolder I en II, die in het Subboreaal nog aan de oppervlakte hebben gelegen.

In het zandgedeelte van het diagram domineren *Betula* en het *Quercetum mixtum* beurtelings tot 24 cm onder het zandoppervlak; het *Quercetum mixtum* over het langste traject, namelijk van 6 tot 21 cm. Tot de laatstgenoemde diepte bezitten de spektra een "atlantisch" karakter. Het onderste spektrum, bij 29 cm, waarin *Pinus* en *Corylus* op de voorgrond treden, is "boreaal". Ongeveer bij 24 cm valt de "boreaal-atlantische" overgang.

In tegenstelling met de profielen van de reeksen Peel H en Noordoostpolder berusten bij profiel Delfzijl I de hoge *Quercetum mixtum*-waarden niet op de aanwezigheid van voornamelijk één komponent, maar worden ze door twee componenten veroorzaakt: *Tilia* en *Quercus*, waarvan *Tilia* meestal domineert. In het "boreale" spektrum is een vrij hoog *Ulmus*-percentage aanwezig.

De NAP-percentages zijn gering. In dit opzicht bestaat er een goede overeenkomst met de Noordoostpolder-diagrammen. De *Ericaceae*-kurve bezit tussen 10 en 14 cm echter een scherpe piek van meer dan 150%. Het *Ericaceae*-pollen werd op die diepte tot klompjes aaneengekit aangetroffen. Dit wijst erop, dat het als één massa in de grond is geraakt.

Het pollen komt bij de drie podzolprofielen Delfzijl II, III en IV in put B, evenals bij de podzolprofielen van reeks Peel H, tot verschillende diepten onder het zandoppervlak voor. Tot de geringste diepte, 18 cm, is het aanwezig bij het zeer natte profiel Delfzijl IV. Ter plaatse van het vrij droge profiel Delfzijl II werden tot 27 cm diepte voldoende boompollen voor de analyse aangetroffen en tot 36 cm diepte nog vrij veel varensoren. Bij profiel Delfzijl III, dat in bodemkundig opzicht tussen de beide andere profielen instaat, is het pollen tot de grootste diepte, 38 cm, aanwezig.

Er kan bij deze reeks dus schijnbaar een andere samenhang tussen de lengte van het pollenprofiel en de bodemkundige hoogteligging gekonstateerd worden dan bij de reeks Peel H. In de Peel werd immers bij het natste profiel, Peel IV, het pollen tot de grootste diepte aangetroffen. Men bedenke evenwel dat de bodemkundige situatie bij het in een vlakke omgeving gelegen, natste profiel van de reeks Delfzijl wel belangrijk verschilt van die bij het op een helling aanwezige profiel Peel IV.

In tegenstelling tot de reeks Peel H laat de reeks Delfzijl, put B geen samenhang zien tussen de lengte van het pollenprofiel en de podzoleringsdiepte. Het pollen en de sporen komen bij profiel Delfzijl IV, in geringe hoeveelheid, tot slechts een weinig beneden de bovenzijde van de inspoelingshorizont voor, maar bij de profielen Delfzijl II en III tot in de C-, respectievelijk de BC-horizont.

Er blijkt bij deze profielen echter wel een samenhang te bestaan tussen de diepte tot waar het pollen en de sporen in het zand voorkomen en de homogenisatiediepte. De volkomen verstering van de oorspronkelijke gelaagdheid van het dekzand (zone 1, zie blz. 19) komt namelijk bij profiel Delfzijl IV ook tot iets beneden de bovenzijde van de inspoelingshorizont en bij de beide andere profielen tot enige diepte in de C-, respectievelijk de BC-horizont voor (zie fig. 6 en 7).

Bij het gley-podzolprofiel Delfzijl V werd in de A_2 -horizont tot 23 cm, dit is tot 2 cm boven de lemig aanvoelende verdichte G-horizont en 7 cm beneden zone 1, nog pollen aangetroffen (zie ook blz. 64). Jammer genoeg was het bij de andere profielreeksen, met uitzondering van de reeks Velzen, niet mogelijk betrouwbare waarnemingen met betrekking tot de homogenisatiediepte te doen.

De drie podzolprofielen bezitten een polleninhoud welke zeer verschilt van die der tot nu toe beschreven profielen. In de diagrammen Delfzijl II en IV treedt direkt onder het zandoppervlak een sterke *Pinus*-dominantie op, in diagram Delfzijl III pas beneden 9 cm. In het laatste diagram overheerst boven 9 cm *Betula* sterk. Volgens de gebruikelijke zonering treft men de onderzijde van de "atlantische" zone in de drie diagrammen bij respectievelijk ± 1 , $\pm 7(?)$ en ± 1 cm onder het zandoppervlak aan, waar beneden dus de "boreale" zone aanwezig is. De diagrammen bezitten in de "boreale" zone naast veel overeenkomst ook zekere verschillen. In de volgorde III, II, IV neemt de *Pinus*-dominantie toe en neemt globaal de betekenis van *Betula* en *Corylus* af.

De diagrammen Delfzijl III en IV bezitten enkele opvallende onregelmatigheden. In beide wordt, respectievelijk bij 38 en 15,5 cm, een spektrum aangetroffen waarin plotseling het *Quercetum mixtum* domineert. Vooral *Tilia* komt daarin tot hoge waarden. In het eerste geval gaat de *Quercetum mixtum*-toename gepaard met een achteruitgang van *Betula* en *Pinus*, bij Delfzijl IV loopt alleen *Pinus* tijdelijk terug. In het spektrum bij 18 cm in diagram Delfzijl III, treedt een plotselinge verwisseling van de *Pinus*- en *Betula*-percentages op. Op deze verschijnselen zal nader worden ingegaan in hoofdstuk VI, blz. 83.

De samenstelling van het NAP is zeer eenzijdig. In alle drie podzoldiagrammen treden de *Filicinae* zeer sterk op de voorgrond. Buitengewoon hoge percentages worden bij het droogste profiel van de reeks, Delfzijl II, aangetroffen. Het spektrum bij 15 cm laat zelfs meer dan 4000% *Filicinae* zien. In de diagrammen van de beide andere profielen overschrijden de waarden in het algemeen de 500% niet. De varesporen zijn alle van *Polypodiaceae* afkomstig, maar werden zoals gewoonlijk zonder perisporium aangetroffen. Dit is voor de identifikatie van de meeste *Polypodiaceae*-sporen echter onmisbaar. Alleen *Polypodium vulgare* en tot op zekere hoogte ook *Dryopteris linneana* zijn na verlies ervan nog herkenbaar. Een deel van de naakte varesporen geleeke wel veel op die van de laatstgenoemde soort, maar volledige zekerheid gaf de identifikatie niet. De soort bleek, zowel absoluut gezien als in verhouding tot de andere varens, het sterkst vertegenwoordigd te zijn bij Delfzijl III. De overige *Polypodiaceae*-sporen waren niet nader te determineren.

In diagram Delfzijl III treft men in het onderste spektrum, bij 38 cm, en in diagram Delfzijl IV in het onderste- en het op één na onderste spektrum, bij 18 en 15,5 cm, plotseling geringe waarden voor de *Filicinae* aan. In het spektrum bij 38 cm van Delfzijl III en dat bij 15,5 cm van Delfzijl IV treedt tevens de plotselinge *Quercetum mixtum*-toename op waarvan hiervoor sprake was. Het boompollenspektrum bij 18 cm van Delfzijl IV demonstreert echter een hoge *Pinus*-waarde, zoals voor een boreaal spektrum kenmerkend is. Het schijnt derhalve dat het samenvallen in twee spektra van geringe *Filicinae*- en hoge *Quercetum mixtum*-waarden, slechts aan toevallige omstan-

digheden moet worden toegeschreven. De achteruitgang van de *Filicinae* in het onderste deel van de beide diagrammen vindt kennelijk onafhankelijk van het verloop van de *Quercetum mixtum*-kurve plaats.

De *Ericaceae*, de *Cyperaceae* en *Gramineae* en de kruiden komen alle in de verschillende diagrammen met weinig karakteristieke kurven voor, die slechts geringe percentages vertegenwoordigen. Een bepaalde samenhang valt er tussen de samenstelling van dit niet-boompollen en de bodemkundige hoogteligging der verschillende profielen dan ook niet te konstateren. Het verdient nog wel vermelding, dat deze kurven ook bij de spektra met de hoge *Quercetum mixtum*-waarden geen bijzondere afwijking vertonen.

Het gley-podzolprofiel Delfzijl V moet ongeveer terzelfder tijd in het Atlanticum door het veen zijn bedekt als de podzolprofielen, daar het zandoppervlak in put B bijna geen hoogteverschillen bezit. Desondanks schijnen de zandspektra in diagram Delfzijl V een jongere periode weer te geven dan die in de andere diagrammen. Op grond van de zeer sterke *Alnus*-dominantie is men namelijk geneigd te veronderstellen dat ze een vegetatie uit het Atlanticum weerspiegelen, in plaats van uit het Boreaal.

De *Alnus*-rijke spektra van Delfzijl V kunnen niet zonder meer uit de *Pinus*-rijke van de andere diagrammen afgeleid worden, door in de laatste het aandeel van *Alnus* te vergroten en de waarden voor de andere bomen evenredig te verminderen. Hun structuur is ook wat betreft die andere soorten verschillend. Komt in de laatstgenoemde spektra *Betula* en soms ook *Corylus* op de tweede plaats, in de *Alnus*-rijke wordt de tweede plaats door het *Quercetum mixtum* ingenomen.

Het *Quercetum mixtum* wordt voornamelijk door *Quercus* en *Tilia* gevormd, welke afwisselend een dominerende plaats innemen.

Niet alleen de AP-, maar ook de NAP-samenstelling is bij Delfzijl V geheel verschillend van die welke bij de podzolprofielen aangetroffen is. Er is hier geen sprake van een overheersende positie van de *Filicinae*. De waarden daarvoor zijn, evenals die voor de andere NAP-soorten, gering. Vermeld zij nog dat de *Ericaceae*, welke bij de podzol-diagrammen in de meeste spektra nog wel voorkwamen, hier zo goed als geheel ontbreken.

APPINGEDAM

Het pollen komt bij het gley-podzolprofiel Appingedam tot slechts 15 cm onder het zandoppervlak in vrij grote hoeveelheid voor, dit is tot 7 cm boven de GC-, in de A₂-horizont.

De veenspektra wijzen alle op atlantische ouderdom. In het zandgedeelte van het diagram overweegt *Alnus* zeer sterk over de andere soorten, waarom ook die zone schijnbaar een deel van de atlantische periode vertegenwoordigt. Er is dus een goede overeenkomst met het zandgedeelte van het diagram Delfzijl V aanwezig. Een verschil is evenwel, dat bij Appingedam niet het *Quercetum mixtum* maar *Pinus* op de tweede plaats komt. Bij het NAP zijn slechts de *Filicinae* een weinig vertegenwoordigd, de andere soorten ontbreken praktisch geheel.

FLEVOLAND I, II EN III

Evenals bij de reeksen Epe en Peel H is ook bij de reeks Flevoland het pollen tot de grootste diepte aangetroffen bij het profiel dat op een helling aanwezig is, namelijk bij profiel Flevoland II. Diagram Flevoland I reikt tot slechts 18 cm onder het zandoppervlak. Dit is evenwel een gevolg van de omstandigheid, dat de hoge grondwaterstand voor het nemen van zandmonsters van grotere diepte een beletsel vormde. De pollendichtheid is bij 18 cm echter reeds zo gering – er zijn daarbij slechts 41 boompollenkorrels geteld –, dat het pollen er toch niet veel dieper kan zijn voorgekomen.

Een bepaalde samenhang tussen de diepte tot welke het bodemprofiel reikt en de lengte van het zandgedeelte van het diagram kan hier, evenals bij de reeksen Epe en Delfzijl, niet worden gekonstateerd. Het onderste spektrum in diagram Flevoland II, bij 45 cm, bevindt zich ter hoogte van de BC-, het overeenkomstige spektrum in diagram Flevoland III, bij 30 cm, in de B₂-horizont.

Het veen is van atlantische ouderdom. De zandgedeelten van de drie diagrammen gelijkten met hun over het algemeen sterke *Pinus*-dominantie veel op de zandgedeelten van de podzoldiagrammen van reeks Delfzijl, put B. Ook treedt er bij het NAP een overeenkomstige dominantie op van de *Filicinae*. De percentages daarvoor zijn bij de reeks Flevoland echter wel veel geringer.

Bij de profielen I en III komt *Lycopodium clavatum* met voor deze soort betrekkelijk hoge waarden voor. Zij is niet bij het andere profiel vertegenwoordigd.

De overgang van de "boreale" naar de "atlantische" zone wordt bij de drie profielen bij respectievelijk ongeveer 1, 7 en 1 cm onder het zandoppervlak aangetroffen. Alleen bij het middelste profiel komt een vrij lange "atlantische" zone in het zand voor. Hier doet zich dus het merkwaardige verschijnsel voor, dat de veengroei het laatst schijnt te zijn begonnen op een plaats, waar het zandoppervlak niet het hoogst is gelegen. In hoofdstuk V, blz. 80 wordt deze kwestie nader besproken.

VELZEN I, II, III EN IV

Bij de beide podzolprofielen Velzen III en II werd het pollen tot 41 cm respectievelijk 35 cm onder het zandoppervlak aangetroffen. Hieruit blijkt, dat de pollenindringing ongeveer 15 cm dieper plaatsgevonden heeft dan de podzolering, en ongeveer even diep of iets ondieper dan het niveau, waarboven de oorspronkelijke gelaagdheid van het dekzand door de homogenisatie geheel is verstoord. De laatste waarneming is in goede overeenstemming met hetgeen bij de reeks Delfzijl is gevonden.

Bij het humeuze gleyprofiel Velzen I, waarbij tot 35 cm onder het zandoppervlak geen spoor van gelaagdheid te bekennen viel, hoort een slechts 14,5 cm diep zanddiagram. Het verschil tussen beide diepten bedraagt ± 20 cm, dit is belangrijk meer dan bij de voorgaande profielen. De oorzaak daarvan is echter waarschijnlijk terug te voeren op onvolkomenheden in de techniek van het prepareren van het materiaal. Profiel Velzen I is het eerste profiel geweest waarvan het zand pollenanalytisch is onderzocht.

Tot 37,5 cm werd bij profiel Velzen IV, dat een overgangsvorm tussen een podzol- en een humeus gleyprofiel voorstelt, nog betrekkelijk veel pollen aangetroffen. Ook dit

profiel is echter niet geschikt om de samenhang na te gaan tussen de lengte van het pollenprofiel en de diepte van de bodemvorming. Een deel van de onderste pollenvoerende lagen bestaat immers uit veen en lemig zand (tussen de diepten 34–35 cm, respectievelijk 31–32 cm), waarin het pollen reeds tijdens de sedimentatie terechtgekomen moet zijn, dus voor het begin van de bodemvorming onder invloed van de vegetatie.

De veenspektra bij 0,8 cm in diagram Velzen III en bij 2 en 3 cm in diagram Velzen II, bezitten een overeenkomstige samenstelling: de *Pinus*-percentages zijn daarin praktisch even hoog als die van *Alnus*. De waarden voor het *Quercetum mixtum* zijn gering. Op grond hiervan kan men de spektra in de boreaal-atlantische-overgangperiode plaatsen. In het veengedeelte van diagram Velzen I komen drie *Alnus*-rijke spektra voor. Men kan ze alle drie als atlantisch beschouwen, in welk geval men moet aannemen dat het veen bij dit profiel later is ontstaan dan bij de profielen Velzen III en II. Het is evenwel waarschijnlijker, dat de overgangperiode van het Boreaal naar het Atlanticum in het veengedeelte van dit diagram is verdoezeld door een sterke overrepresentatie van *Alnus*. In het veen is elzehout aangetroffen, zodat de boom inderdaad lokaal is voorgekomen.

De *Alnus*- en de *Pinus*-kurven wijken in diagram III in benedenwaartse richting tot 5 cm onder het zandoppervlak uiteen, in diagram II tot de overgang van het veen naar het zandgedeelte. Dieper nemen de *Pinus*-waarden weer toe ten koste van die van *Alnus*. Bij 18,5, respectievelijk 8,5 cm snijden de beide kurven elkaar opnieuw. Pas beneden 26,5 cm gaat in diagram Velzen III *Pinus* over *Alnus* domineren; in diagram Velzen II treedt onmiddellijk onder het snijpunt een *Pinus*-dominantie op. Het beeld dat de *Pinus*- en *Alnus*-kurven te zien geven, tot het punt waar beneden *Pinus* over *Alnus* gaat domineren, bezit in beide diagrammen dus een grote overeenkomst, maar is in diagram Velzen III veel langgerechter dan in het andere diagram.¹ De kurven voor de andere boomsoorten vertonen een regelmatig verloop. Beneden de zeer *Alnus*-rijke spektra komt in de diagrammen Velzen III en II *Corylus* met zeer hoge waarden voor. De percentages voor het *Quercetum mixtum*, *Betula* en *Salix* zijn in het algemeen gering. Het spektrum bij 16 cm in diagram II met 77% *Salix* is berekend, door *Salix* buiten de boompollensom te laten (zie ook blz. 40).

Een zonering van de beide podzoldiagrammen is moeilijk uitvoerbaar. Direkt onder de boreaal-atlantische veenspektra bezit de pollensamenstelling een "atlantisch" karakter. Beneden 26,5, respectievelijk 8,5 cm komen in de diagrammen Velzen III en Velzen II "boreale" spektra voor. De schijnbaar atlantische spektra vertegenwoordigen in feite natuurlijk ook een deel van de boreaal-atlantische overgangperiode of/en een deel van het Boreaal. Het grillige kurvenverloop is echter stellig niet van toevallige factoren afhankelijk geweest. In dat geval zou het niet op twee verschillende plaatsen zijn aangetroffen.

¹ Het veen-op-grotere-diepte bij Velzen is door DOPPERT (1957) onderzocht. Sommige van zijn diagrammen vertonen in het onderste deel tot op zekere hoogte een overeenkomstig beeld als de diagrammen Velzen III en II. Waar het bovenste snijpunt van de *Pinus*- en *Alnus*-kurven verwacht kon worden, direkt boven het zandoppervlak, buigen de kurven wel naar elkaar toe, evenwel zonder elkaar te raken. Vermoedelijk zou het snijpunt wel gevonden zijn, indien de verticale afstanden tussen de monsters minder groot waren genomen.

De "zones" waarin men de beide diagrammen kan verdelen, blijken niet aan bepaalde horizonten gebonden te zijn. Dit is dus een overeenkomstig resultaat als bij het onderzoek van de profielen van reeks Peel H werd gevonden.

In beide diagrammen worden de kruiden, de *Filicinae* en vooral de *Ericaceae* met hoge waarden aangetroffen. Verreweg het grootste deel van het kruidenpollen is afkomstig van *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type). Daarnaast komt veel *Chenopodiaceae*-, *Caryophyllaceae*- en *Succisapollen* voor. Er bestaat een opvallend verschil in vorm tussen de beide *Ericaceae*-kurven. In diagram Velzen III geeft de curve boven 31,5 cm hoge, daar beneden betrekkelijk geringe percentages weer. Bij Velzen II zijn juist in het onderste deel van het diagram, beneden 16 cm, de hoogste waarden aanwezig. Blijkbaar bestaat hier geen nauwe samenhang tussen het verloop van de AP-kurven en de curve voor de *Ericaceae*.

Het zandgedeelte van diagram Velzen I, van het elzenprofiel, vertoont wat het verloop van de *Alnus*- en *Pinus*-kurven betreft, een grote overeenkomst met het diagram van het podzolprofiel Velzen II. De kruising van de beide kurven treft men in de twee diagrammen zelfs op dezelfde hoogte aan. Een opvallend verschil is echter aanwezig wat betreft de *Corylus*-percentages, die in diagram Velzen I zeer veel geringer zijn. De maximum-waarde ervoor, bij 4,5 cm, bedraagt slechts 24%. Op 9,5 cm diepte onder het zandoppervlak werd zeer veel *Salix*pollen aangetroffen (140%). Ook bij de profielen Velzen II en Peel III werd voor deze soort zo'n incidentele toename gevonden. Teneinde na te gaan of dit hoge percentage inderdaad representatief is voor het aandeel dat *Salix* op die diepte in het pollen toekomt, is nog een tweede analyse verricht. Het materiaal daarvoor werd ook op 9,5 cm diepte, in de onmiddellijke omgeving van het reeds onderzochte monster, genomen. In het nieuwe zandmonster bleek in het geheel geen *Salix*pollen voor te komen, hoewel de onderlinge verhoudingen wat betreft de hoeveelheden der andere pollensoorten niet gewijzigd waren. Hieruit volgt, dat de plotselinge toename van *Salix* in diagram Velzen I – en dit geldt ongetwijfeld ook voor de andere gevallen waarin van een dergelijk gedrag van *Salix* sprake is – een toevallig karakter draagt. Daarom is bij de berekening van de percentages van de betreffende spektra *Salix* steeds buiten de pollensom gehouden.

Zou men het diagram op de traditionele manier in zones willen onderverdelen, dan zou het traject boven ± 9 cm het "Atlanticum" en dat daar beneden het "Boreaal" moeten voorstellen.

Er is maar weinig niet-boompollen aangetroffen. De *Gramineae* + *Cyperaceae* zijn nog het sterkst vertegenwoordigd. Een belangrijk verschil met de pollensamenstelling bij de podzolprofielen is dat er zo goed als geen *Ericaceae*pollen voorkomt.

Het diagram Velzen IV is wat betreft het AP-gedeelte zeer verschillend van de reeds besproken diagrammen van deze reeks. In alle spektra verkeert *Pinus* in een overheersende positie. *Alnus* is overal, zelfs in de bovenste spektra, of geheel afwezig of met zeer geringe percentages aanwezig. Toch valt er van onderen naar boven in het diagram een duidelijke ontwikkelingsgang van de pollenflora waar te nemen. Beneden 23 cm komt, na *Pinus*, *Betula* op de tweede plaats en is *Corylus* bijna afwezig; daarboven wordt de tweede plaats door *Corylus* ingenomen. Deze soort neemt tenslotte zelfs belangrijk toe, ten koste van *Pinus*. De spektra beneden ± 23 cm bezitten een "prae-

boreaal", de overige een "boreaal" karakter. De laatglaciale periode komt voor geen der spektra, ook niet de alleronderste in aanmerking, omdat de NAP-percentages daarvoor te gering zijn. Deze bereiken nergens meer dan 45.

Het NAP-gedeelte lijkt veel op dat van diagram Velzen I. De *Ericaceae* zijn hier echter wel vertegenwoordigd, zij het met geringe percentages.

In één opzicht onderscheidt het diagram zich vooral zeer sterk van alle hiervoor beschreven diagrammen, namelijk door de aanwezigheid van kurven voor de *Algae*: *Botryococcus* en *Pediastrum*. De algen komen in hoofdzaak voor in het lemige zandlaagje en in een, ongeveer 15 cm dikke zandlaag direct daar boven. In de spektra bij 28 en 23 cm, respectievelijk 4 en 9 cm boven het lemige laagje, is *Botryococcus* met hoge percentages aanwezig. *Pediastrum* speelt maar een bescheiden rol. Blijkbaar is het materiaal over het traject met de algen onder water gesedimenteerd. De desbetreffende pollenspektra moeten blijkbaar als spektra van een onderwaterafzetting geïnterpreteerd worden. De horizontale uitbreiding van de algenrijke lagen is ongetwijfeld tot het geultje beperkt waarin het profiel is aangetroffen.

PEEL V, VI EN VII (REEKS L)

Diagram Peel V reikt tot 42 cm onder het zandoppervlak, dit is tot in de Cd-horizont. Het pollen komt waarschijnlijk ook nog wel dieper voor, maar dat is niet onderzocht. Uit de aanwezigheid van grote massa's algen beneden 15 cm volgt, dat het bodemmateriaal beneden die diepte onder water is gesedimenteerd, tegelijk met het aangetroffen pollen. Voor de beantwoording van de vraag welke samenhang er kan bestaan tussen de bodemvorming en de polleninhoud van het zand, heeft het onderzoek van de diepere lagen dan ook geen waarde. Het zou alleen voor de stratigrafische kennis van belang kunnen zijn.

De bovenste veenspektra, bij 5 en 3 cm, zijn van atlantische ouderdom. In het veenspektrum 1 cm boven het zandoppervlak en de zandspektra 1 en 6 cm daar beneden, komen *Alnus*, het *Quercetum mixtum* en *Corylus* met nog betrekkelijk hoge waarden voor. Hoewel *Betula* sterk domineert, zijn deze spektra van "boreaal-atlantische" of "boreale" ouderdom. De hoge *Betula*-waarden moeten een gevolg zijn van een lokale aanwezigheid van de berk.

Pinus neemt naar beneden sterk toe en domineert vanaf 15 cm zeer sterk. *Betula* komt dan op de tweede plaats. De thermofiele bomen gaan verder achteruit en worden bij 21 cm zeer onbelangrijk. De spektra bij 9 en 15 cm vertegenwoordigen waarschijnlijk het "Praeboreaal". Dit is stellig het geval met het spektrum bij 21 cm, dat in het onder water gesedimenteerde zand voorkomt en waarin ongetwijfeld uitsluitend de regionale boomgroei tot uiting komt, zoals ook in de dieper aanwezige, eveneens algenrijke spektra. Bij 25, 35 en 42 cm komen weer hogere waarden voor *Alnus* en *Corylus* voor. Bovendien treden bij die diepten twee nieuwe soorten op, namelijk *Carpinus*, welke boom alleen in holocene spektra vertegenwoordigd is voorzover die het jongere deel van het Holoceen vertegenwoordigen en *Picea*, die in holocene spektra slechts bij uitzondering, ten gevolge van verre-afstandtransport, aanwezig is. Het spektrum bij 31 cm vormt nog een onderbreking, aangezien de samenstelling daar-

van praktisch weer overeenkomt met die van het "praeboreale" spektrum bij 21 cm.

Het is natuurlijk uitgesloten de spektra met *Carpinus* en *Picea* in een bepaalde periode van het Holoceen te plaatsen. In overeenstemming met de resultaten van het palynologisch onderzoek van het Jong-Kwartair in het Peelgebied door FLORSCHÜTZ en ANKER-VAN SOMEREN (1956) en door MENTE (1961), moet men aannemen dat het pollen van een vegetatie uit het Riss-Würm-Interglaciaal (Eemien) afkomstig is. Aangezien daarover geen verwarring kan bestaan, worden de aanhalingstekens bij de Eemien-zandspektra achterwege gelaten.

Het blijkt dat de onregelmatige opeenvolging van de spektra beneden 21 cm nauw samenhangt met de opeenvolging van lemiger en zandiger bodemlagen. Alleen in de eerste worden de Eemien-spektra aangetroffen; in de zandige laag van 26 tot 33 cm komt het spektrum van "praeboreale" samenstelling voor, dat de onderbreking van het Eemien-trajekt vormt. Door deze samenhang wordt de veronderstelling dat er verspoeling opgetreden is, bevestigd (zie blz. 24).

In geen der spektra wijst de samenstelling van het pollen op de vroegere aanwezigheid van een (laat)glaciale flora. Blijkbaar is er in het diagram een hiaat aanwezig tussen het Eemien en het Holoceen.

De NAP-kurven vertegenwoordigen in het algemeen zeer geringe waarden. Alleen bij 35 cm is een vrij hoog percentage voor *Cyperaceae* aanwezig. Bij 21 cm, in het spektrum dat nog het meest het karakter van een laatglaciaal spektrum nadert, treft men 5% *Artemisia* aan.

De kurve voor de algensoort *Pediastrum* laat enorme schommelingen zien, die echter waarschijnlijk betrekkelijk willekeurig zijn en niet te korreleren met afwisselend zeer natte en betrekkelijk droge fasen tijdens de sedimentatie van het materiaal.

Het podzolprofiel reikt nog 12 cm dieper (tot 33 cm) dan het niveau waar beneden de algen in het zand voorkomen (21 cm), dit is tevens 8 cm dieper dan het niveau van het hoogst aanwezige Eemien-spektrum. Hieruit blijkt duidelijk, dat de mikro-botanische inhoud van de onderste lagen geen aanwijzing kan geven over de aard van de flora waaronder het podzolprofiel tot ontwikkeling is gekomen.

Het zandgedeelte van diagram Peel VI kan blijkens de kurven voor de algen, in ieder geval tot 22 cm diepte, geïnterpreteerd worden als een diagram van een onderwaterafzetting. Hieruit en uit de hoge waarden voor het NAP volgt, dat in de zandspektra de regionale boomgroei tot uitdrukking komt. De aanhalingstekens kunnen hier bij de omschrijving van de desbetreffende perioden dus ook vervallen.

De organische lagen die het zand bedekken zijn, zoals op grond van de lagere ligging van het zandoppervlak verwacht kon worden, ouder dan die welke boven het voorgaande profiel aanwezig zijn. De boreaal-atlantische overgangperiode is in het diagram niet meer vertegenwoordigd. De *Pinus*-rijke spektra die bij 11 en 7 cm, respectievelijk in het *Carex*veen en in de venige gyttja, voorkomen, zijn van boreale ouderdom. De gyttjaspektra bij 5 en 1 cm, met de zeer hoge *Pinus*-, de geringe *Corylus*- en de uiterst geringe *Alnus*- en *Quercetum mixtum*-waarden, geven het Praeboreaal weer. In die tijd maakte *Pinus* blijkbaar reeds het overwegende deel van de regionale bosvegetatie uit. Ook VAN DER HAMMEN (1953) vond dat de praeboreale bossen in het zuiden van het land voornamelijk uit *Pinus* bestonden. Dit in tegenstelling tot de bos-

sen in Noord-Nederland, waarvan in dezelfde periode *Betula* het overgrote deel uit maakte. Het spektrum dat 1 cm onder het zandoppervlak aanwezig is, bezit een duidelijk oudere structuur. *Pinus* is daarin vergeleken met de juist besproken spektra sterk teruggedaan, ten voordele van *Betula*, die nu domineert. De waarde voor *Corylus* is echter nog niet verder teruggelopen. Het spektrum vormt een duidelijke overgang naar de laatglaciale spektra, die van 2 tot 12 cm onder het zandoppervlak aanwezig zijn, waarin zowel *Pinus* als *Corylus* met zeer geringe waarden voorkomen en *Betula* zeer sterk overheerst. Het overgangsspektrum bij 1 cm zal nog tot het Praeboreaal gerekend moeten worden, maar dan tot de aanvangsfase ervan. In het hierna te beschrijven diagram Peel VII komt in het traject van de gyttjalaag ook een praeboreaal spektrum voor waarin *Betula* domineert. Het vormt eveneens de overgang tussen een holocene zone met *Pinus*-dominantie en een glaciële met *Betula*-dominantie. Hieruit blijkt, dat de praeboreale periode in het gebied van de Peel waar de profielen aange troffen zijn, met een *Betula*-tijd begonnen is en dat pas enige tijd later *Pinus* ging overheersen. De bewering van VAN DER HAMMEN (1953, blz. 113) dat het Praeboreaal in Zuid-Nederland met een *Pinus*-tijd begon, gaat dan ook in zijn algemeenheid niet op.

De zandspektra van 2 tot 12 cm zijn typisch laatglaciale spektra met hun zeer sterke *Betula*-dominantie, de betrekkelijk hoge gesommeerde niet-boompollenwaarden en de rijke verscheidenheid van kruidensoorten. Ook in de praeboreale gyttjaspektra bij 1 en 5 cm zijn hoge kruiden-percentages aanwezig, maar die berusten op een lokale overrepresentatie van één bepaalde waterplant, die tot de *Typhaceae* behoort.

Beneden 12 cm onder het zandoppervlak komen spektra voor waarin *Corylus*, *Alnus* en het *Quercetum mixtum* weer belangrijker worden en waarin *Carpinus* en *Picea* aanwezig zijn. Ze bezitten een grote overeenkomst met de onderste zandspektra in het voorgaande diagram en stammen blijkbaar ook uit het Eemien. De overgang van de laatglaciale naar de Eemien-zone valt in de (B)-horizont van het bodemprofiel. In diagram Peel VI is dus ook een hiaat aanwezig, maar dit is blijkbaar kleiner dan in diagram Peel V, waarin zelfs het Laatglaciaal niet vertegenwoordigd was.¹

Het zandgedeelte van diagram Peel VII geeft, gezien het verloop van de algemene kurven, over de gehele diepte een onderwaterafzetting weer. Ook hier blijkt het regionale karakter van het boompollengedeelte van de spektra weer duidelijk uit de hoge NAP-percentages.

De grens tussen het Holoceen en het Pleistoceen valt bij dit laagst gelegen profiel van de reeks reeds tussen 26 en 22 cm boven het zandoppervlak, in de gyttjalaag. De beide veenspektra, bij 36 en 33 cm, met respectievelijk *Quercetum mixtum*- en *Pinus*-dominantie zijn achtereenvolgens van atlantische en boreale ouderdom; de daarop volgende twee gyttjaspektra, bij 29 en 26 cm, geven de vroeg-boreale tot praeboreale periode weer. In het bovenste van deze beide laatste spektra is *Pinus* reeds met een zeer hoge waarde aanwezig, maar in het onderste treedt nog een sterke dominantie van *Betula* op, in aansluiting aan de glaciële zone. Iets dergelijks zagen we ook in

¹ Ook ESHUIS (1946) trof bij zijn onderzoek van de Peelvenen enkele malen een stratigrafisch hiaat tussen het Eemien en het Holoceen, respectievelijk het Laatglaciaal aan.

diagram Peel VI. Beneden 26 cm is in diagram Peel VII een nog veel groter deel van de glaciële periode aanwezig dan in het laatstgenoemde diagram.

Het gyttjagedeelte van het diagram gelijkt zeer veel op een bepaald deel van het diagram Helenaveen (XII) van VAN DER HAMMEN (1953). Dit diagram geeft de resultaten van het pollen-analytisch onderzoek van een gyttjaprofiel weer, dat 6,5 km in z.z.o.-richting van profiel Peel VII verwijderd ligt. In overeenstemming met de door die onderzoeker toegepaste zonering worden in diagram Peel VII de spektra tussen 22 en 10 cm in de Jonge Dryastijd geplaatst, die bij 6 en 2 cm in de Alleröd en het spektrum op de overgang van de gyttja naar het zand in de Oude Dryastijd.

Het aantal aangetroffen NAP-soorten is groter dan bij het voorgaande profiel, maar dit is hiervan een gevolg, dat bij het onderhavige profiel meer preparaten doorzocht zijn. In de Alleröd-periode blijken de totale NAP-waarden belangrijk teruggelopen te zijn, evenals het aantal aangetroffen soorten. Vooral *Artemisia* en de *Equisetae* vertonen over dit traject een duidelijke teruggang. Op de overgang van de laatglaciële naar de holocene zone kan men geen duidelijke afname van de totale NAP-percentages waarnemen. De hoge waarden berusten in de holocene zone echter op een lokale overrepresentatie; in de gyttjaspektra van een paar kruidensoorten, namelijk *Myriophyllum* en *Typha*, en in de veenspektra van *Cyperaceae* en *Gramineae*.

In het zandgedeelte van het diagram treft men bij 5 en 15 cm nog twee glaciële spektra aan. Bij 21 cm valt de overgang naar de Eemien-zone, die door de beide onderste zandspektra wordt gevormd.

In welk deel van het Würm de beide glaciële zandspektra thuis horen valt moeilijk te zeggen, te meer daar de verticale afstand er tussen nogal groot is. Indien tussenliggende zandlagen ook onderzocht waren, zou misschien een meer gedifferentieerd verloop van de kurven te zien zijn geweest. Voor het Pleniglaciaal komen ze echter niet in aanmerking, want daarvoor zijn de totale waarden voor het NAP, die bij 5 en 15 cm respectievelijk 165% en 140% bedragen, nog te gering. De totale hoeveelheid NAP loopt in de Eemien-spektra weer duidelijk terug, het aantal verschillende kruidensoorten zelfs zeer sterk. De *Filicinae* laten evenwel een toename zien.

Het alleronderste spektrum laat een sterke teruggang van *Pinus* zien vergeleken met het daarboven aanwezige Eemien-spektrum, en ook met de Eemien-spektra in de beide andere diagrammen van de reeks. *Alnus* neemt sterk toe. Diagram Peel VII reikt blijkbaar nog belangrijk verder terug in het Eemien dan de beide andere Peel-diagrammen.

In de gyttja en de zandige ondergrond werden zeer grote hoeveelheden algen aangetroffen. Ter hoogte van het Alleröd- en het Eemien-traject zijn de percentages echter vrij gering. Het is verleidelijk aan een oorzakelijk verband te denken tussen deze vermindering en de klimaatsomstandigheden. Zo zou bijvoorbeeld de sedimentatie van het boompollen in de relatief warme Alleröd-periode, ten opzichte van de hoeveelheden algen die gevormd werden, groter kunnen zijn geweest dan in de koude Dryas-perioden. Het is echter ook mogelijk dat er "toevallige" factoren in het spel zijn geweest.

HOOFDSTUK IV

HET ONTSTAAN VAN EEN POLLENPROFIEL IN EEN ZANDIGE BODEM

1. LITERATUURGEGEVENS

Sinds de ontdekking van mikrofossielen in eolische zandafzettingen door BEYERINCK (1931), is de vraag hoe het pollen in het zand terechtgekomen kan zijn, een onderwerp van studie en discussie geweest voor palynologen, bodemkundigen en geologen. Vooral de palynologen hebben zich intensief met deze vraag beziggehouden, omdat het antwoord erop van primair belang is voor de verklaring van pollendiagrammen van zandgronden. Er bestaan verschillende voorstellingswijzen, wat betreft de manier waarop het pollen in het zand kan geraken. Daarbij wordt gedacht aan sedimentatie tegelijk met het eolische zand, aan inspoeling of aan activiteiten van bodemdieren. De meeste onderzoekers gaan bij de verklaring van zanddiagrammen uit hetzij van een eenzijdig plaatsgevonden sedimentatie, hetzij van inspoeling van het pollen. Slechts enkele nemen een combinatie van verschillende processen aan.

a. Opstuivingstheorieën

BEYERINCK (1933a) trof bij zijn palynologisch onderzoek van enkele heidepodzolprofielen, tot in de C-horizont nog pollen aan. Bij de interpretatie van zijn analyse-resultaten greep BEYERINCK terug op de theorie van de pedoloog MÜLLER (1887) over het ontstaan van het heidepodzolprofiel. Volgens de laatstgenoemde auteur zou de oerbank die men onder de heide aantreft, reeds in het Laatglaciaal onder een toendravegetatie zijn ontstaan. De *Calluna*heide zou onmiddellijk op deze vegetatie zijn gevolgd toen, in het Holoceen, het klimaat beter werd.

BEYERINCK meende in de samenstelling van de mikroflora in de oerbank het bewijs te zien dat de bank van laatglaciale ouderdom was. Hij vestigde in dit verband onder andere de aandacht op de aanwezigheid van *Selaginella*- en bladmossporen. De pollenconcentratie was in de bewuste laag bij elk der onderzochte profielen echter zo gering, dat per profiel maar weinig boompollenkorrels zijn gedetermineerd; te weinig om een betrouwbare konklusie toe te laten. Zou het pollen in de oerbank bij elk der profielen inderdaad van een laatglaciale flora afkomstig zijn, dan zou men evenwel zonder bezwaar de bij deze profielen gevonden hoeveelheden der verschillende pollensoorten kunnen sommeren, en zodoende wel een statistisch betrouwbaar, laatglaciaal pollen-spektrum verkrijgen. Past men een dergelijke werkwijze toe op de desbetreffende analysegegevens, dan ontstaat het pollenspektrum in tabel IV.

In de tabel zijn de gegevens van negen analyses, van de inspoelingshorizonten van vier verschillende profielen, samengevat. Het betrekkelijk hoge *Selaginella*-percentage berust op de aanwezigheid van *Selaginella*sporen in twee van de negen onderzochte zandmonsters, waarin ze met respectievelijk 10% en 1% voorkomen.

Op grond van het aldus berekende spektrum zal men de veronderstelling dat het pol-

TABEL IV. Pollenspektrum waarin de resultaten zijn samengevat die door BEYERINCK (1933a) zijn verkregen bij de analyse van de inspoelingshorizonten van vier podzolprofielen
 TABLE IV. Pollen spectrum summarizing the results obtained by BEYERINCK (1933a) by an analysis of the illuviation horizons of four podsol profiles

Percentages/Percentages														ΣAP	
Alnus	Betula	Corylus	Pinus	Salix	Tilia	ΣAP	Empetrum + Ericaceae	Cyperaceae	Gramineae	Kruiden	Filicinae	Selaginella	Hypnaceae		Sphagna
59	24	2,5	2,5	11	1	100	827	1	4	36	1	11	183	18	82

len van een laatglaciale vegetatie afkomstig is, niet kunnen handhaven. Er wordt ongetwijfeld een holocene vegetatie door vertegenwoordigd.

Aan het pollen in de loodzandlaag boven de oerbank kende BEYERINCK wel een holocene ouderdom toe. Het zou daarin terechtgekomen zijn door sedimentatie tegelijk met het zand.

De theorie van BEYERINCK heeft, vooral voorzover die het principe van de opstui-ving betreft, voor verschillende latere onderzoekers (JONAS 1935, BENRATH en JONAS 1937, FLORSCHÜTZ 1941) als uitgangspunt gediend bij hun onderzoekingen naar het ontstaan van het heidepodzolprofiel. BEYERINCK zelf echter heeft haar in 1941 weer verlaten.

Aanvankelijk scheen de theorie door nieuwe onderzoekingen geheel te worden bevestigd. Zo werden door JONAS (1935) bij palynologisch onderzoek van zand, overeenkomstige resultaten als door BEYERINCK verkregen. Ook BENRATH en JONAS (1937) kwamen tot de konklusie dat het loodzand gesedimenteerd zou zijn na het ontstaan van de oerbank in het Laatglaciaal. Uit de analysegegevens van dertig Noordduitse loodzand-oerbank profielen berekenden zij dat er per jaar 0,003 à 0,004 cm loodzand zou zijn gesedimenteerd. Volgens de beide onderzoekers, die de opvattingen van TÜXEN en DIEMONT (1936) en DEWERS (1935) (zie blz. 48) over het inspoelen van pollen bestrijden, zou alleen door sedimentatie van pollen tegelijk met zand, een pollenprofiel kunnen ontstaan dat zeer veel op een pollenprofiel in veen gelijk. Als er bij de onderzochte profielen inspoeling had plaatsgevonden, dan zou het pollen doorengemengd zijn en moesten de diagrammen een zeer verwarde indruk hebben gegeven.

Enige jaren na dit onderzoek werd door JONAS (1937) een diagram van een podzolprofiel gepubliceerd waarin het Laatglaciaal niet vertegenwoordigd was. De onderste pollenspektra, die in de inspoelingshorizont voorkwamen, waren van boreale ouderdom. Ook door ENGMANN (1937) werd aangetoond dat de B-horizont geen bodemvorming uit de toendratijd kon zijn.

FLORSCHÜTZ (1941), die zich bij zijn onderzoekingen onder andere op de resultaten van BEYERINCK (1933 a en b), JONAS (1935) en BENRATH en JONAS (1937) baseerde, ging zeer gedetailleerd te werk. Ten einde de waarde van pollendiagrammen in zand te toetsen aan de resultaten van het palynologisch veenonderzoek, onderzocht FLOR-

SCHÜTZ, behalve aan de oppervlakte gelegen podzolprofielen, ook twee podzolprofielen die onder veen, respectievelijk ingesloten tussen twee veenlagen voorkwamen. Bovendien waren pollendiagrammen van naburige veenlagen ter vergelijking aanwezig. Het bleek dat de zandgedeelten van de diagrammen van de beide laatstgenoemde podzolprofielen opgedwongen wijze bij de veengedeelten aansloten. Voorts kon aangevoerd worden dat het verloop van de pollenkurven in de zanddiagrammen op bevredigende wijze overeenstemde met dat in de tot vergelijking dienende veendiagrammen. Uit deze waarnemingen nu konkludeerde FLORSCHÜTZ, dat zanddiagrammen blijkbaar niet principieel verschillen van veendiagrammen. Hij meende op grond daarvan te mogen beweren dat het pollen in het zand, op een overeenkomstige wijze als in het veen is terechtgekomen. "De waarnemingen aan de zanddiagrammen wijzen", aldus de auteur, "alle op een laagsgewijze afzetting van het heidepodzol, op een geleidelijke groei daarvan, althans van het loodzand". "Op een meest in laatglaciale tijd gevormde bodem van lichtgeel stuifzand vestigde zich een heidevegetatie, welke het aangewaaid stof en zand met een deel van het pollen der bomen in de nabijheid (en van heide zelf: zie de hoge Ericaceëen-percentages) opving en vasthield". Tijdens de "groei" van het sediment zou het opgestoven zand uitgeloozd en dientengevolge het loodzand ontstaan zijn. De uitgeloozde stoffen zouden in de ondergrond geaccumuleerd zijn, waarmee het ontstaan van de oerbank was verklaard. FLORSCHÜTZ kwam voorts tot de konklusie dat de "aangroei" van het loodzand $\pm 0,005$ à $0,009$ cm per jaar bedraagt. Deze ophoging is dus ongeveer van dezelfde grootteorde als door BENRATH en JONAS is berekend.

De gedachtengang van FLORSCHÜTZ is dus, evenals die van BENRATH en JONAS, geweest dat overeenkomstige verschijnselen - namelijk de pollenverdeling in het zand, respectievelijk in het veen - noodgedwongen door overeenkomstige processen moeten zijn veroorzaakt. Het is WASSINK geweest, die reeds in 1934 tegen een dergelijke redenering heeft gewaarschuwd. "Men mag", volgens die auteur, "aan het pollendiagram van een zandafzetting niet het bewijs ontfen dat men daarbij met een "gegroeide" afzetting te maken heeft".

In Nederland zijn de opvattingen van FLORSCHÜTZ van grote invloed geweest. Talrijke onderzoekers zijn hiervan uitgegaan, als zij bij hun onderzoekingen pollen in zand (meestal onder veen, dat het feitelijke objekt van hun studie vormde) tegenkwamen. Zo moeten bijvoorbeeld ook volgens DE PLANQUE (1950), zanddiagrammen op overeenkomstige wijze als veendiagrammen worden verklaard.

In een vrij recente publikatie (FLORSCHÜTZ en MENENDEZ AMOR 1959) komt FLORSCHÜTZ tot een enigszins gewijzigde opvatting, vooral naar aanleiding van onderzoekingen door WELTEN (1958), aan alpiene gronden. FLORSCHÜTZ neemt daarin aan, dat men bij de verklaring van het ontstaan van het pollenprofiel goed moet onderscheiden hoe het bodemprofiel in het sediment is ontstaan. Ontwikkelde het laatste zich in een reeds aanwezig sediment, dan zouden de pollenkorrels en de sporen óf synchroon met de bodemlagen zijn, óf daarin zijn geraakt door inspoeling, nadat deze lagen waren ontstaan. In beide gevallen zou geen pollendiagram verkregen kunnen worden dat de tijd van bodemvorming aangeeft. Ontstond het bodemprofiel echter gelijktijdig met het sediment, dan kon de pollen- en sporenhoud wel een "normaal" diagram ver-

schaffen, en kon de geologische ouderdom zowel van het sediment als van de gevormde bodem, palynologisch worden benaderd.

Door Lemée (1946) werden humeuze alpiene, met heide en met gras begroeide bodems onderzocht, die op een helling waren gelegen. Ook Lemée kwam tot de konklusie dat pollendiagrammen van bodemprofielen op analoge wijze als veendiagrammen moeten worden verklaard. De pollenprofielen zouden onder invloed van twee processen, colluvatie van bodemmateriaal en eolische sedimentatie van minerale delen, zijn ontstaan. De bodemophoging zou 0,0055 à 0,016 cm per jaar bedragen hebben, welke waarden van dezelfde grootteorde zijn als die van BENRATH en JONAS (1937) en FLORSCHÜTZ (1941).

b. Inspoelingstheorieën

Reeds spoedig na de publikaties van BEYERINCK (1933 *a* en *b*) en JONAS (1935) werd de theorie, dat het loodzand een holoceen eolisch sediment zou zijn, bestreden, onder andere van geologische zijde door DEWERS (1935). Deze auteur vermeldt de aanwezigheid van profielen met een A₂-horizont en een oerbank op het hoogste punt van grintkoppen van fluvioglaciale oorsprong. Daar er geen stuifzand op die koppen voorkwam, was de mogelijkheid uitgesloten dat de gebleekte laag door opstuiving zou zijn ontstaan. DEWERS veronderstelt dat het pollen in de bodem terechtgekomen is als gevolg van inspoeling in de vele nauwe gangen, ontstaan door afsterving van de dunne heidewortels. Naarmate de B-horizont zich meer verdichtte, zou de inspoeling steeds meer afgeremd en tenslotte geëindigd zijn. In dit verband wordt ook de aandacht erop gevestigd (blz. 360) dat, bijvoorbeeld in duinzandbodems, beneden de zone waarin de gelaagdheid van het zand verdwenen is, bijna of in het geheel geen pollen wordt aangetroffen. Deze waarneming is van grote betekenis voor het onderzoek naar het ontstaan van de pollenprofielen. Een overeenkomstig verband tussen polleninhoud van het zand en bodemvorming, is door de schrijver gekonstateerd bij dekzandgronden (zie blz. 35 en 38).

MOTHES, ARNOLDT en REDMANN (1937), die eveneens de inspoelingstheorie aanhangen, dachten op proefondervindelijke wijze te kunnen aantonen, dat zandspektra weinig betrouwbaar zijn voor de weergave van de vroegere vegetaties. Daartoe lieten zij een mengsel van denne- en eikepollen in een 40 cm lange, met gegloeid duinzand gevulde cylinder "inregenen". Na 20 uur bleek het grove dennepollen nog nauwelijks, het fijne eikepollen daarentegen reeds zeer ver naar beneden te zijn verplaatst. De resultaten van dit onderzoek, die in de literatuur steeds worden aangehaald, kunnen evenwel niet zonder meer gebruikt worden voor de verklaring van pollenprofielen in natuurlijke bodems.

SELLE (1940) meende door zijn diagrammen van heidepodzolprofielen bevestigd te zien, dat het pollen ook onder natuurlijke omstandigheden aan een dergelijke selectieve infiltratie onderworpen is. Deze onderzoeker baseerde zijn konklusie op de sterke *Pinus*-toename in het bovenste deel van de diagrammen. FLORSCHÜTZ (1941) wees er echter terecht op, dat die toename eerder aan dennenaanplant in de jongste tijd deed denken, eventueel aan een lokale overrepresentatie van *Pinus*, dan aan selectieve infiltratie.

FIRBAS, LOSERT en BROIHAN (1939, blz. 450) troffen in het onderste deel van een ruwe-humuslaag en in het humeuze, bovenste deel van de onderliggende minerale bodem, veel meer *Corylus*- en *Alnus*pollen aan, dan in veenlagen die als vergelijkings-objekt bij het onderzoek dienst deden. Zo'n selectie zou optreden doordat dit pollen vroeg in het voorjaar verspreid wordt en door het smeltende-sneeuwwater in de bodem gespoeld. De infiltratie zou door de geringe afmetingen van de pollenkorrels van *Corylus* en *Alnus* worden bespoedigd. Volgens ERDTMAN (1931a) echter, zou de vroege bloei een "nadeel" betekenen (zie hierna, blz. 70).

ERDTMAN (1943, blz. 199) veronderstelt naar aanleiding van de mededelingen van DEWERS en MOTHES, ARNOLDT en REDMANN, dat percolerend water de pollenkorrels waarschijnlijk wel diep in bepaalde zanden kan doen inspoelen, maar dat de korrels waarschijnlijk spoedig worden vernietigd. Behalve deze tijdelijk aanwezige korrels zouden er in de grond echter ook nog permanent aanwezige voorkomen, die in colloïdale stoffen zijn ingesloten. Er zou een steeds doorgaande vernietiging en tevens een voortdurende aanvulling van bovenaf, een voortdurende "pollenvervanging", plaats vinden.

Evenals FIRBAS c.s. (1939) vergeleek TRAUTMANN (1952) pollendiagrammen van ruwe-humuslagen en de onderliggende humeuze, minerale bodemlagen met veendiagrammen. Het bleek dat in de laatstgenoemde lagen relatief te veel *Alnus*- en *Corylus*-, en ook wat te veel *Betula*pollen voorkwam, daarentegen relatief te weinig Coniferenpollen. Volgens deze onderzoeker, die de opvattingen van MOTHES, ARNOLDT en REDMANN (1937), SELLE (1940) en FIRBAS c.s. (1939) deelt, zouden deze verschijnselen door selectieve polleninspoeling zijn veroorzaakt. De overrepresentatie van de genoemde pollensoorten nam in de minerale bodem, van boven naar beneden, echter niet verder toe. Hiervoor geeft TRAUTMANN als verklaring dat er, onder invloed van de biologische activiteit, een menging met de minerale bodemdelen heeft plaatsgevonden.

Tegen de beweringen van TRAUTMANN kunnen verschillende bezwaren worden aangevoerd. De auteur geeft er geen verklaring voor, dat hij de selectieve inspoeling wel in de hoog-montane zone, maar niet in lage zones van het gebergte meende te kunnen konstateren. De aanwezigheid van de ruwe-humuslaag is moeilijk verenigbaar met de aanname van een grote biologische activiteit in de bodem. Bij een selectie als door TRAUTMANN aangenomen, zou onderin de ruwe-humuslaag, direkt boven de minerale bodem, een accumulatie van het grove *Pinus*pollen aangetroffen moeten zijn, maar deze is niet vermeld.

DIMBLEBY (1957) vestigt er de aandacht op, dat het pollen waarschijnlijk moeilijk met het water naar beneden kan worden verplaatst, doordat de vette pollenwand waterafstotend is. De diepte van polleninspoeling zou door verschillende factoren bepaald kunnen worden, zoals de wijde van de in de grond aanwezige poriën, de bodemkundige situatie – in een hoog gelegen droge bodem werd het pollen minder diep aangetroffen dan in de bodem ter plaatse van kleine terreindepressies – en de diepte waarop een oerbank aanwezig is.

Door GODWIN (1958) worden de analyseresultaten besproken, die door DIMBLEBY bij zijn palynologisch onderzoek van een onder veen aanwezige verweringslaag van een mesozoïsche zandsteen zijn verkregen. Het pollen in de verweringslaag, voorzover in de

uitspoelingshorizont van het daarin ontwikkelde vegetatieprofiel aanwezig, was van een boreale flora afkomstig. De B- en de C-horizont bevatten naast holoceen ook laatglaciaal of zeer vroeg-holoceen pollen. GODWIN veronderstelt dat het laatglaciale pollen door vorstscheuren of solifluktie in de bodem is terechtgekomen. In het warme Holoceen zou het laatglaciale pollen alleen in de diepere lagen gevrijwaard zijn tegen destructie door bodemorganismen en chemische invloeden. Het holocene pollen zou in de zandige bodem naar beneden zijn gespoeld waarbij ook een gedeeltelijke destructie opgetreden zou zijn. Het oudere pollen zou met het nieuw aangevoerde zijn gemengd, behalve voorzover het aanwezig was in bodemlagen die door het jongere pollen niet meer konden worden bereikt.

Door MUNAUT (1959) werd in een zwak gepodzoleerde bodem in zand van eocene ouderdom, tot niet minder dan 80 cm diepte pollen aangetroffen. Het pollen kan pas in de grond gefiltreerd zijn sinds de kwartaire eolische lössafzetting, waarmee het tertiaire zand oorspronkelijk was bedekt, weg is geërodeerd; de pollenspektra vertegenwoordigen namelijk het Subatlanticum. Volgens MUNAUT, die zich bij de opvatting van DIMBLEBY aansluit, moet het pollen door percolerend water ingespoeld zijn. De aanwezigheid van keien in het zand, tot aan de oppervlakte, sluit de hypothese van eolische sedimentatie geheel uit.

STOUTJESDIJK (1959, blz. 11) vermeldt dat hij in de oerbank van een podzolprofiel in grintrijk fluvioglaciaal zand, pollen van *Tilia*, *Alnus* en *Corylus* aantrof, waarvan de aanwezigheid blijkens de aard van het sediment door inspoeling kan worden verklaard.

c. Theorieën die uitgaan van een combinatie van verschillende processen

Slechts zelden komt men de opvatting tegen dat de beide reeds ter sprake gekomen processen gezamenlijk de oorzaak van het ontstaan van een pollenprofiel kunnen zijn. Volgens ENGMANN (1937) kunnen podzolprofielen die in eolische afzettingen zijn ontwikkeld, pollen bevatten dat ten dele reeds tijdens het ontstaan van het sediment werd aangevoerd, ten dele later tijdens de bodemvorming is ingespoeld. In het voorgaande is de opvatting van FLORSCHÜTZ reeds vermeld, dat pollen zowel door sedimentatie als door inspoeling in een sediment kan terechtkomen.

Door diverse onderzoekers is bij hun beschouwingen rekening gehouden met de activiteiten van bodemdieren. Sommige achten de invloed ervan op de pollenverdeling in het zand gering, andere willen er juist een grote betekenis aan toekennen. De laatste zijn echter van oordeel, dat daarnaast ook inspoelings- en eventueel sedimentatieprocessen van veel invloed kunnen zijn.

BEYERINCK (1933 b, blz. 275) vermeldt dat in de door hem onderzochte, gepodzoleerde bodems, de zeer lage pH de aanwezigheid van regenwormen uitsluit. ERDTMAN (1943, blz. 199) vestigt er de aandacht op, dat pollenkorrels van verschillende ouderdom naast elkaar gevonden kunnen worden, als gevolg van de activiteiten van wormen en andere dieren. TRAUTMANN (1952) schreef aan de biologische activiteit, zoals reeds gezegd, naast de selectieve inspoeling, een belangrijke invloed toe. DIMBLEBY (1957) wijst op de mogelijkheid, dat er in bepaalde bodems, zoals brown forest soils, menging van pollen als gevolg van dierlijke activiteit optreedt. In de door hem onder-

zochte gepodzoleerde bodems achtte hij een dergelijke invloed echter niet aanwezig. HAVINGA (1957) maakte aannemelijk dat de processen: inspoeling, menging door de grond onder invloed van de bodemfauna, en eventueel sedimentatie van pollen tegelijk met het zand, van invloed kunnen zijn op de pollenverdeling in een zandige bodem. De menging zou in een bodem die aan podzolering onderhevig is, voortdurend ondieper plaatsvinden, waardoor het oudere pollen in de dieper en het jongere in de hoger aanwezige bodemlagen wordt gekoncentreerd.

WELTEN (1958), die een palynologische studie aan alpiene bodems wijdde, nam aan dat er drie verschillende processen naast elkaar konden plaatsvinden waardoor pollen in de bodem terecht komt: colluviatie van bodemmateriaal, inspoeling van pollen, welk proces in vlak terrein overheerst, en accumulatie van materiaal aan het bodemoppervlak als gevolg van de activiteit van regenwormen. Met de door de wormen omhooggebrachte aarde kon ook voortdurend ouder pollen uit de diepere bodemlagen aan de oppervlakte komen, maar dat zou waarschijnlijk voor een belangrijk deel door korrosie worden vernietigd. Het vermengingseffekt zou dientengevolge maar gering zijn.

Uit dit literatuuroverzicht blijkt, dat de meningen over de wijzen waarop pollen in zandige bodems kan geraken, zeer uiteen lopen. Men zou kunnen menen dat het nogal voor de hand ligt om al de verschillende, hiervoor genoemde processen verantwoordelijk te achten voor de aanwezigheid van pollen in het zand. Het is evenwel niet zo eenvoudig daarvoor een exact bewijs te geven, daar niet de processen zelf kunnen worden waargenomen, maar alleen het resultaat. Een pollendiagram van een zandige bodem biedt dikwijls de mogelijkheid, de aanwezigheid van het pollen op verschillende manieren te verklaren. Voor de interpretatie van een pollendiagram is het echter nog niet voldoende te weten welke processen werkzaam zijn geweest, maar moet bovendien bekend zijn hoe groot de invloed van elk daarvan is geweest.

In het navolgende wordt getracht deze vragen zo goed mogelijk te beantwoorden. De meeste konklusies berusten op onderlinge vergelijking van de diagrammen der afzonderlijke reeksen. Daarnaast heeft de bestudering van de pollenfrekwentieverdeling in het zand zeer verhelderend gewerkt. Deze wordt in een aparte paragraaf het eerst beschreven.

2. DE FREKWENTIEVERDELING VAN HET POLLEN IN HET ZAND

Voor de beantwoording van de vraag hoe het pollen in een bepaalde bodem is terechtgekomen, is het van veel belang te weten hoe daarin de frekwentieverdeling is. Immers, een in de bodem van boven naar beneden ongeveer gelijk blijvende frekwentie, wijst op een ander proces dan een naar beneden geleidelijk afnemende. Zo kan de eerste ontstaan zijn bij gelijktijdige sedimentatie van pollen en bodemmateriaal. Dit is bijvoorbeeld het geval bij organische onderwaterafzettingen en bij colluviale minerale gronden. Een naar beneden afnemende frekwentie is een sterke aanwijzing, dat het pollen vanaf het oppervlak in de bodem is doorgedrongen.

Het is algemeen bekend, dat de pollenconcentratie in een podzolprofiel, bij toenemende diepte onder het zandoppervlak, geringer wordt en dat er vanaf een bepaalde

diepte tenslotte vrijwel geen pollen meer in het zand aanwezig is. Teneinde de frequentieverdeling meer exact te onderzoeken zijn bij enkele profielen, op verschillende diepten, APF-bepalingen uitgevoerd.¹

Voor dit onderzoek zijn gekozen het vrij droge podzolprofiel Delfzijl II, het natte podzolprofiel Delfzijl IV en het zeer natte gley-podzolprofiel Delfzijl V, welke profielen alle gedurende een even lange tijd voor het pollen uit de atmosfeer bereikbaar waren, daar ze ongeveer terzelfder tijd door het veen zijn bedekt. Door de keuze van deze profielen was de mogelijkheid aanwezig om de invloed van hydrologisch sterk verschillende omstandigheden tijdens de bodemvorming, op de pollenverdeling in het zand na te gaan.

Uit de APF-gegevens in de betreffende diagrammen blijkt dat bij het vrij droge profiel Delfzijl II, het pollen en de sporen in veel grotere hoeveelheden en tot grotere diepte voorkomen dan bij de twee andere, natte profielen. De APF bedraagt bij het eerstgenoemde profiel op 27 cm diepte 1000, maar bij de profielen Delfzijl IV en V beneden 8 cm nog slechts enkele honderden. Waar de pollenconcentraties in de bodem zo gering zijn, worden kleine, willekeurige variaties in de APF-waarden relatief zeer belangrijk.

De in absoluut opzicht vrij geringe, maar in relatief opzicht zeer sterke schommelingen in de APF-waarden bij profiel Delfzijl IV tussen 8 en 18 cm, zijn echter waarschijnlijk toch wel verklaarbaar. De pollenconcentratie blijkt bij dit profiel in de A₂-horizont parallel te lopen aan het humusgehalte. Waar de APF uiterst gering (5 respectievelijk 30) is, bij 13 en 15,5 cm, kon volgens chemische analyse geen humus worden aangetoond. Zelfs werd de kleur van een heldere KOH-oplossing niet beïnvloed, door daarin een bepaalde hoeveelheid zand van die diepten afkomstig, te koken. Waar de APF betrekkelijk groot (1250) is, bij 8 cm, bedroeg het humusgehalte 0,06%. Eenzelfde hoeveelheid zand van deze diepte gaf na koken met loog een grijze oplossing. Het zand uit de AB-horizont, van 18 cm diepte, waar de APF weer geringer (450) is, veroorzaakte een bijna zwarte kleur. Uit het samengaan van de zeer geringe pollenconcentraties met nihil zijnde humuskoncentraties in de uitspoelingshorizont, kan men konkluderen dat er een vrijwel volkomen uitspoeling van pollen plaatsgevonden heeft.

Het is bij profiel Delfzijl V niet mogelijk gebleken, een bepaalde correlatie te ontdekken tussen de variaties in de geringe APF-waarden beneden 8 cm en het humusgehalte. Bij profiel Delfzijl II zijn beneden 27 cm, waar de APF 1000 bedraagt, geen frequentiebepalingen meer gedaan.

¹ De absolute pollenfrequentie (APF) is als volgt bepaald: 1 g zand wordt met een 10%-ige KOH oplossing gekookt, waarna door decanteren, zeven en behandeling met HF het zand en de grovere organische resten in het zand worden verwijderd en een suspensie van pollen overblijft. De hoeveelheid suspensie wordt in cm³ gemeten, nadat er eerst nog enkele druppels glycerine en kleurstof aan zijn toegevoegd. Na goed geschud te hebben wordt er 1 cm³ uit gepipetteerd. Deze wordt op een objektglas gedeponneerd. Tevoren is daarop met een tube lijm een ongeveer cirkelvormig dammetje aangebracht dat een oppervlakte omsluit, die nog binnen de omtrek van een dekglas valt. Na gewacht te hebben tot het water verdampt is, wordt het dammetje van lijm verwijderd, aan de dan op het objektglas klevende pollenkorrels nog een druppel glycerine toegevoegd en het dekglas opgebracht. Daarna worden alle korrels van het preparaat geteld. Door het aantal korrels met het aantal cm³ van de suspensie te vermenigvuldigen wordt het aantal korrels per gram grond verkregen, dat is de APF.

De APF-waarden van het vrij droge podzolprofiel Delfzijl II en van het natte gley-podzolprofiel Delfzijl V tot 11 cm onder het zandoppervlak, zijn in een grafiek logaritmisch tegen de diepten uitgezet (zie fig. 3). De frekwentieverdeling beneden 11 cm bij profiel Delfzijl V, is niet in de grafiek opgenomen, omdat bij zeer geringe frekwenties, kleine toevallige veranderingen in pollenconcentratie in relatief opzicht zeer belangrijk zijn.

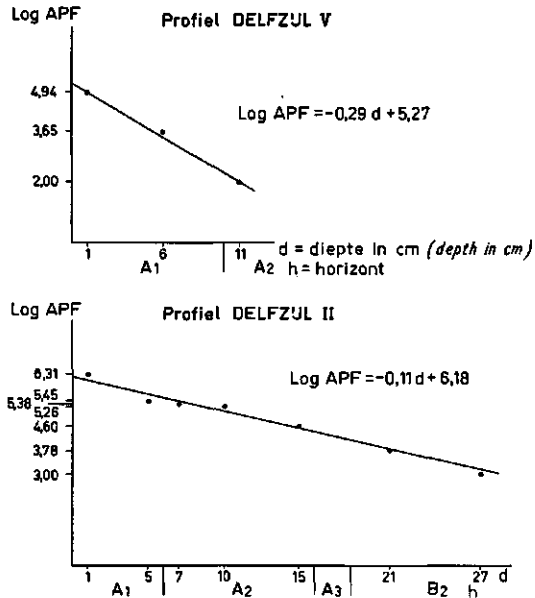


FIG. 3. Grafiek van de frekwentieverdeling van het pollen in de profielen Delfzijl V en Delfzijl II
Graph showing the distribution of pollen frequency in the profiles Delfzijl V and Delfzijl II

Het blijkt dat de logaritmisch afgezette APF-waarden in beide gevallen praktisch op een rechte lijn liggen, die naar rechts helt. ¹ Daaruit volgt dat bij beide profielen de afname van de APF, van boven naar beneden, volgens een meetkundige reeks plaatsvindt. Past men een vereffening toe van de waarden voor log. APF op de aantallen centimeters die de respectievelijke diepten weergeven, dan ontstaan de volgende regressievergelijkingen:

Voor pollenprofiel Delfzijl II: $\log. APF = -0.11d + 6.18$;
voor pollenprofiel Delfzijl V: $\log. APF = -0.29d + 5.27$.

Uit deze beide vergelijkingen kan men aflezen, dat de pollenconcentratie aan het bodemoppervlak bij de beide profielen van een ongeveer gelijke grootte is ($10^{6.18}$ respectievelijk $10^{5.27}$) en voorts, dat de afname van de pollenconcentratie bij het droge profiel Delfzijl II zeer veel minder snel gaat dan bij het natte profiel Delfzijl V.

Uit de grafiek van profiel Delfzijl II blijkt dat de overgang van de A₂- naar de B₂-

¹ Een dergelijk verband tussen APF en diepte onder het zandoppervlak kan ook voor de APF-gegevens van DIMBLEBY (1957, biz. 21) worden aangetoond, in het bijzonder voor die van profiel Crowthorne.

horizont, die bij dit profiel bij ± 18 cm aanwezig is, geen invloed op het verloop van de log. APF-kurve heeft; de kurve laat bij die diepte immers geen knik zien. Daaruit kan men afleiden, dat de verdichte inspoelingslaag geen sterke invloed op de indringing van het pollen heeft gehad. Het pollenprofiel moet derhalve grotendeels ontstaan zijn voordat de bodem gepodzoleerd was.

Merkwaardig is dat de grote veranderingen van de *Filicinae*-waarden in diagram Delfzijl II geen invloed op het verloop van de kurve hebben. Tussen 15 en 5 cm onder het zandoppervlak is een buitengewoon sterke verandering aanwezig; bij 15 cm bedraagt het *Filicinae*-percentage niet minder dan 4050, bij 10 cm komen de *Filicinae* nog met 660 % in het diagram voor, bij 5 cm zijn ze praktisch geheel afwezig. Zelfs over dit traject reageert de log. APF-kurve niet.

Het is verleidelijk om hieruit konklusies te trekken aangaande zekere veranderingen in de samenstelling van de vegetatie. Het regelmatige verloop van de kurve dwingt welhaast tot de aanname dat de veranderingen die de pollenspektra laten zien, uitsluitend een gevolg zijn van veranderingen in de samenstelling van de "normale" pollenregen. De hoge varen-percentages kunnen dus bijvoorbeeld niet ontstaan zijn, doordat op bepaalde diepte in de bodem een extra toevoeging van sporen aan de pollen- en sporenvorraad heeft plaatsgevonden. Deze toevoeging zou veroorzaakt kunnen zijn door inspoeling van nog gedeeltelijk gevulde sporangiën in een oude wortelgang, of op andere wijze (zie 3, h). Uit het voorgaande volgt, dat de vegetatie waarvan het pollen en de sporen afkomstig zijn, zich waarschijnlijk heeft gewijzigd. Het aandeel van de varens in de begroeiing is, enige tijd voordat de veengroei begon, plotseling sterk afgenomen.

Voorlopig mag men aan dergelijke konklusies uit het verloop van de log. APF-kurve en de pollenkurven, nog geen algemene geldigheid toekennen. Door een meer algemeen toegepaste bestudering van de pollenfrekwentieverdeling in zandige bodems, zal men hieromtrent echter ongetwijfeld een beter gefundeerd inzicht kunnen verkrijgen.

Behalve bij de besproken profielen van Delfzijl zijn ook nog APF-bepalingen gedaan in de bovenste zandlagen van de profielen van Epe. Het ging er daarbij om, meer exacte gegevens te verkrijgen over de pollenconcentraties in de veel houtskool bevattende brandlagen, en de direkt erboven en eronder aanwezige zandlagen. Bij het onderzoek is gebleken dat in de brandlaag bij profiel Epe I praktisch alle pollen is vernietigd. Er werden nog slechts 200 à 250 korrels per gram grond aangetroffen. Bij de beide andere profielen van deze reeks is de APF in de brandlaag beduidend groter. De verschillen zijn ontstaan doordat profiel Epe I direkt na de brand door een veenlaagje van de atmosfeer is afgesloten, terwijl de beide andere profielen pas later zijn bedekt door een dunne stuifzandlaag, die nog pollen liet passeren.

3. DE VERSCHILLENDE WIJZEN WAAROP POLLEN IN EEN ZANDIGE BODEM KAN TERECHTKOMEN

Hieronder worden de waargenomen verschijnselen beschreven die een, min of meer indirecte, aanwijzing geven hoe het pollen in de onderzochte zandige bodems is geraakt en eventueel daarna nog verplaatst. Een redelijke verklaring van de verschijnselen

len blijkt alleen mogelijk, als ervan wordt uitgegaan dat zowel sedimentatie- als verspoelings-, inspoelings- en homogenisatieprocessen verantwoordelijk zijn geweest voor het ontstaan van de pollenprofielen. De relatieve betekenis van de verschillende processen zal ook een onderwerp van bespreking vormen.

Er is één verschijnsel dat niet goed kan worden verklaard, namelijk dat bepaalde pollensoorten soms in onevenredig grote relatieve hoeveelheden aangetroffen worden. Voor het verschijnsel is gekozen de term: willekeurige overrepresentatie; het wordt beschreven aan het eind van deze paragraaf.

a. Sedimentatie van pollen tegelijk met zand

Men kan met DEWERS (1935) van mening willen zijn dat de theorie van opstuiving, zoals die door BEYERINCK (1933a) is ingevoerd, moet worden verworpen omdat de bodem voordat in de jongere tijd de grote heidevelden en zandverstuivingen ontstonden, steeds geheel met bos bedekt is geweest. Deze redenering gaat echter zeker niet op voor de gebieden van de droge, arme zandgronden, waar stellig niet overal steeds een dicht bos voorkwam. Daar kan, althans lokaal, ook in vroegere perioden de vegetatie wel eens een open karakter hebben gehad, met als gevolg dat er meer of minder zand kon verstuiven. Het is dienstig, indien men spreekt over verstuiven en weer sedimenteren van zand, een onderscheid te maken naar de aard van deze processen. Een zeer regelmatige verstuiving en resedimentatie van geringe hoeveelheden zand heeft een geheel ander effect op de bodem en ook op de polleninhoud daarvan, dan een meer plotseling optredende zandverstuiving. Door het eerstgenoemde proces, dat de aanhangers van de sedimentatietheorie als uitgangspunt nemen, wordt de bodem pas op den langen duur opgehoogd en verandert het reliëf van het landschap niet. Door zandverstuiving ontstaan naast elkaar uitgestoven en opgestoven terreinsdelen met belangrijke hoogteverschillen.

De eerste vorm van opstuiven is aan de morfologie van een podzolprofiel in het algemeen niet aantoonbaar. De jaarlijks uiterst geringe hoeveelheid geaccumuleerd zand komt namelijk in de ruwe- humuslaag terecht en wordt aan bodemvormingsprocessen onderworpen. Daardoor onderscheidt dit zand zich na zekere tijd niet meer van het zand in de bovenste lagen van het podzolprofiel.

Dat een dergelijke opstuiving in bepaalde gebieden heeft plaatsgevonden, wordt bevestigd doordat in vele organogene sedimenten een weinig verstoven zand aanwezig is. Zo trof bijvoorbeeld VAN ZINDEREN BAKKER (1948) op de Veluwe regelmatig zand aan in veenlagen van praeboreale, boreale- en atlantische ouderdom. In sommige gevallen kon nog aan watertransport gedacht worden, maar in andere was hij gedwongen aan te nemen dat het zand uitsluitend door de wind was aangevoerd.

Door POLAK (1959) werd in de onderwaterafzetting van het Uddelermeer een weinig zand aangetroffen. Dit kwam voor in alle onderzochte monsters, die praktisch het gehele Holoceen en een deel van het Laatglaciaal bestreken. De allerjongste en de alleroudste lagen, dit waren de subatlantische en de laatglaciale, bevatten het meeste zand. Behalve door de wind kan hier misschien ook nog een weinig zand door waterstroming aangevoerd zijn.

Voorzover een bepaald bodemprofiel door de genoemde opstuiving is ontstaan, is het pollen erin grotendeels tegelijk met het zand gesedimenteerd. Het pollenprofiel moet over het desbetreffende traject dus voornamelijk door "aangroeiing" zijn ontstaan, en is in dit opzicht vergelijkbaar met pollenprofielen in onderwaterafzettingen en venen. Dat het proces bij de onderzochte profielen echter hoogstens van geringe betekenis is geweest, zal hierna worden uiteengezet (zie onder c).

Van wel zeer grote betekenis voor de bodemvorming en het ontstaan van het pollenprofiel is in bepaalde gevallen het tweede hiervoor genoemde proces, de zandverstuiving geweest.

Daarbij overtreft de hoeveelheid secundair verplaatst pollen in het algemeen de hoeveelheid uit de atmosfeer gesedimenteerd pollen belangrijk. Met het stuifzand wordt namelijk meestal ook materiaal, afkomstig van de uitspoelings- en inspoelingshorizont van de elders uitgestoven, gepodzoleerde dekzandbodem, meegevoerd. Vooral de uitspoelingshorizont kan enorme hoeveelheden pollen bevatten.

Of bij een bepaald profiel een overstuiving opgetreden is, kan men in het algemeen aan zijn morfologische kenmerken goed onderscheiden. In sommige gevallen valt de overstuivingslaag echter niet in het oog, en wel speciaal indien de laag betrekkelijk dun is, zodat zij in de loop van de tijd door de bodemvorming het karakter van een A-horizont heeft verkregen. Maar ook dan kan het door mikroskopisch onderzoek nog mogelijk zijn het oorspronkelijke bodemoppervlak terug te vinden, zoals bijvoorbeeld bij de profielen Epe II en III, waar het zich verried door de aanwezigheid van een dun houtskoolrijk laagje.

In tegenstelling tot de morfologische kenmerken van het bodemprofiel, verschaft het pollendiagram in het algemeen geen gegevens waaruit men kan opmaken dat het laatstgenoemde opstuivingsproces heeft plaatsgevonden. Dat deel van het diagram, dat samenvalt met de opgestoven zandlaag, sluit namelijk in de regel goed aan op het deel dat het bedolven profiel vertegenwoordigt. Dit is bijvoorbeeld gebleken uit het onderzoek van de profielen Epe II en III en het hierna te vermelden profiel nabij Wekerom.

Men is misschien geneigd te veronderstellen, dat het pollen in een stuifzandlaag een oudere indruk moet maken dan dat, wat bovenin de ondergestoven bodem voorkomt, omdat het eerstgenoemde pollen voor een deel afkomstig is uit dieper aanwezige zandlagen met betrekkelijk oud pollen. Bij verstuiving van het zand wordt dit oude pollen gemengd met jong pollen uit de bovenste lagen. Aangezien echter de pollenconcentratie daarin enorm veel groter is dan in de diepere lagen, zal het gevormde mengspektrum meestal maar voor een onbetekenend deel uit ouder pollen bestaan. Bovendien kan tijdens de verstuiving de normale pollenregen zijn invloed blijven doen gelden. De kans dat het spektrum in de stuifzandlaag een oudere indruk maakt dan dat bovenin het bedolven profiel, is dus maar klein.

Indien door verstuiving zeer grote zandmassa's worden verplaatst, wordt een profiel soms door een zo dikke laag bedekt, dat daarin een volledig nieuw podzolprofiel ontstaat. Reikt het nieuw gevormde profiel ondieper dan de stuifzandlaag dik is, dan komt tussen beide profielen een zandlaag voor, die soms sterk aan oorspronkelijk aanwezig, niet verplaatst dekzand doet denken. In de meeste gevallen kunnen echter

in deze, bij het bovenste profiel behorende C-horizont wat donkerder gekleurde insluitsels worden waargenomen, die van de afgestoven A- en B-horizont afkomstig zijn. De herkomst van tenminste een deel van het eventueel in deze C-horizont aangetroffen pollen is daarmee verklaard.

Een mooi voorbeeld van een in verstoven dekzand ontwikkeld podzolprofiel, dat van het bedolven profiel gescheiden is door een niet door podzolering beïnvloede laag, werd in het westen van de Veluwe nabij Wekerom aangetroffen. Het gedeelte van het diagram dat het bedolven profiel vertegenwoordigde, sloot goed bij het stuifzand-gedeelte aan (HAVINGA, in druk).

Naast de genoemde opstuivings- en overstuivingsprocessen in het Holoceen, dient men de sedimentatie van het dekzand in de glaciële en eventueel de vroeg-holocene periode te onderscheiden. Door die sedimentatie is het pleistocene dekzandlandschap ontstaan. In het dekzand, afgezet in een tijd dat er nog geen of een slechts betrekkelijk zwakke en ondiepe bodemvorming was, wordt in het algemeen geen pollen uit de sedimentatieperiode aangetroffen. Het dekzand vormde oorspronkelijk blijkbaar een ongunstig milieu voor de conservering van het pollen, dat tegelijk met dit zand moet zijn gesedimenteerd.

In sommige gevallen kan men dit oude pollen echter nog wel aantreffen en zijn de voorwaarden voor de conservering dus gunstig geweest. Voorzover bij het onderzoek in het dekzand glaciële pollen is aangetroffen, komt dit gekombineerd met de grote massa's algen voor (bij de profielen Peel VI en VII). Ook uit het Praeboreaal en uit het Eemien is pollen tezamen met zeer veel algen aangetroffen (bij de profielen Peel V, Velzen IV, respectievelijk de profielen Peel V, VI, VII). Blijkbaar is in al deze gevallen het pollen tegelijk met het zand in een plas gesedimenteerd. Bij de profielen Peel V en Velzen IV komen de algenrijke lagen onder niet algen bevattende voor. De algenrijke onderscheiden zich daarbij in morfologisch opzicht niet op bijzondere wijze van de andere lagen. Bij de profielen Peel VI en VII zijn van boven tot beneden zeer veel algen aangetroffen. Hier wijst echter ook de aard van de bodem duidelijk op sedimentatie van het zand onder water. Het zand is bij profiel Peel VI zeer rijk aan een gyttja-achtige organische stof; bij profiel Peel VII komen er veel venige delen in voor.

Voor de beide laatstgenoemde profielen is het zonder meer duidelijk dat praktisch alle pollen er door sedimentatie, tegelijk met de "groei" van de sterk organische, zandige lagen, in terecht is gekomen. De hiaten in de diagrammen wijzen erop, dat een deel van het materiaal is weggespoeld, en dat daarna de sedimentatie is hervat. Behalve door sedimentatie kan bij profiel Peel VI misschien ook, zij het in uiterst geringe hoeveelheid, pollen door infiltratie in de zandige bodem geraakt zijn. Dit vond wellicht plaats tijdens de periode dat de bodem droog aan de oppervlakte lag en de zwak ontwikkelde uitspoelings- en inspoelingshorizont ontstonden (zie blz. 24).

Wat betreft profiel Peel V, waarbij sterk organische lagen in het zand ontbreken, zou men eventueel kunnen veronderstellen dat de hoofdmassa van het pollen in het Holoceen in het algenrijke zand is geïnfilteerd, dat voordien reeds was gesedimenteerd. Er komen immers in het geheel geen glaciële spektra in het diagram voor. Men moest dan echter tevens aannemen, dat van de mikrobotanische inhoud van het zand uit het prae-Holoceen, alleen de algen voor korrosie zijn gespaard. Deze veronder-

stelling nu is in strijd met de ligging van het Eemien-spektrum bij 25 cm, in het lemige zand, tussen de twee praeboreale spektra bij 21 en 31 cm, in het niet lemige zand. Het praeboreale pollen bij 31 cm kan de lemige laag met het Eemien-pollen natuurlijk niet zijn gepasseerd. Blijkbaar is er in het Praeboreaal nog verspoeling opgetreden en zijn de hoger aanwezige, algenrijke zandlagen pas daarna gesedimenteerd.

Het bovenste deel van de zandige bodem, waarin geen algen voorkomen, is blijkbaar opgestoven toen de omgeving droger was geworden. Dit hangt misschien samen met het verdwijnen van de hal in de grond, in de loop van het Praeboreaal. Pas daarna kan de podzolering zijn begonnen. Zoals bij de diagrambeschrijving reeds is vermeld, reikt het podzolprofiel tot ver beneden het niveau waar de algen beginnen op te treden en ook nog belangrijk dieper dan het hoogst aanwezige Eemien-spektrum, bij 25 cm. Ook bij dit profiel is er echter mogelijk toch wat pollen door inspoeling in de bovenste, veel algen bevattende lagen geraakt. Dat zou in de tijd voorafgaand aan de veengroei, toen de podzolering plaatsvond, gebeurd kunnen zijn.

Bij profiel Velzen IV heeft er tijdelijk sedimentatie onder water van zand en pollen plaatsgevonden, in aansluiting op de vorming van het dunne veenlaagje dat ± 35 cm onder het zandoppervlak aanwezig is. Dat het algenrijke materiaal aan een zekere verspoeling onderhevig is geweest, volgt bij dit profiel uit de aanwezigheid van het leemlaagje, enkele cm's boven het veenlaagje. Een onregelmatige opeenvolging van pollenpektra zoals bij profiel Peel V, is hier echter niet ontstaan. Daar bij profiel Velzen IV geen oudere dan praeboreale spektra zijn aangetroffen, kan de sedimentatie van alle onderzochte lagen niet voor het begin van het Holoceen zijn begonnen.

Zou men op dezelfde wijze als bij de profielen Delfzijl II en IV, ook bij de profielen Peel V, VI, VII en Velzen IV de APF-waarden bepalen en logaritmisch tegen de diepte uitzetten, dan zou ongetwijfeld blijken dat, voorzover de kurven met de algenrijke trajekten samenvallen, de pollenconcentraties bij toenemende diepte niet afnemen, maar min of meer konstant blijven. De normale pollenpreparaten gaven in die richting reeds een goede aanwijzing. Exacte bepalingen zijn echter wegens hun tijdrovende karakter niet uitgevoerd.

b. Pollensedimentatie tegelijk met ophoping van zand aan het bodemoppervlak door de bodemfauna

Een overeenkomstig effect als door een geleidelijke, zeer langzaam plaatsvindende opstuiving, kan ook ontstaan door de activiteit van de bodemfauna in een gepodzoleerde bodem. Daardoor kan jaarlijks een dunne laag minerale grond aan het bodemoppervlak worden geaccumuleerd. Het materiaal is bij dit proces uit de ondergrond afkomstig zodat, ondanks de "aangroeiing" van het bodemprofiel aan de bovenzijde, het bodemoppervlak toch niet hoger komt te liggen.

Een mooi voorbeeld is reeds in 1899 beschreven door KEILHACK. Deze onderzoeker kwam onder een heidevegetatie de volgende bodemlagen tegen: 20 à 40 cm zand zonder grint en stenen; daaronder 10 cm grint en stenen; onder die laag tenslotte zand met veel grint en stenen gemengd. Deze lagenopeenvolging is volgens KEILHACK ontstaan door de activiteit van insecten in de bovenste 40 à 50 cm van de zandige bodem,

die oorspronkelijk tot aan de oppervlakte veel grint en stenen bevatte. In een droge periode wordt door de dieren zand uit de diepere lagen omhoog gebracht, waardoor rondom de gaten die zij in de bodem gemaakt hebben, heuveltjes ontstaan. Als het regent wordt dit zand gedeeltelijk verspoeld en regelmatig over het bodemoppervlak verspreid. In hoofdzaak mieren en kevers zouden deze activiteit vertonen.

Een belangrijk verschil tussen het effect van dit proces en dat van de geleidelijke opstuiving is, dat het eerste niet onafhankelijk van de bodemgesteldheid is, zoals het tweede. Waar de levensvoorwaarden voor de bodemfauna het gunstigst zijn, ontstaat de sterkste ophoping van zand aan het bodemoppervlak. Misschien kan daardoor soms over betrekkelijk korte afstand de accumulatie nogal variëren. Met het zand kan natuurlijk eventueel ook pollen uit de ondergrond omhoog worden gebracht.

c. De betekenis van de opstuiving en van de accumulatie van zand door de bodemfauna voor de ontwikkeling van het pollenprofiel

Hiervoor is reeds uiteengezet dat, indien de opstuiving tot stand is gekomen als gevolg van een min of meer lokale zandverstuiving in het Holoceen, het pollenprofiel voor een belangrijk deel door secundair verplaatst, echter relatief jong pollen kan zijn gevormd. Voorts is gebleken dat pollenprofielen in dekzand dat als een onderwaterafzetting opgevat moet worden, voornamelijk tijdens de sedimentatie van het zand, door "aangroeiing" zijn ontstaan.

In het navolgende zal blijken dat aan de geringe opstuiving, respectievelijk ophoping van de bodem door bodemdieren, tijdens het Holoceen, maar weinig betekenis kan worden gehecht.

Er kon een globale indruk worden verkregen van de hoeveelheid zand die in de omgeving van het Uddelermeer in bepaalde perioden van het Holoceen is gesedimenteerd, door het zandgehalte na te gaan van de dy, die in de desbetreffende perioden in de plas is afgezet.

Onderzocht zijn enkele monsters van atlantische- en subboreale ouderdom. Uit de analyseresultaten kon worden berekend, dat er gedurende het Atlanticum en het Subboreaal zoveel zand in het Uddelermeer is gesedimenteerd, als overeenkomt met een 3 cm, respectievelijk 1,5 cm dikke laag dekzand. Dit betekent een jaarlijkse sedimentatie van slechts 0,0012, respectievelijk 0,0007 cm. Hierbij is er nog niet eens rekening mee gehouden dat er misschien ook zand aangevoerd is door waterstroming. In het centrum van de plas was de dy, zoals bij het mikroskopisch onderzoek bleek, nog armer aan zand dan waar de monsters zijn genomen, dichter langs de oever. Vergelijkt men de som van de hiervoor genoemde dikten (4,5 cm) met de totale lengte van de atlantische en de subboreale zone in het zanddiagram Uddelermeer II (65 cm), dan blijkt duidelijk de geringe bijdrage van de opstuiving aan de vorming van het pollenprofiel.

Ook uit de sedimentaire gesteldheid van de zandige bodem bij dit profiel, kan trouwens worden afgelezen dat er in het Holoceen maar een zeer geringe sedimentatie van zand heeft plaatsgevonden. Alleen door de laatste in acht te nemen kan namelijk verklaard worden, dat de horizontale laag stenen (zie blz. 8) plaatselijk slechts 6 cm

onder het zandoppervlak ligt. De laag vormt bovendien een bewijs dat de ophogende werking van de bodemfauna niet groot is geweest. De veronderstelling dat de dieren alleen plaatselijk, waar een dikke laag zand boven de stenen aanwezig is, een grote activiteit zouden hebben vertoond, gaat niet op doordat de stenen overal nauwkeurig in een plat, vrijwel horizontaal vlak liggen.

Een meer algemeen geldig bewijs voor de geringe invloed van de holocene sedimentatie, respectievelijk accumulatie door bodemdieren, wordt gevormd door de zeer sterke afname van de pollenconcentratie met toenemende afstand tot het zandoppervlak (zie blz. 53). Indien het pollen in een gepodzoleerde zandige bodem was terechtgekomen op een ongeveer overeenkomstige wijze als in een organisch, "gegroeid" sediment, kon men daarin op elke diepte een ongeveer even grote APF verwachten. Men kan daar misschien tegenover willen stellen, dat het pollen na de sedimentatie gedeeltelijk door korrosie is vernietigd. Met toenemende diepte onder het huidige zandoppervlak moest de korrosie langer werkzaam zijn geweest, met als gevolg een naar beneden afnemende APF. Deze redenering houdt echter geen rekening met de bijzondere omstandigheden voor korrosie, in een gepodzoleerde bodem. Neemt men aan dat het pollen na de sedimentatie niet meer is verplaatst, dan veronderstelt men tevens dat er geen homogenisatiefase (zie blz. 18) is geweest, tijdens welke het pollen door het zand is gemengd. De podzolering zou reeds tijdens de veronderstelde, zeer langzame sedimentatie in het Holoceen moeten zijn begonnen. Nu is de aantasting in een gepodzoleerde bodem waarschijnlijk zeer gering (zie blz. 66), zodat men toch eerder een gelijkblijvende dan een veranderende APF kon verwachten. Wil men niettemin van een vrij sterke korrosie tijdens en na het ontstaan van een podzolprofiel uitgaan, dan moet men echter ook aannemen dat de omstandigheden voor een sterke korrosie in de A_2 -horizont veel gunstiger zijn dan in de dieper gelegen, meer humeuze en minder porieuze B-horizont. Dit geldt vooral indien de B_2 -horizont weinig ontwikkeld is, zoals bij profiel Staphorst I, of sterk verkit, zoals bij de profielen Peel I, II en III. In de B-horizont zou men derhalve niet minder, maar juist meer pollen dan in de A_2 -horizont verwachten. Een toename van de APF is op de overgang van de A_2 - naar de B-horizont echter bij geen der onderzochte profielen waargenomen.

Er kan ook een bewijs voor de geringe betekenis van de opstuiving in het Holoceen worden geleverd, door onderlinge vergelijking van de pollenconcentraties in profielen van gelijke ouderdom, welke onder hydrologisch sterk verschillende omstandigheden zijn ontstaan. Daartoe bieden de APF-waarden van de profielen Delfzijl II, IV en V een goede mogelijkheid. Zou de opstuivingstheorie gelden, dan mocht worden verwacht dat het pollen bij alle drie profielen tot ongeveer eenzelfde diepte onder het zandoppervlak voorkwam. De beide natte profielen Delfzijl IV en V zouden op overeenkomstige diepten meer pollen moeten bevatten dan het vrij droge profiel Delfzijl II, omdat een nat milieu de conservering begunstigt. Zo bevatten immers dekzandlagen die sinds hun sedimentatie onder zeer natte omstandigheden hebben verkeerd, nog het glaciële pollen; in droge dekzandbodems is dit weer verdwenen. Men ziet echter bij de reeks van Delfzijl, dat het pollen bij het vrij droge profiel tot grotere diepte voorkomt dan bij de natte profielen, terwijl de pollenconcentraties bij het eerstgenoemde profiel verreweg het grootst zijn. De APF bedraagt bij profiel Delfzijl II op 10 cm

diepte, in de weinig humeuze A_2 -horizont, 180000, bij profiel Delfzijl IV op 8 cm diepte, in de zeer weinig humeuze A_2 -horizont, 1250 en bij profiel Delfzijl V op 6 cm diepte, in de sterk humeuze A_1 -horizont, 4500. Hieruit blijkt duidelijk dat het pollen in het zand is terechtgekomen door afdaling vanaf het zandoppervlak.

De genoemde hoge APF-waarde bij profiel Delfzijl II berust grotendeels op de aanwezigheid van zeer veel varensporten; het *Filicinae*-percentage bedraagt 660. Ook de geringe APF-waarde bij profiel Delfzijl IV gaat met een vrij hoog *Filicinae*-percentage gepaard, namelijk van 115. Bij profiel Delfzijl V is de lage APF-waarde vrijwel zonder medewerking van de *Filicinae* ontstaan. Men kon nog veronderstellen dat bij profiel Delfzijl II een willekeurige overrepresentatie van varensporten in het spel is (zie onder h), waardoor het effect van een sterkere vernietiging in het droge milieu zou zijn versluisd. Deze redenering houdt echter geen steek als men de APF-waarden berekent zonder daarin de varensporten te betrekken. De aldus herleide APF-waarden bedragen bij de profielen Delfzijl II, IV en V respectievelijk ± 23000 , ± 625 en ± 4500 . Ook nu nog is de APF blijkbaar verreweg het grootst bij het vrij droge profiel Delfzijl II.

Er zijn aan verschillende diagrammen nog meer waarnemingen te doen die tegen een eenzijdige verklaring met behulp van de sedimentatietheorie pleiten. In diagram Peel I komt het onderste spektrum van het *Tilia*-rijke deel van de atlantische zone op ± 20 cm diepte onder het zandoppervlak voor, in het traject van de AB-horizont. In diagram Peel III treft men echter pas 58 cm onder het zandoppervlak, in de BC-horizont, een spektrum met een bijzondere hoge *Tilia*-waarde aan. Het zal duidelijk zijn dat dergelijke verschillen bij twee betrekkelijk dicht bij elkaar gelegen profielen, onverenigbaar zijn met de veronderstelling dat op beide plaatsen het pollen tegelijk met het zand is gesedimenteerd.

Zeer duidelijk is de sedimentatietheorie in strijd met de Noordoostpolder-diagrammen. Men kan moeilijk aannemen dat er in het dichte eikenbos, gedurende de gehele periode welke door de diagrammen wordt vertegenwoordigd, een belangrijke opstuiwing plaatsvond. Even onwaarschijnlijk is de aanname, dat er in de zeer natte gepodzoleerde bodem tot grote diepte en in groten getale dieren aanwezig waren, waardoor het zand tenslotte niet minder dan ± 115 cm – dit is de diepte van het pollenprofiel – omhoog werd gebracht.

d. Verspoeling van zand met pollen

Bij de diagrambeschrijving is gebleken, dat in de diagrammen van de reeks Peel L een hiaat aanwezig is en dat diagram Peel V van deze reeks bovendien een onregelmatige opeenvolging van de spektra bezit. De diagrammen of de gedeelten daarvan waarin deze verschijnselen optreden, zijn verkregen door analyse van onder water gesedimenteerd zand, waarin het pollen uit de sedimentatieperiode goed is gekonserveerd. Blijkbaar heeft er verspoeling van het sediment met het pollen plaatsgevonden, voordat het zand tot het huidige niveau was gesedimenteerd, dus ook voor het ontstaan van het vegetatieprofiel.

Dat er soms ook verspoeling is opgetreden nadat de sedimentatie van het zand voltooid en het vegetatieprofiel reeds ontstaan was, blijkt bij profiel Flevoland II. De

bovenste 4 cm van dit op een helling gelegen profiel zijn duidelijk gelaagd, wat een gevolg van verspoeling en resedimentatie moet zijn. Het pollen in het gelaagde zand is waarschijnlijk gedeeltelijk secundair verplaatst, maar een deel kan ook direkt uit de atmosfeer afkomstig zijn. In het algemeen geldt echter, dat niet onder water afgezette dekzanden met een gedeeltelijk verspoelde polleninhoud, tot uitzonderingsgevallen zijn beperkt.

e. Inspoeling van pollen

Bij de beschrijving van de diagrammen is gebleken, dat bij het podzolprofiel Staphorst II de pollensamenstelling in het bovenste deel van de uitspoelingslaag, als gevolg van de aanwezigheid van kultuurpollen, veel overeenkomst bezit met die in de er boven liggende teelaardelaag. Dank zij het contact via de scheuren in het tussenliggende dunne veenlaagje, kon het pollen vanuit de teelaardelaag in de A-horizont van de gepodzoleerde bodem spoelen. Deze inspoeling heeft tot tenminste 10 cm onder het oude bodemoppervlak plaatsgevonden. De hoofdmassa van het geïnfilterde pollen is echter niet dieper dan 5 cm aangetroffen. De tijdsduur van de inspoeling heeft maximaal 700 jaar bedragen, aangezien het land na ± 1250 n.Chr. is afgeveend en tot bouwland ontgonnen.

Een ander bewijs voor het optreden van polleninspoeling wordt gevormd door de aanwezigheid van het, uit het jongere deel van het Holoceen afkomstige, pollen van *Fagus*, *Carpinus* en *Cerealia*, 9 à 11 cm diep onder het oude oppervlak van profiel Epe III en het ontbreken daarvan in de profielen Epe I en II. De hoofdoorzaak van het niet naar beneden spoelen van dit pollen bij de laatstgenoemde profielen, moet zijn dat het oude zandoppervlak daar door veen van de atmosfeer is afgesloten. Daarnaast kan ook de bodemkundige situatie van invloed zijn geweest, speciaal bij profiel Epe II, dat laag ten opzichte van de waterspiegel ligt (zie hoofdstuk V, b). Bij profiel Epe III is ook *Secale*pollen geïnfilterd, echter tot veel geringere diepte dan het andere *Cerealiapollen*. Het laatste hangt waarschijnlijk samen met de omstandigheid dat de roggeteelt pas zeer laat, ongeveer tegen de Romeinse tijd, is ingevoerd. De totale diepte waarover het *Secale*pollen door de grond is verplaatst, is echter zeker groter dan de diepte (2 cm) waarop het beneden het oude bodemoppervlak aangetroffen is, daar het ook nog de stuifzandlaag moet zijn gepasseerd.

In goede overeenstemming met de aanname van een verschillend langdurige inspoeling bij deze profielen, is dat bij profiel Epe III de pollenconcentratie in de brandlaag het grootst is en de concentratie aan houtskooldeeltjes het kleinst.

De vraag rijst nu of er bij de gekonstateerde inspoeling een selectie naar korrelgrootte van het pollen is opgetreden, overeenkomstig de opvatting van SELLE (1940). Daartoe kan men bijvoorbeeld de diepten met elkaar vergelijken, tot welke de pollenkorrels van *Rumex* en van *Cerealia*, bij profiel Staphorst II, zijn ingespoeld. De eerste bezitten een doorsnee van $\pm 25 \mu$, de andere van $\pm 50 \mu$. Uit het diagram kan men aflezen dat de kleine *Rumex*-korrels niet dieper geïnfilterd zijn dan de grote korrels van de *Cerealia*. De verhouding *Rumex* % : *Cerealia* % is door de infiltratie echter wel toegenomen. Deze bedraagt namelijk 5 cm onder het oorspronkelijke bodemoppervlak 0,55 en 4,5 cm erboven, in de teelaardelaag, $\pm 0,33$.

De inspoeling moet in de niet doorwortelde uitspoelingshorizont onder het veen, via de poriën tussen de zandkorrels hebben plaatsgevonden. Naast een dergelijke inspoeling treedt er in wel doorwortelde bodems waarschijnlijk ook een zekere pollenverplaatsing op door transport in gangen van afgestorven wortels, al blijven dergelijke gangen vermoedelijk maar korte tijd intact. Ook wanneer die gangen dichtstorten treedt er, met het zand, transport van pollen op. Bij de reeks Delfzijl is bijvoorbeeld waargenomen dat in de bruine inspoelingshorizont oude, soms nog met de wortelbast beklede wortelgangen opgevuld waren met gebleekt zand uit de A_2 -horizont. Met dit zand is natuurlijk ook pollen verplaatst; het is echter niet geanalyseerd.

f. De betekenis van de polleninspoeling voor de ontwikkeling van het pollenprofiel

Ook met behulp van de inspoelingstheorie kunnen de diagrammen maar ten dele worden verklaard. Zo kan zij geen antwoord geven op de vraag, waarom de pollenpektra in de verkitte B_2 -horizont, bij profiel Peel I ouder zijn dan bij profiel Peel II. Bij het eerstgenoemde profiel vertegenwoordigen de spektra de "boreaal-atlantische"-overgangperiode, bij het andere profiel de "atlantische" periode tijdens de enorme *Tilia*-uitbreiding in de omgeving. De B_2 -horizont komt bij profiel I wat ondieper onder het zandoppervlak voor dan bij profiel II. Uit bodemkundige overweging moet aangenomen worden dat de ondoorlatende laag bij beide profielen ongeveer terzelfder tijd is ontstaan. Uitgaande van de inspoelingstheorie zou men derhalve verwachten, dat de spektra in deze laag bij profiel I niet ouder, maar juist iets jonger zouden zijn dan bij het andere profiel.

Moeilijk verenigbaar met de inspoelingstheorie is ook dat binnen elk der reeksen Staphorst, Delfzijl, put B en Flevoland, weinig of geen verband waargenomen kan worden tussen de lengten der diagrammen en de diepten tot welke de podzolprofielen zijn ontwikkeld. Sommige van de diagrammen reiken tot de onderzijde van de inspoelingshorizont, andere tot in deze horizont of vallen zelfs geheel binnen de uitspoelingshorizont. De zonering van de diagrammen varieert per reeks echter weinig.

Een verschijnsel dat sterk tegen inspoeling pleit is voorts, dat dikwijls tot beneden de B_2 -horizont nog veel pollen aangetroffen wordt, zelfs indien die laag verkit en absoluut ondoorlatend is. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de profielen Peel I, II en III.

Uit het voorgaande volgt dat de indringing van het pollen in het zand grotendeels onafhankelijk van de podzolering moet zijn geschied. Dit betekent dat de afdaling van het pollen in de zandige bodem in hoofdzaak plaatsvond, voordat de bodem in zekere mate was gepodzoleerd, dat wil dus zeggen tijdens de homogenisatiefase, die aan de podzoleringsfase voorafging (zie blz. 18). Tijdens die eerste fase vond onder invloed van de bodemfauna een sterke menging plaats van de bodemdelen en daarmee van pollen van verschillende diepten, terwijl door de fauna ook het aan de oppervlakte sedimenterende pollen in de grond werd gebracht (zie ook hierna, blz. 65).

Een verschijnsel waarvan de verklaring eveneens naar de homogenisatietheorie in plaats van naar de inspoelingstheorie voert, is dat in dicht bij elkaar gelegen profielen de polleninhoud van de onderste lagen soms sterk verschilt. Zo treft men bijvoorbeeld

in diagram Epe II bij 34 cm, een "boreaal-atlantisch"-overgangsspektrum aan waar beneden geen oudere spektra meer aanwezig zijn. In diagram Epe III daarentegen komen onder een overeenkomstig spektrum bij 40 cm nog "boreaal-atlantische"-overgangsspektra van een oudere samenstelling voor, en daaronder een "boreaal" spektrum.

Ook bij de reeks Peel H zijn dergelijke verschillen aanwezig. De diagrammen Peel II en III, welke tot respectievelijk 45 en 58 cm onder het zandoppervlak reiken, beginnen met "atlantische" spektra. In de diagrammen Peel I en IV ligt de onderzijde van de "atlantische" zone bij respectievelijk 25 en 33 cm. Daar beneden bevindt zich bij Peel I, op een diepte van 42 cm, nog een "boreaal" spektrum en bij Peel IV, van 43 tot 71 cm diepte, een "boreale" zone.

Zou men deze diagrammen uitsluitend met behulp van de inspoelingstheorie willen verklaren, dan kon men een der beide volgende veronderstellingen maken. De eerste is dat bij de profielen Epe III en Peel I en IV, het inspoelingsproces reeds in het Boreaal begonnen is en bij de profielen Epe II en Peel II en III, pas tijdens de boreaal-atlantische-overgangperiode, respectievelijk het Atlanticum. Volgens de andere veronderstelling wordt het ontbreken van oudere pollenspektra bij de laatstgenoemde profielen aan pollenvernietiging na de inspoeling toegeschreven. De eerste veronderstelling is natuurlijk zonder meer onwaarschijnlijk, maar ook de tweede is moeilijk aanvaardbaar. Waarom zou bij de reeks Epe het oudste pollen wel gekonserveerd zijn in het naast het vennetje aanwezige droge profiel III en niet in het onder het vennetje gelegen profiel II, waarom bij de reeks Peel H wel in de profielen IV en I, respectievelijk het natste en het droogste profiel van deze reeks, maar waarom niet in de droge profielen II en III?

Hierna (zie blz. 68) zal blijken dat ook deze verschijnselen slechts goed kunnen worden verklaard als wordt aangenomen, dat de pollenprofielen in hoofdzaak reeds werden gevormd voordat de podzolering begon.

Tenslotte zij nog verwezen naar paragraaf 2 van dit hoofdstuk, waarin voor het pollenprofiel Delfzijl II, op grond van het verloop van de APF-kurve, reeds tot een overeenkomstige konklusie was gekomen.

De invloed van de inspoeling op de pollenverdeling wordt pas van betekenis tijdens de overgangsfase, wanneer de biologische activiteit reeds sterk is afgenomen. Gedurende de tijd dat de inspoelingslaag bezig is zich te vormen en nog niet te zeer is verdicht, kan er misschien door inspoeling pollen tot in die laag worden verplaatst. In de A-horizont blijft natuurlijk ook daarna de mogelijkheid voor polleninspoeling aanwezig. Bij de reeksen Staphorst en Epe is aangetoond, dat dientengevolge de zonering van een diagram van een podzolprofiel nog sterk kan zijn beïnvloed.

Het is niet onwaarschijnlijk dat de ondiepe pollenprofielen ter plaatse van de zeer natte gley-podzolprofielen Appingedam en Delfzijl V, en het natte podzolprofiel Delfzijl IV, grotendeels tengevolge van polleninspoeling zijn ontstaan. De bodemvorming aldaar wijst erop dat de grondwaterstand reeds vroeg zeer hoog is geweest. In het uitgelopen zand boven de grondwaterspiegel kon het pollen gemakkelijk inspoelen.

g. De pollenverdeling als gevolg van homogenisatie

Bij de bespreking van de polleninspoeling zijn enkele verschijnselen besproken, die leiden tot de veronderstelling dat aan het homogenisatieproces de grootste betekenis toekomt voor het ontstaan van de meeste pollenprofielen in dekzand.

Een meer direkt bewijs voor deze theorie, is dat er bij een paar reeksen een duidelijke samenhang is aangetroffen tussen de diepte tot waar het pollen onder het zandoppervlak voorkomt en die tot waar de oorspronkelijke gelaagdheid van het dekzand geheel is verstoord als gevolg van de homogenisatie (zie hoofdstuk III, blz. 35 en 38). Overeenkomstige waarnemingen zijn in de literatuur slechts éénmaal ontmoet. Door DEWERS (1935) wordt een dergelijke samenhang beschreven voor bodemprofielen in duinzandgronden.

Hoe de pollenverdeling in een goed gehomogeniseerde zandige bodem is en op welke wijze die precies tot stand komt, zou een apart objekt voor studie kunnen vormen. Daarbij kon men ook onderzoeken wat er met het pollenprofiel gebeurt, wanneer er een verandering in de samenstelling van het sedimenterende pollen optreedt en wat, indien het podzoleringsproces geleidelijk de overhand verkrijgt. Hoewel alleen gepodzoleerde bodems zijn onderzocht, met uitzondering van, gleyprofiel Velzen I en van profiel Peel VII, waarbij in het geheel geen bodemvorming onder invloed van een vegetatie is opgetreden, is in deze problemen toch enig inzicht verkregen.

De bodemfauna van de goed gehomogeniseerde bosbodem verschilt, zowel kwantitatief als naar samenstelling, sterk van die in de gepodzoleerde bodem en beïnvloedt de bodemvorming op een geheel verschillende wijze (FRANZ 1960). Door de schaarse fauna in de gepodzoleerde bodem wordt vooral zand uit de ondergrond aan de oppervlakte gebracht; door de zeer talrijke fauna in de gehomogeniseerde bodem wordt in de eerste plaats het bodemmateriaal van verschillende diepten gemengd.

Voor de menging kunnen regenwormen (lumbriciden) van grote betekenis zijn. Door die dieren worden ook grote massa's organisch materiaal, van de strooisellaag afkomstig, in de bodem gebracht. Zo hebben HOEKSEMA c.s. (1956, blz. 117) bijvoorbeeld waargenomen, dat door één regenworm 160 berkeblaadjes in de uitmonding van een wormegang waren getrokken. Met de op deze wijze als voedselvoorraad opgeslagen blaadjes zal echter ook veel pollen, dat gedurende het afgelopen jaar op de grond was gesedimenteerd, bijeengebracht zijn. Dit pollen moet tenslotte ook deel van de worme-uitwerpselen zijn gaan uitmaken, daar alleen de inhoud van de pollenkorrels, maar niet de exine wordt verteerd (DIMBLEBY 1957). Doordat de wormen de gangen in de bodem met hun darminhoud afpleisteren, wordt het pollen dat in een bepaald jaar gesedimenteerd is, gelijkmatig in de bodem gedeponeed. Door RAY (1959) is experimenteel aangetoond dat de grotere wormen het pollen snel door de grond distribueren. Tengevolge van deze inbrenging wordt het pollenprofiel dus voortdurend verjongd, terwijl tevens, als gevolg van de menging, een homogeen pollenprofiel ontstaat.

Behalve de regenwormen zijn er vele andere dieren, bijvoorbeeld verschillende arthropoden, die de bodem meer of minder diep kunnen doorwoelen en een homogeniserend effect veroorzaken.

Nu zou men verwachten dat de verjonging geen groot effect kan hebben, omdat de spektra gedeeltelijk uit het oudere pollen dat reeds in de grond was, blijven samengesteld. Wanneer bijvoorbeeld pollen tijdens het Atlanticum in een bodem geraakte, werd het gemengd met de pollenvoorraad in de grond uit het Boreaal. Bijgevolg zouden de mengspektra die hierdoor ontstonden, schijnbaar de "boreaal-atlantische"-overgangperiode moeten weergeven. In feite is echter dikwijls ieder spoor van een boreale pollenflora in zanddiagrammen afwezig, zelfs indien het zand door veengroei reeds in de laatste fase van het Atlanticum of het begin van het Subboreaal (zie de diagrammen Peel II en III en Noordoostpolder II en III) van pollentoevoer was afgesneden.

Natuurlijk mag men niet veronderstellen dat er tijdens het Boreaal geen polleninfiltratie in de bodem plaatsvond. Men is derhalve genoodzaakt om aan te nemen dat het oudere pollen door korrosie is verdwenen.

In goede overeenstemming met deze hypothese is, dat het nog aanwezige pollen in een zandige bodem vrijwel steeds in een zeer slecht gekonserveerde toestand verkeert. Ook de omstandigheid dat er in het algemeen geen verband bestaat tussen de ouderdom van een profiel en de pollenconcentratie in het zand, is daarvoor een sterke steun. Indien men bijvoorbeeld de APF-waarden voor de bodemlagen onder de brandlaag van de profielen Epe II en III, vergelijkt met die op ongeveer overeenkomstige diepten bij profiel Delfzijl II, ziet men dat de pollenconcentraties bij het laatste profiel het grootst zijn. De bodemvorming is evenwel bij profiel Delfzijl II het eerst geëindigd. Voorts is het algemeen bekend, dat men voor de bereiding van pollenpreparaten van vroeg in het Holoceen door veen overdekte profielen, met eenzelfde hoeveelheid materiaal kan volstaan, als voor profielen die tot de huidige tijd aan de oppervlakte hebben gelegen.

Waar het nu op aankomt, is te weten door welke oorzaken en tijdens welke fase van bodemvorming, het pollen in hoofdzaak wordt vernietigd.

De verschillende samenstelling van de onderste spektra in de diverse diagrammen van de reeksen Epe en Peel H (zie blz. 64), is in strijd met de veronderstelling dat pollenkorrosie door direkt chemische oxydatie zou kunnen zijn veroorzaakt. Dit is ook goed in overeenstemming met de resultaten van laboratoriumproeven over pollenkorrosie door KIRCHHEIMER (1935). Deze onderzoeker ontdekte dat in water gesuspenseerd pollen alleen door microben wordt aangetast. Bij afwezigheid van deze organismen kwam geen korrosie voor.

Nu is een gepodzoleerde zandige bodem betrekkelijk steriel. De hoeveelheid mikroorganismen en het aantal soorten kunnen zelfs even klein zijn als in een hoogveen (LOUB 1956). In een homogeen bosprofiel daarentegen is een overvloedige mikroflora aanwezig. Dit maakt het zeer waarschijnlijk dat de pollenvernietiging in een bodem die thans in een gepodzoleerde toestand verkeert, in hoofdzaak tijdens de homogenisatiefase is geschied.

Het verjongingsproces van het pollenprofiel als gevolg van de voortdurende aanvulling van de pollenvoorraad met het sedimenterende pollen, wordt tijdens de homogenisatiefase door de vernietiging van het oudere pollen natuurlijk aanmerkelijk versterkt. Alleen op die wijze kan een pollenprofiel ontstaan, waarvan in het diagram

niet alleen één of meer oudere holocene perioden ontbreken, maar ook de overgangszone (mengspektra) naar het oudere deel van het Holoceen.

Met behulp van het voorgaande kan schematisch verklaard worden, hoe verschillende samengestelde pollenprofielen kunnen ontstaan. Wanneer tijdens een bepaalde periode het homogene bosprofiel nog niet bezig is te degraderen tot een podzolprofiel, geven de spektra zowel onderin als bovenin het pollendiagram een vegetatie uit die periode weer. Neemt de homogenisatiediepte op de overgang naar een jongere periode niet af, of neemt die eventueel zelfs toe, dan ontstaan na verloop van tijd overal spektra die een vegetatie uit de jongere periode vertegenwoordigen. Indien echter de biologische activiteit in dezelfde tijd wel afneemt en daarmee de diepte tot welke de menging plaatsvindt, ontstaan in het pollenprofiel twee verschillende zones. In de bovenste vindt nog steeds verjonging plaats, maar in de onderste zone verandert de pollensamenstelling niet meer. De pollensamenstelling wordt nu gedifferentieerd. De onderste zone blijft de vegetatie uit de oudere periode vertegenwoordigen, de bovenste geeft die uit de jongere periode weer (zie fig. 4). Op den duur wordt ook het onderste deel van de laatstgenoemde zone weer gefixeerd enz. Het gefixeerde deel van het pollenprofiel "groeit" dus steeds aan ten koste van het nog niet gefixeerde; er worden voortdurend jongere spektra aan toegevoegd. Tenslotte, wanneer de biologische activiteit ten einde loopt, is het pollenprofiel over de gehele diepte vrijwel verstand. De fixatie is echter niet absoluut. Tengevolge van polleninspoeling kunnen er bovenin het profiel nog jongere spektra ontstaan.

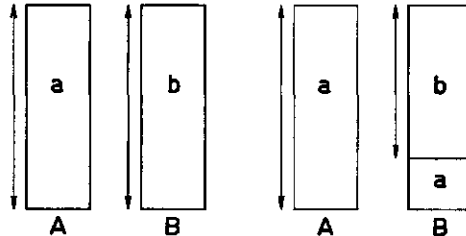


FIG. 4. Verandering van een pollenprofiel onder invloed van homogenisatie.
Change of a pollen profile under the influence of homogenization

↑ Homogenisatiediepte
 ↓ Homogenization depth

- a. Pollensamenstelling representatief voor periode A.
Pollen composition representative of period A.
- b. Pollensamenstelling representatief voor periode B.
Pollen composition representative of period B.

Links: de homogenisatiediepte is in periode B even groot als in de voorafgaande periode A.
On left: the homogenization depth is the same during period B as during the preceding period A.
 Rechts: de homogenisatiediepte is in periode B geringer dan in periode A.
On right: the homogenization depth is less during period B than during period A.

De afname van de homogenisatiediepte hangt bij onder veen aanwezige profielen ongetwijfeld samen met een stijging van de grondwaterstand. Zij moet bij de verschillende onderzochte profielen in verschillende perioden van het Holoceen zijn begonnen.

Indien gedurende het proces de vegetatie sterk verandert, ontstaat een pollenprofiel dat uit sterk verschillende spektra is samengesteld. De kans dat dit gebeurt is het

grootst, indien het proces zeer langzaam verloopt en zich over verschillende holocene perioden uitstrekt. Er ontstaat dan een pollenprofiel, waarin zones kunnen worden onderscheiden die met deze perioden korresponderen (bijvoorbeeld Peel IV). Soms kan ook tijdens een betrekkelijk korte tijd een sterke verandering in de vegetatie hebben plaatsgevonden. Een voorbeeld daarvan geven de diagrammen Velzen II en III te zien. Een dergelijke verandering komt uiteraard betrekkelijk lokaal voor (zie blz. 82).

Van het diagramtype met sterk wisselende spektra wordt dat met praktisch evenwijdig aan elkaar lopende pollenkurven onderscheiden. Het laatstgenoemde is meestal ontstaan doordat de biologische activiteit snel afnam, zodat het diagram min of meer als een moment-opname kan worden beschouwd. Soms zijn er echter nog wel verschillende holocene perioden in vertegenwoordigd (Noordoostpolder I en II). Een diagram zonder een duidelijke zonering is echter geen zeker bewijs voor een snel verlopen fixatie van het pollenprofiel. Het kan ook zijn dat door invloed van de lokale begroeiing de verschillende holocene perioden zijn verdoezeld (zie hoofdstuk VII (blz. 91-92)).

Soms treft men een, vergeleken met een veendiagram, langgerekte "boreaal-atlantische"-overgangszone aan (Staphorst I, Peel I). De oorzaak is waarschijnlijk dat over het betreffende traject, gedurende het Atlanticum, een onvolledige verjonging van het pollenprofiel heeft plaatsgevonden. De spektra hoeven dus niet (alle) met de boreaal-atlantische-overgangstijd te korresponderen.

Indien de hiervoor beschreven theorie bij de interpretatie van de verkregen diagrammen wordt toegepast, ontmoet men geen ernstige moeilijkheden meer. De verschillende samenstelling van de onderste spektra van diagram Epe III vergeleken met die van diagram Epe II, en van de diagrammen Peel I en IV vergeleken met die der diagrammen Peel II en III (zie blz. 64), kan gemakkelijk worden verklaard, als men aanneemt dat de differentiatie van het pollenprofiel het eerst begon bij Epe III, respectievelijk bij Peel I en IV (namelijk tijdens het Boreaal). Terzelfder tijd moet echter worden verondersteld dat een betrekkelijk gering verschil in bodemkundige situatie reeds een vrij groot verschil in homogenisatiediepte kan veroorzaken. De gesteldheid van de bodem vertoont bijvoorbeeld tussen de profielen Peel I en II maar weinig variatie.

h. Willekeurige overrepresentatie

Behalve op de hiervoor beschreven wijzen, kan er ook pollen door onbekende oorzaken in de grond geraken, waardoor een willekeurige overrepresentatie ontstaat. Meestal betreft het één, soms meer dan één pollensoort, waarvan de kurven over een bepaalde diepte een onverklaarbare toename laten zien. Behalve in zanddiagrammen komt het verschijnsel soms ook in veendiagrammen voor. Zo bezit bijvoorbeeld de kruidenkurve in het veengedeelte van diagram Delfzijl II, 4 cm boven het zandoppervlak een scherpe piek (75%), die op de aanwezigheid van een enkele, niet gedetermineerde pollensoort berust. Misschien is het hoge percentage ontstaan doordat in het veenmonster toevallig een deel van een afgefallen bloeiwijze voorkwam.

Het "teveel aanwezige" pollen bleek, zoals vaker het geval is, in het mikroskopische preparaat tot kleine klompjes aaneengekit te zijn.

In één geval is de oorzaak van een willekeurige overrepresentatie met vrij grote zekerheid vastgesteld. Dit betreft het hoge *Valeriana*-percentage (30%) bij profiel Staphorst II. Het is hoogst waarschijnlijk ontstaan doordat het pollen van deze waardevolle bijenplant (ZANDER 1937, blz. 24), door de aangetroffen graafbij als voedselbron voor de larven in de grond is gebracht (zie blz. 10). Behalve in dit profiel werd ook in profiel Uddelermeer III een graafbij aangetroffen.

De graafbijen komen met talrijke soorten, in enkele geslachten, voor. Verscheidene soorten van het geslacht *Halicus* vliegen vooral op gele Composieten.¹ Misschien kunnen hoge percentages voor *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type) daardoor worden verklaard.

Behalve graafbijen zijn er nog andere insecten die pollen in de grond brengen, hetzij op directe wijze zoals de hommels, hetzij op indirecte wijze zoals de mestkevers. De laatste brengen excrementen van dieren in de grond, die soms veel stuifmeel bevatten. Indien deze van korhoenders afkomstig zijn, kan er veel stuifmeel van de berk en de den in voorkomen.²

In de zanddiagrammen treft men dikwijls willekeurig meer of minder hoge percentages aan voor *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type), *Succisa* en *Salix*. Hoge *Liguliflorae*-waarden worden aangetroffen bij de profielen Uddelermeer II en III, zelfs wanneer na herleiding van de (atlantische) spektra het effect van de selectieve korrosie van het *Quercus*-pollen wordt geëlimineerd (zie paragraaf 4, blz. 75). Ze komen ook voor bij de reeksen Epe, Peel H en de profielen Velzen II en III. *Succisa* is "teveel" aanwezig bij de reeks Peel H en *Salix* bij de profielen Peel III en Velzen I en II.

Dat de aanwezigheid van *Liguliflorae* in zanddiagrammen veroorzaakt kan zijn door "toevallige" factoren, blijkt duidelijk uit de bijzonder hoge percentages in de "atlantische" zone van diagram Uddelermeer II. In de door Polak (1959) onderzochte monsters van atlantische ouderdom, afkomstig van de organische onderwaterafzetting in het Uddelermeer, werd onder de duizenden getelde pollenkorrels maar één enkele aangetroffen, die van *Liguliflorae* stamde. In de "subboreale" zone van het zanddiagram zijn de *Liguliflorae* zo goed als geheel afwezig. In het organische sediment van overeenkomstige ouderdom werden echter niet minder dan 14 dergelijke pollenkorrels waargenomen. Bij de reeks Peel H blijkt het "toevallige" karakter, doordat de hoge *Liguliflorae*-percentages in diagram I in een andere zone voorkomen dan in de diagrammen II, III en IV. Hetzelfde geldt voor de hoge *Succisa*-waarden bij deze reeks. Dat hoge *Salix*-waarden soms het werkelijke aandeel van de boom in de vegetatie niet juist weergeven, is hiervoor (zie blz. 40) reeds aangetoond.

In vele gevallen moet aangenomen worden dat ook relatief grote hoeveelheden *Calluna*-pollen in het zand niet in overeenstemming zijn met het aandeel van de heidestruik in de begroeiing. Deze mogelijkheid bestaat zelfs, indien het diagram over een betrekkelijk lang traject hoge *Calluna*-waarden laat zien (zie hoofdstuk VI, blz. 85).

Hoge *Tilia*-waarden, hoewel niet algemeen aangetroffen, komen meestal wel syste-

¹ Mededeling van Dr. J. B. M. van Dinther, Laboratorium voor Entomologie te Wageningen.

² Mededeling van Dr. J. VAN DER DRIFT, I.T.B.O.N. te Arnhem.

matisch voor. Ze zijn vrijwel steeds gebonden aan de vroeg-atlantische periode. Indien *Tilia* incidenteel sterk vertegenwoordigd is, zoals onderin de diagrammen Delfzijl III en IV, dan wordt er waarschijnlijk een tijdelijke, lokale verandering in de vegetatie door weerspiegeld (zie hoofdstuk VI, blz. 83).

Ook in de literatuur zijn vele voorbeelden te vinden dat de genoemde, naast verschillende andere soorten met incidenteel hoge waarden voorkomen. Hoge *Compositae*-percentages in zand zijn aangetroffen door JONAS (1938) en POLAK (1959), hoge *Salix*-percentages eveneens in zand door JONAS (1937), hoge *Tilia*-waarden in zand zowel als in veen door diverse auteurs, en hoge *Compositae*- en *Valeriana*-waarden in veen door respectievelijk BROUWER (1947) en WERTH en KLEMM (1936).

4. SELEKTIEVE KORROSIE

a. Literatuurgegevens

Er is tot nu toe weinig systematisch onderzoek verricht naar de invloed van selectieve korrosie op de pollensamenstelling in zand en ook in venen van verschillende samenstelling. De opvattingen hierover lopen dan ook zeer uiteen. Sommige onderzoekers zijn van oordeel dat er in het geheel geen verschil in korrosiegevoeligheid bestaat tussen de verschillende pollensoorten die gewoonlijk in veen worden gevonden. Andere daarentegen gaan ervan uit dat onder bepaalde omstandigheden, door korrosie de samenstelling van het pollen sterk kan worden gewijzigd. Zij beschouwen meestal de stuifmeelkorrels van *Pinus* en *Tilia* en de varensporten als meer resistent dan de stuifmeelkorrels van de meeste andere soorten. Het *Carpinus*pollen zou bijzonder teer zijn.

Reeds in 1920 maakte SMITH melding van een geval van selectieve vernietiging van pollen (uit ERDTMAN 1921). Hij trof in recente veenlagen, die voor een belangrijk deel door *Myrica* gevormd waren, geen *Myrica*pollen aan. Het pollen van deze soort zou derhalve snel zijn vernietigd. ERDTMAN (1921, blz. 34) is het met deze konklusie eens. Deze auteur vermeldt voorts (ERDTMAN 1931a, blz. 49), dat hij tussen synchrone pollenflora's in zeer verschillende veenafzettingen weinig variatie aantrof. Er zou echter wel met een selectieve vernietiging van het pollen van *Corylus* en eventueel nog andere vroeg bloeiende soorten rekening moeten worden gehouden, omdat dit pollen, wanneer de bodem nog bevroren is, lange tijd aan de oppervlakte blijft liggen. Door palynologisch veenonderzoek in een gebied met populierenbossen toonde ERDTMAN (1931b) verder aan, dat *Populus*pollen bijzonder weinig resistent is. FIRBAS c.s. (1939) veronderstellen in tegenstelling tot de vorige auteur, dat het pollen van vroeg bloeiende soorten juist een voorsprong heeft, omdat het snel een "konserverend milieu" kan bereiken. RUDOLPH (1929) konkludeerde op grond van sterke schommelingen in de waarden voor de loofbomen in overeenkomstige zones van pollendiagrammen, die van verschillend samengestelde veenlagen waren verkregen, dat het Coniferenpollen meer resistent moet zijn dan het loofhoutpollen. Volgens WASMUND (1931) kan als gevolg van de aantasting, speciaal in laagveen, de pollenfrekwentie sterk wisselen. Ook hij beschouwt het Coniferenpollen als meer resistent dan het pollen van de loofbomen. SCHUBERT (1933) vond dat de maximumwaarden voor *Tilia* in broekveen be-

langrijk hoger lagen dan in *Sphagnum*veen. Ook het *Pinus*pollen was in het broekveen relatief het meest aanwezig. Voor pollen in zand kon niet zo'n duidelijke selectieve vernietiging aangetoond worden, hoewel die ook daarbij niet zou ontbreken. Volgens SCHUBERT is echter ook de gemakkelijke herkenbaarheid van deze pollensoorten in gekorrodeerde toestand, van veel invloed. Volgens LÜDI (1932) wordt het pollen van *Salix* en van *Larix* onder bepaalde omstandigheden minder goed gekonserveerd dan dat van andere boomsoorten. Hij trof deze beide pollensoorten namelijk slechts af en toe aan in veenlagen met veel takresten van de desbetreffende boomsoorten. HESMER (1933) nam waar dat in zand onder veen hogere *Pinus*-waarden voorkwamen, dan op grond van de algemene vegetatiegeschiedenis mocht worden verwacht. Dit zou wijzen op de bestendigheid tegen korrosie van het *Pinus*pollen. PFAFFENBERG en HASSENKAMP (1934) troffen op de overgang van zand naar ruwe humus, waar de omstandigheden voor korrosie gunstig waren, hoge *Pinus*-waarden aan, wat zij ook toeschreven aan de grote resistentie van het *Pinus*pollen. Voor hoge *Tilia*-waarden stelden ze echter een lokale vegetatie verantwoordelijk.

OBERDORFER (1937, blz. 554) verzamelde oppervlakte monsters aan de rand van een klein elzenbroek, onmiddellijk naast een droog eiken- haagbeuken-beukenmengbos, onder overhangende takken van haagbeuken. In de oppervlaktespetra kwam een sterke overrepresentatie van *Alnus* en van *Pinus* voor; *Quercus*, *Fagus* en *Carpinus* waren relatief veel te weinig aanwezig. Het *Carpinus*pollen bleek aan een buitengewoon sterke vernietiging onderhevig te zijn. Onmiddellijk na de bloei van de haagbeuk waren de monsters namelijk zeer rijk aan *Carpinus*pollen, maar in de loop van het jaar verdween dit praktisch geheel. Ook BORSE (1939, blz. 133) meende, door vergelijking van de polleninhoud van de oppervlaktelaag van een bodem met de omringende vegetatie, aan te kunnen tonen dat het *Carpinus*pollen snel wordt vernietigd. Behalve voor *Carpinus* trof ze ook voor *Tilia* een sterke onderrepresentatie in de pollenflora aan, maar de laatste schreef ze toe aan de omstandigheid dat *Tilia* in een dicht bos maar weinig bloeit.

SELLE (1940) kwam bij de analyse van de A_2 -horizont van een heidepodzolprofiel hoge, maar bij het onderzoek van kleine veentjes in de omgeving slechts geringe *Tilia*-percentages tegen. Het *Tilia*pollen zou derhalve meer resistent zijn dan het overige pollen. LEMÉE (1946, blz. 405-406) kwam op grond van een vergelijking van even oude pollenflora's in alpiene, minerale bodems en veenafzettingen tot de gevolgtrekking dat *Tilia*- en *Corylus*pollen zeer resistent, maar *Fagus*pollen korrosiegevoelig is.

FLORSCHÜTZ (1941) gaat ervan uit, dat zandspektra gelijkwaardig zijn aan veenspektra en dat het beeld van de vroegere vegetatie niet door selectieve korrosie is vertekend. FLORSCHÜTZ wil de relatief hoge *Tilia*-percentages in zandspektra, in tegenstelling tot SELLE, dan ook als gevolg van een directe invloed van de vegetatie verklaren. De linde zou namelijk in de onmiddellijke omgeving van de plaatsen waar de bodem zeer veel *Tilia*pollen bevat, hebben gegroeid. Om deze bewering te staven voert deze onderzoeker aan, dat ook in veenspektra langs de periferie van een veen lokale verschillen in de vegetatie zeer goed tot uiting kunnen komen. Deze veenspektra laten soms zeer hoge waarden voor *Tilia* zien.

Uit een onderzoek van KERT en MOTHES (1943) van twee dunne ruwe-humuslagen,

die in zand waren ingesloten, bleek dat de pollenanalyses in grote trekken overeenkwamen met de analyses van houtskoolresten, die in dezelfde lagen waren gevonden. Hun gevolgtrekking was, dat de vernietiging van het pollen niet selectief had plaatsgevonden. TRAUTMANN (1952) vergeleek diagrammen van humeuze, minerale bodems met veendiagrammen. Er zou in de minerale grond geen selectieve korrosie opgetreden zijn, daar de waarden voor het tere *Carpinus*pollen in de eerstgenoemde diagrammen ongeveer even hoog waren als die in de andere diagrammen.

b. Het Uddelermeer-onderzoek

Hieronder volgen enige resultaten, die bij het eigen onderzoek met betrekking tot de invloed van de selectieve korrosie zijn verkregen. Deze berusten op een vergelijking van de analyses van de onderwaterafzetting in het Uddelermeer en van de zandige bodem er naast en voorts op oxydatieproeven van waterige pollensuspensies.

Zoals reeds vermeld op blz. 27, bestaat er naast veel overeenkomst ook verschil tussen de diagrammen Uddelermeer I en II. In het dy-diagram verkeert het *Quercetum mixtum* in de spektra boven het onderste, boreale spectrum in een overheersende positie of komt het onmiddellijk na *Alnus* op de tweede plaats. In het zanddiagram domineert boven het onderste, *Pinus*-rijke spectrum steeds *Alnus* en komt het *Quercetum mixtum* meestal, na *Corylus*, op de derde plaats. Vooral in het bovenste deel van het diagram is de *Alnus*-dominantie sterk. Voor de hogere waarden van het *Quercetum mixtum* in het dy-diagram is alleen *Quercus* verantwoordelijk.

Als men bedenkt hoe de pollenregen ter plaatse van het dy-, respectievelijk het zandprofiel, samengesteld moet zijn geweest, zou men verwachten dat *Quercus* niet in het dy-, maar in het zanddiagram het sterkst was vertegenwoordigd. Immers, het pollen dat op het meeroppervlak sedimenteerde kan niet zeer sterk door een lokale bosvegetatie zijn beïnvloed, in tegenstelling tot het pollen dat bij het zandprofiel op de grond terecht kwam. Blijkens het dy-diagram was de bodem in de omgeving van het Uddelermeer met bos begroeid, met *Quercus* en *Alnus* als verreweg de belangrijkste boomsoorten. Men kan derhalve veilig aannemen dat de droge bodem ter plaatse van het geanalyseerde podzolprofiel, oorspronkelijk de standplaats van een eikenbos is geweest. Het is onwaarschijnlijk dat de els, die in het zanddiagram domineert, er een enigszins belangrijk bestanddeel van de vegetatie heeft gevormd. Alleen dicht langs de oever, waar de bodem vochtiger is, kan de els wel veel zijn voorgekomen. De genoemde tegenstrijdigheden kunnen slechts worden verklaard, door aan te nemen dat het *Quercus*pollen in het zand in veel sterkere mate aan korrosie onderhevig is geweest dan het pollen van de andere boomsoorten.

Wil men ook nagaan, hoe de andere pollensoorten zich in het zand vergeleken met de onderwaterafzetting gedragen hebben, dan kan men het best de spektra op zodanige wijze herleiden, dat de in beide gevallen verschillend sterke invloed van *Quercus* op de percentages, wordt uitgeschakeld. Als na een dergelijke herleiding de waarden voor de overige soorten aan elkaar gelijk zijn geworden, dan weet men dat de zandspektra zonder *Quercus*, globaal de regionale pollenflora zonder het *Quercus*pollen weergeven. De dy-spektra weerspiegelen immers ook in hoofdzaak de regionale en niet een lokale

pollenflora. Zijn evenwel in de herleide zandspektra één of meer soorten relatief te veel en de andere relatief te weinig aanwezig, dan zijn er twee mogelijkheden. Of het niet van *Quercus* afkomstige pollen is ook nog aan selectieve korrosie onderhevig geweest, óf de relatief te sterk vertegenwoordigde boomsoorten hebben in de onmiddellijke omgeving van het onderzochte profiel gegroeid.

Men kan de invloed van *Quercus* uitschakelen door in de zand- en dy-spektra eenvoudig het aandeel van *Quercus* te elimineren en de boompollensom, met uitsluiting van het *Quercus*-pollen, op 100% te stellen. In tabel V is een andere methode toegepast en wel is het *Quercus*-percentage in de opeenvolgende zandspektra steeds gelijk gesteld aan dat in de opeenvolgende dy-spektra, waarmee de eerste zijn vergeleken. De som

TABEL V. Vergelijking van de herleide zandspektra van diagram Uddelermeer II met de dy-spektra van diagram Uddelermeer I. De *Quercus*-percentages in de zandspektra zijn telkens gelijk gesteld aan die in de dy-spektra

TABLE V. Comparison of the deduced sand spectra of diagram Uddelermeer II with the dy spectra of diagram Uddelermeer I. In each case the *Quercus* percentages in the sand spectra are equated to those in the dy spectra

Diepte in cm Depth in cm	Spektrum Spectrum	Percentages/Percentages													Quercetum mixture	Ericaceae
		Abies	Alnus	Betula	Carpinus	Corylus	Fagus	Picea	Pinus	Salix	Acer	Fraxinus	Quercus	Tilia		
1	zand	-	58	1	1	6	1	-	3	-	-	27	2	1	30	300
190	dy	-	35	11	1	14	4	-	2	2	-	3	27	-	31	30
9	zand	-	36	13	+	12	-	-	3	+	-	30	5	1	36	145
205	dy	-	35	11	+	13	4	-	3	1	-	2	30	+	33	20
19	zand	-	35	10	1	17	-	-	3	-	-	25	8	1	34	134
225	dy	-	38	8	+	14	6	-	4	1	+	2	25	1	29	20
29	zand	-	30	11	-	20	1	1	3	-	+	-	28	5	34	240
275	dy	-	30	10	-	22	+	-	5	1	+	2	28	1	31	5
39	zand	-	25	9	-	17	-	-	7	-	-	33	8	1	42	128
305	dy	-	27	12	-	20	-	-	4	+	+	2	33	1	36	5
49	zand	-	23	7	-	8	-	-	14	-	-	36	11	1	48	124
355	dy	-	29	11	-	18	-	-	3	+	-	2	36	1	39	5
56	zand	-	20	12	-	15	-	1	13	-	-	32	6	1	39	67
395	dy	-	28	11	-	18	-	-	5	1	-	1	32	2	37	5
63	zand	1	23	16	-	16	-	3	13	-	-	26	1	1	28	40
445	dy	-	27	12	-	20	-	-	7	1	-	2	26	2	33	2
70	zand	-	19	9	-	14	-	3	37	-	-	10	2	6	18	63
465	dy	-	5	12	-	20	-	-	40	1	-	10	-	2	12	2

van de overige pollensoorten is in de herleide zandspektra steeds zodanig gewijzigd, dat die tezamen met het veranderde *Quercus*percentage opnieuw 100% is geworden; de onderlinge verhoudingen van de percentages voor die soorten zijn daarbij onveranderd gebleven. De zand- en dy-spektra die telkens met elkaar zijn vergeleken, staan in de tabel steeds bij elkaar.

Tussen de gekombineerde spektra blijkt in het algemeen een goede overeenkomst te bestaan. Toch zijn er wel enkele duidelijke verschillen, die stellig een systematische oorzaak hebben. Zo is *Fraxinus* in alle zandspektra, *Salix* in alle zandspektra op één na, afwezig. In de dy-spektra zijn de beide boomsoorten praktisch steeds met één of enkele procenten aanwezig.

Het ontbreken van *Fraxinus* in het zanddiagram is waarschijnlijk te verklaren door de grote korrosiegevoeligheid van het *Fraxinus*pollen. Zelfs in veen wordt dit pollen moeilijk gekonserveerd.

De afwezigheid van het *Salix*pollen heeft vermoedelijk als oorzaak dat het weinig door de wind wordt verspreid. De wilg is een insektenbestuiver. De zeer hoge percentages die in sommige zanddiagrammen voor deze boom incidenteel worden aangetroffen, wijzen er op dat de korrosiegevoeligheid van het stuifmeel niet groot is. Ook blijkt er uit, dat de verspreiding dikwijls sterk lokaal is bepaald. De aanwezigheid van een weinig *Salix*pollen in de onderwaterafzetting hoeft hiermee niet in strijd te zijn. Daar er ongetwijfeld wilgen langs de waterkant hebben gegroeid, kon het pollen wel in het meer terecht komen.

Tilia vertoont in het herleide zanddiagram, in alle spektra op één na, een duidelijke, maar niet zeer sterke overrepresentatie. De oorzaak daarvan kan tweemaal zijn, namelijk een grote bestendigheids van het pollen tegen korrosie en een lokale aanwezigheid van de boom.

In de zandspektra bij 49, 56 en 63 cm is, vergeleken met de dy-spektra, *Pinus* te veel aanwezig. Dit betekent ongetwijfeld dat de eerstgenoemde spektra gedeeltelijk zijn ontstaan als mengspektra. Het is onwaarschijnlijk dat de overrepresentatie van *Pinus* in het zand, op een relatief grote bestendigheids van het pollen tegen korrosie berust. In de hoger aanwezige zandspektra is *Pinus* namelijk niet sterker vertegenwoordigd dan in de dy-spektra.

Alnus is in de zandspektra bij 1 en 70 cm relatief te veel aanwezig. De overrepresentatie bij 70 cm heeft dezelfde oorzaak als die van *Pinus* bij 49, 56 en 63 cm. Waarom *Alnus* bij 1 cm te sterk vertegenwoordigd is, ten koste van *Betula* en *Corylus*, is moeilijk verklaarbaar. Misschien komt het doordat het pollen bij die diepte toch van een jongere vegetatie afkomstig is dan dat in de dy-laag bij 190 cm, waarmee het vergeleken is. Daarmee is echter in tegenspraak dat in het zandspektrum geen *Secale* voorkomt en in het dy-spektrum wel.

Fagus wordt in de zandspektra bij 9 en 19 cm niet aangetroffen, terwijl de boom in de overeenkomstige dy-spektra met 4%, respectievelijk 6% aanwezig is. In de zandspektra bij 1 en 29 cm komt *Fagus*, evenals in de dy-spektra bij 190 en 275 cm, echter wel voor. Het is niet onmogelijk dat de vrij sterke onderrepresentatie van deze boom in het zanddiagram, op een betrekkelijk sterke korrosiegevoeligheid van het pollen berust.

Door van selectieve korrosie van het *Quercus*pollen uit te gaan, kan gedeeltelijk verklaard worden, dat de *Ericaceae*-waarden in diagram Uddelermeer II zoveel hoger zijn dan in diagram Uddelermeer I. Door vermindering van de hoeveelheid *Quercus*-pollen is immers een afname van Σ AP ontstaan en daarmee een toename van de relatieve hoeveelheid niet-boompollen, waarvan *Calluna* een zeer belangrijk deel uitmaakt. Toch kan dit niet de enige oorzaak zijn, daar ook in het herleide zanddiagram de *Ericaceae* nog sterker vertegenwoordigd zijn dan in het dy-diagram. Men moet waarschijnlijk aannemen dat dit laatste vooral zijn oorzaak vindt in een lokale invloed van de heidestruik, die op de droge bodem zeker is voorgekomen. Men kan nog een gissing maken, hoe hoog de *Ericaceae*-percentages zouden zijn geweest, indien er in het geheel geen selectieve pollenvernietiging opgetreden zou zijn. Daartoe kan men de spektra bijvoorbeeld herleiden, door het *Quercus*-percentage gelijk te stellen aan 80. Dit is de gemiddelde waarde voor de soort in oppervlaktemonsters in eikenbos, berekend uit gegevens van JONASSEN (1950, blz. 21 en 31). Deze gelijkstelling is geoorloofd, omdat uit de geringe NAP-waarden van de dy-spektra af te leiden valt dat er rondom het Uddelermeer geen open terrein aanwezig is geweest.

In tabel VI zijn de herleide waarden der zandspektra bij 9 en 29 cm weergegeven.

TABEL VI. Twee herleide zandspektra van diagram Uddelermeer II, waarin het *Quercus*-percentage gelijk gesteld is aan 80

TABLE VI. Two deduced sand spectra of diagram Uddelermeer II in which the *Quercus* percentage is equated to 80

Spektrum Spectrum	Percentages/Percentages													
	Alnus	Betula	Carpinus	Corylus	Fagus	Picea	Pinus	Salix	Quercus	Tilia	Ulmus	Quercetum mixtum	Σ NAP	Ericaceae
9 cm	11	2	+	4	-	-	1	+	80	2	+	82	45	40
29 cm	8	3	-	5	+	+	1	-	80	2	+	82	73	70

De herleide waarden voor Σ NAP en de *Ericaceae* komen goed overeen met die, welke men van oppervlaktemonsters in bos mag verwachten. Die bedragen namelijk in het algemeen minder dan 100% (JONASSEN 1950, FIRBAS 1937).

Dat er inderdaad spektra met *Quercus*-percentages die de bovengenoemde waarde van 80 benaderen, kunnen voorkomen, wordt gedemonstreerd door de Noordoostpolder-diagrammen. In het spektrum bij 30 cm in het diagram Noordoostpolder II, bereikt *Quercus* een waarde van niet minder dan 74%. Het *Quercus*pollen is in de natte, waarschijnlijk betrekkelijk snel gepodzoleerde bodem in de Noordoostpolder, blijkbaar beter gekonserveerd dan in de droge bodem bij het Uddelermeer.

Ook in het vrij natte podzolprofiel Delfzijl I is nog betrekkelijk veel *Quercus*pollen aangetroffen. De maximumwaarde (bij 12 cm) bedraagt 24%.

c. Hoge *Pinus*- en *Tilia*-waarden in zandspektra

Hiervoor is meegedeeld dat de matige overrepresentatie van *Tilia* in het zanddiagram Uddelermeer II, aan een grote resistentie van het pollen of aan een lokale aanwezigheid van de boom kan worden toegeschreven. De overrepresentatie van *Pinus* is tot de mengspektra beperkt.

Ook de andere diagrammen geven niet duidelijk steun aan de veel verbreide opvatting, dat hoge *Tilia*- en *Pinus*-waarden in zandspektra een onmiskenbare aanwijzing vormen voor de grote duurzaamheid van het pollen der beide boomsoorten. Hoge *Pinus*-waarden zijn in de diagrammen van de profielen die tot in het jongere Holoceen aan de oppervlakte hebben gelegen, namelijk beperkt tot de dieper aanwezige spektra, welke met de *Pinus*-rijke, boreale vegetatie korresponderen.

Hoge *Tilia*-waarden worden aangetroffen in de diagrammen Delfzijl I en Peel I, II, III en IV. Hun aanwezigheid is blijkaar tot het lager aanwezige deel van de atlantische zone beperkt. Men kan dit alleen verklaren, door aan te nemen dat de linde in het oudere Atlanticum, in bepaalde gebieden een overwegend bestanddeel van het bos heeft uitgemaakt. De relatieve hoeveelheid lindestuiwmeel kan misschien nog wel toegenomen zijn doordat het minder sterk korrodeerde dan het andere boompollen; dit is echter moeilijk exact te bewijzen. De lokale invloed blijkt ook duidelijk uit de aanwezigheid van klompjes *Tiliapollen*. Deze zijn alleen aangetroffen in de zandlagen waarin dit pollen overwegend voorkomt.

Ook *Salix*pollen is bij overrepresentatie op een dergelijke wijze aangetroffen, evenals het pollen van *Calluna* en sommige kruiden.

d. Oxydatieproeven

Hoe de korrosie van pollen precies in zijn werk gaat, is nog niet bekend. Volgens KIRCHHEIMER (1935) vindt de aantasting in de natuur door microben plaats, en niet door oxydatie aan de lucht zonder meer. Deze onderzoeker vergeleek de korrosie van *Corylus*pollen in een waterige suspensie, met die in een dergelijke suspensie waaraan een alcoholische phenoloplossing was toegevoegd. Na afloop van de proef bleek het pollen in het eerste geval wel, in het andere niet te zijn gekorrodeerd. Uit een overeenkomstige proef met *Lycopodium*sporen door ZETSCHÉ (uit KIRCHHEIMER 1935), zou de grotere resistentie van de sporen blijken.

Een beschadiging van de exine door dieren die pollen eten, is KIRCHHEIMER niet bekend. Slechts de inhoud wordt verteerd.

Volgens DIMBLEBY (1957) bezit het pollen dat in de excrementen van wormen en van de honingbij wordt gevonden, een nog onveranderde exine. DIMBLEBY schrijft aan de pH van de grond een belangrijke invloed toe. In gronden met pH > 6 zou praktisch alle pollen vernietigd zijn. Bij pH 5-6 zou de pollenconcentratie gering zijn, maar bij pH < 5 zou de frekwentie van pollen in zand, die in veen evenaren of zelfs belangrijk kunnen overtreffen.

Teneinde enkele meer exacte gegevens over de relatieve korrosiebestendigheid van enige pollensoorten te verkrijgen, zijn chemische oxydatieproeven uitgevoerd. Als objecten voor het onderzoek zijn het pollen van *Tilia*, *Quercus* en *Alnus* gekozen.

Naar aanleiding van de mededelingen van DIMBLEBY zijn sommige proeven bij verschillende pH's uitgevoerd. Teneinde zo sprekend mogelijke resultaten te verkrijgen, zijn de variaties in de pH zeer groot genomen, waarbij het nadeel op de koop toe is genomen, dat de profresultaten bij de extreme pH's voor de verklaring van pollenprofielen maar van beperkte waarde kunnen zijn.

De oxydatieproeven zijn als volgt uitgevoerd. In eenzelfde jaar geplukte bloeiwijzen van *Tilia*, *Quercus* en *Alnus* werden, elke soort afzonderlijk, met een KOH-oplossing gekookt, waarna met behulp van een zeef met een maaswijdte van 105μ het pollen van het overige materiaal werd gescheiden. De drie filtraten werden in een bepaalde verhouding bij elkaar gevoegd. Uit de aldus verkregen suspensie van de drie pollensoorten werd, na flink omroeren, telkens eenzelfde hoeveelheid gepipetteerd

TABEL VII. Oxydatie van pollen van *Alnus* (A), *Quercus* (Q) en *Tilia* (T) met kaliumpermanganaat
TABLE VII. Oxidation of pollen of *Alnus* (A), *Quercus* (Q) and *Tilia* (T) by potassium permanganate

	Onderlinge verhoudingen der hoeveelheden pollenkorrels voor, resp. na oxydatie <i>Mutual ratios of the quantities of pollen grains before and after oxidation</i>	Aantallen getelde pollenkorrels <i>Numbers of pollen grains counted</i>	Visuele beoordeling van de korrosie <i>Visual evaluation of corrosion</i>
voor de oxydatie <i>before oxidation</i>	A : Q : T 29 : 51 : 20	500	geen korrosie <i>no corrosion</i>
na oxydatie met <i>after oxidation by</i> 0,01 nKMnO ₄ , pH 5,6	2: $\frac{1}{2}$:97 $\frac{1}{2}$	500	zeer sterke korrosie <i>very marked corrosion</i>
	4: 0: 96	500	zeer sterke korrosie <i>very marked corrosion</i>
0,02 nKMnO ₄ , pH 5,6	1: $\frac{1}{2}$:98 $\frac{1}{2}$	500	zeer sterke korrosie <i>very marked corrosion</i>
	$\frac{1}{2}$: 0:99 $\frac{1}{2}$	500	zeer sterke korrosie <i>very marked corrosion</i>
0,05 nKMnO ₄ , pH 5,6	0: 0:100	7	uiterst sterke korrosie <i>extremely marked corrosion</i>
	0: 0:100	100	uiterst sterke korrosie <i>extremely marked corrosion</i>
0,04 nKMnO ₄ , pH 1	17: 6: 77	200	zeer sterke korrosie <i>very marked corrosion</i>
	3: 2: 95	200	zeer sterke korrosie <i>very marked corrosion</i>
0,04 nKMnO ₄ , pH 13	14:55 $\frac{1}{2}$:30 $\frac{1}{2}$	200	vrij geringe korrosie <i>fairly slight corrosion</i>
	19: 58: 23	200	vrij geringe korrosie <i>fairly slight corrosion</i>

en overgebracht in een bekersglas met het oxydans. De totale hoeveelheid pollen die geoxydeerd werd, was telkens, naar schatting, van ± 25 g bloeiwijzen afkomstig. De gezamenlijke hoeveelheid pollensuspensie en oxydans bedroeg telkens 50 cm^3 . Geoxydeerd is met kaliumpermanganaat in verschillende concentraties bij pH 5,6 en in konstante concentratie bij pH 1 en 13.

De resultaten zijn vermeld in tabel VII. Uit de korrosieverschijnselen, die mikroskopisch waargenomen werden en de veranderingen die er in de onderlinge hoeveelhedsverhoudingen der drie pollensoorten optraden, kan men het volgende konkluderen. Kaliumpermanganaat oxydeert het pollen bij pH 5,6 zeer sterk, zelfs indien de concentratie maar 0,01 n bedraagt. Ook in zeer zuur milieu (pH 1) is de oxydatie zeer sterk. In alkalisch milieu (pH 13) daarentegen, is het pollen er betrekkelijk ongevoelig voor.

Voorts blijkt dat in zuur milieu, in de volgorde *Tilia*, *Alnus* en *Quercus* de oxydatiegevoeligheid toeneemt. Het *Tiliapollen* overtreft daarbij de andere soorten zeer verre in resistentie. Bij pH 13 is evenwel het *Alnus*pollen de gevoeligste soort en is het *Quercus*pollen goed resistent. Er zij echter op gewezen, dat de laatste konklusie op slechts twee proeven is gebaseerd.

Dat in zuur milieu het *Tiliapollen* het meest resistent is en het *Quercus*pollen het minst, is in overeenstemming, althans niet in strijd met de resultaten van het vergelijkend onderzoek van de dy-lagen in het Uddelermeer en de gepodzoleerde, betrekkelijk zure bodem ernaast.

Indien onder natuurlijke omstandigheden in de bodem inderdaad direkte oxydatie plaatsvindt, moet er terdege rekening mee worden gehouden, dat allerlei bodemkundige factoren, zoals zuurgraad en vochtigheidstoestand, die de oxydatie kunnen beïnvloeden, sterk kunnen variëren. Als gevolg daarvan kan misschien een verschillende oxydatiegevoeligheid van diverse pollensoorten nu eens wel, dan weer niet tot uiting komen, of er kan een variatie in relatieve resistentie optreden.

Het is zeker gewenst omtrent de oxydatiegevoeligheid en de biologische aantasting van de verschillende pollensoorten meer onderzoek te doen, teneinde tot een beter inzicht in het ontstaan van pollenprofielen in zandige bodems en een betere interpretatie van zanddiagrammen te geraken.

HOOFDSTUK V

DE INVLOED VAN DE BODEMKUNDIGE SITUATIE OP HET ONTSTAAN VAN HET POLLENPROFIEL

Onder bodemkundige situatie wordt hier verstaan de hoogteligging van het bodemoppervlak ten opzichte van de grondwaterstand en tevens ten opzichte van de omgeving. Bij de bestudering van de invloed hiervan op het ontstaan van het pollenprofiel, moet met de complicatie rekening worden gehouden dat de grondwaterstand tijdens en na het ontstaan van de onder veen aangetroffen profielen is gestegen. De bodemkundige situatie welke met de morfologische profielkenmerken korrespondeert, kwam derhalve slechts gedurende een bepaalde fase van de grondwaterstijging voor.

1. DE LENGTE VAN HET POLLENPROFIEL

Er bestaat in het algemeen een zekere samenhang tussen de bodemkundige situatie en de lengte van het pollenprofiel. Dit wordt duidelijk, als men bedenkt dat de grootste diepte tot waar pollen in de bodem doorgedrongen is, meestal afhangt van de diepte tot waar een sterke biologische activiteit optrad. De laatste varieert naar de geschiktheid van het milieu voor de bodemfauna en wordt derhalve mede door de bodemkundige situatie bepaald.

In een uiterst natte bodem moet, als die sedert het begin van de bodemvorming onder zeer natte omstandigheden heeft verkeerd, het pollen echter voornamelijk door inspoeling naar beneden zijn verplaatst. De lengte van het pollenprofiel is in dat geval betrekkelijk gering. Een hoog gelegen, zeer droge bodem met een armelijke begroeiing vormt eveneens geen bijzonder geschikt milieu voor de bodemfauna. Ook daarin kan men een ondiep pollenprofiel verwachten. Waar een vrij vochtige bodem met een betrekkelijk welige vegetatie voorkomt, kan een betrekkelijk rijke bodemfauna aanwezig zijn, waardoor het pollen tot diep door de grond wordt gemengd. Op een helling zijn bij niet te hoge grondwaterstand de omstandigheden dikwijls bijzonder gunstig. Dit blijkt bijvoorbeeld hieruit, dat de bodemvorming er minder spoedig tot het ontstaan van een podzolprofiel leidt dan in vlak terrein (RUSSELL 1937, blz. 281). Hier kan men de pollenprofielen met de grootste lengte aantreffen.

De onderzochte bodemprofielen kunnen, naar de diepte tot waar nog pollen voorkomt, in drie groepen worden verdeeld. De lengten van de pollenprofielen bedragen daarbij respectievelijk < 25 cm, $25-70$ cm en > 70 cm. In de eerste groep vallen de zeer natte, in vlak terrein gelegen bodemprofielen Delfzijl IV en V en Appingedam. Tot de derde groep behoren de op een sterke helling gelegen profielen Epe III, Peel IV en Noordoostpolder III. Profiel Epe III is onder droge, de profielen Peel IV en Noordoostpolder III zijn onder vrij natte, respectievelijk natte omstandigheden gepodzoleerd. De zeer diepe ontwikkeling van de uitspoelingshorizont bij de twee laatstgenoemde profielen wijst er echter op, dat die niet onder voortdurend natte omstan-

digheden hebben verkeerd, maar dat de grondwaterstand, nog tijdens het podzoleringsstadium, periodiek laag is geweest.

Ook bij het droge profiel Uddelermeer II is tot diep (70 cm) onder het oorspronkelijke bodemoppervlak nog pollen aanwezig. Het ligt eveneens op een zekere terreins-helling, maar hoe sterk die was, kon door de aanwezigheid van de aarden wal niet goed worden waargenomen.

De overige profielen, waartoe zowel droge als natte behoren, vallen in de middelste groep. Bij de reeks Peel H wordt in de volgorde Peel I, II, III en Peel IV, welk laatstgenoemde profiel niet in de middelste maar in de laatste groep thuis hoort, het pollen tot toenemende diepte aangetroffen. De biologische homogenisatie is daarvoor verantwoordelijk geweest. In de genoemde volgorde vond tijdens het podzoleringsstadium de bodemvorming ook tot toenemende diepte plaats. Daardoor ontstond er een schijnbare samenhang tussen de lengte van het pollenprofiel en de podzoleringsdiepte. Dat deze samenhang evenwel betrekkelijk willekeurig is, blijkt hieruit dat die niet bij de andere reeksen is waargenomen. Zo komt bijvoorbeeld bij de reeks Delfzijl, put B het pollen tot geringere diepte voor bij het podzolprofiel IV dan bij de podzolprofielen II en III. Het eerstgenoemde bodemprofiel is echter verreweg het diepst ontwikkeld.

Bij de reeks Flevoland bezit profiel II het langste pollenprofiel in het zand. De bodem was bij dit, op een helling gelegen profiel beter gedraineerd dan ter plaatse van de natte profielen Flevoland I en III, die in een vlakke omgeving liggen.

2. DE AANSLUITING VAN HET ZANDGEDEELTE VAN EEN POLLENDIAGRAM AAN HET VEENGEDEELTE

De bodemkundige situatie tijdens een zekere, aan de veengroei voorafgaande periode heeft bepaald of het pollen uit die periode wel dan niet in het zand door kon dringen. Hoe natter het milieu, des te geringer de kans dat dit plaatsvond. In overeenstemming hiermee worden onder een veenlaag van bepaalde ouderdom, op verschillende plaatsen soms pollenprofielen in het zand aangetroffen welke aan de bovenzijde zijn afgesloten met spektra, die verschillende perioden van de vegetatiegeschiedenis vertegenwoordigen. Een duidelijk voorbeeld wordt gevonden bij de reeks Flevoland. In de beide zeer natte profielen Flevoland I en III komen tot direkt onder het atlantische veen *Pinus*-rijke, "boreale" spektra voor. Bij profiel Flevoland II, waar de bodem beter gedraineerd was, is na het *Pinus*pollen nog veel *Alnus*pollen in het zand terechtgekomen. Daar wordt boven de "boreale" zone nog een 7 cm lange "atlantische" zone onder het veen aangetroffen. Het *Alnus*pollen is echter waarschijnlijk niet alleen door inspoeling in de bodem geraakt, maar ook door sedimentatie, tijdens de oppervlakkige verspoeling van de bovenste zandlagen (zie blz. 21).

Gaat men de ligging van het zandoppervlak ten opzichte van het door de dennestobben gevormde gidsniveau na, dan komt men tot de konklusie dat het veen achtereenvolgens de profielen Flevoland I, II en III bedekte. Het laatste profiel ligt niet minder dan 46 cm dicht onder het gidsniveau dan het eerste profiel. Hieruit kan men afleiden dat profiel Flevoland III in het Atlanticum aan de oppervlakte heeft gelegen,

tenminste gedurende de tijd die nodig was voor het ontstaan van de 46 cm dikke veenlaag bij profiel Flevoland I. Al die tijd moet er een broekbos op de zeer natte bodem voorgekomen zijn, waarvan het pollen niet in het zand is geïnfilteerd.

Mogelijk wordt door de veenspektra die onmiddellijk onder de stobben voorkomen, zelfs het einde van het Atlanticum weergegeven. Het is namelijk niet geheel uitgesloten dat de stobbenlaag een overeenkomstige ouderdom toegekend mag worden als de overblijfselen van dennenbossen die onder andere door FLORSCHÜTZ en WASSINK (1935) in Overijssel, en door BRINKMANN (1934) niet ver oostelijk van onze landsgrens, ingesloten in een veenpakket, zijn aangetroffen. Als ouderdom van de bewuste houtlagen wordt door die onderzoekers het Subboreaal opgegeven. Mocht deze veronderstelling juist zijn, dan moet ook het spektrum in het dunne veenlaagje onder de dennestortel bij profiel Flevoland III het einde van het Atlanticum weergeven. Dit zou betekenen dat tussen dit spektrum en het bovenste zandspektrum een hiaat aanwezig is, dat zelfs het grootste gedeelte van het Atlanticum omvat.

Bij de reeks Velzen is door de plaatselijk verschillende vochtigheidstoestand van de bodem in het latere deel van het Boreaal, waarschijnlijk bepaald waar er pollen uit die tijd in kon doordringen en waar niet. Spektra van de betreffende ouderdom, waartoe ook de spektra behoren welke de lokale, aan de veengroei voorafgegane *Alnus*vegetatie vertegenwoordigen, komen wel voor bij de podzolprofielen Velzen II en III en het gleyprofiel Velzen I, maar ontbreken bij het gleyprofiel Velzen IV (zie ook blz. 83). Hoewel de morfologische kenmerken van het laatstgenoemde profiel op iets drogere omstandigheden tijdens de profielontwikkeling wijzen dan die van profiel Velzen I, mag men aannemen dat profiel Velzen IV vanaf een bepaald tijdstip toch onder de natste omstandigheden heeft verkeerd. Het ligt immers in een kleine geul, waarin op enige diepte onder het zandoppervlak een ondoorlatend lemig en een weinig laagje voorkomen. Het is ook mogelijk, dat de veenontwikkeling hier het eerst is begonnen. Een geheel duidelijk inzicht kan niet verkregen worden doordat de bovenste zandspektra zijn verdwenen.

Uit het besprokene blijkt dat de aansluiting van het veen – aan het zandgedeelte van een diagram, door direkt bodemkundige oorzaken kan zijn beïnvloed. Dit betekent een belangrijke konsekwentie voor de datering van het begin van de veengroei (zie hoofdstuk VII, blz. 94).

BETREKKINGEN TUSSEN ZANDSPEKTRUM EN VEGETATIE

Aan pollenspektra van een zandige onderwaterafzetting komt natuurlijk dezelfde betekenis toe als aan spektra van een organische onderwaterafzetting. Zij weerspiegelen de regionale boomgroei, tenzij de afzetting in horizontale richting een zeer geringe uitbreiding heeft, zoals bijvoorbeeld bij profiel Velzen IV. In dat geval kan er eventueel nog van een zekere invloed van de plaatselijke boomgroei sprake zijn. Hieronder worden de spektra in de onderwaterafzettingen niet nader besproken.

In een aan de oppervlakte gelegen zandige bodem, die begroeid is of is geweest, staan de spektra vooral in een lokale betrekking tot de begroeiing. De pollenregen die ter plaatse van een vegetatieprofiel op de bodem neerdaalt, draagt, in tegenstelling tot die boven een watervlakte of eventueel een schaars begroeid *Sphagnum*veen, immers sterk het stempel van de boomgroei in de directe omgeving. Voorts kan in een zandige bodem de pollensamenstelling sterk worden gewijzigd tengevolge van selectieve korrosie. In een organische bodem en ook in een minerale afzetting die onder water aanwezig is, is de aantasting meestal te verwaarlozen gering.

Tengevolge van het sterk lokale karakter, kan men bij de verklaring van zandspektra niet zonder meer gebruik maken van de beschikbare kennis omtrent de betekenis van spektra van organische sedimenten. De interpretatie sluit beter aan bij die van oppervlaktemonsters die in bos en in het vrije veld zijn genomen.

1. LOKALE INVLOED

Volgens JONASSEN (1950) weerspiegelen uit bos afkomstige spektra daarvan de samenstelling binnen een cirkel van slechts weinige honderden meters in doorsnee. De resultaten van een door SCAMONI (1950) verricht onderzoek stemmen vrijwel met die van JONASSEN overeen. Door BORSE (1939) werd echter niet steeds een goede overeenkomst tussen pollenspektrum en bossamenstelling gevonden. De oorzaak is waarschijnlijk, dat de door deze onderzoekster verzamelde monster te diep (3 cm) beneden het bodemoppervlak werden genomen. Daardoor kunnen sommige spektra misschien een oudere vegetatie weerspiegelen dan tijdens de monsternamen aanwezig was. Ook kan de selectieve korrosie van verschillend sterke invloed zijn geweest.

Uit diverse diagrammen van het onderhavige onderzoek kan men aflezen dat ook vele zandspektra lokaal zijn beïnvloed. In de diagrammen van de reeksen Noordoostpolder en Peel H blijkt dit, doordat *Quercus*, respectievelijk *Tilia* met hogere waarden vertegenwoordigd zijn, dan men in een regionaal pollendiagram kan verwachten. In de diagrammen Velzen II en III wordt de afwijkende zonerings door verklaard. De spektra met de sterke *Alnus*-dominantie die onder het veen uit de boreaal-atlantische overgangstijd voorkomen, kunnen alleen ontstaan zijn door de, tot in het Boreaal terug te voeren, invloed van een plaatselijke elzenbegroeiing. Deze begroeiing is een gevolg geweest van de stijging van de grondwaterstand, waardoor tenslotte ook de vrij droge podzolprofielen verdronken en de veengroei begon.

Dikwijls herkent men de lokale invloed van één of meer soorten echter pas duidelijk, wanneer verschillende diagrammen uit eenzelfde reeks met elkaar worden vergeleken. Een goed voorbeeld toont de reeks Delfzijl, put B. In de diagrammen van de podzolprofielen II, III en IV van deze reeks komen *Pinus*-rijke spektra voor, met een boreaal karakter. Het diagram van het gley-podzolprofiel V heeft *Alnus*-rijke spektra, die van schijnbaar atlantische ouderdom zijn. Niettemin moeten de diagrammen alle dezelfde -boreale (zie blz. 92) - periode vertegenwoordigen. Deze verschillende pollenflora's duiden op verschillen tussen de plaatselijke begroeiingen, zoals men op grond van de variërende bodemgesteldheid kan verwachten. Ook het wisselende gedrag van *Corylus* hangt waarschijnlijk in vele gevallen met de bodemgesteldheid samen. Bij de reeks Velzen bijvoorbeeld, geven de diagrammen een duidelijke aanwijzing dat de heester ter plaatse van de vrij droge podzolprofielen II en III in zeer groten getale is voorgekomen, maar dat hij bij de natte gleyprofielen I en IV slechts van ondergeschikte betekenis is geweest.

Diagram Velzen IV onderscheidt zich van de andere diagrammen van deze reeks, doordat de *Alnus*- en *Pinus*-kurven erin een geheel ander verloop bezitten. De oorzaak wordt in dit geval echter niet gevonden in een sterk lokale invloed van de vegetatie, maar is zuiver bodemkundig.

Als een bepaalde boomsoort incidenteel sterk op de voorgrond treedt, is de kans op willekeurige overrepresentatie groot. Dit is bijvoorbeeld aangetoond voor *Salix* in diagram Velzen I (zie blz. 40). In zo'n geval nemen de waarden voor de overige boomsoorten evenredig af. Indien echter niet alle andere soorten, maar slechts één of een paar daarvan, een dergelijke teruggang vertonen, dan moet er een tijdelijke verandering in de lokale boomgroei hebben plaatsgevonden. Een dergelijke verandering wordt gedemonstreerd door de incidentele, sterke *Tilia*-, respectievelijk *Betula*-toename in de boreale zone van de diagrammen Delfzijl III en IV, respectievelijk Delfzijl III. De *Alnus*- en *Corylus*-waarden worden er niet door beïnvloed, maar de *Betula*- en/of *Pinus*-kurven reageren wel met een teruggang. De *Alnus*-kurven kunnen natuurlijk niet reageren, doordat de els geen deel van het bos uitmaakte; het *Alnus*pollen is van de regionale vegetatie afkomstig.

Niet alleen in het AP-, maar ook in het NAP-gedeelte kunnen meer of minder sterke verschillen tussen diverse diagrammen van eenzelfde reeks, getuigen van een wisselende samenstelling in vegetatie. Zo weerspiegelen de hoge *Filicinae*-percentages in de diagrammen van de podzolprofielen Delfzijl II, III en IV, een dichte en waarschijnlijk betrekkelijk uitgestrekte varengroei onder bos (zie blz. 89). Ter plaatse van het zeer natte gley-podzolprofiel Delfzijl V, met weinig varensporten, moeten de varens vrijwel hebben ontbroken. De *Ericaceae* zijn in de meeste spektra van deze podzol-diagrammen, zij het in geringe mate, vertegenwoordigd. Zij zijn echter vrijwel geheel afwezig bij het gley-podzolprofiel.

Grote verschillen laten de kurven voor de *Ericaceae*, de kruiden en de *Filicinae* bij de reeks Velzen zien. Zij geven in de diagrammen van de vrij droge podzolprofielen II en III hoge of vrij hoge, in die van de natte gley-profielen I en IV geringe waarden weer (zie echter ook blz. 87).

2. DE BETEKENIS VAN EEN HOGE Σ NAP: Σ AP VERHOUDING

In een oppervlaktemonster dat in het vrije veld genomen is, komt relatief weinig boompollen voor. Het spektrum bezit een hoge Σ NAP: Σ AP verhouding en weerspiegelt de regionale boomgroei. Een oppervlaktespektrum uit een bos geeft voornamelijk de lokale bosvegetatie weer; het wordt gekenmerkt door een gering percentage voor Σ NAP.

Door verschillende onderzoekers is nagegaan hoe groot de verhouding Σ NAP: Σ AP kan worden, voordat een oppervlaktespektrum een open vegetatie en daarmee de regionale boomgroei vertegenwoordigt. Volgens JONASSEN (1950, blz. 50) bedraagt Σ NAP in oppervlaktespektra uit bos in het algemeen minder dan 50%. Alleen in de meest open vorm van berken- en dennenbos wordt het percentage wat hoger.

FIRBAS (1934, blz. 137) deelde mee, dat in bosgebieden de hoeveelheid niet-boompollen meestal kleiner is dan de hoeveelheid boompollen. Dennenbos met veel ondergroei van *Ericaceae* kunnen echter tot bijna 100% *Ericaceae*pollen leveren. Een enkele maal kan die waarde zelfs belangrijk worden overschreden (FIRBAS 1937). AARIO (1944), die oppervlaktemonsters bij de boomgrens in en nabij het arctische en het alpiene gebied onderzocht, verkreeg overeenkomstige gegevens als JONASSEN en FIRBAS. Wanneer het Σ NAP-percentage in Petsamo de 100 naderde, gaf het oppervlaktespektrum reeds de toendra weer. AARIO maakte evenwel de beperking, dat als een hoog Σ NAP-percentage op slechts 1 à 2 soorten berustte, het geen zekere aanwijzing gaf voor een open vegetatie. In zo'n geval zou het spektrum namelijk een verwrongen beeld van de begroeiing kunnen geven. Dit zou ook gelden indien het een van de soorten der *Ericaceae* betrof. (De door deze onderzoekers vermelde percentages zijn berekend met *Corylus* buiten Σ AP). Hier zij echter vermeld, dat de door JONASSEN weergegeven oppervlaktespektra met alleen hoge *Ericaceae*-waarden, wel steeds een open heideveld weerspiegelen. Volgens WATERBOLK (1954), die het allerbovenste laagje van fossiele bodemprofielen onder grafheuvels onderzocht, reageert het *Ericaceae*-percentage zeer scherp op het aandeel van de heideachtigen in de vroegere vegetatie. Zijn spektra zouden evenwel een periode van enkele tientallen jaren omvatten, zodat allerlei lokale invloeden die van jaar tot jaar sterk kunnen wisselen, zich daarin niet hebben kunnen doen gelden.

De vraag of zandspektra met een hoge Σ NAP: Σ AP verhouding ook een open vegetatie weergeven, is niet steeds eenvoudig te beantwoorden. Bij sommige diagrammen is het echter zonder meer duidelijk dat dit niet het geval is, namelijk bij die waarin de hoge Σ NAP-waarden op de aanwezigheid van veel *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type)-en/of *Succisapollen* berusten en dus aan willekeurige overrepresentatie moeten worden toegeschreven.

Moelijker is het de betekenis aan te geven van hoge *Ericaceae* (*Calluna*)-waarden. In vele gevallen zijn die, zoals bij profiel Uddelermeer II is aangetoond, (mede) ontstaan als gevolg van een selectieve korrosie waarbij het *Quercus*pollen grotendeels is verdwenen. In het bijzonder moet met deze mogelijkheid rekening worden gehouden bij profielen die, zoals het genoemde, onder betrekkelijk droge omstandigheden zijn

ontstaan. Alleen waar de bodem niet te nat was kan namelijk een eikenbos met veel *Calluna*ondergroei hebben gestaan en kan ook de sterke aantasting van het *Quercus*-pollen zijn opgetreden. Aldus worden, naast die in diagram Uddelermeer II, de hoge *Ericaceae*-waarden in de diagrammen Staphorst I en II, Epe I, II en III en Peel I, II en III verklaard. Ook bij het betrekkelijk vochtig ontwikkelde profiel Peel IV wordt nog een samengaan van hoge *Ericaceae*- en geringe *Quercus*-waarden waargenomen. Bij de natte profielen Delfzijl I en Noordoostpolder I, II en III, die ook onder eikenbos (met, resp. zonder heideondergroei) aanwezig zijn geweest, is geen selektieve korrosie opgetreden, zoals uit de hoge *Quercus*-percentages blijkt. Een duidelijke aanwijzing dat de hoge *Ericaceae*-waarden in de Peeldiagrammen inderdaad op de beschreven wijze ontstaan moeten zijn, is dat over het *Tilia*-rijke traject van de "atlantische" zone de *Ericaceae* maar met geringe percentages zijn vertegenwoordigd. Het *Tiliapollen* is niet zoals het *Quercus*-pollen, aan sterke vernietiging door korrosie onderhevig geweest.

Natuurlijk hoeft met het effect alleen rekening te worden gehouden bij de beoordeling van post-boreale spektra.

Hoge *Ericaceae* (*Calluna*)-waarden kunnen echter ook (ten dele) een gevolg zijn van een overeenkomstige willekeurige overrepresentatie zoals voor het *Liguliflorae*- en het *Succisapollen* is aangenomen. Soms vormt het aanwezig zijn van het *Calluna*-pollen in kleine klompjes daarvoor een goede aanwijzing; bijvoorbeeld bij profiel Delfzijl I op 13 cm diepte. Voorts kan slechts door uit te gaan van deze faktor worden verklaard, dat in diagram Velzen II de zeer hoge *Ericaceae*-percentages beneden de onderste *Pinus-Alnus*-kruising voorkomen, maar in diagram Velzen III ter hoogte van die kruising en daarboven. Het is onwaarschijnlijk dat bij profiel Velzen III vóór de uitbreiding van de plaatselijke elzenbegroeiing weinig heide voorkwam en daarna zeer veel. Temeer omdat men niet kan aannemen dat bij het andere profiel tegelijkertijd de heidegroei een tegenovergestelde ontwikkeling te zien gaf. Ook de sterke, onregelmatige schommelingen van de *Ericaceae*-kurven over bepaalde trajekten in de diagrammen Staphorst I en II, Epe II en Peel I en III, worden waarschijnlijk goeddeels op een dergelijke wijze verklaard. Mogelijk kunnen *Ericaceae*-percentages soms ook vrij sterk wisselen doordat ze (ten dele) samenhangen met plaatsgevonden wijzigingen in de vegetatie. Een tijdelijke achteruitgang van het eikenbos bijvoorbeeld, kan de ontwikkeling en de bloei van *Calluna* hebben bevorderd.

Als over een betrekkelijk lang traject in een diagram hoge *Ericaceae*-percentages voorkomen, moet men evenwel ook met de mogelijkheid rekening houden, dat daardoor een open heidevegetatie wordt weerspiegeld. In het bijzonder geldt dit voor spektra die de jongste periode vertegenwoordigen, zoals die met *Secale* in het stuifzandgedeelte bovenin diagram Epe III. Maar eveneens bij oudere spektra zal men deze mogelijkheid soms moeten overwegen. Waarom zou een dergelijke vegetatie niet reeds ergens voorgekomen kunnen zijn, voordat de bosvernietiging door de mens begon?

3. POST-BOREALE ZANDSPEKTRA MET HOGE *Ericaceae*-WAARDEN

In overeenstemming met het voorgaande mag men aannemen, dat post-boreale zandspektra met hoge *Ericaceae*-waarden (> 100%) meestal de regionale boomgroei

weerspiegelen. Of die hoge waarden ontstaan zijn door de aanwezigheid van een open heidebegroeiing in de omgeving van het onderzochte profiel, dan wel als gevolg van selectieve vernietiging van het *Quercus*pollen bij aanwezigheid van een eikenbos, is daarvoor niet van overwegende betekenis. Het niet van *Quercus* afkomstige boompollen is in het laatste geval misschien voor een deel afkomstig van het omringende bos, maar zeer talrijk kunnen de betreffende bomen daarin natuurlijk niet zijn geweest.

Zandspektra met hoge Σ NAP-waarden geven van de regionale boomgroei ongetwijfeld een minder goed beeld dan veenspektra, omdat ook het regionale boompollen in het zand weer selectieve korrosie heeft ondergaan.

Het regionale karakter van het AP-gedeelte van postboreale zandspektra met hoge *Ericaceae*-waarden is meestal gemakkelijk te herkennen aan het gedrag van *Alnus*. In de regel komt deze boom, waarmee *Calluna* op een droge zandige bodem geen plantengemeenschap vormt, daarin met zeer hoge waarden voor. In dit opzicht bestaat er een goede overeenkomst met post-boreale veenspektra, waarin de els immers ook bijna steeds in overheersende positie aanwezig is. Indien er uitsluitend een willekeurige overrepresentatie van *Callunapollen* en geen selectieve korrosie van *Quercus*pollen in het spel zou zijn, moest men een samengaan van hoge *Ericaceae*-waarden met een dominantie van *Quercus* over *Alnus* verwachten.

Alleen waar een betrekkelijk droge (gepodzoleerde) bodem, waarop een eikenbos of een ander niet uit elzen samengesteld bos met heideondergroei, grenst aan een vrij natte, wel met elzen begroeide bodem, kan tezamen met *Callunapollen* betrekkelijk veel pollen van een lokale *Alnus*vegetatie worden aangetroffen. Geraakt tengevolge van een stijging van de grondwaterstand de oorspronkelijk droge bodem geleidelijk ook met els begroeid, dan kan de relatieve hoeveelheid *Alnus*pollen in het zand nog sterk toenemen. Deze mogelijkheid komt voor geen der reeksen Uddelermeer, Staphorst, Epe, en Peel H in aanmerking. De profielen zijn namelijk door stuifzand bedekt of door *Sphagnum*veen overgroeid. Wel worden echter op deze wijze de hoge *Alnus*-percentages verklaard in de *Ericaceae*-rijke zandspektra bij de vrij droge podzolprofielen Velzen II en III, die van boreale ouderdom zijn. Een dergelijke verklaring kan slechts bij uitzondering van toepassing zijn.

Het is een gelukkige omstandigheid dat ook uit het AP-gedeelte van post-boreale zandspektra in het algemeen hun al of niet regionale karakter blijkt. Daardoor wordt men ervoor behoed die spektra ten onrechte als regionale spektra te interpreteren, indien ze als gevolg van willekeurige overrepresentatie hoge *Ericaceae*-waarden bezitten.

4. BOREALE ZANDSPEKTRA MET HOGE Σ NAP-WAARDEN

De boompollensamenstelling die de meeste sterk door een lokale bosvegetatie beïnvloede zandspektra uit het Boreaal laten zien, komt goed overeen met die van regionale spektra uit dezelfde periode. In beide gevallen kan men hoge waarden voor *Pinus*, *Corylus* en *Betula* verwachten. Het AP-gedeelte van boreale zandspektra met hoge Σ NAP-waarden kan derhalve in de meeste gevallen geen bevestiging geven, van het regionale karakter dat men aan de boompollensamenstelling zou willen toekennen.

Men kan daarom het best enkele niet te ver van elkaar verwijderde profielen analyseren en de diagrammen daarvan onderling vergelijken. Indien blijkt dat de boompollensamenstelling van plaats tot plaats verschilt, berusten de hoge Σ NAP-waarden waarschijnlijk niet op de aanwezigheid van een open vegetatie, maar kunnen ze op willekeurige overrepresentatie wijzen. Hierna wordt aangetoond dat hoge Σ NAP-waarden ook kunnen ontstaan bij varenondergroei in een bos, tengevolge van een enorme, maar voor varens blijkbaar niet abnormale produktie van sporen.

In de diagrammen Velzen II en III komen beneden de onderste *Pinus-Alnus*-kruising boreale zandspektra voor met hoge Σ NAP-waarden, terwijl de boompollensamenstelling goed met die van regionale boreale spektra overeenstemt. Uit de verschillen tussen de beide diagrammen, wat betreft de onderlinge *Pinus-Corylus*-verhouding, blijkt evenwel dat deze spektra een plaatselijk voorgekomen heester- en boomgroei weergeven. In het gedeelte boven de kruising komt de invloed van een lokale elzen-groei duidelijk in de hoge *Alnus*-percentages tot uiting, waardoor de spektra schijnbaar hun boreale karakter verliezen. Er blijkt bij deze diagrammen echter ook uit de verschillende kurven in het NAP-gedeelte, dat de hoge Σ NAP-waarden geen gevolg zijn van de aanwezigheid van een open begroeiing. Uit het sterk verschillende verloop van de beide *Ericaceae*-kurven (zie hiervoor) en het overwegende aandeel van de *Liguliflorae* in de hoge kruidenpercentages, kan men aflezen dat ze voor een belangrijk deel op willekeurige overrepresentatie berusten.

Waarschijnlijk bestond de vegetatie waar de podzolprofielen van Velzen zijn aangetroffen, uit een betrekkelijk open bos van voornamelijk hazelaar, gemengd met den, terwijl er een dichte en gevarieerd samengestelde bodemvegetatie voorkwam.

In de podzoldiagrammen van de reeks Delfzyl, put B komen hoge (bij Delfzyl III en IV) tot zeer hoge (bij Delfzyl II) *Filicinae*-percentages voor, zonder dat tevens andere NAP-soorten goed zijn vertegenwoordigd. Dit zou kunnen wijzen op de aanwezigheid van een meer of minder uitgestrekt boomloos varenveld, zoals thans wel op gepodzoleerde bodem, bijvoorbeeld in Engeland, wordt aangetroffen. (Robinson 1939, blz. 274). De verschillen die de AP-gedeeltes der respektievelijke diagrammen laten zien, wijzen echter ook hier op de aanwezigheid van lokale boomgroei, al zijn die verschillen weliswaar betrekkelijk klein.

Bij deze reeks blijkt de aanwezigheid van een ter plaatse voorgekomen bos ook nog op direkte wijze, namelijk uit de aangetroffen vegetatieve resten. De dennestobben en -kegels zijn er getuige van, dat de bodem met een dennenbos begroeid was tot kort voor de veengroei, toen de grondwaterstand reeds hoog was gestegen. De bovenste zandspektra, die het laatste stadium van de vegetatieontwikkeling op de zandige bodem vertegenwoordigen, laten echter geen of slechts zeer geringe *Filicinae*-waarden zien, in tegenstelling tot de dieper aanwezige spektra. Daaruit zou men kunnen opmaken dat de gevonden resten geen vergelijkingsobjekt mogen vormen voor die diepere spektra met de hoge *Filicinae*-percentages. Daar kan echter weer tegenover gesteld worden dat het niet aannemelijk is, dat het dennenbos zich pas ontwikkelde toen het grondwaterpeil het zandoppervlak dicht was genaderd. Ongetwijfeld is het bos ook reeds voorgekomen in de tijd die door de *Filicinae*-rijke spektra wordt vertegenwoordigd.

Als de hoge *Filicinae*-percentages geen uitgestrekt varenveld kunnen weergeven, zou men die zonder meer op rekening van een willekeurige overrepresentatie kunnen stellen. Het is echter niet bewezen, dat hoge *Filicinae*-waarden inderdaad een onjuiste weergave vormen van varenondergroei in een bos. In de literatuur treft men zelden gegevens van oppervlaktespektra met een hoge $\Sigma \text{ NAP} : \Sigma \text{ AP}$ verhouding aan, waarin $\Sigma \text{ NAP}$ bijna uitsluitend door *Filicinae* wordt gevormd. FIRBAS (1934, blz. 133) vermeldt echter, dat in een open berkenbos met ondergroei van *Aspidium dilatatum* en *Myrtillus*, de *Filicinae* met 200% en de *Ericaceae* met 20% in het oppervlaktespektrum waren vertegenwoordigd.

Teneinde een beter inzicht in de betekenis van hoge *Filicinae*-percentages te verkrijgen, zijn enkele oppervlaktemonsters uit bos met welige varenondergroei geanalyseerd. Ter vergelijking zijn ook een paar oppervlaktemonsters onderzocht, afkomstig van een boomloze vlakte waarvan de begroeiing ten dele uit varens bestond.

In tabel VIII zijn de analysegegevens vermeld van de volgende oppervlaktemonsters (in de maand Januari verzameld).

No's 1 en 2; afkomstig uit een eiken-berkenbos met een ondergroei van bijna uitsluitend *Dryopteris austriaca*. Monster no. 1 is genomen, waar de bodem zeer vochtig was en de berken dicht opeen stonden, met daartussen enkele eiken. Ter plaatse was de bodem volkomen door *Dryopteris austriaca* bedekt. Monster no. 2 is op een drogere plaats genomen, waar het bos voornamelijk uit eiken met daarnaast berken bestond en waar de varen de bodem voor ongeveer tweederde bedekte. Overigens was de bodem onbegroeid. Het bladerdak was in beide gevallen gesloten.

No. 3; afkomstig uit een eikenbos met een ondergroei van *Polypodium vulgare*. De varen groeide in veldjes bijeen, waar tussen de bodem onbegroeid was. Het monster is genomen midden in een dergelijk veldje van ± 20 m in doorsnee.

No. 4; afkomstig uit een dennen-berkenbos met een zeer dichte ondergroei van *Pteridium aquilinum*.

No's 5 en 6; afkomstig uit een duinlandschap met een geheel boomloze vegetatie, enkele km's van de Noordzeekust verwijderd. De bodem was bedekt door *Polypodium vulgare*, *Calluna vulgaris* en diverse grassoorten. Monster no. 5 stamt uit het centrum van een dicht *Polypodium*veldje met een doorsnee van slechts $1\frac{1}{2}$ m. Rondom het veldje kwamen vrijwel uitsluitend grassen voor en een enkele *Calluna*struik. Monster no. 6 was ongeveer 40 m van het vorige verwijderd, waar *Polypodium* en *Calluna* homogeen dooreen gemengd voorkwamen. Daartussen werden ook nog wat grassen aangetroffen.

Uit de tabel blijkt, dat zowel de varen- als de boomsoorten van grote invloed zijn op het *Filicinae*-percentage in de bosspektra. Dat *Dryopteris austriaca* met zo verschillend hoge waarden in hetzelfde bos voorkomt, is een gevolg van de verschillende bossamenstelling ter plaatse van de monsters no. 1 en 2. Het is bekend dat *Quercus*, over een aantal jaren gerekend, minder pollen produceert dan *Betula* (POHL 1937).

De *Filicinae*-waarden die op rekening komen van *Dryopteris austriaca*, zijn hoger dan de NAP-waarden die in de literatuur algemeen voor bosspektra worden aangetroffen. In het bijzonder geldt dit voor de waarde van monster no. 2. Toch geven de spektra 1 en 2 een zeer dichte bosvegetatie weer. Men mag aannemen dat in een minder

TABEL VIII. Oppervlaktespektra uit verschillende vegetaties waarvan varens deel uitmaken
 TABLE VIII. Surface spectra of various vegetations of which ferns form part

Vegetatie/Vegetation	No.	Percentages/Percentages											ΣAP		
		Alnus	Betula	Carpinus	Corylus	Pinus	Salix	Fraxinus	Quercus	ΣNAP	Ericaceae	Cyp. + Gram.		Kruiden	Filicinae
eiken-berkenbos met <i>Dryopteris austriaca</i> oak and birch forest with <i>Dryopteris austriaca</i>	1	1	94	-	2	1	-	-	2	115	-	5	3	107	150
	2	6	30	1	1	1	-	-	61	176	-	10	6	160	150
eikenbos met <i>Polypodium vulgare</i> oak forest with <i>Polypodium vulgare</i>	3	5	8	-	1	13	-	1	72	52	1	15	4	32	150
dennen-berkenbos met <i>Pteridium aquilinum</i> fir and birch forest with <i>Pteridium aquilinum</i>	4	1	42	1	1	49	-	-	6	39	2	9	8	20	150
open vegetatie van <i>Polypodium vulgare</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , grassen open vegetation of <i>Polypodium vulgare</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , grasses	5	12	17	-	4	38	4	-	25	3380	80	700	100	2500	25
	6	11	20	-	5	36	-	-	28	3530	1480	600	100	1350	25

dicht bos nog veel hogere waarden voor varens aangetroffen kunnen worden (verge-
 lijk ook de opgave van FIRBAS hiervoor). Zouden die onder een dergelijke omstandig-
 heid bijvoorbeeld $\pm 2 \times$ zo hoog worden, dan zou men reeds percentages verkrijgen
 die vrijwel overeenstemmen met de hoge *Filicinae*-percentages in de diagrammen Delf-
 zijl III en IV. Het is dus goed mogelijk dat in die diagrammen het aandeel van de va-
 rens als onderbegroeiing in de vegetatie, juist wordt weergegeven.

De zeer hoge waarden voor de *Filicinae* in diagram Delfzijl II zijn daarmee echter
 nog niet verklaard. Een percentage dat de 1000 overschrijdt (zie tabel VIII), wordt pas
 bereikt onder de extreme omstandigheid van het bosloze duinlandschap langs de kust
 met overwegend zeewind. Misschien moet men toch wel aannemen dat ook hier een
 willekeurige overrepresentatie in het spel is. (zie echter ook hoofdstuk IV, blz. 54).

Tenslotte moet aandacht worden geschonken aan de mogelijkheid dat de hoge
Filicinae-waarden mede ontstaan zijn door het uitvallen van een bepaalde, korrosie-
 gevoelige boompollensoort. Het *Quercus*pollen komt niet in aanmerking, aangezien
 de eik in het Boreaal maar weinig voorkwam. Er zou echter wel selectieve korrosie van

*Populus*pollen opgetreden kunnen zijn, welk pollen zelfs in veen sterk vergaat. De houtresten in put B bij Delfzijl gaven echter geen aanwijzing dat de populier een belangrijk bestanddeel van het bos heeft uitgemaakt. Toch mag men een zekere betekenis aan de genoemde faktor waarschijnlijk niet onthouden.

5. MENGSPEKTRA

In het voorgaande is stilzwijgend aangenomen dat een op bepaalde diepte aanwezig zandspektrum, met een bepaald stadium in de vegetatieontwikkeling korrespondeert. In hoofdstuk IV, blz. 68, is evenwel gebleken dat het pollen van twee op elkaar volgende vegetaties soms gezamenlijk in een mengspektrum is vertegenwoordigd. Het is niet mogelijk om uit de samenstelling van spektra, die de overgang vormen tussen twee diagramzone's, af te lezen of ze als mengspektra moeten worden opgevat, of dat ze inderdaad een vegetatie uit de overgangperiode vertegenwoordigen. Alleen door vergelijking met een pollendiagram van een naburig organisch sediment, kan hieromtrent eventueel meer zekerheid worden verkregen.

HOOFDSTUK VII

DE BETEKENIS VAN ZANDSPEKTRA VOOR OUDERDOMSBEPALINGEN

1. GELIJKTIJDIGE SEDIMENTATIE VAN POLLEN EN ZAND

Pollenspektra in zand kunnen alleen dan voor ouderdomsbepalingen van zandlagen worden gebruikt, als aangetoond kan worden dat het pollen tegelijk met het zand is gesedimenteerd. Bij ons onderzoek was dit het geval bij de min of meer organische-stofrijke profielen Peel VI en VII en bij bepaalde lagen van de profielen Peel V en Velzen IV. De aanwezigheid van grote hoeveelheden algen vormde het bewijs voor een sedimentatie onder water.

Er kunnen zich echter wel komplikaties voordoen die een juiste datering kunnen verhinderen. Zo is bij de profielen Peel V en Velzen IV verspoeling van het algenrijke zand aangetoond, welke in diagram Peel V zelfs in de onregelmatige opeenvolging van de pollenspektra was terug te vinden.

Ook in holoceen stuifzand, dat niet onder water is gesedimenteerd, kan pollen aangetroffen worden waardoor de ouderdom van verschillende lagen palynologisch kan worden bepaald. In het bijzonder geldt dit voor het pollen in die lagen, welke buiten het bereik van de bodemvorming zijn gebleven. Een belangrijk of overwegend deel van het pollen is in de regel afkomstig van de afgestoven bodem en derhalve met het zand secundair verplaatst. Waarschijnlijk is dit meestal geen ernstig bezwaar, daar het pollen dan toch overwegend van een relatief jonge vegetatie afkomstig is (zie blz. 56).

Een vertekening van de regionale pollensamenstelling door lokale plantengroei, waardoor een juiste datering nog kan worden belet, hoeft men bij analyse van onder water gesedimenteerd zand zelden te vrezen (zie hoofdstuk VI, blz. 82). Het gevaar is echter veel groter bij het onderzoek van holoceen stuifzand.

2. INFILTRATIE VAN POLLEN IN DE ZANDIGE BODEM

Indien het pollen, zoals in de regel het geval is, na de sedimentatie van het zand daarin doorgedrongen is, geven de spektra natuurlijk alleen de ouderdom van het pollen en niet tevens die van de betreffende zandlagen weer.

Het lokale karakter is vaak een grote moeilijkheid om een zandspektrum in een bepaalde periode van het Holoceen onder te brengen. In dit opzicht bestaat er een sterke analogie met de spektra van oppervlaktemonsters. Die zijn dikwijls ook niet representatief voor de regionale vegetatie. Indien de lokale beïnvloeding te sterk is, kan het zelfs onmogelijk zijn de periode te herkennen waarin het pollen is gesedimenteerd. Zo is bijvoorbeeld het boompollenspektrum van een geanalyseerd oppervlaktemonster uit een dennenbos, op bijna dezelfde wijze samengesteld als de "boreale" zandspektra bij 30 cm in diagram Flevoland III en bij 10,5 cm in diagram Delfzijl IV (zie tabel IX). De beide laatste spektra komen voor onder veen van atlantische ouderdom.

TABEL IX. Vergelijking van een recent oppervlaktespektrum uit een dennenbos met twee "boreale" zandspektra

TABLE IX. Comparison of a recent surface spectrum of a fir forest with two "Boreal" sand spectra

Spektrum/Spectrum	Percentages/Percentages						
	Alnus	Betula	Carpinus	Corylus	Fagus	Pinus	Quercetum mixtum
oppervlakte-spektrum surface spectrum	3	7	0	1	0	83	6
Flevoland III, 30 cm	0	8	0	2	0	90	0
Delfzijl IV, 10,5 cm	4	11	0	4	0	77	4

Door de sterke invloed van de lokale bossamenstelling, wordt begrijpelijk dat onder het atlantische veen bij Delfzijl in put B, ter plaatse van de podzolprofielen schijnbaar boreale, en ter plaatse van het zeer natte gley-podzolprofiel Delfzijl V schijnbaar atlantische spektra voorkomen (zie blz. 83). Of de "boreale" spektra van de podzolprofielen geven een lokaal dennenbos weer in het Atlanticum, óf de "atlantische" spektra duiden op een plaatselijke elzenbegroeiing tijdens het Boreaal. De laatste veronderstelling is de waarschijnlijkste. Op het natte gley-podzolprofiel kan ook in het Boreaal de den niet hebben gegroeid. Alleen de els, die toen reeds deel van de vegetatie uitmaakte, vond er een goede standplaats. De verdichte gley-horizont met veel ijzerverbindingen vormt een duidelijke aanwijzing dat, lang voor de veengroei, het betrekkelijk voedselrijke grondwater op zeer geringe diepte onder het zandoppervlak is voorgekomen.

In hoofdstuk VI (blz. 82) is er reeds op gewezen, dat het aan een plaatselijke elzenbegroeiing in het Boreaal is te danken, dat de bovenste zandspektra in de podzoldiagrammen Velzen II en III een samenstelling bezitten als atlantische veenspektra. Bij profiel Velzen I zou zich in de boreaal-atlantische overgangstijd, ook nog tijdens de veengroei een lokale pollenregen van de els hebben doen gelden (zie blz. 39).

Een lokale aanwezigheid van de linde is de oorzaak, dat de "boreale" zandspektra bij 38 en 15,5 cm, respectievelijk in de diagrammen Delfzijl III en Delfzijl IV, een min of meer overeenkomstige samenstelling bezitten als verschillende spektra uit het *Tilia*-

TABEL X. Vergelijking van het *Tilia*-rijke "boreale" zandspektrum bij 38 cm in diagram Delfzijl III, met een bij 33 cm aanwezig zandspektrum in het *Tilia*-rijke deel van de "atlantische" zone van diagram Peel IV

TABLE X. Comparison of the *Tilia*-rich "Boreal" sand spectrum at 38 cm in diagram Delfzijl III, with a sand spectrum at 33 cm in the *Tilia*-rich part of the "Atlantic" zone of diagram Peel IV

Spektrum/Spectrum	Percentages/Percentages						
	Alnus	Betula	Corylus	Pinus	Salix	Quercetum mixtum	<i>Tilia</i>
Delfzijl III, 38 cm	9	4	17	27	3	40	34
Peel IV, 33 cm	13	5	25	15	2	40	39

rijke deel van de "atlantische" zone in de diagrammen van reeks Peel H. Tabel X geeft daarvan een goede illustratie,

In al deze gevallen kan men het lokale karakter van de spektra gemakkelijk herkennen, hetzij doordat er tussen verschillende diagrammen van eenzelfde reeks markante verschillen bestaan (reeks Delfzijl) of doordat in een diagram een abnormaal verloop van bepaalde kurven aanwezig is (Velzen II en III, Delfzijl III en IV).

Indien men maar over een enkel zanddiagram beschikt, kan het zeer moeilijk zijn te beoordelen of het kurvenverloop door lokale omstandigheden is bepaald of niet. Een goed voorbeeld hiervan wordt aangetroffen bij diagram Appingedam. Als in dit diagram de zonering op de gebruikelijke wijze wordt toegepast, wordt een atlantische ouderdom aan de *Alnus*-rijke zandspektra toegeschreven. Voor een juiste interpretatie moet men echter aandacht schenken aan de omstandigheid, dat het pollen uit een zeer nat gley-podzolprofiel afkomstig is. Dit betekent, dat de hoge *Alnus*-waarden waarschijnlijk samenhangen met een lokale aanwezigheid van de els. Indien hiervan wordt uitgegaan, wordt de structuur van de spektra, voorzover die de andere boomsoorten betreft, ook veel duidelijker. Uit de dominantie van *Pinus* over het *Quercetum mixtum* kan men dan opmaken, dat de spektra niet de atlantische, maar de boreale periode vertegenwoordigen. Het zou immers zeer onwaarschijnlijk zijn dat in de omgeving van het profiel, *Pinus* tijdens het Atlanticum meer voorkwam dan *Quercus* en *Tilia*.

Indien van een zandige bodem slechts één diagram aanwezig is, waarvan bovendien de samenstelling van de opeenvolgende spektra absoluut niet afwijkt van die in een normaal (veen) diagram, dan moet men zich geheel verlaten op de Σ NAP: Σ AP verhouding. In hoofdstuk VI is uiteengezet welke mogelijkheden en moeilijkheden zich bij het gebruik daarvan kunnen voordoen.

In zeer vele gevallen laat een lokaal beïnvloed zanddiagram nog wel een meer of minder gedetailleerde zonering toe. Zo mag bijvoorbeeld aangenomen worden dat een zone met *Pinus*-dominantie, in ieder geval een prae-atlantische periode weergeeft, tenzij ook de allerjongste tijd in aanmerking komt.

Als de datering afhangt van het al of niet aanwezig zijn van pollen van een boomsoort waarvan de immigratie in het gebied een bepaalde holocene periode inluide, moet men er rekening mee houden, dat een nieuwe immigrant in zanddiagrammen wel eens minder regelmatig verschijnt dan in veendiagrammen. Bij het onderzoek werd dit voor *Carpinus* geconstateerd (zie de diagrammen van reeks Peel H en diagram Epe III). Zou de oorzaak dat *Carpinus* in zanddiagrammen soms voor *Fagus* verschijnt misschien zijn, dat de haagbeuk op bepaalde plaatsen inderdaad eerder arriveerde dan de beuk? Men kan zich voorstellen dat een geringe, pleksgewijze verspreiding van *Carpinus* zich minder gauw in een regionaal veendiagram manifesteert dan een dergelijk optreden van *Fagus*. De haagbeuk groeit minder hoog dan de beuk zodat het pollen ervan minder gemakkelijk verspreid wordt. Bovendien bloeit de soort maar weinig in een dicht bos (BORSE 1939, blz. 136).

3. DE DATERING VAN DE AANVANG VAN DE VEENGROEI

De datering van het begin van de veengroei vindt in de regel plaats aan de hand van een ouderdomsbepaling van de onderste veenspektra en de bovenste zandspektra. In hoofdstuk V (blz. 81) is aangetoond dat in diagram Flevoland III tussen het zand- en het veengedeelte een hiaat aanwezig is, dat mogelijk het grootste gedeelte van het Atlanticum omvat. Indien men het diagram echter op de gebruikelijke manier interpreteert, dan komt men tot de konklusie dat de veengroei in de boreaal-atlantische overgangstijd is begonnen. Blijkbaar is het voor een juiste beoordeling van de ouderdom van de overgangsspektra van het veen- naar het zandgedeelte, soms noodzakelijk een zeker inzicht in de bodemgesteldheid van de zandondergrond te bezitten. Dit aspekt is tot nu toe bij het veenonderzoek ten onrechte geheel verwaarloosd.

Het bepalen van de aanvangstijd van de veengroei kan ook nog bemoeilijkt worden, indien het pollen in de direkt boven het zand aanwezige veenlaag overwegend van een lokale boomgroei afkomstig is. In sommige gevallen is een dergelijke situatie ontstaan, doordat bij stijgende grondwaterstand het bos zich op de zandige bodem zolang heeft gehandhaafd, dat er reeds een dunne veenlaag gevormd was. Het verschijnsel kan men waarnemen bij de diagrammen Noordoostpolder I en Delfzijl I, aan de onderste veenspektra met de hoge *Quercetum mixtum*-percentages. Ook bij het diagram Velzen II is het te zien. In het onderste veenspektrum, op 1 cm boven het zandoppervlak, is nog dezelfde sterke, lokale *Alnus*-invloed merkbaar als in de direkt daaronder aanwezige zandspektra. Zouden bij profiel Velzen II bijvoorbeeld wel de van 0-1 cm en de van 5-6 cm boven het zandoppervlak aanwezige veenlagen zijn geanalyseerd en niet de tussenliggende, dan zou men de gevolgtrekking hebben gemaakt dat de veengroei pas in het Atlanticum was begonnen, in plaats van in de boreaal-atlantische overgangstijd. Toch is het algemeen gebruikelijk om veen, ook op de overgang naar het onderliggende zand, met tussenruimten van 5 of meer cm te analyseren (zie de voetnoot op blz. 39).

HOOFDSTUK VIII

DE VEGETATIEONTWIKKELING BIJ DE VERSCHILLENDE PROFIELEN

1. BESCHRIJVING VAN DE VEGETATIEONTWIKKELING

Door palynologisch onderzoek van veenlagen en organische onderwaterafzettingen kan een globale kennis van de vegetatiegeschiedenis worden verkregen. Plaatselijk optredende verschillen in de ontwikkeling van de vegetatie, die onder andere met een variërende bodemgesteldheid samenhangen, blijven daarbij meestal verborgen. Men kan zich een meer gedetailleerde kennis verschaffen door ook de vegetatieprofielen, die zich onder verschillende plaatselijke begroeiingen hebben ontwikkeld, te analyseren.

In de vorige hoofdstukken is de lokale vegetatieontwikkeling af en toe reeds ter sprake gekomen. In het navolgende zal daarvan een meer systematische beschrijving worden gegeven, terwijl tevens de ermee verbonden profielontwikkeling zal worden vermeld.

Bij het beantwoorden van de vraag, tijdens welk stadium van bodemvorming een bepaalde vegetatie voorkwam, is ervan uitgegaan dat in een eenmaal ontstane, verdichte inspoelingshorizont van een gepodzoleerde bodem geen pollen meer infiltreert. Een pollenspektrum in of beneden de B₂-horizont weerspiegelt dus in de regel een begroeiing uit de tijd dat de bodem nog niet (sterk) was gepodzoleerd. Voor een spektrum in de A-horizont zijn er twee mogelijkheden. De betreffende vegetatie kan reeds aanwezig zijn geweest toen ter plaatse nog een homogeen bosprofiel voorkwam, maar ook daarna, toen het podzolprofiel reeds was gevormd. Indien een pollenspektrum deel uitmaakt van de bovenste van de zones, waarin een zanddiagram kan worden verdeeld, staat vast, dat het een vegetatie vertegenwoordigt die in ieder geval ook na het ontstaan van het podzolprofiel aanwezig is geweest. Soms wordt door de bovenste zone een broekbos weerspiegeld. Onder een dergelijk bos heeft, als gevolg van de zeer hoge grondwaterstand, waarschijnlijk weinig podzolering meer plaatsgevonden. Men kan in dit geval konkluderen dat de vegetatie die wordt weergegeven door de op één na bovenste zone, ook op de gepodzoleerde bodem heeft gestaan.

Soms kunnen er vegetatieve overblijfselen op het zand onder het veen aangetroffen worden, die een belangrijke aanwijzing geven omtrent de aard van de begroeiing op de gepodzoleerde bodem (zie de reeks Delfzijl).

Uiteraard kan ook door het pollenanalytisch onderzoek van vegetatieprofielen maar een oppervlakkige kennis van de lokale begroeiingen worden verkregen. Een ernstige belemmering wordt hierdoor gevormd, dat er van zoveel plantesoorten maar weinig of geen pollen in het zand wordt gekonserveerd.

Uddelermeer

Het oudste, bij 70 cm in profiel Uddelermeer II aangetroffen pollen is afkomstig van een boreaal dennenbos, dat in de omgeving van dit profiel op een nog ongepodzoleerde

bodem heeft gestaan. Het is opgevolgd door een eikenbos, waaronder pas in de *Fagus-Carpinus*-periode het podzolprofiel is ontstaan. De hoge *Alnus*-percentages zijn een gevolg van de selectieve korrosie van het *Quercus*pollen.

De bodemvegetatie bestond behalve uit wat grassen en kruiden vooral uit *Calluna*. In de loop van het Atlanticum is deze struik een voortdurend belangrijker bestanddeel van de begroeiing gaan vormen. Of *Calluna* bijvoorbeeld in de plaats van *Vaccinium* is gekomen, doordat het bos geleidelijk minder dicht is geworden, is niet uit te maken. *Vaccinium* laat namelijk weinig of geen pollen in de bodem achter (FIRBAS 1934, blz. 119).

De geringe waarden voor *Cerealia* in de bovenste spektra betekenen, dat er in de omgeving tenslotte ook landbouw is bedreven. Het profiel is door de aarden wal bedekt, voordat de open heidevegetatie ontstond, waarvan thans bij profiel Uddelermeer III nog een restant aanwezig is. Volgens POLAK (1959) is de uitgestrekte heide in ieder geval na de vroege middeleeuwen ontstaan, volgens JONASSEN (1950) waarschijnlijk in het begin van de 19e eeuw. De eenzijdig samengestelde heidevegetatie is gedeeltelijk oorzaak dat profiel Uddelermeer III veel sterker is gepodzoleerd dan profiel Uddelermeer II.

De hoge *Liguliflorae*-percentages in diagram Uddelermeer II hebben voor de beschrijving van de vroegere vegetaties geen betekenis (zie blz. 69). De geringe *Picea*-waarden in de onderste zandspektra zijn misschien hiervan een gevolg, dat langs de rand van het Uddelermeer wat ouder materiaal met veel *Picea*pollen, door het pleistocene dekzand is gemengd (POLAK 1959, blz. 548).

Voor de verklaring van diagram Uddelermeer II zie men ook hoofdstuk IV, 4, 6.

Staphorst

Herleidt men de percentages in de diagrammen Staphorst I en II, zodat het effect van de selectieve korrosie van het *Quercus*pollen geëlimineerd is (zie hoofdstuk IV, blz. 75), dan nemen de hoge *Calluna*-waarden beneden 15 cm, respectievelijk 10 cm, af tot waarden tussen $\pm 90\%$ en $\pm 170\%$, respectievelijk $\pm 65\%$ en $\pm 250\%$. Deze zijn nog belangrijk groter dan men van bosspektra mag verwachten. Waarschijnlijk is er sprake van een willekeurige overrepresentatie. Combineert men de pollenanalytische en de bodemkundige gegevens (zie hoofdstuk II, blz. 8-9) dan komt men tot de konklusie dat bij Staphorst in het Atlanticum een zeer open eikenbos met een dichte heidebegroeiing is voorgekomen. Het podzolprofiel is in deze periode ontstaan.

Het kultuurpollen in de A-horizont van profiel Staphorst I is sedert de 13e eeuw ingespoeld.

Epe

De vegetatieontwikkeling kan bij deze reeks het best beschreven worden aan de hand van diagram Epe III, dat het verst in het Holoceen terug reikt.

In het Praeboreaal en het Boreaal kwam bij het profiel op de nog niet gepodzoleerde bodem een berkenbos voor, dat tijdens het Boreaal gemengd werd met wat linde. De onderbegroeiing bestond uit grassen, varens, kruiden en later ook uit *Calluna*. Toen

het Atlanticum aanbrak, verdween de berk vrijwel uit de vegetatie (zie het spektrum bij 40 cm) en werd opgevolgd door de eik. De aanwezigheid van *Quercus* manifesteert zich ook hier op indirecte wijze. Tengevolge van de selectieve korrosie van het *Quercus*-pollen heeft de pollensamenstelling een meer regionaal karakter gekregen. Hierdoor wordt verklaarbaar dat *Pinus* in het zeer vroeg-atlantische spektrum bij 40 cm, sterker vertegenwoordigd is dan in de dieper aanwezige spektra met de lokale *Betula*-invloed, en dat in de atlantische spektra boven 40 cm *Alnus* bijna steeds domineert. In het Atlanticum is *Tilia* vrijwel weer verdwenen en heeft *Calluna* de andere ondergroei verdrongen. Het aanvankelijk homogene bosprofiel degradeerde in deze periode tot het podzolprofiel.

Herleidt men de atlantische spektra zodat het effect van de selectieve korrosie geëlimineerd wordt, dan bedragen de waarden voor *Calluna* $\pm 30\%$; een voor bosspektra normaal percentage.

Het pollen van *Fagus*, *Carpinus* en *Cerealia* is pas ingespoeld, nadat de vegetatie in de atlantisch-subboreale-overgangstijd door brand was vernield en het oude bodemoppervlak door een dunne laag stuifzand bedekt (zie blz. 30).

Peel, reeks H

Het praeboreale spektrum bij 71 cm en de boreale spektra van 63 tot 43 cm in diagram Peel IV, weerspiegelen waarschijnlijk een dennenbos met oorspronkelijk veel berk en op den duur betrekkelijk veel linde. Als ondergroei kwamen vrij veel varens voor. De hoge *Sphagna*- en *Botrychium*-waarden in de onderste spektra geven misschien een restant van de laatglaciale sporen- en pollenflora weer. In de boreaal-atlantische-overgangstijd, en het deel van het Atlanticum dat door de spektra beneden 14 cm vertegenwoordigd wordt, nam *Tilia* zo in betekenis toe, dat het bos overwegend door deze boom werd gevormd. Gezien de vrij geringe *Alnus*-percentages is het onwaarschijnlijk dat *Quercus*, waarvan het pollen door korrosie weer zou zijn verdwenen, een belangrijk bestanddeel was. In het latere deel van het Atlanticum is *Quercus* echter in de plaats van *Tilia* gekomen. De spektra uit die tijd laten wel hoge waarden voor *Alnus* zien. Tot het begin van de veengroei in het Subboreaal behield het bos ongeveer dezelfde samenstelling.

Bij profiel Peel I was in het Boreaal nog een berken-dennenbos aanwezig. Bij dit droge profiel trad *Tilia* pas in het Atlanticum op, dus later dan bij het veel vochtiger, op een helling gelegen profiel Peel IV. Bij de twee andere profielen kan het tijdstip van het eerste optreden van de linde niet bepaald worden, doordat de diagrammen met de *Tilia*-rijke atlantische zone beginnen.

Daar de *Tilia*-rijke spektra in de diagrammen Peel II en III overwegend in en beneden het traject van de B-horizont voorkomen, moet het lindenbos in de omgeving op de nog ongepodzoleerde bodem hebben gestaan.

Als onderbegroeiing kwam ook *Calluna* voor. De hoge waarden die voor de struikhei worden aangetroffen, zijn voornamelijk een gevolg van selectieve korrosie van het *Quercus*-pollen, ten dele ook van willekeurige overrepresentatie (b.v. bij Peel I, beneden 20 cm). De laatstgenoemde factor is ook verantwoordelijk voor de vrij hoge *Liguliflorae*- en *Succisa*-percentages.

De podzolering heeft waarschijnlijk onder het eikenbos plaatsgevonden in het Atlanticum of het Subboreaal.

Noordoostpolder

Bij de profielen Noordoostpolder I, II en III heeft vanaf het vroege Atlanticum tot in het Subboreaal een dicht eikenbos gestaan. *Calluna* ontbrak praktisch geheel. In één van de beide perioden heeft de degradering van het oorspronkelijk ongedifferentieerde bosprofiel tot het podzolprofiel plaatsgevonden. Waarschijnlijk kwamen vrij kort voor de veengroei in het Subboreaal, els en berk in zekere mate in het eikenbos voor, maar een echt broekbos is er toch niet ontstaan.

Delfzijl, put A

Ter plaatse van de bouwput nabij Delfzijl, waarin talrijke eikestammen onder het veen op het zand zijn aangetroffen, kwam in het Atlanticum een gemengd linden-eikenberkenbos voor. Daarin wisselden linde en eik enerzijds en berk anderzijds, elkaar in betekenis af. Het is voorafgegaan door een dennenbos met veel hazelaar, in het Boreaal. In het loofbos kwam als ondergroei onder andere wat *Calluna* voor. De betrekkelijk hoge waarden in het diagram wijzen echter op willekeurige overrepresentatie (zie blz. 85).

Het betrekkelijk natte podzolprofiel is tijdens het Atlanticum ontstaan.

Delfzijl, put B

Waar het vrij droge podzolprofiel Delfzijl II, het vrij natte podzolprofiel Delfzijl III en het zeer natte podzolprofiel Delfzijl IV aangetroffen zijn, bestond de vegetatie in het Boreaal uit een dennenbos met een dichte varenbegroeiing. Bij de beide drogere profielen was het bos in belangrijke mate met berk gemengd, welke boom bij profiel Delfzijl III tijdelijk zelfs het overwegende bestanddeel uitmaakte. Plaatselijk is *Tilia* soms veel voorgekomen (zie blz. 83).

De dichte varenbegroeiing bestond uit *Polypodiaceae*. Waarschijnlijk was *Dryopteris linneana* sterk vertegenwoordigd. In het laatst van het Boreaal, toen de grondwaterstand zeer hoog was geworden, verdween deze varenvegetatie.

Bij profiel Delfzijl III is in het zand nog pollen geïnfilteerd van een berkenbos, dat het dennen-berkenbos in het Atlanticum heeft opgevolgd.

Toen het broekveen zich begon te ontwikkelen, zijn waar de den nog niet geheel door de berk en de els was verdrongen, de dennestobben door het veen overgroeid en gekonserveerd. Ook *Populus*, getuige de houtvondst, was voor het begin van de veengroei aanwezig.

De podzolprofielen zijn blijkbaar in de loop van het Boreaal ontstaan. Waar de bodemgesteldheid bijzonder nat was, zoals bij het gley-podzolprofiel Delfzijl V, is het dennenbos door een elzenbos onderbroken geweest. In de nabije omgeving van het profiel kwamen *Quercus* en *Tilia* relatief meer voor dan elders (zie blz. 37).

Appingedam

Evenals profiel Delfzijl IV ontstond dit gley-podzolprofiel onder een vegetatie van *Alnus*. De zandspektra in het diagram geven waarschijnlijk ook de boreale periode weer (zie blz. 93).

Flevoland

De natte podzolprofielen van deze reeks zijn in het Boreaal, onder dennenbos met betrekkelijk veel varenondergroei, tot ontwikkeling gekomen. Bij de profielen Flevoland I en II groeide ook *Lycopodium clavatum*. Toen de grondwaterstand op den duur zeer hoog werd, is het dennenbos opgevolgd door een moerasbos. Bij de profielen Flevoland I en II was voornamelijk els en bij profiel Flevoland III berk aanwezig. Het pollen van dit bos is alleen bij het betrekkelijk goed gedraineerde profiel Flevoland II in het zand doorgedrongen.

Velzen

De spektra met de zeer hoge *Corylus*-waarden in de podzoldiagrammen Velzen II en III, weerspiegelen ongetwijfeld een betrekkelijk open bos van overwegend hazelaar (zie blz. 87). Ook de den was in zekere mate in dit boreale bos vertegenwoordigd. Dat de hoge *Corylus*-waarden niet slechts een ondergroei van hazelaar weergeven, blijkt als volgt. Volgens FAEGRI en IVERSEN (1950, blz. 68) bloeit de hazelaar in een ongedund bos niet of maar spaarzaam. Volgens eigen ervaring kan de hazelaar in Nederland in een betrekkelijk dicht eikenbos vrij behoorlijk bloeien en betrekkelijk veel pollen produceren. De hoeveelheid is echter belangrijk minder dan overeenkomt met de percentages die door de *Corylus*-kurven in de diagrammen Velzen II en III worden vertegenwoordigd.

In tabel XI zijn de pollenspektra weergegeven van twee oppervlaktemonsters, verzameld in een eikenbos met hazelaarondergroei.

TABEL XI. Oppervlaktespektra uit vegetaties met *Corylus*
TABLE XI. Surface spectra of vegetations containing *Corylus*

No. Vegetatie/Vegetation	Percentages										Σ NAP	ΣAP
	Alnus	Betula	Carpinus	Corylus	Fagus	Pinus	Fraxinus	Quercus	Ulmus	Σ		
1. eikenbos met dichte hazelaarondergroei <i>oak forest with dense hazel undergrowth</i>	1	11	0	14	1	9	0	64	0	85	100	
2. eikenbos met zeer dichte hazelaarondergroei <i>oak forest with dense hazel undergrowth</i>	1	19	2	37	1	8	4	28	0	48	100	
3. struikgewas van hazelaar <i>hazel brushwood</i>	1	7	0	60	+	28	0	3	1	17	384	

No. 1; afkomstig uit een bos waarin de eiken op onderlinge afstand van 4 à 10 m en de hazelaars op onderlinge afstand van ± 6 m stonden.

No. 2; afkomstig uit een eikenbos met wat berken en een enkele es. De afstanden tussen de stammen bedroegen 3 à 6 m. De hazelaars stonden zeer dicht bijeen, zodat de kruinen ervan een tweede gesloten bladerdak onder dat van de bomen vormden.

In de tabel is onder no. 3 ook een oppervlaktespektrum van JONASSEN (1950, blz. 26) weergegeven. Dit is afkomstig uit een vegetatie van hazelaar en enkele eiken, welke in Denemarken op de oostelijke helling van een noord-zuid lopende rug werd aangetroffen. De top van de rug was begroeid met *Pinus*.

Monster no. 1 geeft een vrij geringe, monster no. 2 een vrij hoge *Corylus*-waarde te zien. Vergeleken met de *Corylus*-percentages in de beide diagrammen van Velzen, is de laatstgenoemde waarde echter betrekkelijk gering, vooral als men in aanmerking neemt dat bij Velzen als boomsoort niet de eik, maar de veel meer pollen producerende den (POHL 1937) voorkwam. Het derde spektrum in de tabel bezit echter een *Corylus*-percentage, dat goed vergelijkbaar is met de relatieve hoeveelheden voor de hazelaar in de genoemde diagrammen.

In het open hazelaarbos heeft zich een dichte vegetatie van *Calluna*, varens, kruiden en grassen kunnen ontwikkelen. Daaronder degradeerde in het Boreaal het homogene bosprofiel tot het vrij droge podzolprofiel.

Ten gevolge van de stijging van de grondwaterstand tegen het einde van het Boreaal maakte de beschreven vegetatie plaats voor een elzenbos. Nog voordat het Atlanticum was aangebroken, begon de groei van het zeggeveen.

Ter plaatse van het humeuze gleyprofiel Velzen I kwam, voorafgaand aan een elzenbos, een dennenbos met wat hazelaar voor. *Calluna* maakte geen deel uit van de bodemvegetatie bij dit zeer natte profiel.

De diepe verstoring van de oorspronkelijke gelaagdheid van het dekzand wijst erop, dat ook hier oorspronkelijk een goede homogenisatie heeft plaatsgevonden. Blijkbaar is de bodem er pas later zeer nat geworden.

In het geultje waarin profiel Velzen IV aangetroffen is, sedimenteerde tot in het Boreaal nog materiaal onder water. Het aangetroffen vegetatieprofiel is pas daarna in het Boreaal ontstaan. De vegetatie bestond uit *Pinus*, met *Corylus* als ondergroei. Ook bij dit profiel kwam voor het begin van de veengroei waarschijnlijk een elzenbegroeiing voor. Er is echter geen pollen meer van een dergelijke vegetatie in de geanalyseerde bodemlagen doorgedrongen. De bodemvegetatie onderscheidde zich van die bij profiel Velzen I door de aanwezigheid van wat *Calluna*.

Peel, reeks L

Bij profiel Peel V is er tot na het begin van het Praeboreaal, materiaal onder water gesedimenteed en verspoeld; in ieder geval tot het niveau waar beneden de algen in het zand voorkomen. Daarna is begroeiing van het zandoppervlak mogelijk geweest. Waarschijnlijk vestigde deze zich pas na daling van de grondwaterstand en mogelijk een geringe overstuiving met dekzand. Er ontwikkelde zich een berkenbos, waaronder de podzolering van de bodem plaatsvond. In de eerste tijd was ook de den goed vertegenwoordigd. De ondergroei heeft zeer weinig pollen en sporen in de bodem achter-

gelaten. Tegen het einde van het Boreaal is het bos ten gevolge van de stijgende grondwaterstand afgestorven.

De zeer organische-stofrijke bodem bij profiel Peel VI kan alleen in het Praeboreaal tijdelijk droog gelegen hebben, nadat de sedimentatie van het zand onder water was voltooid. Tijdens deze droge omstandigheden heeft de zwakke bodemvorming plaatsgevonden. Of er toen een berken-dennenbos heeft gestaan, of dat de bodem alleen met grassen en kruiden begroeid is geweest, is niet te beoordelen.

In het zand bij profiel Peel VII is geen bodemvorming opgetreden. Het onder water gesedimenteerde zand, dat nog in de glaciële periode door gyttja is bedekt, heeft nimmer droog aan de oppervlakte gelegen.

Voor de vegetatieontwikkeling tijdens de sedimentatie van het materiaal bij alle drie profielen, wordt verwezen naar de beschrijving van de diagrammen.

2. ENKELE ALGEMENE KONKLUSIES

Door het onderzoek is aangetoond dat in het Boreaal en het Atlanticum, plaatselijk zeer verschillend samengestelde vegetaties zijn voorgekomen. Het karakter van de plaatselijke begroeiingen is in het algemeen sterk door de bodemgesteldheid bepaald. Dat er zo weinig verschillende post-atlantische vegetaties zijn ontmoet, is een gevolg van de keuze van de profielen.

In tabel XII zijn de vegetaties waarvan pollen aangetroffen is, tezamen met het bijbehorende bodemprofiel en de vindplaats, gerangschikt naar de verschillende holocene perioden.

De oude strijdvraag of door hoge *Corylus*-percentages in boreale veenspektra hazelaarbossen weergegeven kunnen worden, of dat de heester in de bewuste periode alleen als ondergroei is voorgekomen (FIRBAS 1949, blz. 150), is door het onderzoek van de profielen Velzen II en III beantwoord. Er blijkt uit dat plaatselijk dergelijke bossen inderdaad aanwezig waren. De vegetatie heeft bij Velzen op een betrekkelijk droge en arme bodem gestaan, die ook voor *Calluna* een goede standplaats vormde. De veronderstelling van JESSEN (1939, uit FIRBAS 1949, blz. 151), dat de begroeiing tot de betere gronden beperkt zou zijn geweest, is dus niet algemeen geldig.

In het oudere Atlanticum kwam nabij de profielen van de reeks Peel H een lindenbos voor, in de omgeving van profiel Delfzijl I een bos, dat voor een belangrijk deel uit linden bestond. Ook in het Boreaal kwam de boom lokaal af en toe reeds veelvuldig voor, getuige de diagrammen III en IV van de reeks Delfzijl, put B. Dit is goed in overeenstemming met de opvatting van FLORSCHÜTZ (1941, blz. 14), volgens welke in ons land in het oudere Atlanticum en het Boreaal lindenbosjes voorgekomen zouden zijn. Het is niet onwaarschijnlijk, dat het lemige karakter van de bodem bij de bovenvermelde profielen van grote betekenis is geweest voor de lindengroei. Volgens KÖIB (1951) is daarvoor een vrij hoog siltgehalte van de bodem noodzakelijk. JANSSEN (1960, blz. 99) vond bij zijn palynologisch veenonderzoek in het vruchtbare loessdistrikt van Zuid-Limburg, *Tilia* dikwijls als belangrijkste component van het *Quercetum mixtum* tijdens het Atlanticum. Door IVERSEN (1958) is door pollenanalytisch onderzoek het reliktkarakter van een gemengd lindenbos op een lemige bodem in Jutland aangetoond.

TABEL XII. Vegetatie en bodemvorming bij de onderzochte profielen in verschillende perioden van het Holocene

TABLE XII. *Vegetation and soil formation in the profiles investigated during various Holocene periods*

Periode <i>Period</i>	Vegetatie <i>Vegetation</i>	Bodemvorming <i>Soil formation</i>	Vindplaats <i>District of occurrence</i>
Praeboreaal <i>Preboreal</i>	berkenbos <i>birch forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Epe III
	dennen-berkenbos <i>fir and birch forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Peel IV
Boreaal <i>Boreal</i>	berkenbos <i>birch forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Epe III
	berken-dennenbos <i>birch and fir forest</i>	nat podzolprofiel <i>wet podsol profile</i>	Peel V
	berken-dennenbos <i>birch and fir forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Peel I
	dennenbos <i>fir forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Peel IV
	dennenbos <i>fir forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Uddelermeer II
	dennenbos <i>fir forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Delfzijl I
	dennenbos <i>fir forest</i>	tussenvorm podzol- en humeus gleyprofiel <i>intergrade between podsol and humous gley profile</i>	Velzen IV
	dennenbos <i>fir forest</i>	homogeen bosprofiel, ev. opgevolgd ¹ door humeus gleyprofiel <i>homogeneous forest profile, occasionally followed¹ by humous gley profile</i>	Velzen I
	dennenbos, vrij dichte varenondergroei <i>fir forest, fairly dense undergrowth of ferns</i>	nat podzolprofiel, ev. voorafgegaan ¹ door homogeen bosprofiel <i>wet podsol profile, occasionally preceded¹ by homogeneous forest profile</i>	Flevoland I, II, III
	dennen-berkenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir and birch forest, dense fern cover</i>	homogeen bosprofiel, opgevolgd door vrij droog, resp. vrij vochtig podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, followed by fairly dry or fairly moist podsol profile</i>	Delfzijl II, III
	dennenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir forest, dense fern cover</i>	nat podzolprofiel, ev. voorafgegaan door homogeen bosprofiel <i>wet podsol profile, occasionally preceded by homogeneous forest profile</i>	Delfzijl IV
	open bos van hazelaar gemengd met den, dichte begroeiing van heide, varens, grassen, kruiden <i>open forest of hazel mixed with fir, dense cover of heather, ferns, grasses and herbs</i>	homogeen bosprofiel, opgevolgd door vrij droog podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, followed by fairly dry podsol profile</i>	Velzen II, III
	elzenbos <i>alder forest</i>	bijna verdrongen, vrij droog podzolprofiel <i>practically submerged, fairly dry podsol profile</i>	Velzen II, III
	elzenbos <i>alder forest</i>	humeus gleyprofiel <i>humous gley profile</i>	Velzen I
	elzenbos <i>alder forest</i>	gley-podzolprofiel <i>gley podsol profile</i>	Delfzijl V
elzenbos <i>alder forest</i>	gley-podzolprofiel <i>gley podsol profile</i>	Appingedam	

¹ In dezelfde holocene periode./During the same Holocene period.

TABEL XII (vervolg)/TABLE XII (continued)

Periode <i>Period</i>	Vegetatie <i>Vegetation</i>	Bodemvorming <i>Soil formation</i>	Vindplaats <i>District of occurrence</i>
Atlanticum <i>Atlantic</i>	berkenbos <i>birch forest</i>	vrij vochtig podzolprofiel, tenslotte bijna ver- dronken <i>fairly moist podsol profile, finally practically</i> <i>submerged</i>	Delfzijl III
	berkenbos <i>birch forest</i>	bijna verdrongen nat podzolprofiel <i>practically submerged wet podsol profile</i>	Flevoland III
	elzenbos <i>alder forest</i>	bijna verdrongen nat podzolprofiel <i>practically submerged wet podsol profile</i>	Flevoland I, II
	linden-eiken-berkenbos <i>linden-oak-birch forest</i>	homogeen bosprofiel, opgevolgd door vrij nat podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, followed by fairly</i> <i>wet podsol profile</i>	Delfzijl I
	lindenbos (in het oudere Atlanti- cum) <i>linden forest (in the earlier Atlan- tic)</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Peel I, II, III, IV
	eikenbos (in het jongere Atlanticum) <i>oak forest (in the later Atlantic)</i>	homogeen bosprofiel, ev. opgevolgd door droog podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, occasionally fol- lowed by dry podsol profile</i>	Peel I, II, III
	eikenbos (in het jongere Atlanticum) <i>oak forest (in the later Atlantic)</i>	homogeen bosprofiel, ev. opgevolgd door vrij nat podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, occasionally fol- lowed by fairly wet podsol profile</i>	Peel IV
	eikenbos <i>oak forest</i>	homogeen bosprofiel <i>homogeneous forest profile</i>	Uddelermeer II
	eikenbos <i>oak forest</i>	homogeen bosprofiel, opgevolgd door vrij droog, resp. droog podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, followed by fairly</i> <i>dry or dry podsol profile</i>	Epe II, III
	eikenbos <i>oak forest</i>	homogeen bosprofiel, ev. opgevolgd door nat podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, occasionally fol- lowed by wet podsol profile</i>	Noordoost- polder I, II, III
	zeer open eikenbos, dichte heide- begroeiing <i>very open oak forest, dense heather</i> <i>cover</i>	homogeen bosprofiel, opgevolgd door droog podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, followed by dry</i> <i>podsol profile</i>	Staphorst I, II
Fagus- Carpinus periode (Subboreaal)	eikenbos <i>oak forest</i>	homogeen bosprofiel, ev. opgevolgd door droog podzolprofiel <i>homogeneous forest profile, occasionally fol- lowed by dry podsol profile</i>	Uddelermeer II
Fagus- Carpinus periode (Sub-boreal)	eikenbos <i>oak forest</i>	droog podzolprofiel, ev. voorafgegaan door homogeen bosprofiel <i>dry podsol profile, occasionally preceded by</i> <i>homogeneous forest profile</i>	Peel I, II, III
	eikenbos <i>oak forest</i>	vrij nat podzolprofiel, ev. voorafgegaan door homogeen bosprofiel <i>fairly wet podsol profile, occasionally preceded</i> <i>by homogeneous forest profile</i>	Peel IV
	eikenbos <i>oak forest</i>	nat podzolprofiel, ev. voorafgegaan door homogeen bosprofiel <i>wet podsol profile, occasionally preceded by</i> <i>homogeneous forest profile</i>	Noordoost- polder I, II, III

TABLE XII (vervolg)/TABLE XII (continued)

Periode <i>Period</i>	Vegetatie <i>Vegetation</i>	Bodemvorming <i>Soil formation</i>	Vindplaats <i>District of occurrence</i>
(Subatlanti- cum) <i>(Sub-atlantic)</i>	eikenbos <i>oak forest</i>	droog podzolprofiel, ev. voorafgegaan door homogeen bosprofiel <i>dry podsol profile, occasionally preceded by homogeneous forest profile</i>	Uddelermeer II
Historische tijd <i>Historic time</i>	heideveld <i>heath moor</i>	droog podzolprofiel <i>dry podsol profile</i>	Uddelerm. III

Bij de bespreking van de vegetatieontwikkeling bij de verschillende droge, vrij laat of in het geheel niet door veen bedekte podzolprofielen, is geconstateerd dat sedert een bepaalde periode het bos zeer overwegend uit *Quercus* bestond. De veronderstelling ligt voor de hand, dat daardoor aan *Betula* een te geringe betekenis is toegekend. Volgens TÜXEN (1937) zijn de droge zandgronden oorspronkelijk begroeid geweest met het *Querceto-Betuletum*. De pollenanalytische gegevens laten echter moeilijk een andere konklusie toe. Indien de betreffende pollenspektra herleid worden zodat de waarde voor *Quercus* 80% is, waardoor de invloed van de selectieve korrosie van het *Quercus*-pollen wordt uitgeschakeld (zie blz. 75), dan blijken de waarden voor *Alnus* gemiddeld nog $\pm 10\%$ te bedragen. Dit is reeds hoog voor een boomsoort, die geen deel van de plantengemeenschap ter plaatse van het geanalyseerde profiel kan hebben uitgemaakt. De aangenomen waarde voor *Quercus* is dan ook stellig niet te groot. De *Betula*-waarden zijn in de herleide spektra echter nog belangrijk geringer dan 10%.

Uit de samenstelling van het kruidenpollen kan meestal niet méér gekonkludeerd worden, dan dat de kruiden waarvan het pollen afkomstig is, ter plaatse of in de omgeving, in variabele hoeveelheid, deel van het plantendek uitgemaakt hebben. Zo kan bijvoorbeeld het pollen van *Potamogeton* en *Typha* in de stuifzandlaag van het droge podzolprofiel Epe III, afkomstig zijn van plantengroei in het nabij gelegen vennetje.

De grote *Gramineae*-pollenkorrels, met een doorsnee van minstens 40 μ , die niet van granen afkomstig kunnen zijn, zijn vermoedelijk geleverd door *Glyceria* (POLAK 1959, blz. 559). Zij zijn bijna steeds in het zand aangetroffen waar de bodemvorming op natte omstandigheden wijst.

HOOFDSTUK IX

ENKELE BODEMKUNDIGE KONSEKVENTIES VAN HET ONDERZOEK

1. DE TIJDEN WAARIN EN DE OORZAKEN WAARDOOR PODZOLERING OPTRAD

Uit Tabel XII kan men aflezen dat er in het Boreaal, het Atlanticum en de Fagus-Carpinus-periode (het Subboreaal) zowel homogene bosprofielen als podzolprofielen voorgekomen zijn, beide onder zeer uiteenlopende vegetaties. In elk der drie genoemde perioden zijn nieuwe podzolprofielen door degradatie van homogene bosprofielen ontstaan.

Voorzover de schrijver bekend is, zijn in dekzand onder veen nooit homogene bosprofielen aangetroffen. Zelfs niet onder veen van atlantische of nog hogere ouderdom, hoewel in het Oudholocene de nog niet gepodzoleerde bodems veel algemener zijn geweest dan later. Men moet dit zo verklaren, dat de podzolering in ieder geval optrad wanneer, voorafgaand aan de veengroei, de bodem onder bepaalde, natte omstandigheden kwam te verkeren. Hoe de vegetatie was samengesteld en welke periode van het Holoceen het betrof, was niet van belang.

Wanneer in een bepaald gebied de podzolering begon, waren de hydrologische omstandigheden niet overal uniform. Er kwam veelal zelfs een grote speling in de vochtigheidstoestand van de bodem voor, blijkens de zeer gevarieerde podzolprofielontwikkeling die dikwijls wordt aangetroffen. In een door veen bedekt gebied zijn zowel de natte als de drogere podzolprofielen door het veen overgroeid. De hydrologische omstandigheden moeten derhalve bij de laatstgenoemde profielen, gedurende een zekere fase voorafgaand aan de veenvorming, vergelijkbaar zijn geweest met die waaronder de natte profielen zijn ontstaan. Wanneer eenmaal een relatief droog podzolprofiel was ontstaan, zijn bij stijging van de grondwaterstand de morfologische kenmerken blijkbaar gefixeerd gebleven. De veranderingen die eventueel nog wel erin zijn opgetreden, zijn in ieder geval niet van dien aard, dat ze het visuele beeld belangrijk beïnvloeden.

Een moeilijk te beantwoorden vraag is of in sommige gevallen de podzolering misschien reeds opgetreden is, voordat de hydrologische omstandigheden daartoe dwongen. Het proces zou bijvoorbeeld ook een gevolg geweest kunnen zijn van een geleidelijke ontkalking van het oorspronkelijk kalkrijke dekzand, gepaard aan een zekere verandering in de samenstelling van de vegetatie.

Een exact antwoord op de vraag kan pas gevonden worden, indien men er in slaagt een reeks podzolprofielen te vinden, die onder holocene stuifzandpakketten van toenemende ouderdom voorkomen. Bij de profielen zouden de topografische en de sedimentologische bodemgesteldheid van dien aard moeten zijn, dat in de bodem geen hoge grondwaterspiegel of stagnerend water aanwezig kan zijn geweest.

Waarschijnlijk is ook het overgrote deel van het pleistocene dekzandlandschap dat niet door veen bedekt is, voornamelijk als gevolg van ongunstige hydrologische om-

standigheden gepodzoleerd. Dit geldt ongetwijfeld voor de lagere delen. De podzolprofielen onder de recente heidevelden zouden bijvoorbeeld plaatselijk reeds in het Boreaal onder dennenbos kunnen zijn ontstaan. Uiteraard kunnen de morfologische kenmerken van de podzolprofielen zich oorspronkelijk wel in meerdere of mindere mate hebben onderscheiden van die van het huidige "heidepodzolprofiel".

De hogere delen van het dekzandlandschap hebben, in ieder geval plaatselijk, tot het einde van het Neolithicum in het Subboreaal, ongedifferentieerde bosprofielen bezeten. Dit is gebleken uit het grafheuvelonderzoek van WATERBOLK (1954) en VAN ZEIST (1955). In de daaropvolgende Bronstijd, eveneens in het Subboreaal, zijn de grafheuvels vrijwel steeds op een gepodzoleerde bodem opgeworpen. WATERBOLK wil voor de podzolering na het Neolithicum voornamelijk een sterk toegenomen neerslag aansprakelijk stellen. Het onderzoek sluit evenwel de mogelijkheid niet uit, dat op vele plaatsen onder een geschikte vegetatie tot veel latere tijd nog homogene bosprofielen in het dekzand zijn voorgekomen.

2. INVLOED VAN DE VEGETATIE OP DE PODZOLERING

In welke mate de intensiteit van podzolering beïnvloed wordt door de samenstelling van de vegetatie, vormt nog steeds een objekt voor onderzoek. Vooral in de oudere literatuur komt men dienaangaande zeer tegenstrijdige opvattingen tegen. Zo werd bijvoorbeeld de beuk nu eens als "Mutter des Waldes", dan weer als de ergste ruwe-humusvormer afgeschilderd (AALTONEN 1948). In het algemeen schijnt het proces wel sterk door Coniferen te worden bevorderd (SCHEFFER en SCHACHTSCHABEL 1960, blz. 285). In Noorwegen is volgens LÄG (1959) de aanwezigheid van bruine bosgronden onder een zuiver *Picea*bestand echter zeer normaal.

Van veel sterkere invloed op de bodemvorming dan de boomsoorten, wordt veelal de samenstelling van de kruidlaag geacht (AALTONEN 1948, LÄG 1959). Vooral struikhei bevordert het ontstaan van een gepodzoleerde bodem sterk. Waar bijvoorbeeld het oorspronkelijke zilversparren-beukenbos met ondergroei van grassen, zeggen en bosbes in het Zwarte Woud, na kaalkap vervangen is door een bos van voornamelijk fijnsparren met een welige ondergroei van struikhei, is de oorspronkelijk zachte in-spoelingslaag van de gepodzoleerde bodem sterk verkit.

Dat er een verband bestaat tussen de aard van de bosvegetatie en de intensiteit van het podzoleringsproces, kon door het onderhavige onderzoek niet worden aangetoond. Zo er al een vegetatieïnvloed is, valt die geheel weg tegen de invloed van de bodemkundige situatie.

Alleen de veel sterkere ontwikkeling van profiel Uddelermeer III, vergeleken met die van Uddelermeer II, moet stellig verband houden met verandering van de vegetatie. Hier betreft het evenwel het ontstaan van een heideveld met voornamelijk *Calluna*, waar oorspronkelijk een bos voorkwam. Het is echter niet onwaarschijnlijk, dat de sterkere podzolering bij profiel Uddelermeer III mede toegeschreven moet worden aan de ± 1000 jaar langere invloed van de bodemvorming.

Door verschillende onderzoekers wordt aangenomen, dat er een samenhang bestaat tussen de aard van de vegetatie en sommige profielkenmerken welke niet direkt be-

paald zijn door de intensiteit van de podzolering. Hiervoor (blz. 9) is reeds vermeld dat een violet getinte A_2 -horizont wel als een kenmerk van bosprofielen wordt beschouwd. Volgens CNOSSON en HEYINK (1958) onderscheidt een bospodzolprofiel in een dekzandgebied zich van een heidepodzolprofiel eveneens in een dekzandgebied, onder andere doordat zijn A_2 - iets bruiner en zijn B_2 -horizont wat roder en donkerder van tint is. Een zuiver grijze uitspoelingshorizont wordt vrij algemeen aan de invloed van een heidebegroeiing toegeschreven. Een "kazige" inspoelingshorizont zou zijn ontstaan danken aan een vegetatie met veel *Erica tetralix* en *Molinia coerulea* (zie blz. 11).

Men zou zich kunnen voorstellen dat naarmate de kleur van de B-horizont roder is (in de volgorde 10 YR; 7,5 YR; 5 YR), daarin meer onvolledig gepolymeriseerde humusverbindingen voorkomen, die gemakkelijk kunnen ontstaan bij de omzetting van denne- of heidestrooisel.

In tabel XIII zijn de onderzochte podzolprofielen, tezamen met de vegetaties waaronder zij zijn ontstaan, gerangschikt naar achtereenvolgens de kleur van de A_2 -, de "hue" van de B-, en het voorkomen van "kazig" materiaal in de B-horizont.

TABEL XIII. Enkele kenmerken van de onderzochte podzolprofielen, en de hydrologische omstandigheden en vegetaties waaronder deze zijn ontwikkeld

TABLE XIII. Some features of the podsol profiles investigated and the hydrological conditions and vegetations under which they developed

Kleur A_2 -horizont Colour A_2 -horizon	Hydrologische omstandigheden tijdens de podzolering Hydrological conditions during podsolization	Vegetatie Vegetation	Profiel Profile
grijs <i>grey</i>	droog <i>dry</i>	heideveld <i>heath moor</i>	Uddelerm. III
grijs <i>grey</i>	droog <i>dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Uddelermeer II
grijs <i>grey</i>	vrij droog <i>fairly dry</i>	dennen-berkenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir and birch forest, dense fern cover</i>	Delfzijl II
grijs <i>grey</i>	vrij droog <i>fairly dry</i>	open bos van hazelaar gemengd met den, dichte begroeiing van heide, varens, grassen en kruiden <i>open forest of hazel mixed with fir, dense cover of heather, ferns, grasses and herbs</i>	Velzen, II, III
violetgrijs <i>violet grey</i>	droog <i>dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Peel I, II, III
violetgrijs <i>violet grey</i>	droog <i>dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Epe I, III
violetgrijs <i>violet grey</i>	droog <i>dry</i>	zeer open eikenbos, dichte heidebegroeiing <i>very open oak forest, dense heather cover</i>	Staphorst I, II
violetgrijs <i>violet grey</i>	vrij droog <i>fairly dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Epe II
wit <i>white</i>	vrij vochtig <i>fairly moist</i>	dennen-berkenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir and birch forest, dense fern cover</i>	Delfzijl III
roseachtig wit <i>pinkish white</i>	periodiek vrij nat <i>fairly wet periodically</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Peel IV
roseachtig wit <i>pinkish white</i>	vrij nat <i>fairly wet</i>	linden-eiken-berkenbos <i>linden-oak-birch forest</i>	Delfzijl I
roseachtig wit <i>pinkish white</i>	periodiek nat <i>wet periodically</i>	eikenbos <i>oak forest</i>	Noordoostpolder I, II, III

TABEL XIII (vervolg)/TABLE XIII (continued)

Kleur A ₂ -horizont Colour A ₂ -horizon	Hydrologische omstandigheden tijdens de podzolering Hydrological conditions during podsolization	Vegetatie Vegetation	Profiel Profile
roseachtig wit <i>pinkish white</i>	nat <i>wet</i>	dennenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir forest, dense fern cover</i>	Delfzijl IV
roseachtig wit <i>pinkish white</i>	nat <i>wet</i>	dennenbos, vrij dichte varenondergroei <i>fir forest, fairly dense fern undergrowth</i>	Flevoland II
"Hue" B-horizont "Hue" B-horizon			
10YR	vrij droog <i>fairly dry</i>	open bos van hazelaar gemengd met den, dichte begroeiing van heide, varens, grassen en kruiden <i>open forest of hazel mixed with fir, dense cover of heather, ferns, grasses and herbs</i>	Velzen II, III
10YR	vrij nat <i>fairly wet</i>	linden-eiken-berkenbos <i>linden-oak-birch forest</i>	Delfzijl I
10YR	nat <i>wet</i>	dennenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir forest, dense fern growth</i>	Delfzijl IV
10YR	nat <i>wet</i>	dennenbos, vrij dichte varenondergroei <i>fir forest, fairly dense fern undergrowth</i>	Flevoland I, II, III
10YR	nat <i>wet</i>	berken-dennenbos <i>birch fir forest</i>	Peel V
7,5YR	droog <i>dry</i>	heideveld <i>heath moor</i>	Uddelermeer III
7,5YR	droog <i>dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Uddelermeer II
7,5YR	droog <i>dry</i>	zeer open eikenbos, dichte heidebegroeiing <i>very open oak forest, dense heather cover</i>	Staphorst I, II
7,5YR	vrij droog <i>fairly dry</i>	dennen-berkenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir and birch forest, dense fern cover</i>	Delfzijl II
7,5YR	vrij vochtig <i>fairly moist</i>	dennen-berkenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir and birch forest, dense fern cover</i>	Delfzijl III
7,5YR	periodiek vrij nat <i>fairly wet periodically</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Peel IV
7,5YR	periodiek nat <i>wet periodically</i>	eikenbos <i>oak forest</i>	Noordoostpolder I, II, III
5YR	droog <i>dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Peel I, II, III
5YR	droog <i>dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Epe I, III
5YR	vrij droog <i>fairly dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Epe II
"kazige" B-horizont "kazig" B-horizon			
aanwezig <i>present</i>	vrij droog <i>fairly dry</i>	eikenbos, heideondergroei <i>oak forest, heather undergrowth</i>	Epe II
aanwezig <i>present</i>	vrij vochtig <i>fairly moist</i>	dennen-berkenbos, dichte varenbegroeiing <i>fir and birch forest, dense fern cover</i>	Delfzijl III
aanwezig <i>present</i>	vrij nat <i>fairly wet</i>	linden-eiken-berkenbos <i>linden-oak-birch forest</i>	Delfzijl I
aanwezig <i>present</i>	periodiek nat <i>wet periodically</i>	eikenbos <i>oak forest</i>	Noordoostpolder I, II

De aanwezigheid van vrij veel heide (*Calluna*) is, in tegenstelling tot de andere soorten waaruit de bodemvegetatie samengesteld kan zijn, in de tabel steeds vermeld, omdat door struikheide de podzolering sterk wordt bevorderd. Men bedenke evenwel dat de andere *Ericaceae*, die ook een dergelijk effect kunnen veroorzaken, in sommige diagrammen misschien veel te weinig vertegenwoordigd zijn. Het pollen daarvan wordt namelijk dikwijls niet in de zandige bodem gekonserveerd.

Uit de tabel kan men aflezen dat een violetgrijze A_2 -horizont, onder eikenbos met heideondergroei aanwezig is geweest bij de droge podzolprofielen van de reeksen Epe en Peel H. Een dergelijke horizont kwam ook voor onder een zeer open eikenbos met een dichte heidebegroeiing, bij de droge podzolprofielen van Staphorst. Een grijze A_2 -horizont blijkt voorgekomen te zijn onder een heideveld bij het droge podzolprofiel Uddelermeer III en onder een eikenbos met heideondergroei bij het droge podzolprofiel Uddelermeer II. Voorts onder een open bos van hazelaar gemengd met den, met een dichte begroeiing van heide, varens, grassen en kruiden bij de vrij droge podzolprofielen Velzen II en III, en ook onder een open dennen-berkenbos met een dichte varenbegroeiing, bij het vrij droge podzolprofiel Delfzijl II. De grijze kleur wordt bovendien aangetroffen in het bovenste gedeelte van de overigens violetgrijze A_2 -horizont van de profielen der reeksen Epe en Staphorst. Uit de genoemde en ook andere in de tabel weergegeven combinaties blijkt, dat de onderzochte profielen wat betreft de kleur van de A_2 -horizont, geen bepaalde afhankelijkheid van de aard van de vegetatie laten zien. Ook de kleur van de B_2 -horizont en het optreden van "kazigheid" blijkt daaraan niet te zijn gebonden. Men zie daarvoor eveneens de tabel.

Er zij echter op gewezen dat het aantal waarnemingen betrekkelijk gering is voor een algemeen geldige konklusie. Het is bijvoorbeeld niet geheel uitgesloten dat door bestu-dering van meer niet door veen bedekte profielen, nog andere gegevens waren gevonden.

Bij de reeksen Staphorst en Peel H moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid van infiltratie van zuur *Sphagnum*veenwater, toen de profielen door het hoogveen overgroeid werden. De podzolering is daardoor misschien geïntensiveerd. Buitengewoon sterk zal de invloed waarschijnlijk niet zijn geweest, daar de profielen niet sterker ontwikkeld zijn dan de profielen Epe III, Uddelermeer III en Epe I en II, die door een weinig stuifzand, respektievelijk door *Carex*veen zijn bedekt. De aanwezigheid van *Carex*veen of een andere eutrofe veensoort boven een profiel, betekent dat het veen er pas is gaan groeien toen de grondwaterstand het bodemoppervlak reeds was genaderd. Onder een dergelijke omstandigheid heeft geen perkolatie van veenwater door het bodemprofiel meer plaatsgevonden.

SAMENVATTING

EEN PALYNOLOGISCH ONDERZOEK VAN IN DEKZAND ONTWIKKELDE BODEMPROFIELEN

Het onderzoek is opgezet om een inzicht te verkrijgen in de samenhang tussen vegetatieontwikkeling en bodemvorming in het pleistocene dekzandgebied. Daartoe zijn verscheidene profielen, meest podzol – maar daarnaast ook enkele gleyprofielen, op polleninhoud onderzocht. De profielen zijn aangetroffen onder stuifzand- en veenlagen van verschillende ouderdom.

De mogelijkheid voor palynologisch onderzoek van zand is het eerst door BEYERINCK (1931) aangetoond. De methode is later door verschillende onderzoekers, onder andere FLORSCHÜTZ (1941), toegepast.

Voor een goede interpretatie van de verkregen pollendiagrammen bleek de in de literatuur beschikbare kennis echter onvoldoende. Daarom is het onderzoek uitgebreid met een bestudering van de betekenis van zanddiagrammen in het algemeen. Deze leidde tot de volgende resultaten.

In een ongestoorde gepodzoleerde bodem neemt de pollenconcentratie vanaf het zandoppervlak naar beneden af ongeveer volgens een meetkundige reeks (zie fig. 3).

De diepte tot welke het pollen in een gepodzoleerde bodem voorkomt, is onafhankelijk van die waarop zich de verdichte B-horizont bevindt. Er is echter wel een samenhang waargenomen tussen de lengte van het pollenprofiel¹ en de diepte waarboven de oorspronkelijke gelaagdheid van het eolische dekzand geheel is verdwenen (zie fig. 6 en 7).

Uit deze en andere verschijnselen is gekonkludeerd, dat het grootste gedeelte van het pollen in een gepodzoleerde bodem reeds voor de podzolering, tijdens het stadium van het homogene bosprofiel, is geïnfilteerd. Gedurende dit stadium van bodemvorming trad een sterke biologische activiteit op, waardoor een menging plaatsvond van de bodemdelen en het in de bodem reeds aanwezige en het op de bodem sedimenterende pollen. Tevens was het pollen onderhevig aan een sterke korrosie, waardoor het oudere pollen geleidelijk verdween. Door deze processen werd de pollenvoorraad voortdurend vernieuwd. Bij de overgang naar het podzoleringsstadium nam de biologische activiteit af en werd de pollenvoorraad, van onderen af, geleidelijk gekonserveerd. Het reeds gefixeerde onderste deel van het pollenprofiel "groeide" aan de bovenzijde voortdurend aan door toevoeging van steeds jongere spektra (zie fig. 4). Het resultaat was analoog aan dat van de "groei" van een pollenprofiel in een organisch sediment (vgl. diagram Uddelermeer II met diagram Uddelermeer I).

Wanneer de degradatie van de bodem voldoende ver was gevorderd, kon de inspoeling van pollen van betekenis worden. Door het laatstgenoemde proces zijn in de gepodzoleerde bodem boven de verdichte B-horizont dikwijls nog jongere spektra

¹ Onder pollenprofiel wordt verstaan de verticale verdeling van het pollen in de bodem, welke weergegeven wordt door het pollendiagram.

ontstaan. De polleninspoeling is indirect aangetoond bij de reeksen Staphorst en Epe. Bij de profielen Staphorst II en Epe III bleek bovenin de A-horizont jonger pollen voor te komen dan bij de profielen Staphorst I en Epe I en II. Het zandoppervlak was bij de eerstgenoemde niet zoals bij de andere profielen, door een ongestoorde veenlaag van de atmosfeer afgesloten.

Sedimentatie van pollen tegelijk met zand moet, in tegenstelling tot de opvattingen van FLORSCHÜTZ (1941) en andere onderzoekers, in het algemeen van weinig betekenis worden geacht voor het ontstaan van pollenprofielen in (dek)zand. Alleen bij de profielen Velzen IV en Peel V, VI en VII bleek het pollen uit de sedimentatieperioden goed te zijn gekonserveerd. Blijkens de aanwezigheid van veel algen is het zand bij die profielen onder water gesedimenteed. Het pollen bleek niet alleen uit de Würmijstijd te stammen (bij de profielen Peel VI en VII), maar ook uit het Praeboreaal (bij de profielen Velzen IV en Peel V) en het Eemien (bij de profielen Peel V, VI en VII). Door verspoeling van materiaal aan te nemen kunnen de hiaten in de diagrammen van de reeks Peel L worden verklaard.

In dekzand dat in het Holoceen opnieuw is verstoven en weer gesedimenteed, komt overwegend secundair verplaatst pollen voor. Dit is afkomstig uit het bodemprofiel van de afgestoven bodem. Daar de pollenconcentratie in het bovenste gedeelte van het bodemprofiel, waarin relatief jonge spektra voorkomen, enorm veel groter is dan in de diepere zandlagen, met eventueel oudere spektra, moeten de mengspektra, die bij de verstuiving ontstaan, een relatief jonge indruk maken. Tijdens de zandverstuiving kan er ook nog pollen tengevolge van de normale pollenregen in het zand geraken.

Sommige pollensoorten kunnen met onverklaarbaar hoge percentages aangetroffen worden. Aan een dergelijke "willekeurige overrepresentatie" is onder andere zeer vaak het pollen van *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type) en *Calluna* onderhevig. In het droge podzolprofiel Staphorst II werd veel (30%) pollen van de moerasplant *Valeriana* gevonden. Het bevond zich in een deel van het profiel waar talrijke gangen aanwezig waren die door een graafbij (*Halictus*) en haar larven waren gemaakt (zie fig. 3). Waarschijnlijk is dit pollen als voedsel voor de larven in de grond gebracht.

Sommige pollensoorten zijn bijzonder korrosiegevoelig. Door onderlinge vergelijking van de diagrammen Uddelermeer I en II, welke de polleninhoud van een organische onderwaterafzetting respectievelijk een droog podzolprofiel weergeven, is aangetoond dat *Quercus*pollen in zand onder droge omstandigheden grotendeels wordt vernietigd. (Zie ook tabel V). In een natte zandige bodem wordt het daarentegen goed gekonserveerd (zie de diagrammen Noordoostpolder I en II).

In het Holoceen vóór de tijd van de bosvernietiging door de mens, hebben de zandige bodems in het algemeen bos gedragen. Het in een bodemprofiel geïnfiltreerde pollen moet derhalve meestal voornamelijk van een lokale bosvegetatie afkomstig zijn. Door verschillende onderzoekers, onder andere JONASSEN (1950), is aangetoond dat een oppervlaktespektrum met relatief weinig niet-boompollen steeds een lokale bosvegetatie vertegenwoordigt. Dit geldt in het algemeen ook voor zandspektra. Indien de Σ NAP: Σ AP verhouding ongeveer 100% of meer bedraagt, weerspiegelt het oppervlaktespektrum niet langer een bos, maar een open vegetatie. Bij zandspektra met een dergelijk grote verhouding zijn er de volgende mogelijkheden.

1. Evenals bij oppervlaktespektra is er sprake van een open vegetatie; het boompollen is van de regionale boomgroei afkomstig.

2. Het pollen is uit een lokale bosvegetatie afkomstig, maar één of meer niet-boompollensoorten bezitten een willekeurige overrepresentatie.

3. Het niet-boompollen stamt uit een plaatselijke bosvegetatie, maar het boompollengedeelte van het pollenspektrum vertegenwoordigt toch de regionale boomgroei.

Wanneer de onder 2. genoemde overrepresentatie op rekening komt van bijvoorbeeld *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type) of *Valeriana*, is zij gemakkelijk te onderkennen. Moeilijker wordt het, als men vermoedt dat bijvoorbeeld *Calluna* of *Polypodiaceae* veel sterker zijn vertegenwoordigd, dan overeenkomt met hun aandeel in de vegetatie. Zandspektra met daarvoor hoge waarden kunnen misschien ook een open heide- of varenveld weerspiegelen. Teneinde hieromtrent meer zekerheid te krijgen kan men soms met succes verschillende nabij elkaar gelegen profielen analyseren. Kwam inderdaad in de omgeving bos voor, en varieerde de bossamenstelling van plaats tot plaats, dan kan men ook een zekere variatie in de boompollensamenstelling bij de verschillende profielen verwachten (vgl. de diagrammen Delfzijl II, III en IV onderling).

De onder 3. genoemde mogelijkheid hangt samen met de selectieve korrosie. Als een betrekkelijk droge bodem in of na het Atlanticum een eikenbos heeft gedragen, is er van het lokale boompollen maar een betrekkelijk gering deel gekonserveerd. De ondergroei, waarvan *Calluna* dikwijls deel uitmaakte, is dientengevolge relatief veel sterker in het pollen vertegenwoordigd dan oorspronkelijk het geval was. Hetzelfde geldt voor het pollen, afkomstig van de regionale boomgroei, waarin *Alnus* meestal domineerde (vergelijk de *Alnus*-dominantie in veenspektra). Door de combinatie van de hoge *Calluna*-waarden met deze *Alnus*-dominantie, wordt ten onrechte de indruk gewekt dat de zandspektra een open heideveld weerspiegelen (zie bijvoorbeeld de diagrammen Uddelermeer II en Epe II en III). Waarschijnlijk zijn hoge *Calluna*-waarden echter dikwijls het gevolg van een combinatie der onder 2. en 3. genoemde factoren.

Het sterk lokale karakter van het AP-gedeelte van de meeste zandspektra kan een juiste ouderdomsbepaling zeer bemoeilijken of onmogelijk maken. Zo is bijvoorbeeld gebleken dat de pollenspektra in het zeer natte gley-podzolprofiel Delfzijl V een elzenbos weerspiegelen uit de *Pinus*-rijke boreale periode. Ze bezitten echter een structuur als atlantische veenspektra.

Zeer dikwijls zijn niet alle holocene perioden waarin pollen op het zandoppervlak sedimenteerde, in een zanddiagram vertegenwoordigd. De relatief jongste periode ontbreekt soms doordat de polleninfiltratie belemmerd werd, als gevolg van een zeer hoge grondwaterstand, die tenslotte tot veengroei leidde. De oudste periode(n) zijn vaak niet vertegenwoordigd doordat het pollen uit die tijd door korrosie geheel is vernietigd.

Daar het pollen dat in het zand aangetroffen wordt, meestal in het Holoceen is geïnfiltrerd, zegt een ouderdomsbepaling van de pollenspektra in het algemeen niets over de tijd waarin de sedimentatie van het zand plaatsvond. Een uitzondering vormen de spektra in veel algen bevattend, onder water gesedimenteerd dekzand en mogelijk ook de spektra in holoceen stuifzand.

De belangrijkste vegetatiekundige en bodemkundige resultaten zijn de volgende.

Elzenbegroeiing moet reeds tijdens het Boreaal vrij algemeen zijn geweest. Zo bleek bij het onderzoek van de reeks Delfzijl, dat het boreale dennenbos door een dergelijke begroeiing was onderbroken, waar de zandige bodem bijzonder nat was (vgl. diagram V met de diagrammen II, III en IV). De hazelaar trad in deze periode niet alleen als ondergroei, maar ook bosvormend op (zie de diagrammen Velzen II en III). Het eikenbos, dat na het Boreaal zeer algemeen voorkwam, heeft zowel op droge als vrij natte bodem gestaan. *Betula* was daarin maar schaars vertegenwoordigd. In het oudere deel van het Atlanticum vormde de linde soms de belangrijkste boscomponent (zie de reeks Peel H).

In het Boreaal, het Atlanticum en de Fagus-Carpinus-periode kwamen zowel homogene bosprofielen als podzolprofielen voor, beide onder zeer uiteenlopende vegetaties. In elk van deze perioden zijn nieuwe podzolprofielen door degradatie van homogene bosprofielen ontstaan (zie tabel XII). Bij de onderzochte podzolprofielen kon geen invloed worden geconstateerd van de samenstelling van de vegetatie op de kleur van de uitspoelings- en van de inspoelingshorizont (zie tabel XIII).

SUMMARY

A PALYNOLOGICAL INVESTIGATION OF SOIL PROFILES DEVELOPED IN COVER SAND

The object of the investigation was to gain an idea of the relationship existing between vegetation development and soil formation in the pleistocene cover-sand area. To this end the pollen content was examined of various profiles, mostly podsol profiles, but also a few gley profiles. The profiles were encountered below layers of drift sand and peat of varying ages.

BEYERINCK (1931) was the first to demonstrate the possibility of subjecting sand to palynological investigation. The method was subsequently used by various research workers, e.g. FLORSCHÜTZ (1941).

It was found, however, that the knowledge available in literature was insufficient for a proper interpretation of the pollen diagrams obtained. For this reason the investigation was extended to include a study of the significance of sand diagrams in general. This led to the following results.

In an undisturbed podsolised soil the pollen concentration approximately decreases from the sand surface downward in accordance with a geometrical series (cf. Fig. 3). The depth to which the pollen occurs in a podsolised soil is independent of the depth of the compact B horizon. A connection was, however, observed between the length of the pollen profile¹ and depth above which the original stratification of the eolian cover sand entirely disappeared (cf. fig. 6 and 7).

From this and other phenomena it was concluded that most of the pollen in a podsolised soil infiltrated before the podsolisation period, during the stage of the homogeneous forest profile. This stage of soil formation was one of intense biological activity which caused a blending of the soil components with pollen already in the soil and pollen sedimenting thereon. At the same time the pollen was subject to severe corrosion, as a result of which the older pollen gradually disappeared. These processes led to a constant replenishment of the store of pollen. During the transition to the podsolisation stage the biological activity decreased and the pollen store was gradually preserved in an upward direction. The bottom portion of the pollen profile, which was already fixed, constantly "grew" on the top through the addition of continually younger spectra (cf. fig. 4). The result was similar to that of the "growth" of a pollen profile in an organic sediment (cf. Uddelermeer II diagram with Uddelermeer I diagram).

As soon as the degradation of the soil was sufficiently far advanced the illuviation of pollen could become significant. Owing to the latter process still younger spectra were frequently formed in the podsolised soil overlying the compact B horizon. The illuviation of pollen was indirectly demonstrated in the Staphorst and Epe series. It was found that the pollen occurring in the top of the A horizon of the Staphorst II and Epe III profiles was younger than in the Staphorst I and Epe I and II profiles respectively. The sand surface of the former profiles, unlike the latter, was not shut off from the atmosphere by an undisturbed layer of peat.

¹ *By pollen profile is meant the vertical distribution of the pollen in soil, as shown by the pollen diagram.*

Contrary to the theories propounded by FLORSCHÜTZ (1941) and other workers, sedimentation of pollen simultaneously with sand is usually to be regarded as being of little significance for the formation of pollen profiles in cover sand. The Velzen IV and Peel V, VI and VII profiles were the only ones in which the pollen from the sedimentation periods was found to be well preserved. As shown by the presence of numerous algae in these profiles, the sand was sedimented under water. The pollen was found not only to date from the Würm glacial era (Peel profiles VI and VII) but also from the Preboreal (Velzen IV and Peel V profiles) and the Eemian (Peel profiles V, VI and VII). The gaps in the diagrams of the Peel L series may be explained by assuming some material to have been washed away.

Secondarily shifted pollen is predominantly found in cover sand which was re-dispersed and again sedimented during the Holocene. This is derived from the podsol profile of the soil from which the sand has been dispersed. Since the pollen concentration in the top part of the soil profile in which comparatively younger spectra occur is vastly greater than in the deeper sand layers, which may contain older spectra, the mixed spectra formed during the dispersal of sand must have a relatively recent appearance.

Pollen due to the usual pollen rains may also find its way into the sand during the sand dispersal.

Some types of pollen may be encountered that have inexplicably high percentages. The pollen of *Liguliflorae* (*Taraxacum*-type) and *Calluna*, among others, is often subject to such an "arbitrary overrepresentation". A great deal of pollen (30%) of the swamp plant *Valeriana* was found in the dry podsol profile Staphorst II. It was in a part of the profile containing numerous passages excavated by a digger-bee (*Halictus*) and its grubs (cf. fig. 3). This pollen was probably brought into the soil as food for the larvae.

Some types of pollen are exceptionally susceptible to corrosion. A comparison between Uddelermeer diagrams I and II, which respectively show the pollen content of an organic underwater deposit and a dry podzol profile, showed that *Quercus* pollen is largely destroyed in sand under dry conditions (cf. also Table V). On the other hand it is well preserved in a wet sandy soil (cf. Noordoostpolder diagrams I and II).

The sandy soils usually had a forest cover during the Holocene, before the forests were destroyed by man. Hence in most cases the pollen which interfiltered into a soil profile must have been mainly derived from a local forest vegetation. Various workers, e.g. JONASSEN (1950), have shown that a surface spectrum with relatively little pollen not derived from trees invariably represents a local forest vegetation. This is also generally true of sand spectra. When the $\Sigma\text{NAP}:\Sigma\text{AP}$ ratio $> 100\%$ the surface spectrum no longer corresponds to a forest but to an open type of vegetation. In sand spectra with such a high ratio there are the following possibilities.

1. As in the case of the surface spectra there may be an open type of vegetation, the tree pollen being derived from the regional tree-growth.
2. The pollen is derived from a local forest vegetation, but one or more pollen types not derived from trees have an arbitrary over-representation.

3. Pollen not from trees is derived from a local forest vegetation, but the tree-pollen portion of the pollen spectrum still represents the regional tree-growth.

When the over-representation referred to under 2. is due to *Liguliflorae* (*Taraxacum* type) or *Valeriana*, for instance, it is easy to identify. It becomes more difficult when there are grounds for assuming that *Calluna* or *Polypodiaceae*, for example, are represented to a far greater extent than corresponds to the proportion thereof in the vegetation. Sand spectra with such high values may possibly also represent an open heath or belt of ferns. To obtain more certainty of this, it is sometimes possible to make successful analyses of different profiles occurring near each other. If in fact forest occurred in the vicinity and a forest composition varying from place to place, a certain variation of the tree-pollen composition is also to be expected in the various profiles (cf. the Delfzijl diagrams II, III and IV).

The possibility mentioned under 3. is related to the selective corrosion. When a relatively dry soil had an oak-forest cover during the Atlantic or afterwards, only a relatively small proportion of the local tree-pollen is preserved. Consequently the undergrowth, of which *Calluna* often formed a part, is represented in the pollen to a much greater relative extent than was originally the case. The same is true of the pollen derived from the regional tree-growth in which *Alnus* usually predominated (compare the predominance of *Alnus* in peat spectra). Owing to the combination of the high *Calluna* values with this predominance of *Alnus* a faulty impression is created as though the sand spectra represented an open heath. (Cf. for example the Uddelermeer II and Epe II and III diagrams). It is probable, however, that high *Calluna* values are often due to a combination of the factors mentioned under 2. and 3.

The highly local nature of the AP portion of most sand spectra makes it either very difficult or impossible to determine the age with accuracy. Thus it was found that the pollen spectra in the very wet gley podsol profile Delfzijl V represented an alder forest of the Boreal period rich in *Pinus*. Their structure resembles that of Atlantic peat spectra.

It very often happens that not all Holocene periods are represented in a sand diagram in which pollen was sedimented on the surface of the sand. The relatively latest period is sometimes lacking owing to the fact that pollen infiltration was hindered by a very high water table which finally led to peat growth. The oldest period or periods are often not represented because their pollen has been entirely destroyed by corrosion.

Since the pollen found in the sand usually infiltrated during the Holocene, a determination of the age of the pollen spectra usually affords no information on the period during which the sand was sedimented. Exceptions are formed by the spectra in cover sand sedimented under water and containing many algae, and possibly also the spectra in Holocene drift sand.

The chief ecological and pedological results of the investigation are as follows

Alder growth must have been fairly common as early as the Boreal. Thus it was shown in the investigation of the Delfzijl series, that the Boreal fir forest was displaced by such a vegetation where the sandy soil was extremely wet (c.f. diagram V with diagrams II, III and IV). The hazel was not only present as undergrowth during this

period but also formed groves of its own (cf. the Velzen II and III diagrams). The oak forest which was very common after the Boreal, occurred both on dry and fairly wet soils. *Betula* was very scarce in it. In the older part of the Atlantic the linden was occasionally the main forest component (cf. the Peel H series).

During the Boreal, Atlantic and Fagus-Carpinus period both homogeneous forest profiles and podsol profiles occurred, under very divergent vegetations. During each of these periods new podsol profiles arose as a result of the degradation of homogeneous forest profiles (cf. table XII). In the profiles investigated no influence could be found of the composition of vegetation on the colours of the eluviation and illuviation horizon (cf. table XIII).

LITERATUURLIJST

- AALTONEN, V. T. 1948 Boden und Wald. Berlin.
- AARIO, L. 1944 Ueber die Pollenanalytischen Methoden zur Untersuchung von Waldgrenzen. *Geol. Fören. Förh. Stockholm* 66: 337-354.
- BENRATH, J. W. u. F. JONAS 1937 Zur Entstehung der Ortstein-Bleichsandschichten an der Ostseeküste. *Planta* 26: 614-630.
- BELJERINCK, W. 1931 Stuifmeelkorrels en sporen in humushoudende lagen onzer zandgronden. *Levende Nat.* 35: 282-286.
- 1933a Die mikropaläontologische Untersuchung äolischer Sedimente und ihre Bedeutung für die Florengeschichte und die Quartairstratigraphie. (Vorl. Mitt.) *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.* 36: 107-115.
- 1933b De oorsprong onzer heidevelden. *Ned. Kruid. Arch.* 43: 272-292.
- 1941 Moeten humuszandsteen en loodzand worden opgevat als vormingen respectievelijk van het winter- en zomer-klimaat? *T. Ned. Heide Mij.* 53: 48-50.
- BORSE, CH. 1939 Ueber die Frage der Pollenproduktion, Pollenzerstörung und Pollenverbreitung in ostpreussischen Waldgebieten. *Schr. d. Phys.-ökon. Ges. Königsberg (Pr.)* 71: 127-144.
- BRINKMANN, P. 1934 Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. III. Das Gebiet der Jade. *Englers Bot. Jb.* 66: 369-445.
- BROUWER, A. 1947 Pollenanalytisch onderzoek van enige overstoven Drentse veentjes. *T. Kon. Ned. Aardr. Gen.* 64: 1-12.
- CNOSSEN, J. en W. HEYINK 1958 Enkele opmerkingen omtrent de bodemgesteldheid van de zandgronden van Noordoost-Friesland. *Boor en Spade* 9: 156-172.
- DEWERS, F. 1934/1935 Probleme der Flugsandbildung in Nordwestdeutschland. *Abh. Nat. Ver. Bremen* 29: 324-366.
- DIMBLEBY, G. W. 1957 Pollen analysis of terrestrial soils. *New Phyt.* 56: 12-28.
- DOPPERT, J. W. CHR. 1957 The lower peat. *Verh. Kon. Ned. Geol.-Mijnbouw. Gen. Geol. ser.* 17: 154-157.
- EDELMAN, C. H. 1960 Podzols forestiers et podzols de bruyère. *Pedologie* X, 2: 229-249.
- ENGMANN, K. F. 1937 Pollenanalytische Untersuchungen fossiler Böden im Flugsandgebiet von Leussow (Südwestmecklenburg). *Mitt. Mecklenb. geol. Landesanstalt* 45. N. F. 10: 1-24.
- ERDTMAN, G. 1921 Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwest-Schweden. *Ark. f. Bot.* 17: 1-173.
- 1931a The boreal hazelforests and the theory of pollen statistics. *J. Ecol.* 19: 158-163.
- 1931b Worpswede-Wabamun. Ein pollenstatistisches Menetekel. *Abh. Nat. Ver. Bremen* 28 (Sonderheft): 11-17.
- 1943 An introduction to pollen analysis. Waltham, Mass. U.S.A.
- ESHUIS, H. J. 1946 Palynologisch en stratigrafisch onderzoek van de Peelvenen. Diss. Utrecht.
- FAEGRI, K. and J. IVERSEN 1950 Text-book of modern pollen analysis. Copenhagen.
- FIRBAS, F. 1934 Ueber die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation walddloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. *Planta* 22: 109-145.
- 1937 Ein nordböhmischer Beitrag zur pollenanalytischen Behandlung der Heidefrage. *Natur und Heimat* 8: 10-16.
- 1949 Waldgeschichte Mitteleuropas. Jena.
- , H. LOSERT u. F. BROIHAN 1939 Untersuchungen zur jüngeren Vegetationsgeschichte im Oberharz. *Planta* 30: 422-456.

- FLORSCHÜTZ, F. 1941 Resultaten van mierobotanisch onderzoek van het complex loodzand-oerzand en van daaronder en daarboven gelegen afzettingen. „Besprekingen over het Heidepodzolprofiel”. 10e wetensch. bijeenkomst Sectie Nederl. v. d. Internat. Bodemk. Ver. Groningen: 1-21.
- en A. M. H. ANKER-1956 De resultaten van het palynologisch onderzoek van het Jong-Kwartair op de Peelhorst en in de Westelijk van de horst gelegen VAN SOMEREN Grote Slenk. *Meded. v. d. Geol. Stichting. Nwe ser. 10*: 55-65.
- y 1959 Un fenomeno periglacial en Asturias y algunas consideraciones y JOSEFA MENENDEZ AMOR deducciones relativas a la formacion y datacion palinologica de suelos. *Bol. Real Soc. Esp. d. Hist. Nat. 57*: 133-140.
- en E. C. WASSINK 1935 Untersuchungen an niederländischen Mooren. H. Vriezenveen; J. Roswinkel. *T. Kon. Ned. Aard. Gen. 32*: 438-452.
- FRANZ, H. 1952 Bildung und Reifung der Auwaldböden im Lichte der Bodenbiologie. *Allg. Forstz. 19*: 1-3.
- 1960 Feldebodenkunde. Wien u. München.
- GODWIN, H. 1958 Pollen analysis in mineral soil. An interpretation of a podzol pollen-analysis by Dr. G. W. Dimbleby. *Flora 146*: 321-327.
- HAMMEN, TH. VAN DER 1953 Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. *Leidse Geol. Meded. 17*: 71-184.
- HAVINGA, A. J. 1957 Pollen analysis of fossil vegetation profiles. *Verh. Kon. Ned. Geol.-Mijnbouwk. Gen. Geol. ser. 17*: 139-145.
- A palynological investigation of a blown up sandy soil with a culture layer from the Iron Age. *In druk*.
- HESMER, H. 1933 Alter und Entstehung der Humusauflagen in der Oberförsterei Erdmannshausen. *Forstarchiv 9*: 323-339.
- HOEKSEMA, K. J. 1953 De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. *Boor en Spade 6*: 24-30.
- , A. JONGERIUS en 1956 Over de invloed van regenwormen op de bodemstructuur in gemulchte boomgaarden. *T. Ned. Heide Mij. 67*: 83-89 en 109-120.
- K. v. D. MEER
- IVERSEN, J. 1958 Pollenanalytischer Nachweis des Reliktencharakters eines Jütischen Linden-Mischwaldes. *Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich 33*: 137-144.
- JANSSEN, C. R. 1960 On the late-glacial and post-glacial vegetation of South Limburg (Netherlands). *Wentia 4*.
- JESSEN, K. 1939 Naturforholdene og Mennesket i Danmarks Oldtid. *Fortid og Nutid 13*: 65-94.
- JONAS, F. 1935 Klimaschwankungen des Würmglazials und Bodenbildungen des nordwestdeutschen Diluviums. *Niedersächs. Heimatschutz 4*: 1-44.
- 1937 Das Profil von Vosseberg als Beispiel der Entstehung von Ortstein-Bleichsandschichten im Unteremsgebiet. *Planta 27*: 295-303.
- 1938 Moor- und Heideprofile vom Barenberg. *Fedde Rep. Sonderbeih. E.*
- JONASSEN, H. 1950 Recent pollen sedimentation and Jutland heath diagrams. *Dansk. Bot. Ark. 13, Nr. 7*: 1-168.
- KEILHACK, K. 1899 Die bodenbildende Thätigkeit der Insekten. *Z. dtsh. geol. Ges. 51*: 138-141.
- KEIT, E. u. K. MOTHES 1943 Pollen und Holzkohlanalysen alter Waldhorizonte der Kurischen Nehrung. *Bot. Archiv 44*: 155-171.
- KIRCHHEIMER, F. 1935 Die Korrosion des Pollens. *Beih. Bot. Zbl. A 53*: 398-416.
- KÖIE, M. 1951 Relations of vegetation, soil and subsoil in Denmark. *Dansk Bot. Ark. 14, Nr. 5*: 1-168.
- LAATSCH, W. 1957 Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden u. Leipzig.
- LÄG, J. 1959 Undersökelse av skogjorda i Östfold og Akerhus ved Landsskogtakseringens Markarbeid Sommeren 1957. *Medd. Norsk Skogfors. 54* (Saertrykk.).

- LEMÉE, G. 1946 La genèse des sols alpins du Massif des Monts Dore. *Bull. Soc. Bot. d. France* 93: 402-407.
- LOUB, W. 1956 Orientierende Untersuchungen über die Mikroflora verschiedener Bodentypen in Österreich. *VI. Congr. Int. d. l. Sc. du Sol. Comm. III*: 87-93. Paris.
- 1960 Die mikrobiologische Charakterisierung von Bodentypen. *Bodenkultur. A. Biol.-techn. Teil* 11: 38-70.
- LÜDI, W. 1932 Die Waldgeschichte der Grimsel. *Beih. Bot. Zbl.* 49 (Erg.band): 190-226.
- MENTE, A. 1961 Het resultaat van een palynologisch onderzoek van een Eemienafzetting bij Liessel (N.Br.). *Geol. en Mijnbouw* 40: 75-78.
- MOTHES, K., G. ARNOLDT 1937 Zur Bestandesgeschichte ostpreussischer Wälder. *Schr. d. Phys.-ökon. Ges. Königsberg (Pr.)* 69: 267-282.
- u. H. REDMANN
MÜLLER, P. 1937 Das Hochmoor von Etzelwill. *Ber. ü. d. geobot. Forsch. Inst. Rübél* 1936: 85-106.
- MÜLLER, P. E. 1887 Die natürliche Humusformen. Berlin.
- MUNAUT, A. V. 1959 Première contribution à l'étude palynologique des sols forestiers du district picardo-brabançon. *Bull. Soc. Royal Forest. d. Belgique* 66: 361-379.
- Munsell soil color charts 1954 Munsell color cy. inc. Baltimore U.S.A.
- NISPEN TOT PANNERDEN, 1952 De bodemgesteldheid van het Mariaven en Griendtsveen in het Peelgebied van de gemeenten Horst, Sevenum en Deurne. Sticht. Bodemkart. Wageningen. Rapp. 309.
- J. E. M. VAN
OBERDORFER, E. 1937 Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Oberelsasses und der Vogesen. *Ztschr. f. Bot.* 30: 513-572.
- PFÄFFENBERG, K. und 1934 Ueber die Versumpfungsfahr des Waldbodens im Syker Flottsandgebiet. *Abh. Nat. Ver. Bremen* 29: 89-121.
- W. HASSENKAMP
PLANQUE, B. A. DE 1950 A palynological study of the Holocene and Late-Glacial in south-east Friesland (the Netherlands). *Rec. d. Trav. Bot. Neerl.* 42: 41-50.
- POHL, F. 1937 Die Pollenerzeugung der Windblütler. *Beih. Bot. Zbl. A* 56: 365-470.
- POLAK, B. 1936 Pollen- und torfanalytische Untersuchungen im künftigen Nordöstlichen Polder der Zuiderzee. *Rec. d. Trav. Bot. Neerl.* 33: 313-332.
- 1959 Palynology of the „Uddeler Meer“. *Acta Bot. Neerl.* 9: 547-571.
- PONS, L. J. 1959 Fossiele bodemprofielen in het dekzand in de tunnelput van Velzen. *Boor en Spade* 10: 170-209.
- RAMANN, E. 1886 Ueber Bildung und Kultur des Ortsteins. *Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen* 18: 14-39.
- RAY, A. 1959 The effect of earthworms in soil pollen distribution. *J. Oxf. Univ. For. Soc.* 7: 16-21.
- ROBINSON, G. W. 1939 Die Böden; ihre Entstehung, Zusammensetzung und Einteilung. 3. Aufl. Berlin.
- RUDOLPH, K. 1929 Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchungen in Böhmen. *Beih. Bot. Zbl.* 45, II: 1-180.
- RUSSELL, E. J. 1937 Soil conditions and plant growth. 7 ed. London.
- SCAMONI, A. 1950 Waldkundliche Untersuchungen auf grundwassernahen Talsanden. Berlin.
- SCHAEFFER, F. U. 1960 Bodenkunde. Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. I. Teil. Stuttgart.
- P. SCHACHTSCHABEL
Schema voor profielbeschrijving v. d. Sticht. voor Bodemkartering, Wageningen.
- SCHEYS, G., R. DUDAL et 1954 Une interprétation de la morphologie de podzols humo-ferriques. *Trans. Fifth Intern. Congr. Soil Sci. Leopoldville* 4: 274-281.
- L. BAYENS
SCHRÖDER, D. 1934 Eine Calluna-Heide unter der Zuidersee. *Abh. Nat. Ver. Bremen* 29 (Schütte H.): 63-88.

- SCHUBERT, E. 1933 Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. II. Das Gebiet an der Oste und Niederelbe. *Mitt. Provinz. stelle f. Naturdenkmalpfl. Hannover* 4: 1-148.
- SELLE, W. 1940 Die Pollenanalyse von Ortstein-Bleichsandschichten. *Beih. Bot. Zbl. B* 60: 525-549.
- SMITH, H. 1920 Vegetationen och den utvecklings-historia i det centralsvenska högfjällsomradet. Akad. afh. Uppsala. (Uit Erdtman 1921).
- Soil Survey Manual 1951. U.S. Dept. Agricult. Handbook No. 18. Washington.
- STOUTJESDIJK, PH. 1959 Heaths and inland dunes of the Veluwe. *Wentia* 2.
- TAMM, O. 1950 Northern coniferous soils. Oxford.
- TRAUTMANN, W. 1952 Pollenanalytische Untersuchungen über die Fichtenwälder des Bayerischen Waldes. *Planta* 41: 83-124.
- 1957 Bibliographie zum Problem Pflanzensoziologie und Pollenanalyse (Palynologie). *Mitt. florist.-soz. Arb. gemeinsch. N. F., H6/7*: 362-368. Stolzenau/Weser.
- TÜXEN, R. 1937 Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. *Mitt. florist.-soz. Arb. gemeinsch. Niedersachsen* 3: 1-170.
- u. H. DIEMONT 1936 Weitere Beiträge zum Klimaxproblem des westeuropäischen Festlandes. *Veröff. Naturwiss. Ver. Osnabrück* 23: 131-184.
- VERMEER-LOUMAN, G. G. 1934 Pollenanalytisch onderzoek van den West-Nederlandschen bodem. Diss. Amsterdam.
- WASMUND, E. 1931 Pollenregen auf ostholsteinischen Seen und seine Bedeutung für die Pollenanalyse. *Zbl. Miner., Geol. u. Paläont. B (Sonderdruck)*: 637-648.
- WASSINK, E. C. 1934 Pollenanalyse van zandafzettingen. *Vakbl. v. Biol.* 15: 171-176.
- WATERBOLK, H. T. 1954 De praehistorische mens en zijn milieu. Diss. Groningen.
- WELTEN, M. 1958 Pollenanalytische Untersuchungen alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. *Veröff. Geobot. Inst. Rübél* 33: 253-274.
- WERTH, E. und M. KLEMM 1936 Pollenanalytische Untersuchung einiger wichtiger Dünenprofile und submariner Torfe in Norddeutschland. *Beih. Bot. Zbl. B* 55: 95-158.
- ZAGWIJN, W. H. Z. 1956 Tubantien: Stratigrafie en periglaciale verschijnselen. In: *Geologische geschiedenis van Nederland*: 100-102. Uitg. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. en Geol. Stichting.
- en A. J. PANNEKOEK 1956 Holoceen. Inleiding. *Id.*: 111-113.
- ZANDER, E. 1937 Beiträge zur Herkunftbestimmung bei Honig. Bd II. Pollengestaltung und Herkunftbestimmung bei Blütenhonig. Leipzig.
- ZEIST, W. VAN 1955 Pollen analytical investigations in the northern Netherlands. *Acta Bot. Neerl.* 4: 1-80.
- ZINDEREN BAKKER, E. M. v., 1948 Palynologisch en stratigrafisch onderzoek van Veluwe venen. *T. Kon. Ned. Aardr. Gen.* 65: 174-192.

FOTO'S EN POLLENDIAGRAMMEN
EN -TABELLEN

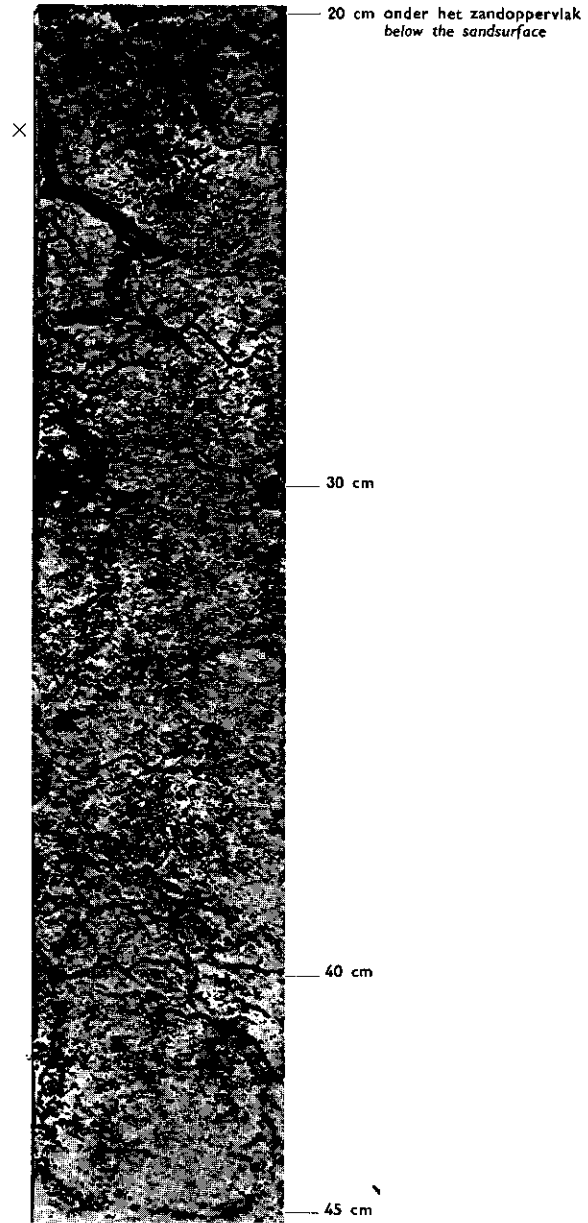


FIG. 5. Profiel Staphorst II. Gangenstelsel van *Halictus*; bij X is de graaf bij aangetroffen
Profile Staphorst II. System of Halictus burrows; the digger bee was found at X

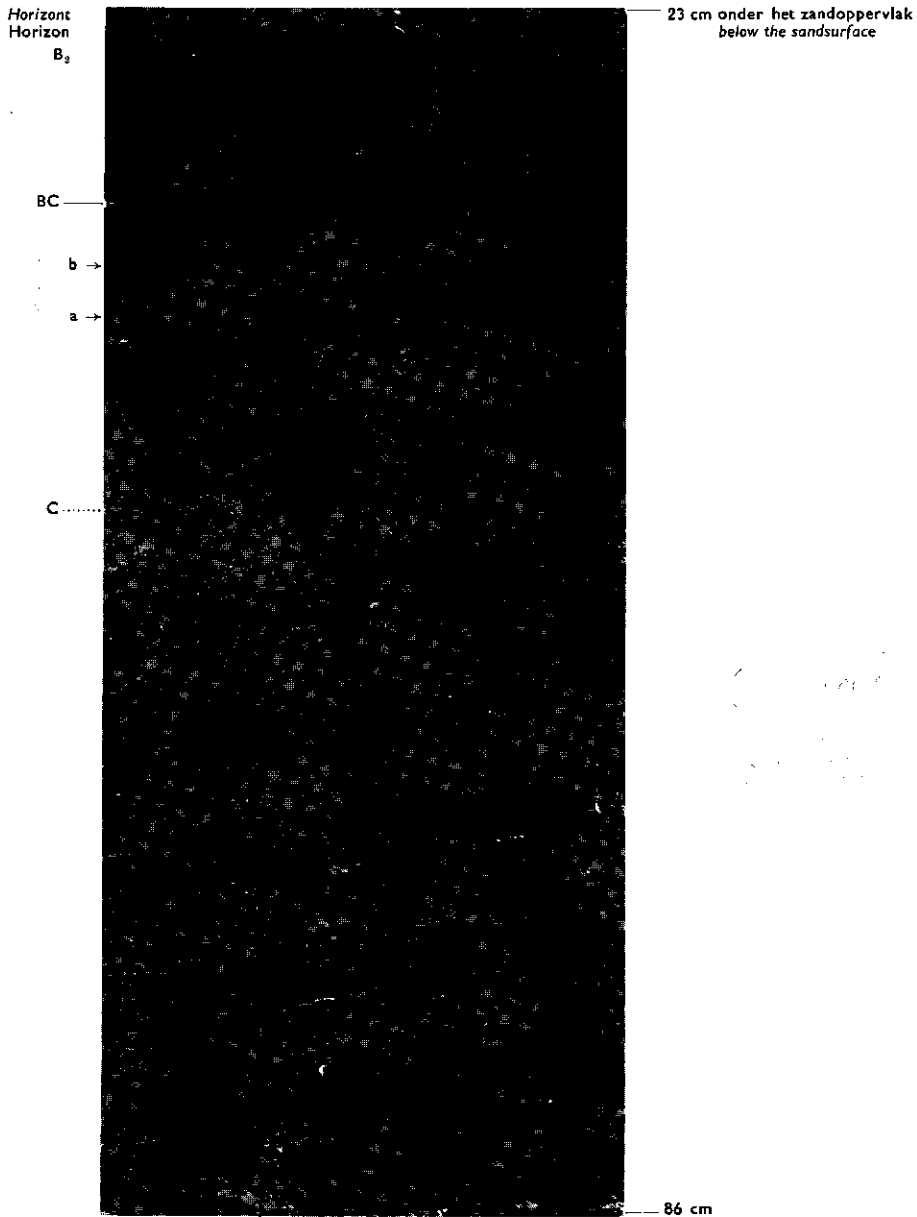


FIG. 6. Profil Delfzijl III
Profil Delfzijl III

- a. Niveau waarboven de oorspronkelijke gelaagdheid van het dekzand geheel is verdwenen
Level above which the original stratification of the cover sand has totally disappeared
- b. Onderzijde van het pollenprofiel
Bottom of the pollen profile

—	Duidelijke	} overgang tussen twee profielhorizonten <i>transition between two profile horizons</i>
.....	Vage	
.....	Vage	

Horizont
Horizon
A₂

11 cm onder het zandoppervlak
below the sand surface

b →
B
a →

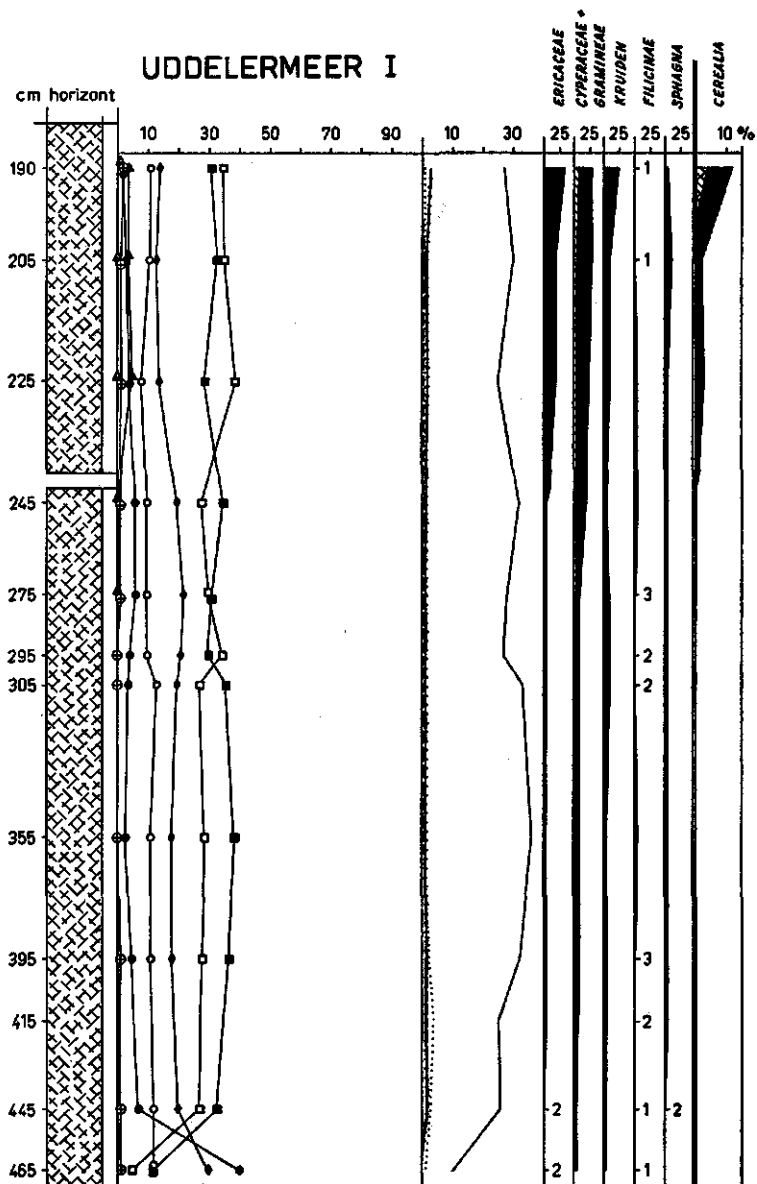
C

84 cm

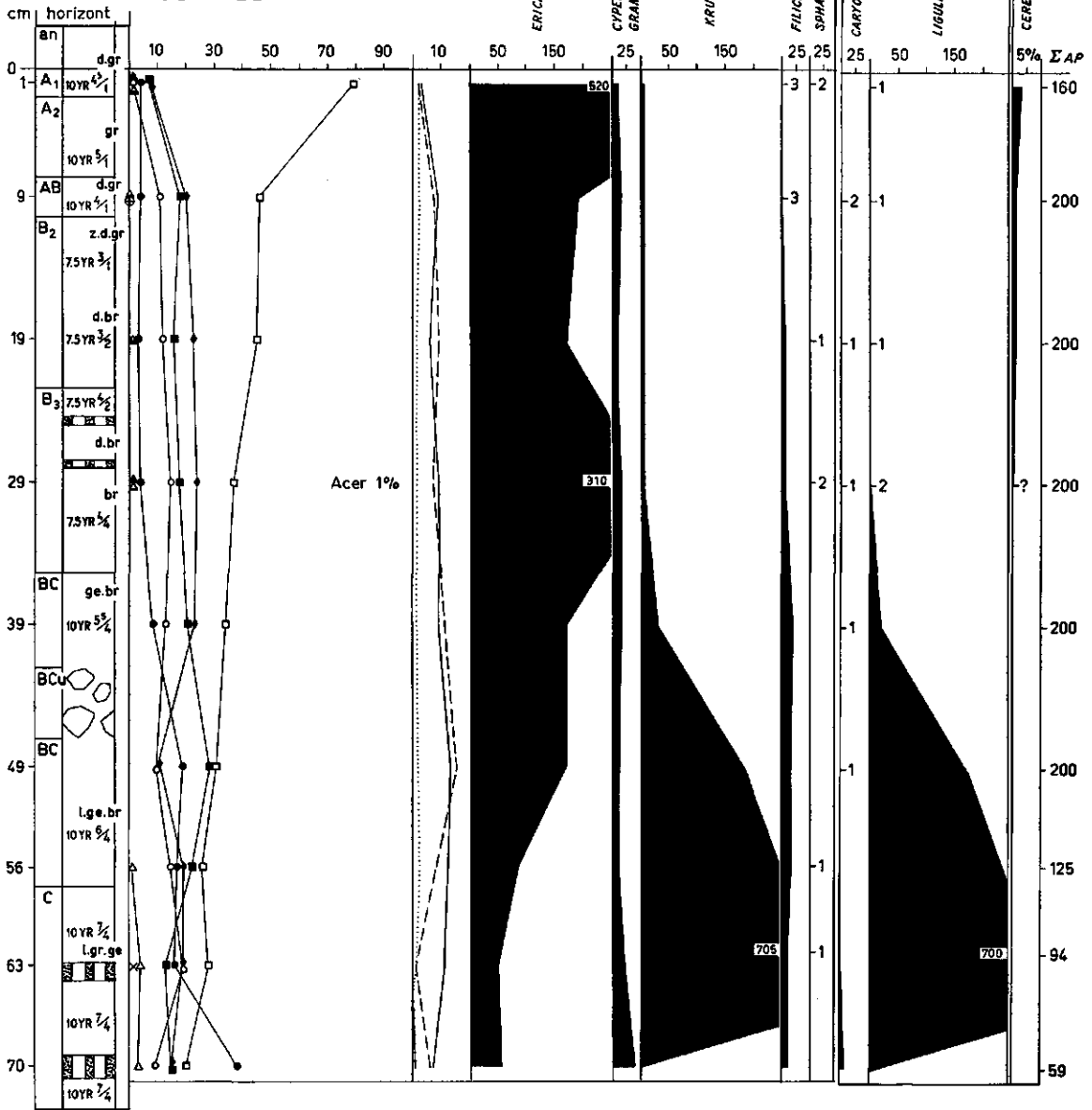
FIG. 7. Profiel Delfzijl IV
Profile Delfzijl IV

a }
b } zie fig. 6
..... } see fig. 6

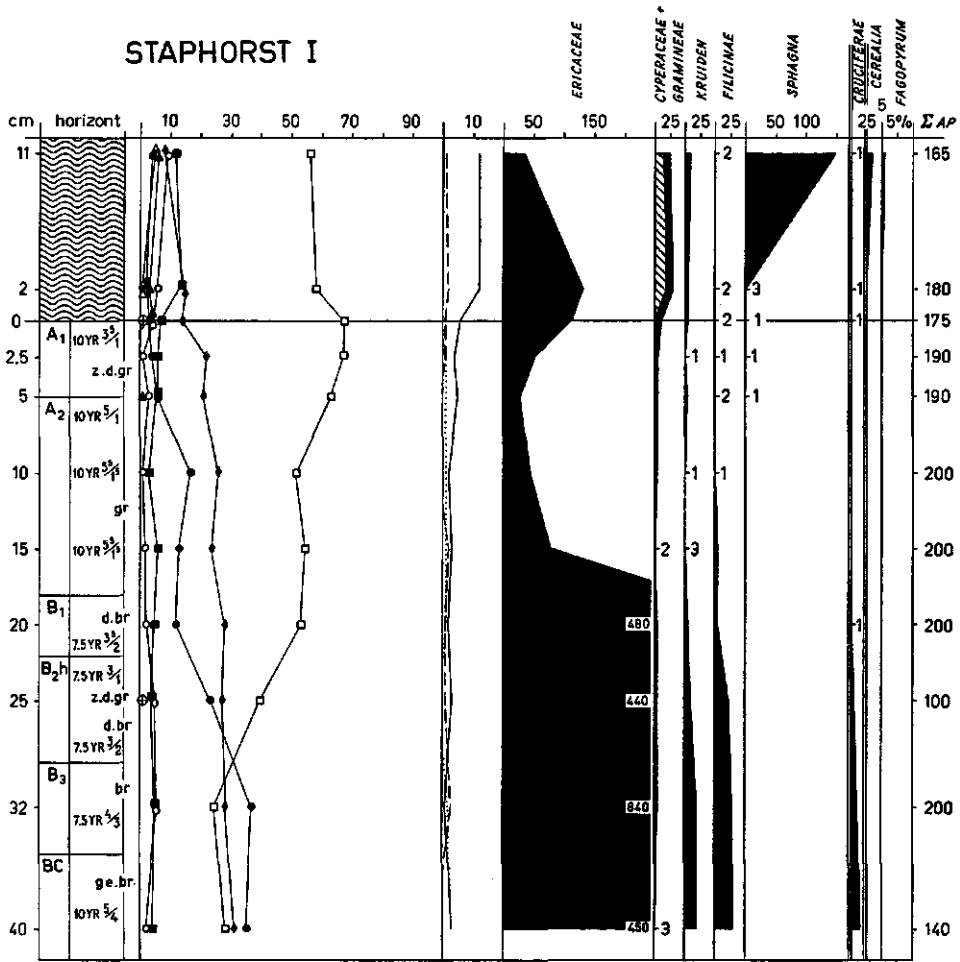
UDDELERMEER I



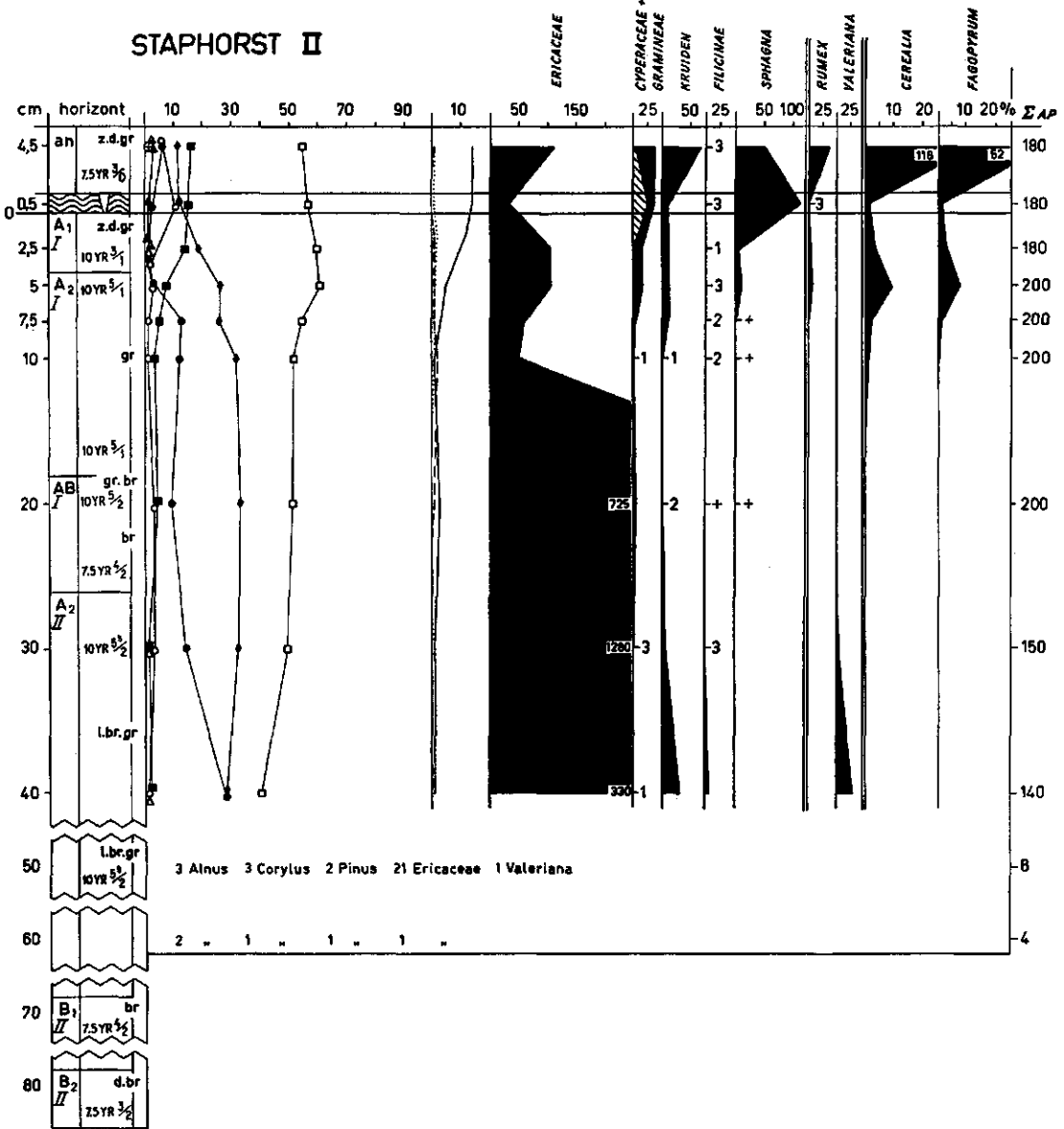
UDDELERMEER II



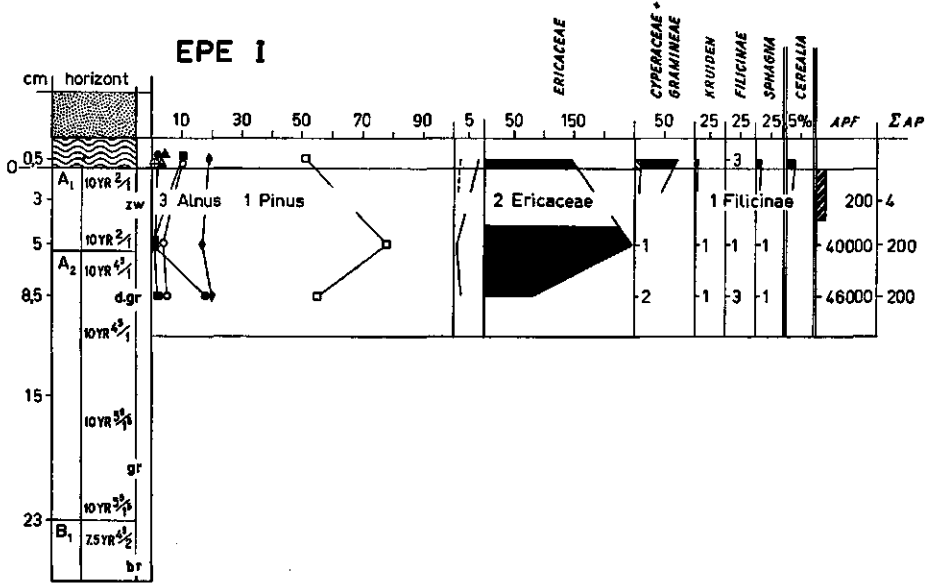
STAPHORST I



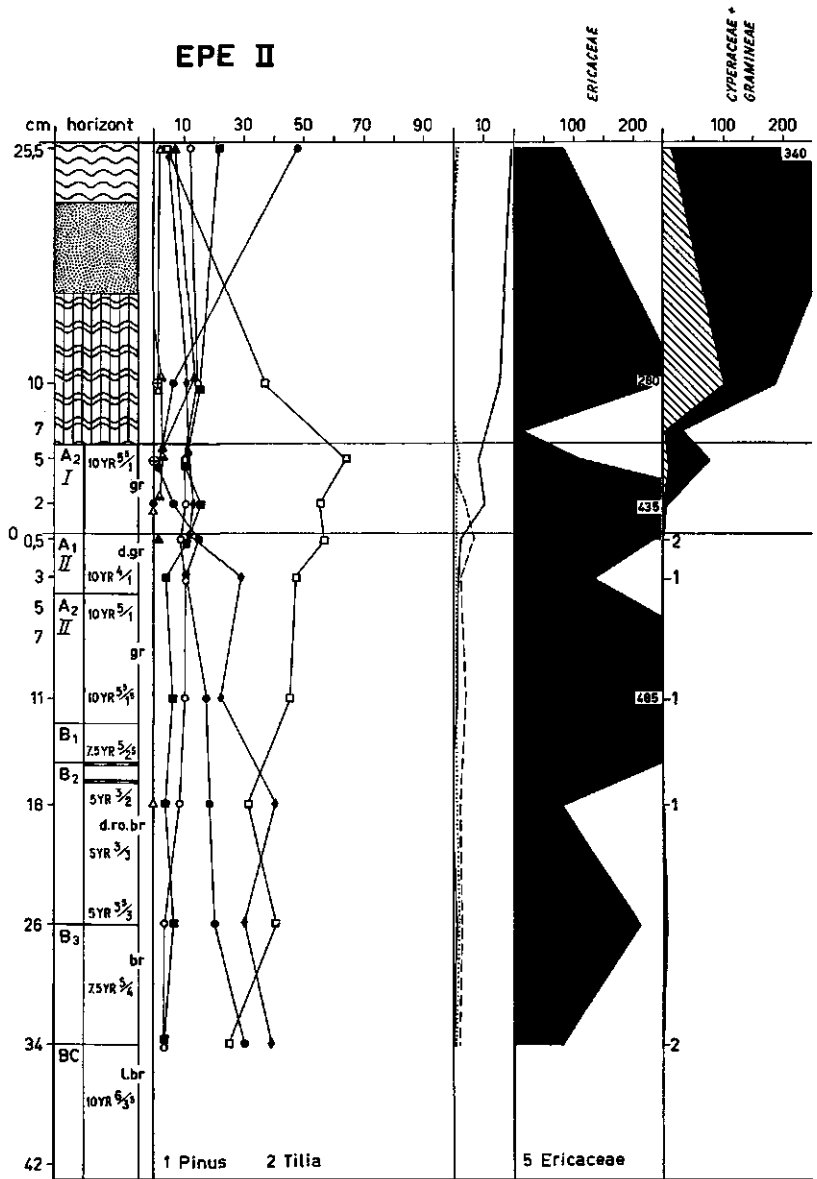
STAPHORST II

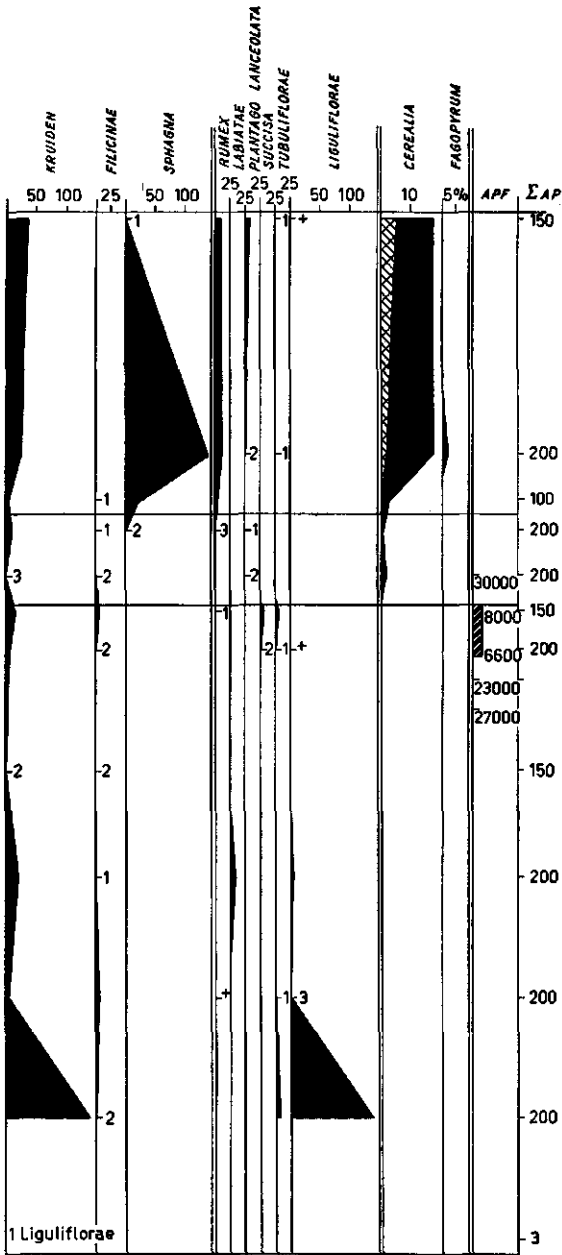


EPE I

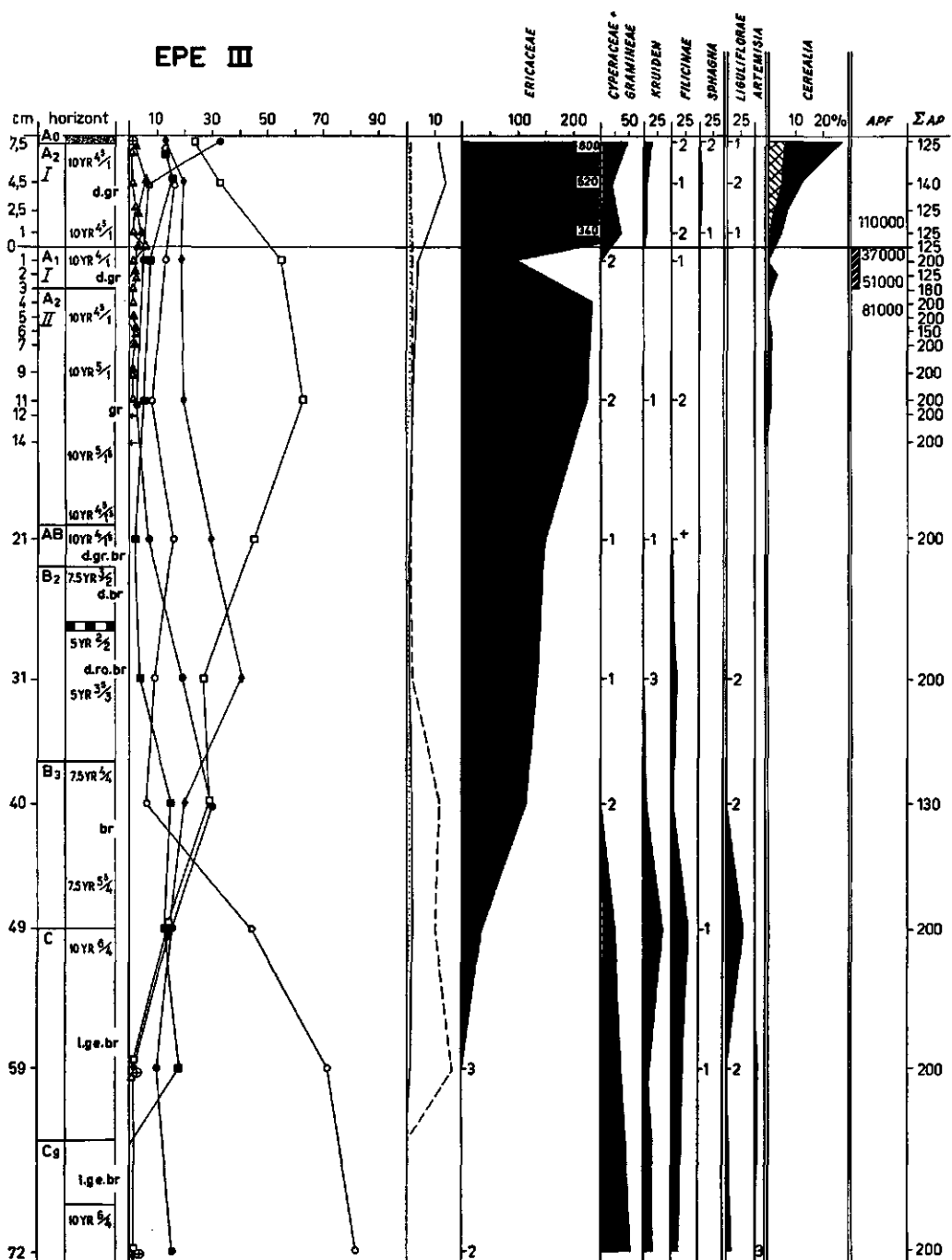


EPE II

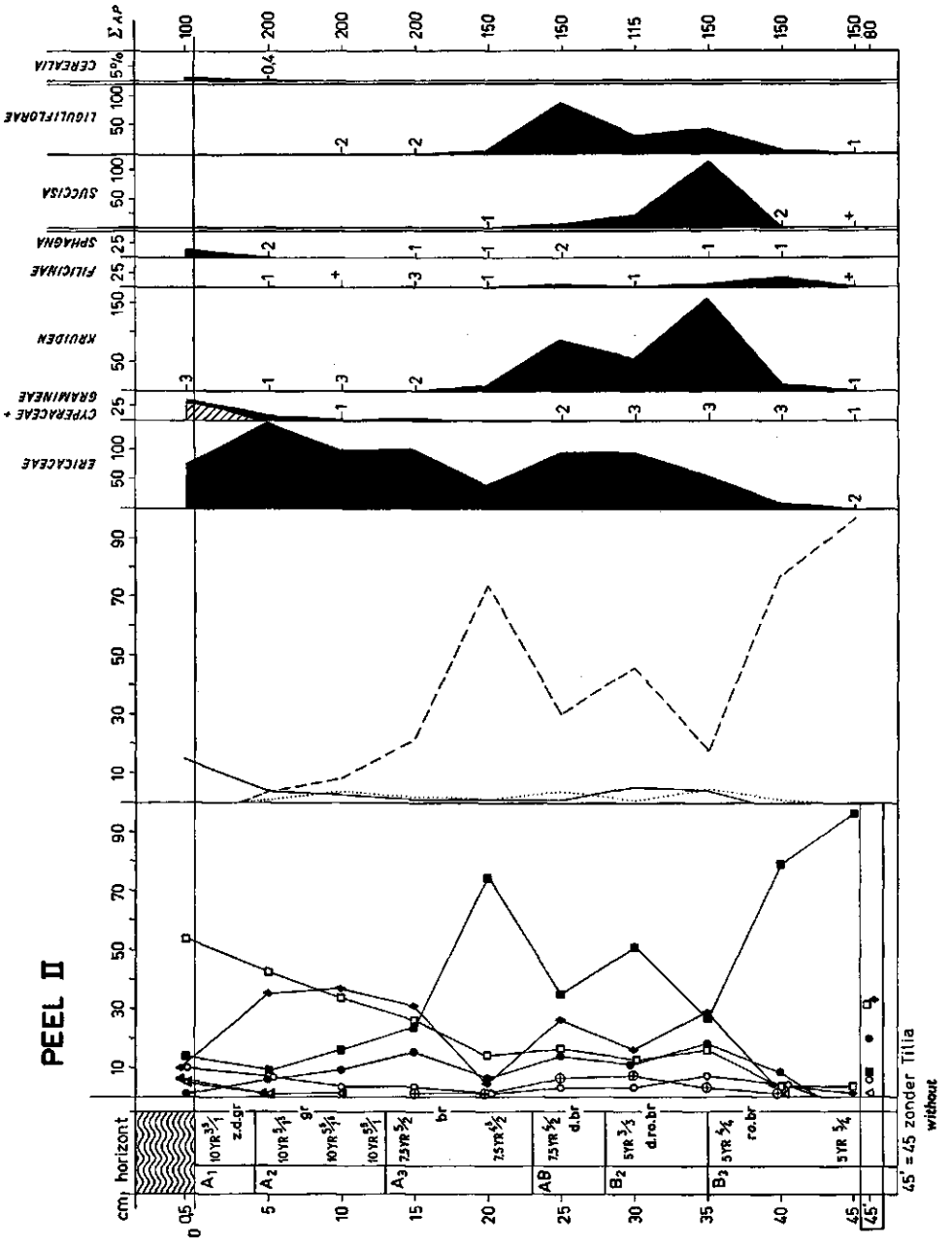




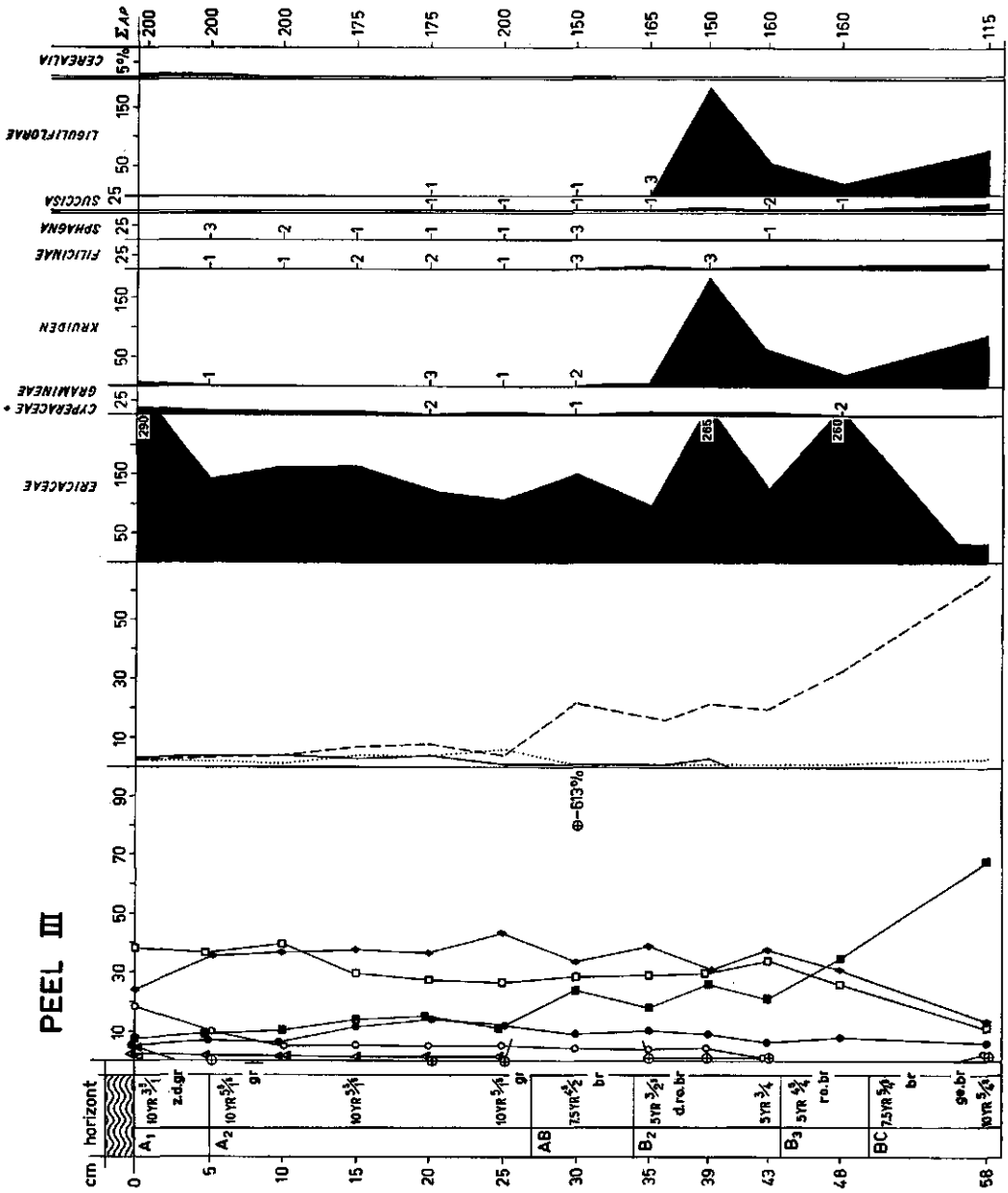
EPE III



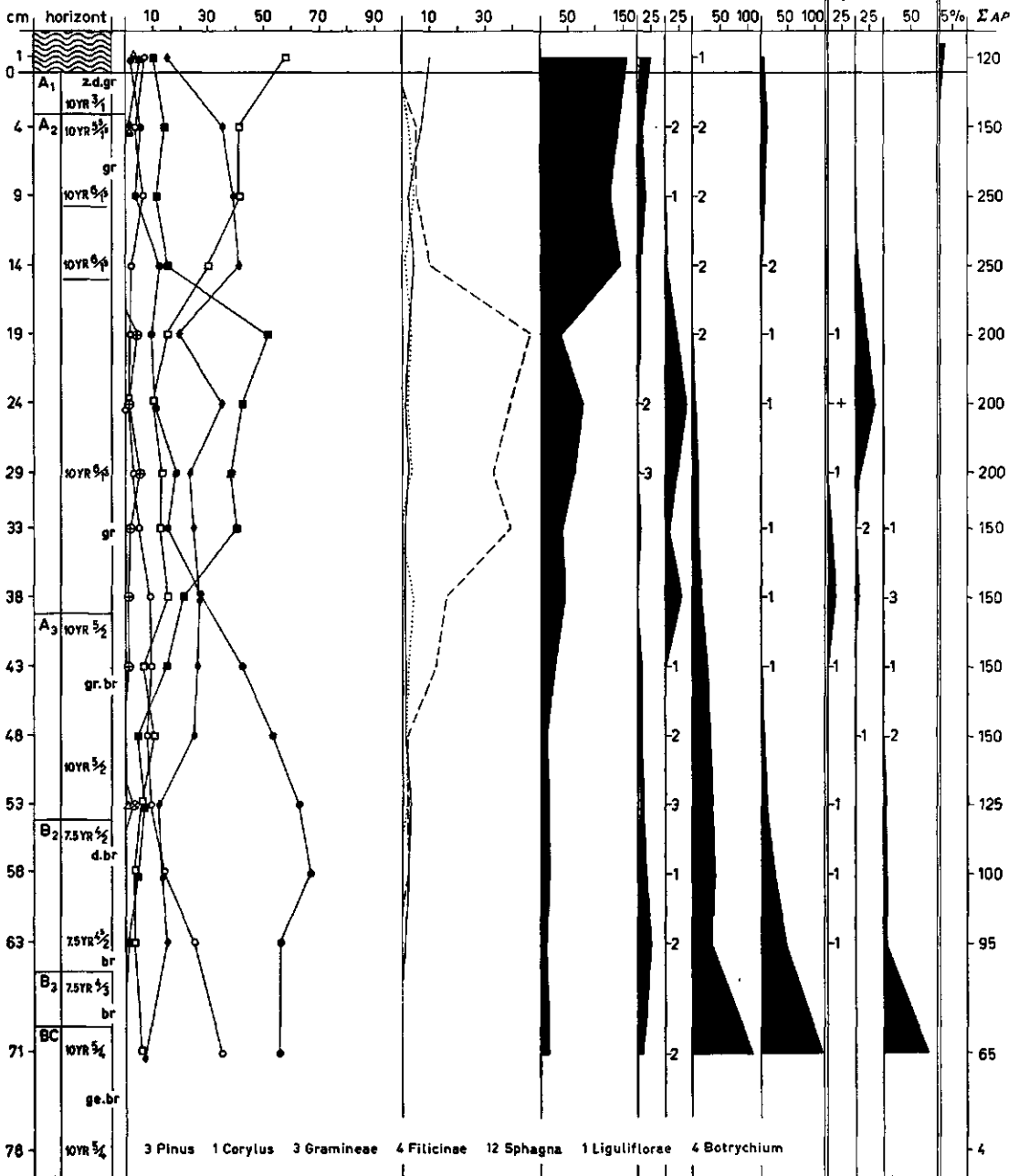
← geen Fagus; geen Carpinus
no " ; no "



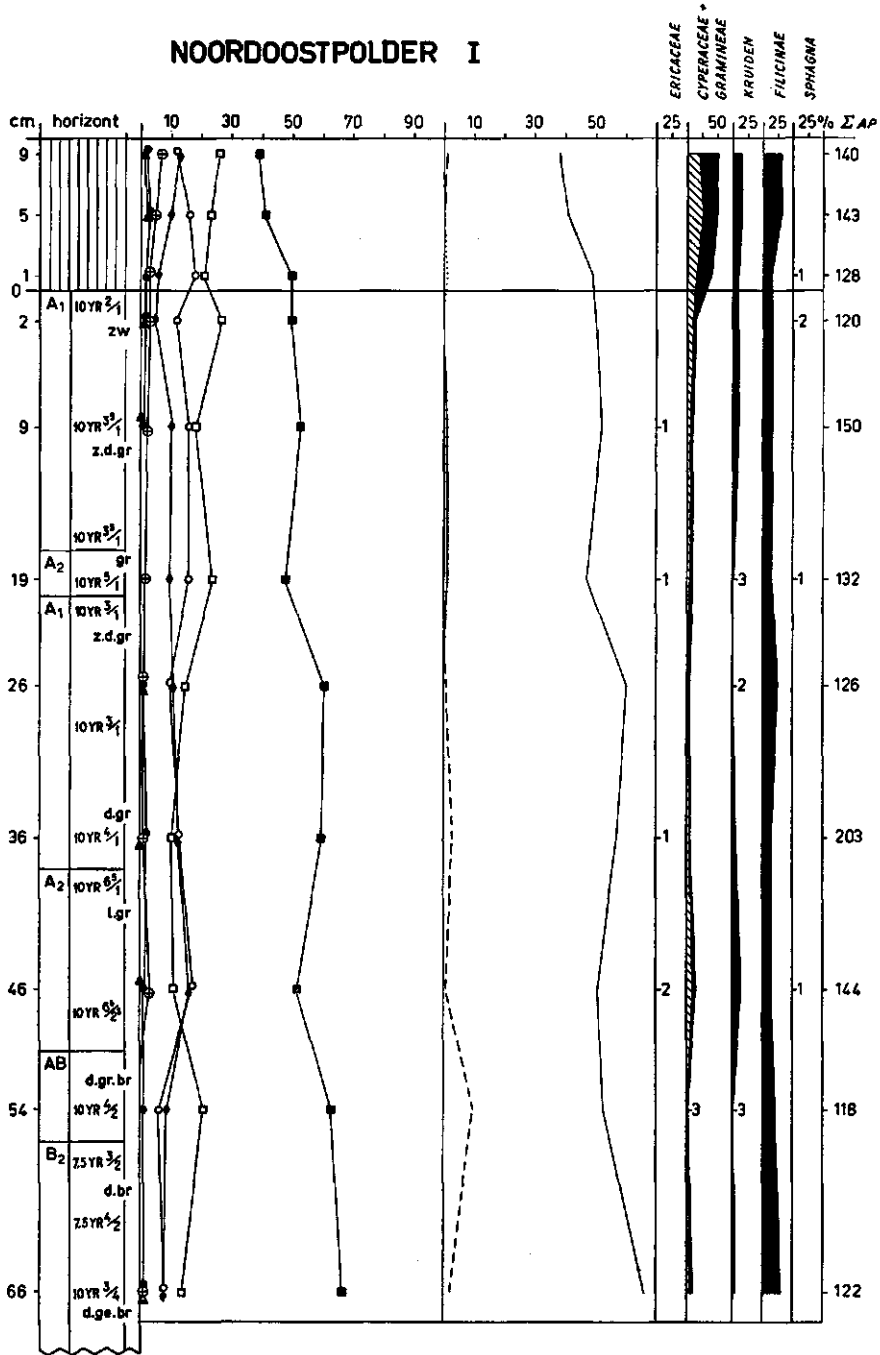
PEEL III



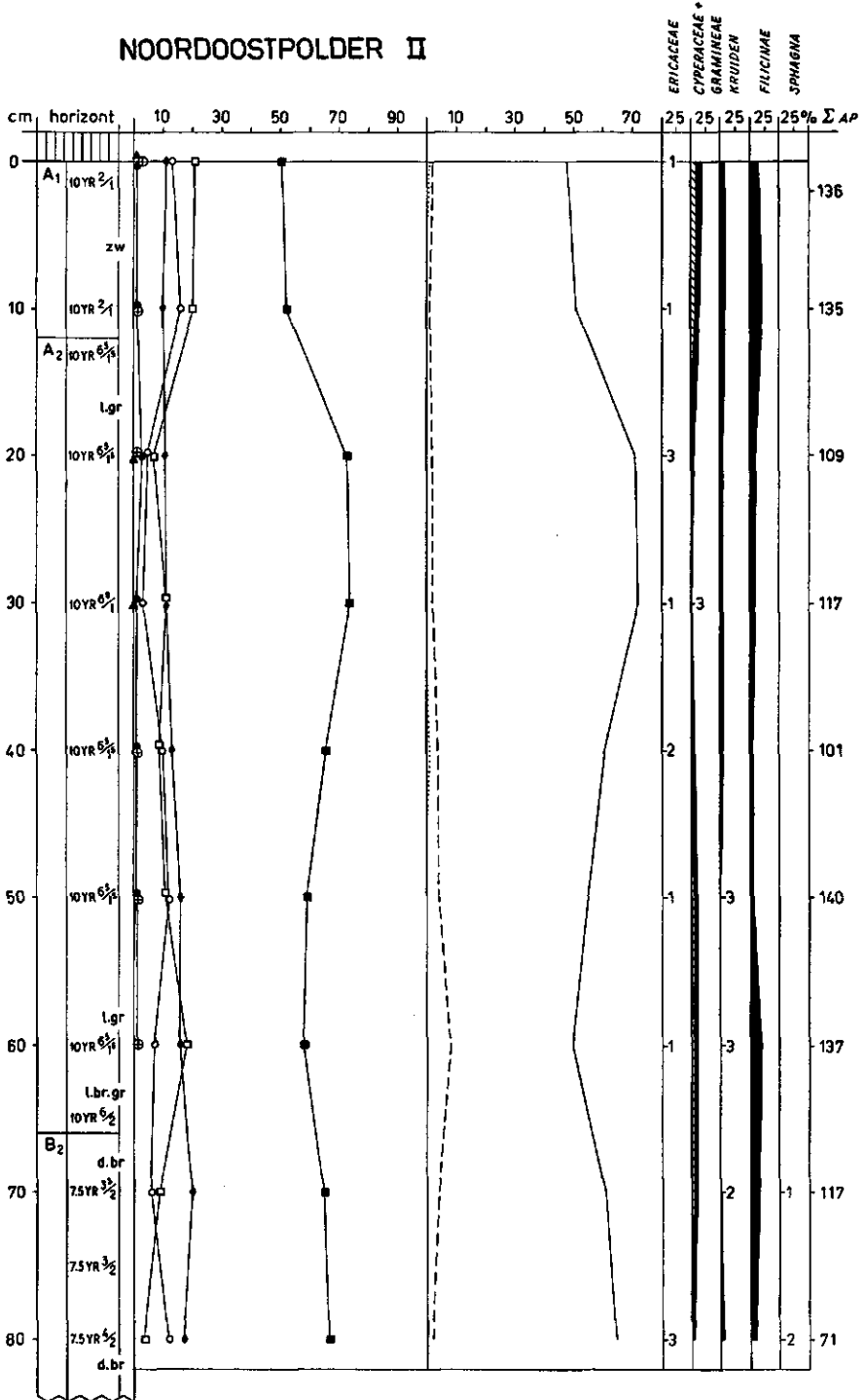
PEEL IV



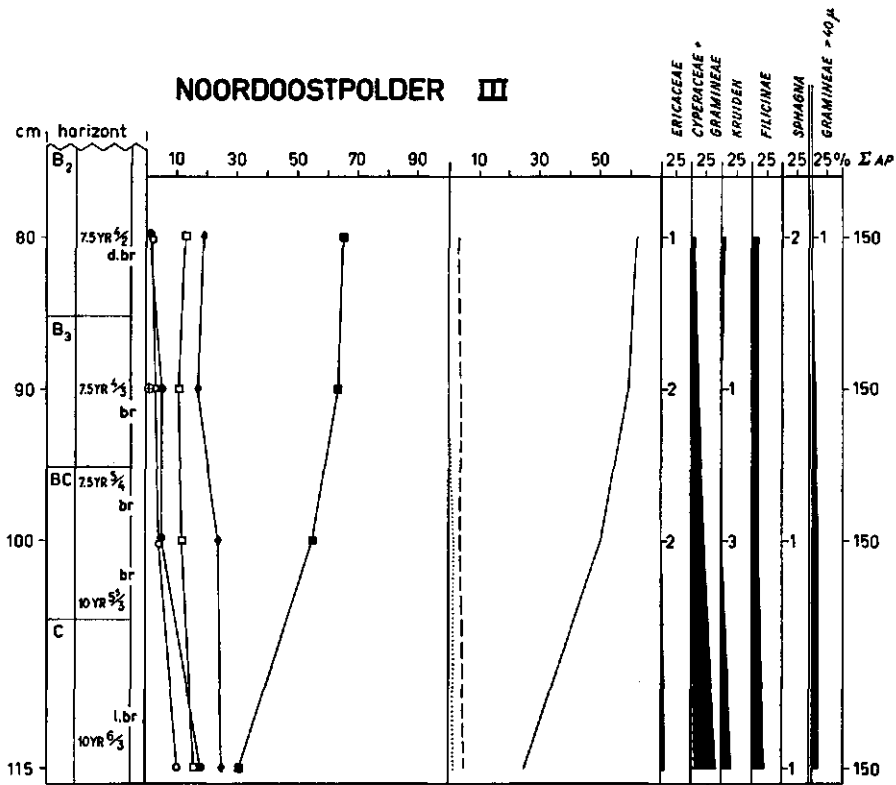
NOORDOOSTPOLDER I



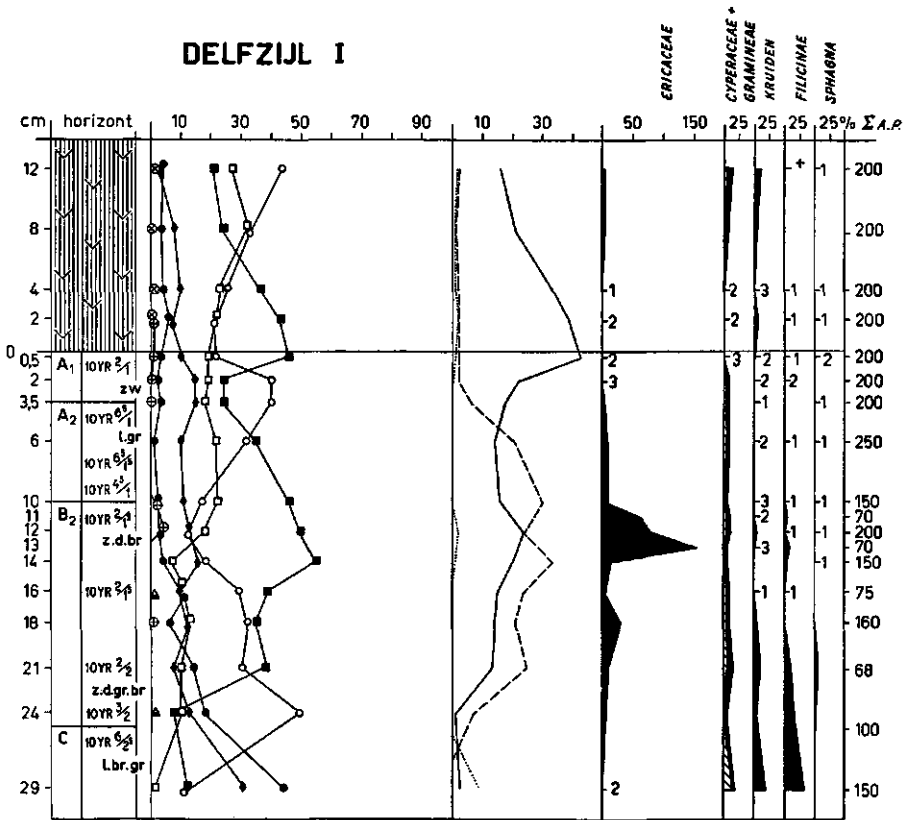
NOORDOOSTPOLDER II



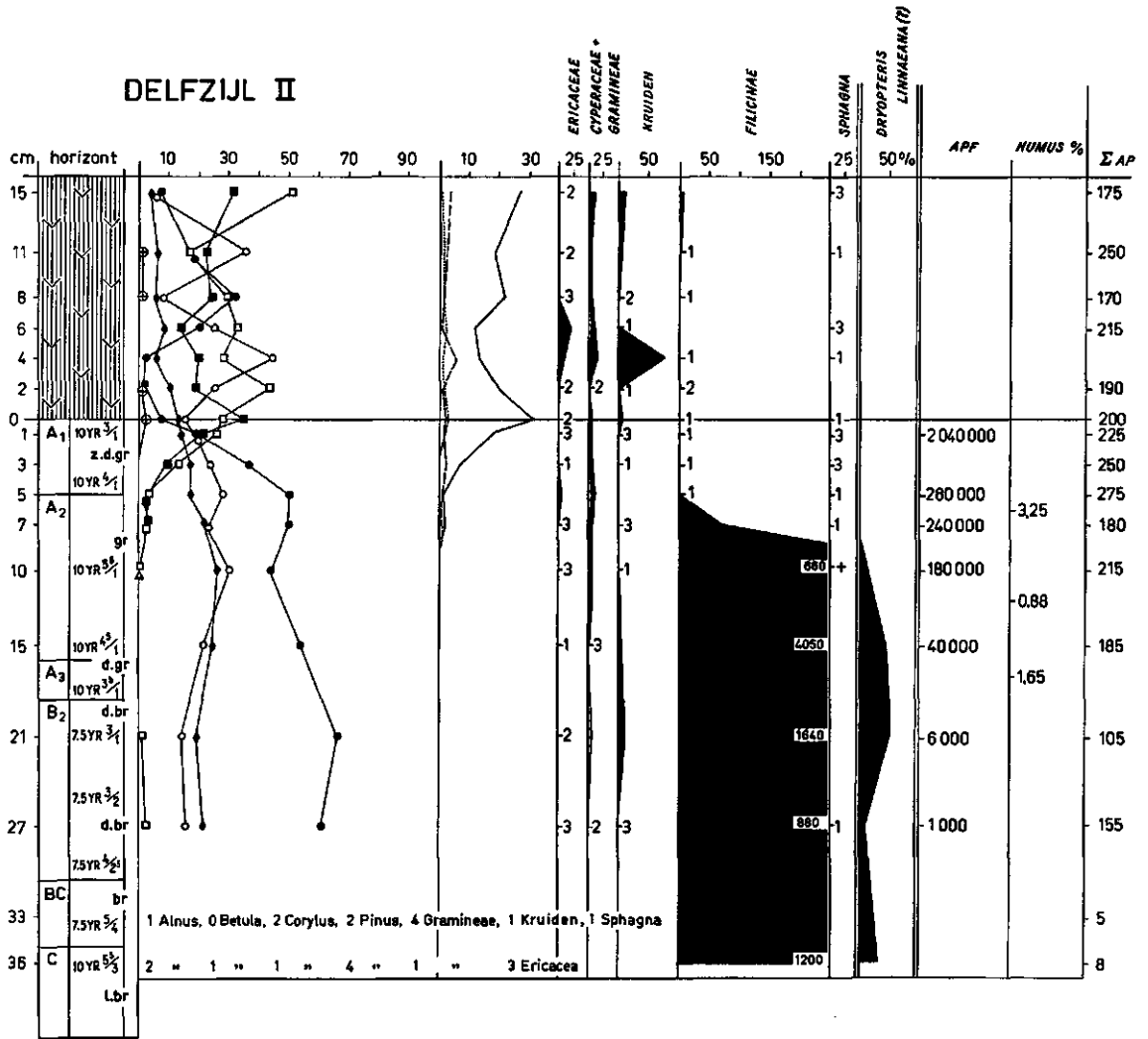
NOORDOOSTPOLDER III



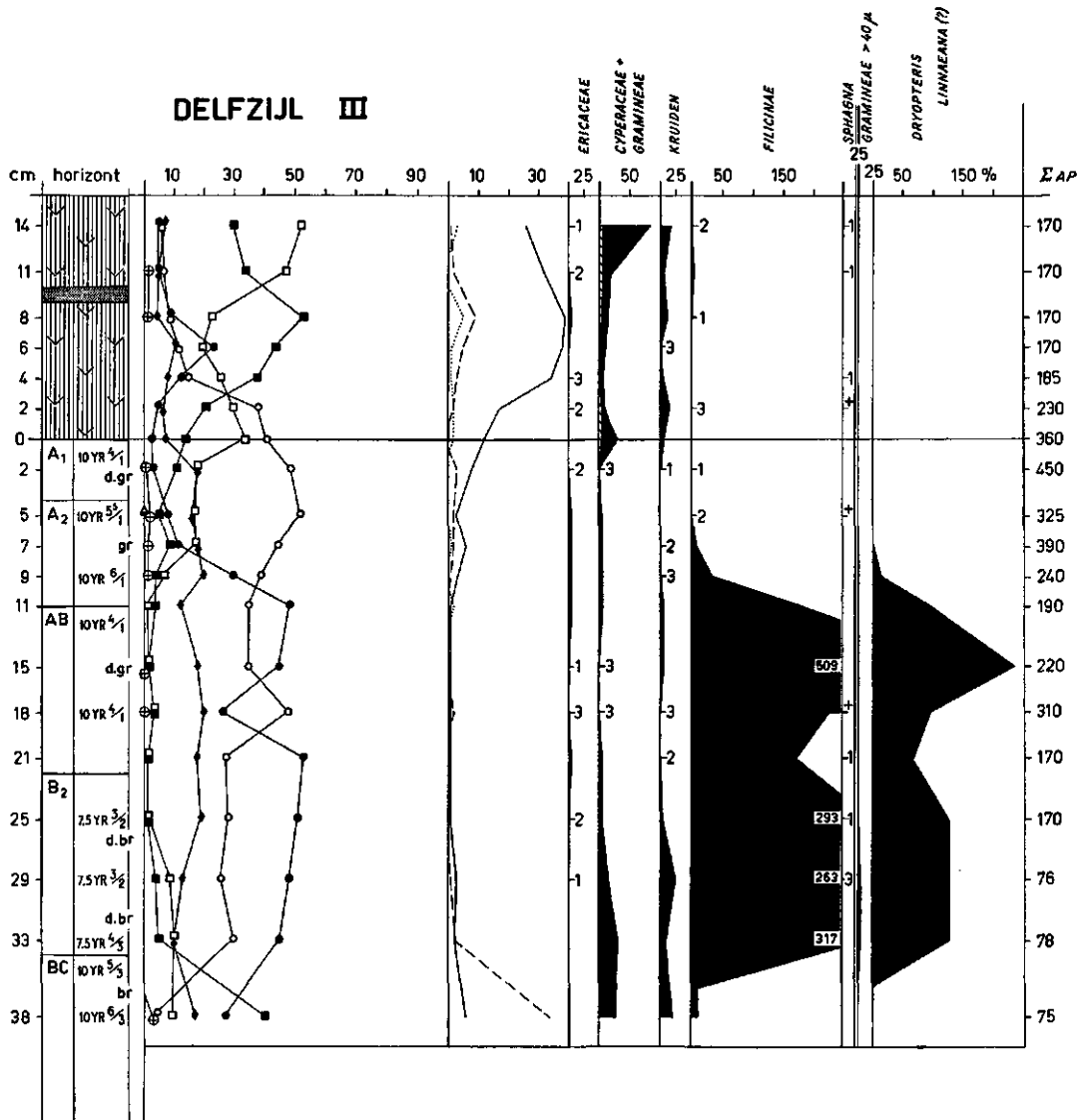
DELFIJL I



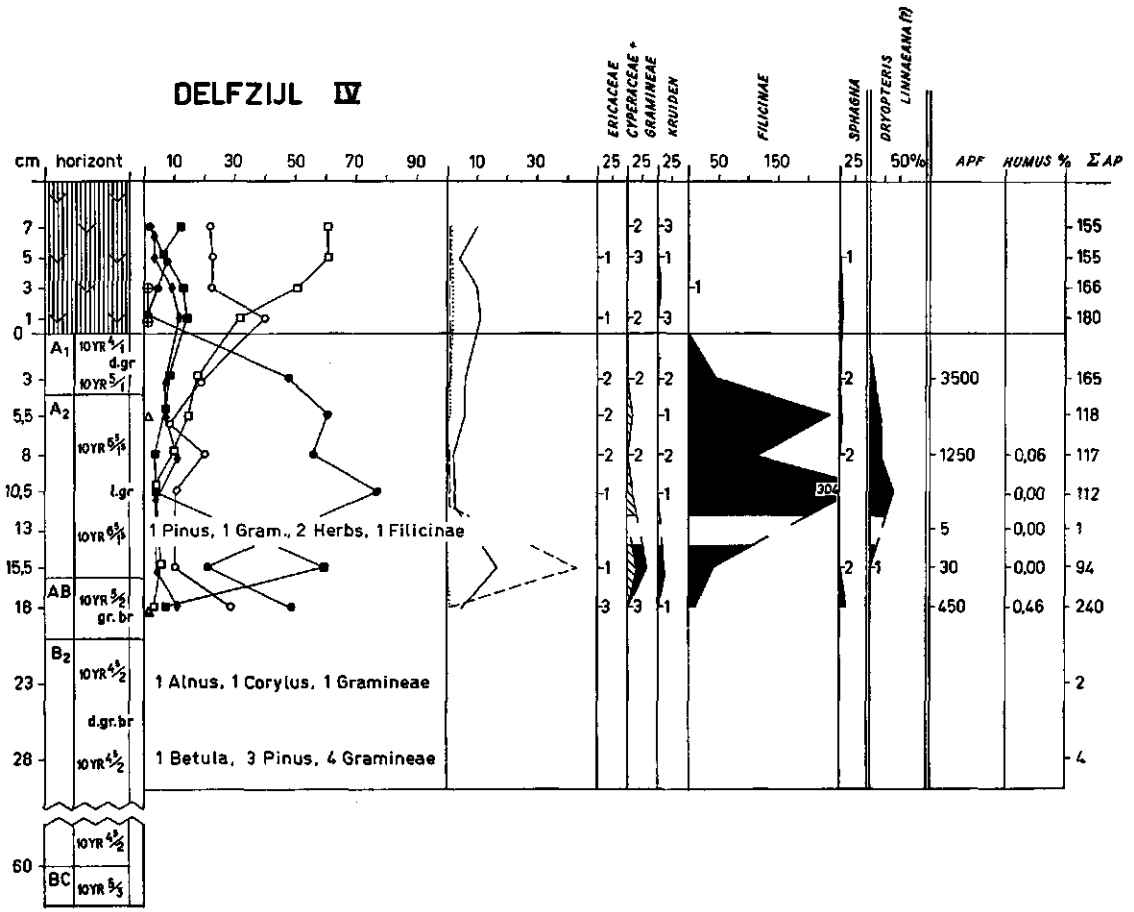
DELFIJL II



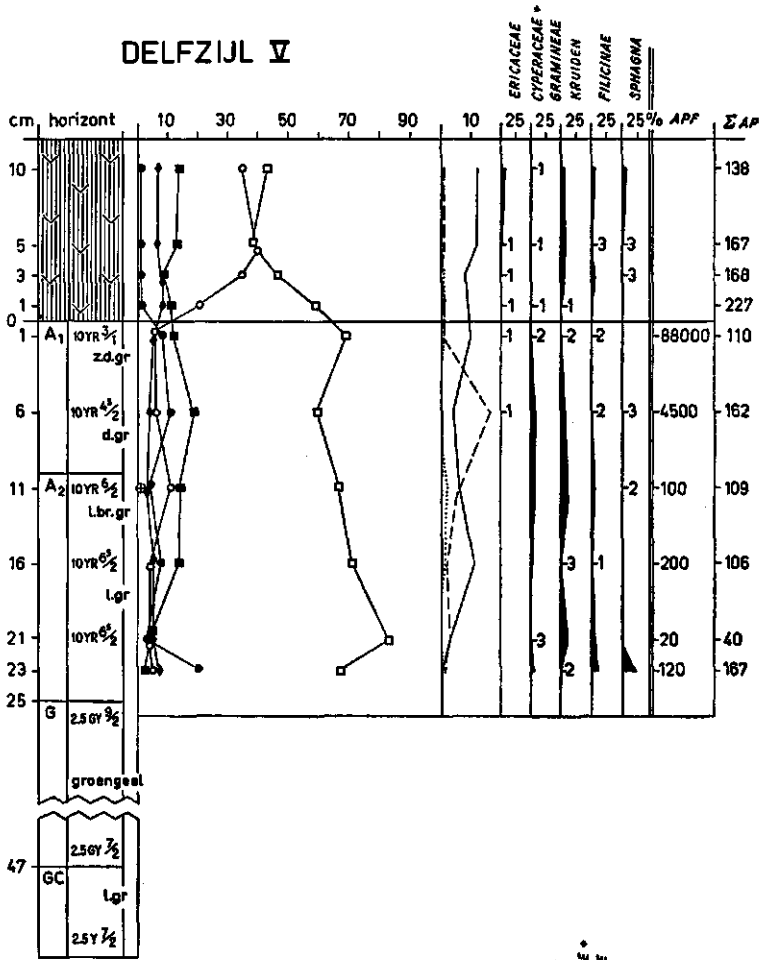
DELFIJL III



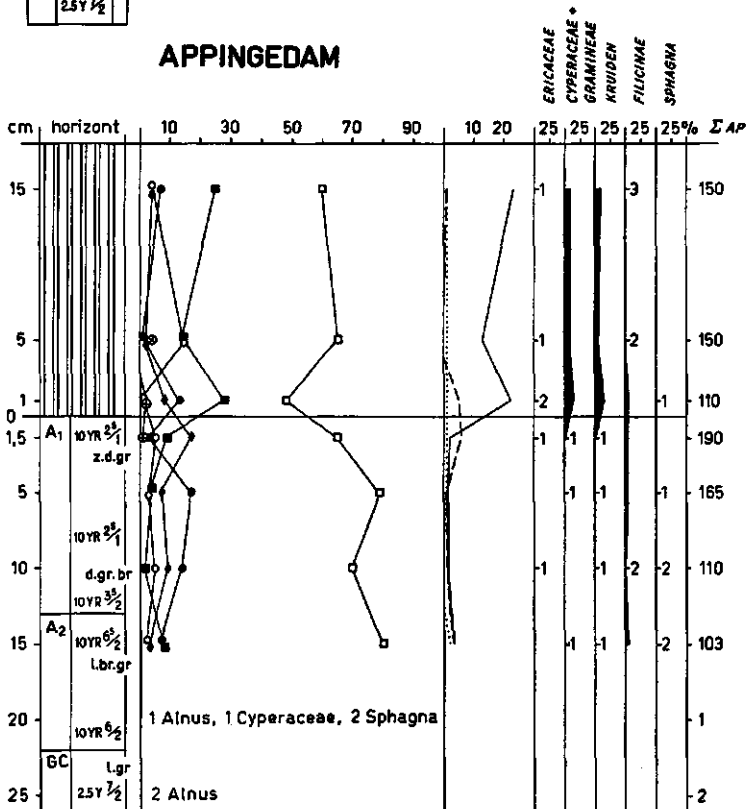
DELFIJL IV



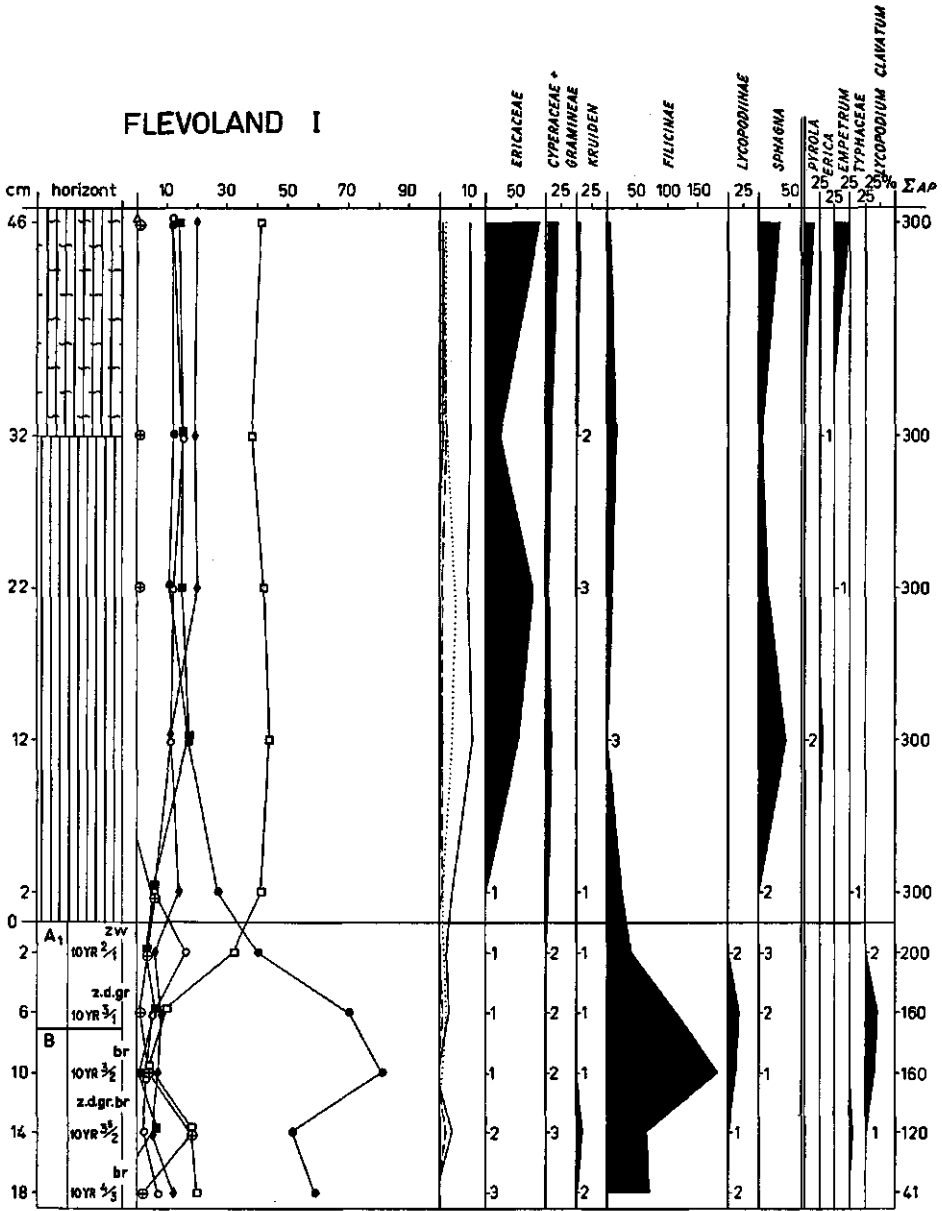
DELFIJL V



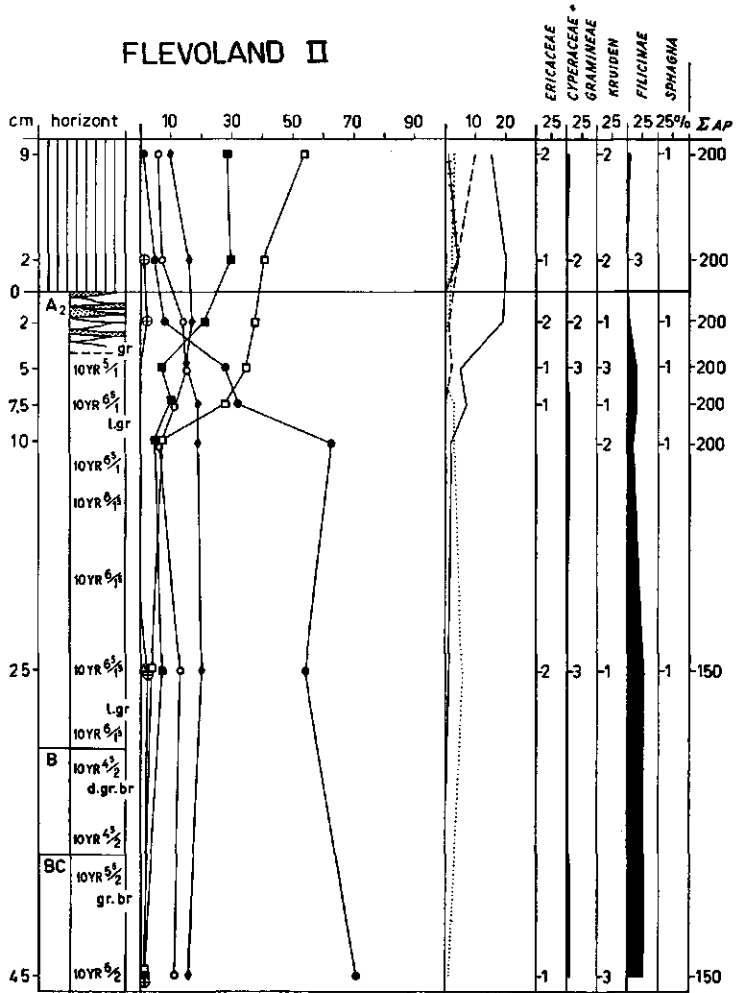
APPINGEDAM



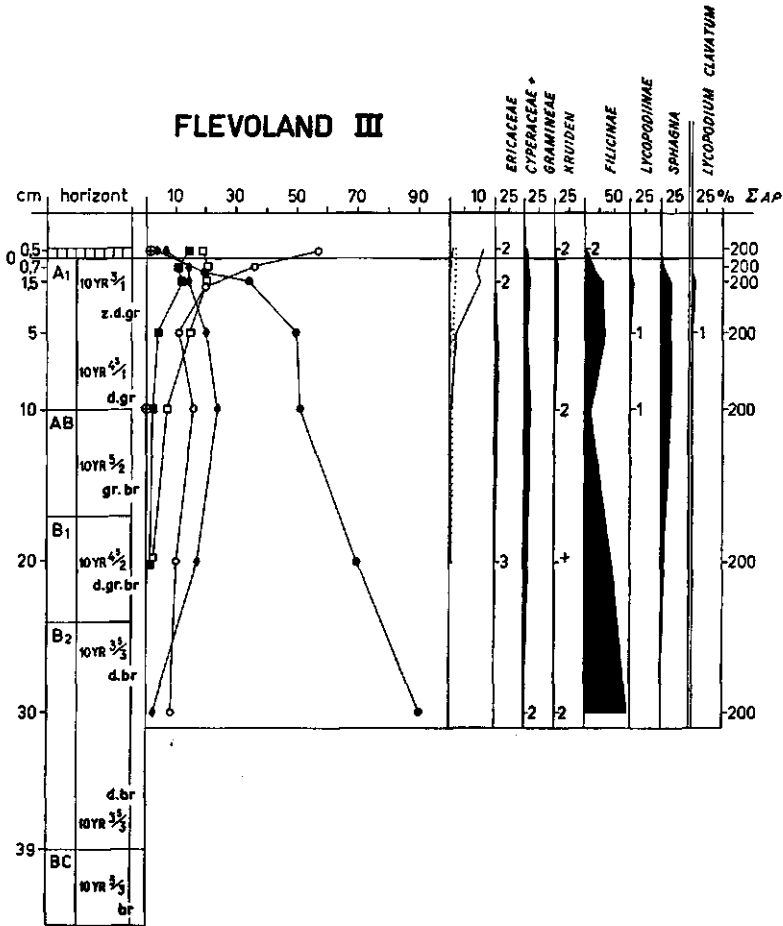
FLEVLAND I



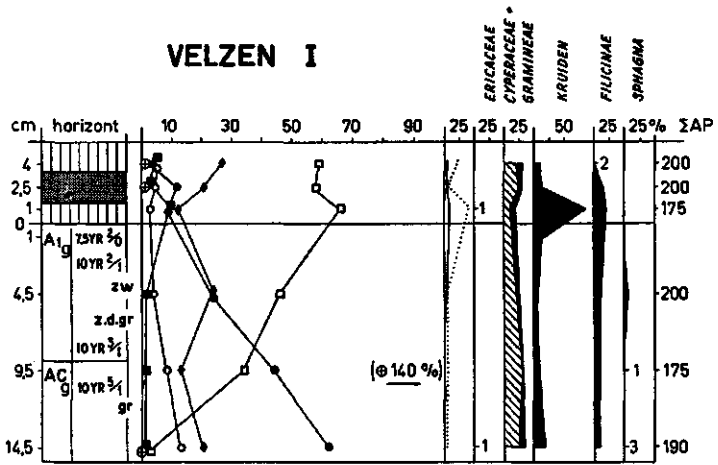
FLEVLAND II



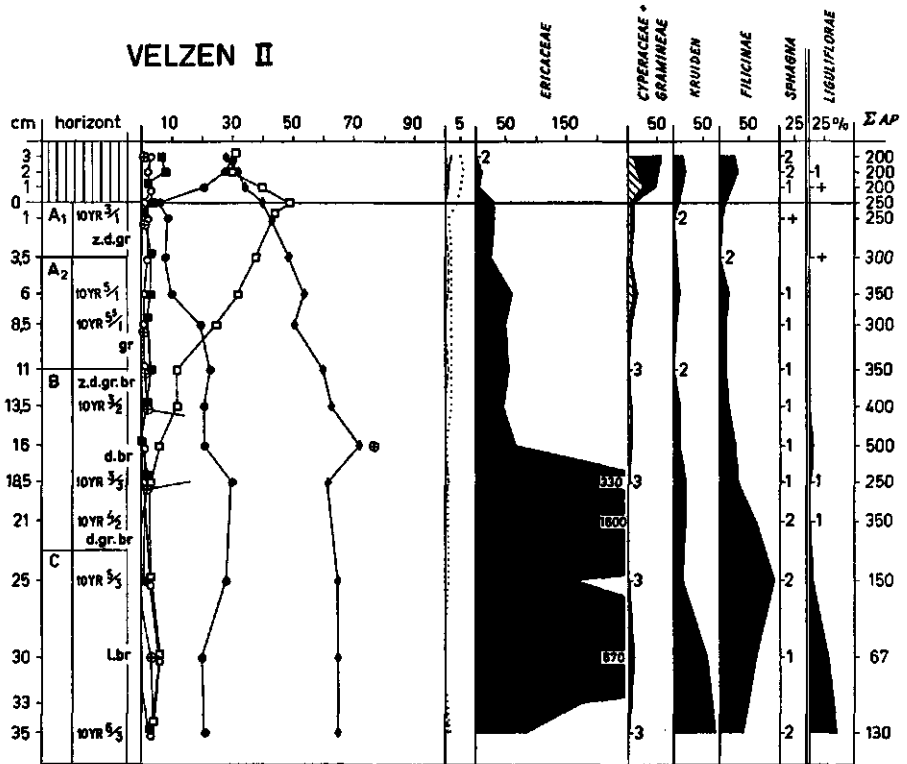
FLEVLAND III



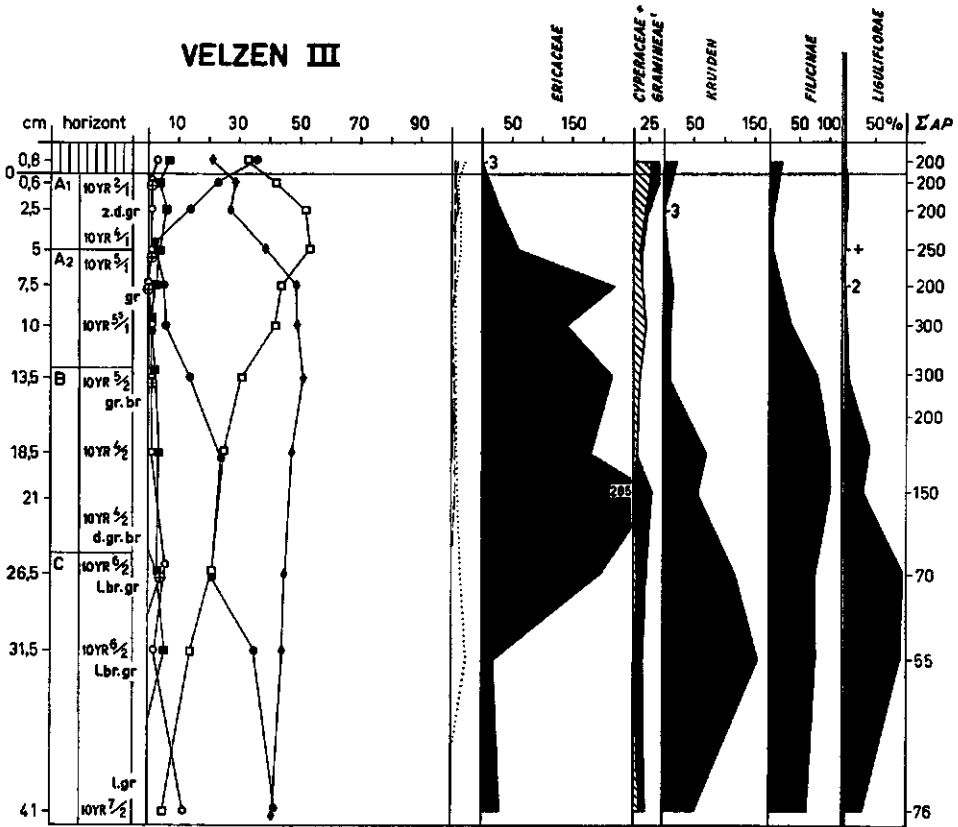
VELZEN I



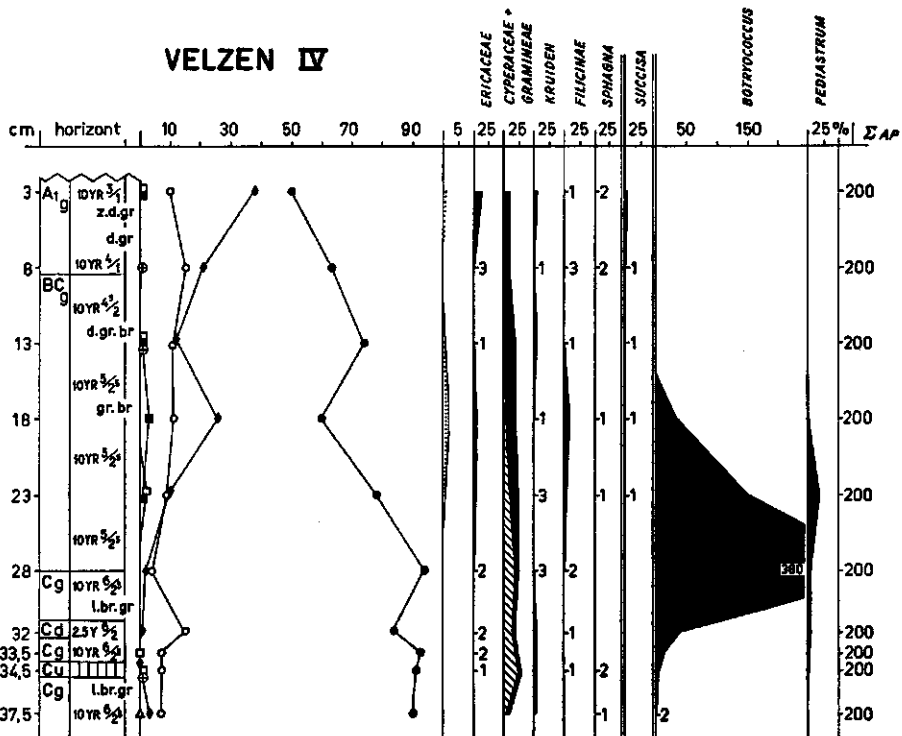
VELZEN II



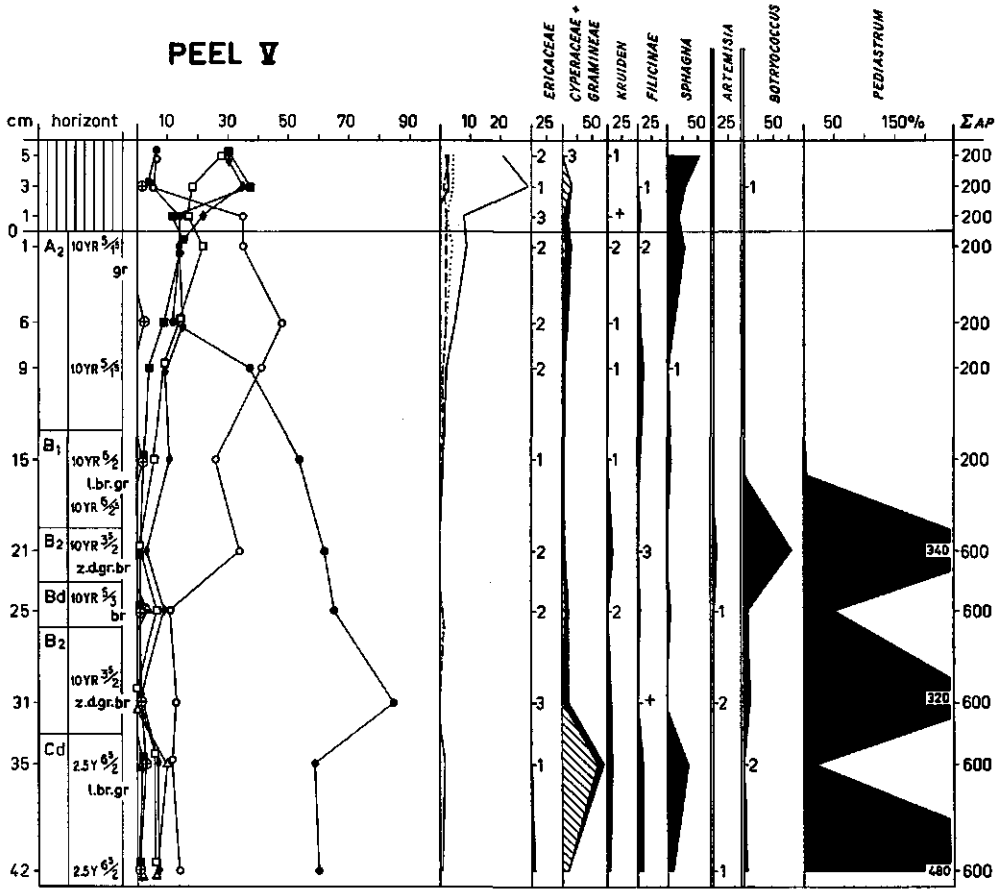
VELZEN III



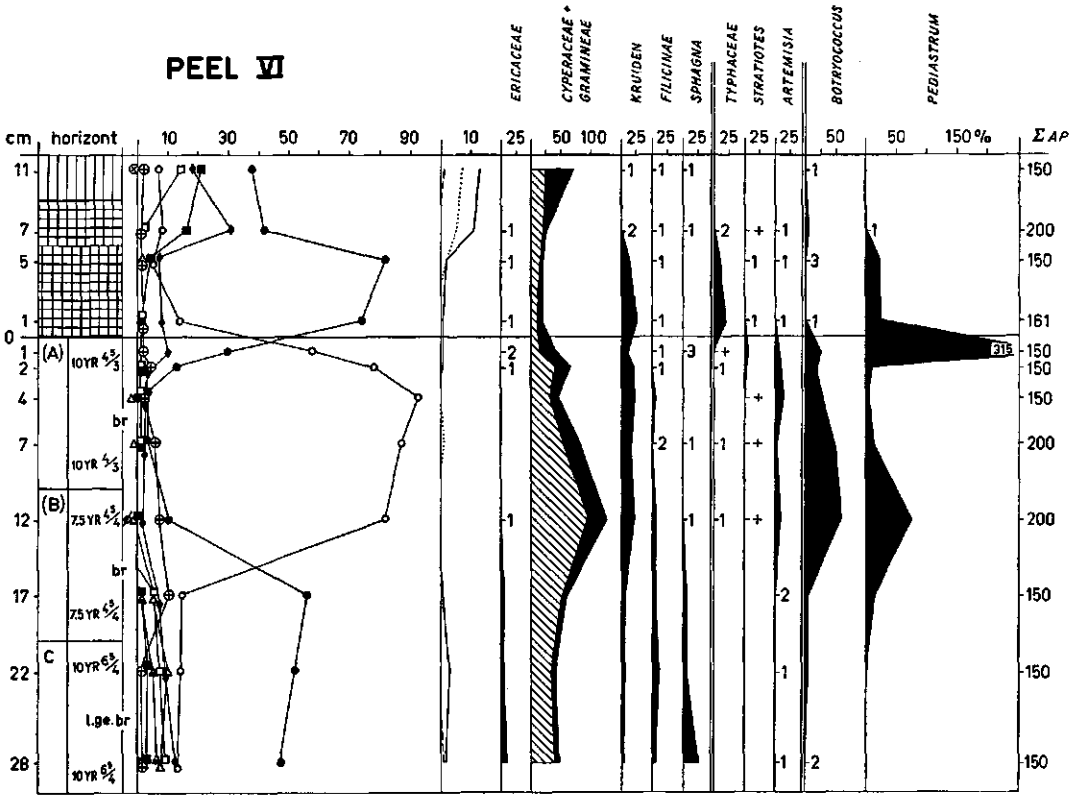
VELZEN IV



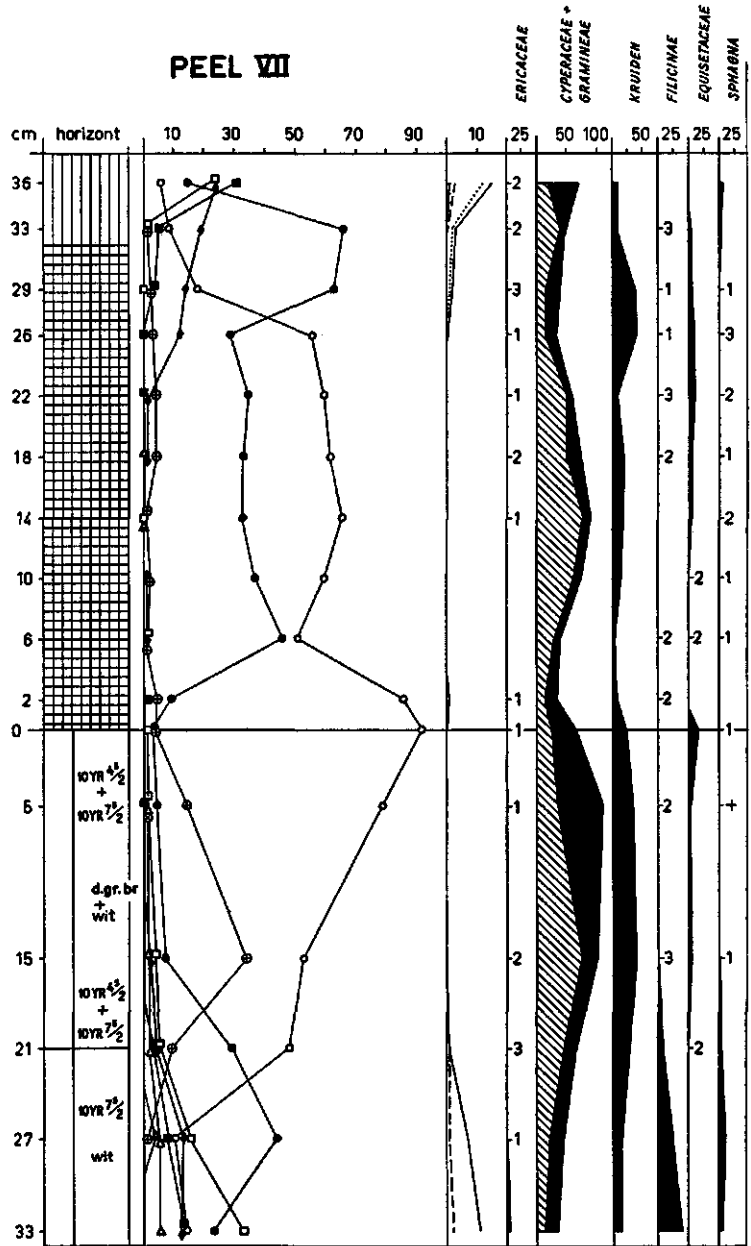
PEEL V



PEEL VI



PEEL VII



TABEL XIV. Plantesoorten die wegens geringe frekwentie niet in de pollendiagrammen zijn opgenomen
 TABLE XIV. *Plant species which are not calculated in the pollen diagrams on account of low frequency*

UDDERMEER II

cm	Chenopodiaceae	Euphorbia	Ranunculaceae	Cruciferae	Hypericum	Rosaceae	Scrophulariaceae	Labiatae	Plantago lanceolata	Lonicera	Dipsacaceae	Succisa	Tubuliflorae	Artemisia	Pteridium	Polypodium	Lycopodium	Varia	%
0	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1	%
1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1	"
9	+	-	+	-	-	1	+	-	1	-	1	1	1	-	-	1	-	-	"
19	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	"
29	-	-	-	+	1	1	1	+	1	-	-	1	+	1	1	-	-	+	"
39	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	1	1	1	1	-	1	"
49	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	"
56	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	1	-	1	3	1	1	"
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	1	-	2	2	2	2	"
70	-	-	-	2	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	"

STAPHORST I

cm	Juniperus	Urticaceae	Polygonum	Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Umbelliferae	Scrophulariaceae	Labiatae	Plantago lanceolata	Plantago maritima	Tubuliflorae	Liguliflorae	Centurea cyanus	Potamogeton	Typhaeae	Lycopodium clavatum	Varia	%
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	0	%
2	-	+	-	+	1	2	+	-	+	1	+	1	-	-	1	-	-	1	"
0	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	"
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	"
5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	"
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	"
15	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
20	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	"
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	"
32	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2	"
42	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	"

STAPHORST II

cm	Myrica	Urticaceae	Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Hypericum	Rosaceae	Papilionaceae	Umbelliferae	Lysimachia	Scrophularia	Labiatae	Plantago maritima	Rubiaceae	Liguliflorae	Artemisia	Centaurea cyanus	Polypodium	Varia	%
4,5	2	-	1	1	2	3	-	1	1	-	2	+	3	-	1	1	-	3	-	10	
0,5	-	-	1	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	2	%
0																					
2,5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	4	"
5	-	-	1	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	"
7,5	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	"
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	"
20	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
30	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	"

EPE I

cm	Chenopodiaceae	Umbelliferae	Plantago lanceolata	Tubuliflorae	Artemisia	Varia	%
0,5	1	1	1	1	1	+	%
0							
3	-	-	-	-	-	-	"
5	-	-	-	-	-	1	"
8,5	-	-	-	-	-	1	"

EPE II

cm	Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Papilionaceae	Onagraceae	Umbelliferae	Plantago major	Rubiaceae	Dipsacaceae	Artemisia	Centaurea cyanus	Potamogeton	Typhaceae	Pteridium	Polypodium	Lycopodium	Varia	%
25,5	-	1	-	2	3	1	1	1	1	-	-	3	-	-	-	-	-	2	%
10	1	-	2	3	3	-	-	-	-	-	1	1	+	-	-	-	-	2	"
5	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	"
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	"
0																			
0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1	-	-	-	1	"
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	2	"
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	"
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
26	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	"
34	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	"

EPB III

cm	Rumex	Chenopodiaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Rosaceae	Onagraceae	Umbelliferae	Convolvulus	Scrophulariaceae	Labiatae	Plantago lanceolata	Succisa	Tubuliflorae	Potamogeton	Typhaceae	Pteridium	Polypodium	Lycopodium	Varia	%
7,5	-	1	2	-	-	1	1	1	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	-	2
4,5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	1
1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	+
21	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
40	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1
49	1	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1
59	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
72	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1

PEEL I

cm	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Rosaceae	Scrophularia	Labiatae	Plantago lanceolata	Tubuliflorae	Pteridium	Lycopodium clavatum	Varia	%
21	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	%
11	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	"
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
10	-	+	-	1	-	-	-	+	-	-	2	"
15	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	1	"
20	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	"
25	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	"
30	2	-	-	-	-	-	-	1	1	3	-	"
37	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	"
42	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	"

PEEL II

cm	Rumex	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Rosaceae	Umbelliferae	Labiatae	Plantago lanceolata	Botrychium	Lycopodium clavatum	Varia	%
0,5	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	"
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
15	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	"
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	"
30	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	"
35	-	1	-	-	1	1	-	-	1	-	-	"
40	-	-	1	-	-	-	1	-	4	1	-	"
45	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	"

PEEL III

cm	Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Plantago lanceolata	Tubuliflorae	Botrychium	Polypodium	Lycopodium clavatum	Varia	%	
1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1		
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	"
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
20	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	"
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	"
35	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	"
39	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	"
43	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	"
48	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
58	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	"

PEEL IV

cm	Gramineae > 40µ		Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Cruciferae	Onagraceae	Tubuliflorae	Polypodium	Pteridium	Lycopodium clavatum	Varia	%
	1	2											
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	"
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	"
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	"
19	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	"
24	-	-	1	1	1	-	-	+	-	-	1	2	"
29	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	"
33	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
38	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-	"
43	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
48	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	"
53	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	"
58	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	"
63	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	3	1	"
71	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	"

FLEVLAND I

cm	Myrica	Andromeda	Rumex	Chenopodiaceae	Cruciferae	Umbelliferae	Plantago major	Tubuliflorae	Potamogeton	Pteridium	Dryopteris linneana (?)	Varia	%
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2	1	-	2	-	1	-	1	1	1	-	-	"
6	-	-	-	+	-	-	-	-	2	1	1	-	"
10	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1	-	"
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	"
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
6	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	"
10	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	"
14	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	1	"
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	"

FLEVLAND II

cm	Calluna	Erica	Gramineae > 40µ	Caryophyllaceae	Rosaceae	Umbelliferae	Scrophulariaceae	Tubuliflorae	Typhaceae	Pteridium	Dryopteris linneana (?)	Varia	%
9	1	1	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	
2	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
0	<hr/>												
2	2	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
5	-	1	-	-	-	-	+	-	1	-	-	-	
7,5	1	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	+	
10	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	
25	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
45	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	

FLEVLAND III

cm	Calluna	Erica	Thalictrum	Rosaceae	Scrophulariaceae	Labiatae	Rubiaceae	Valeriana	Tubuliflorae	Typhaceae	Pteridium	Dryopteris linneana (?)	Selaginella	Varia	%
0,5	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
0	<hr/>														
0,7	-	-	1	-	1	-	1	+	+	-	-	-	-	2	
1,5	2	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	2	
5	5	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	1	1	
10	6	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
20	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	+	
30	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	

VELZEN IV

cm	Erica	Cruciferae	Rosaceae	Filipendula	Papilionaceae	Myriophyllum	Umbelliferae	Labiatae	Plantago major	Plantago media	Valeriana	Succisa	Tubuliflorae	Liguliflorae	Artemisia	Potamogeton	Botrychium	Polypodium	Selaginella	Varia	%	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	1	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
13	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
18	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	
28	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	1	-	-	-	-	1	-	
32	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	1	
33,5	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	
34,5	-	-	-	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
37,5	-	1	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	

PEEL V

cm	Calluna	Erica	Empetrum	Gramineae > 40%	Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Thalictrum	Cruciferae	Rosaceae	Umbelliferae	Scrophulariaceae	Labiatae	Menyanthes	Dipsacaceae	Tubuliflorae	Liguliflorae	Potamogeton	Stratiotes	Typhaceae	Pteridium	Polypodium	Equisetum	Selaginella selaginoides	Varia	%
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	2	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	1	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	4	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PEEL VI

cm	Calluna	Erica	Empetrum	Gramineae > 40%	Rumex	Polygonum convolvulus	Polygonaceae	Chenopodiaceae	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Thalictrum	Nuphar	Cruciferae	Helianthemum	Saxifraga oppositifolia	Rosaceae	Filipendula	Papilionaceae	Onagraceae	Myriophyllum	Myriophyllum alterniflorum	Umbelliferae	Scrophulariaceae	Labiatae lanceolata	Plantago major	Plantago media	Menyanthes	Rubiaceae	Valeriana	Succisa	Tubuliflorae	Liguliflorae	Alismataceae	Potamogeton	Typha latifolia	Botrychium	Pteridium	Equisetum	Selaginella selaginoides	Lycopodium clavatum	Varia	%								
11	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
7	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0	1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	-	+	1	1	-	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+
7	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	+	+	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PEEL VII