TOELICHTING BIJ GEOLOGISCHE OVERZICHTSKAARTEN VAN NEDERLAND

met bijbehorend:

1. Geologische overzichtskaart van Nederland, 1:600.000
2. Overzichtskaart toegepaste geologie, 1:600.000
3. Geologische overzichtsprofielen door Nederland
4. Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien, overzichtskaart 1 : 600.000
5. Ondiepe breuken en bovenkant van de Formatie van Maassluis, overzichtskaart 1:600.000

Rijks Geologische Dienst

Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland

TOELICHTING BIJ GEOLOGISCHE OVERZICHTSKAARTEN VAN NEDERLAND

met bijbehorend:

1. Geologische overzichtskaart van Nederland, 1:600.000
2. Overzichtskaart toegepaste geologie 1:600.000
3. Geologische overzichtsprofielen door Nederland
4. Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien, overzichtskaart 1:600.000
5. Ondiepe breuken en bovenkant van de Formatie van Maassluis, overzichtskaart 1:600.000

onder redactie van
W. H. Zagwijn en C. J. van Staalduinen

Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 1975

Commissie van voorbereiding:
H. A. van Adrichem Boogaert, Hoofdafdeling Diepe Ondergrond, Olie-gas
H. W. J. van Amerom, Hoofdafdeling Carboon- en Mijngeologie
S. Jelgersma, Hoofdafdeling Econ.-Techn. en Mariene Geologie
C. J. van Staalduinen, Hoofdafdeling Kaartering
S. D. van Veen, Hoofdafdeling Kaartering
W. H. Zagwijn, Hoofdafdeling Laboratoria

RIJKS GEOLOGISCHE DIENST, SPAARNE 17, HAARLEM (Telefoon 023–31 93 62).

Inhoud

Voorwoord 7

1. Inleiding door W. H. Zagwijn en C. J. van Staalduinen 9

2. Lithostratigrafie 11

2.1. Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland door J. W. Chr. Doppert, G. H. J. Ruegg, C. J. van Staalduinen, W. H. Zagwijn en J. G. Zandstra 11
2.2. Lithostratigrafie van de mio-oligocene afzettingen in Zuid-Limburg door O. S. Kuyl 56
2.3. Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied door W. M. Felder 63
2.4. Het Mesozoicum in Oost-Nederland door H. A. van Adrichem Boogaert 72

3. Toelichtingen bij kaarten en profielen 77

3.1. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland, 1:600.000 door C. J. van Staalduinen en S. D. van Veen 77
3.2. Toelichting bij de overzichtskaart toegepaste geologie, 1:600.000 door E. Oele en A. P. Pruissers 87
3.3. Toelichting bij de geologische overzichtsprofielen door Nederland door S. Jelgersma en J. B. Breeuwer 91
3.4. Toelichting bij de kaart glaciale verschijnselen gedurende het Saalien, 1:600.000 door S. Jelgersma en J. B. Breeuwer 93
3.5. Toelichting bij de ondiepe breukenkaart met diepteligging van de Formatie van Maassluis, 1:600.000 door H. M. van Montfrans 103

4. Chronostratigrafie en biostratigrafie 109

4.1. Indeling van het Kwartair op grond van veranderingen in vegetatie en klimaat door W. H. Zagwijn 109
4.2. Foraminiferenzonering van het Nederlandse Onder-Kwartair en Tertiair door J. W. Chr. Doppert 114
4.3. Zonering van het mariene Onder-Pleistoceen en Plioceen op grond van mollusken fauna's door G. Spaink 118
4.4. Correlaties van laat-tertiaire en kwartaire afzettingen in de gebieden rond de Noordzee door W. H. Zagwijn 122
4.5. Biostratigrafie van het Carboon in Nederland door H. W. J. van Amerom 123

Voorwoord

De uitgave van de Rijks Geologische Dienst zoals die nu voor U ligt zou te omschrijven zijn als een 'staalkaart' m.b.t. een belangrijk deel van het werk van de Rijks Geologische Dienst, verricht gedurende de periode 1955–1975; de twintig jaren van directeurs-schap van Dr. A. A. Thiadens.

In feite echter betekent het meer dan een staalkaart alleen, het is een kristallisatie van beleid. Het komt mij voor dat juist bij deze sterk gecondenseerde uitgave, die als het ware de 'periode Thiadens' afsluit, het verband tussen de belangrijkste beleidsoverwegingen enerzijds en het product dat de Rijks Geologische Dienst aan onze Nederlandse samenleving ter beschikking stelt anderzijds, duidelijk aan de orde gesteld kan worden.

Als eerste uitgangspunt van het beleid van de afgelopen jaren moet genoemd worden het streven om de Geologie niet alleen op zijn traditionele terrein van de opsporing en winning van delfstoffen dienstbaar te doen zijn, maar daarenboven ook op het gebied van de Civieltechniek (weg- en waterbouw), de Grondmechanica (funderingsproblemen), de Hydrologie (opsporing, winning en bescherming van drink- en industriewater) naast de opsporing en inventarisatie van grondstoffen als zand, grind en klei.

Als nieuwe loot aan deze nog jonge stam kan genoemd worden het streven om de Geologie meer te laten bijdragen aan de Planologie. Een bijdrage die a.h.w. het bovenste deel van onze aardkorst met zijn rijkdommen, maar ook met zijn vaak onberekenbare en grillige gesteldheid, als een noodzakelijke 'derde dimensie' aan de Planologie toevoegt.

Tenslotte, in het verlengde van het voorafgaande, het streven om de Geologie — als de wetenschap van het abiotische milieu — zijn rol te laten vervullen in de milieuproblematiek als geheel. Immers het abiotische milieu bergt vele voorwaarden voor het biotische milieu, vooral m.b.t. zijn stabiliteit of kwetsbaarheid, in zich.

Tegen deze achtergrond om de geologie een zo breed mogelijk terrein van toepasbaarheid te verlenen, moeten een aantal aspecten van de hierbij gaande 'Geologische Kaart' 1 : 600.000 en van de 'Overzichtskaart toegepaste geologie' 1:600.000 worden bezien. Wat deze laatste kaart betreft is de praktijk relevantie duidelijk; met betrekking tot de Geologische Kaart 1 : 600.000 moet in dit verband gewezen worden op het legendaprincipe waardoor, in grote delen van ons land, een inzicht tot vele meters diepte in de bodem wordt gegeven. Dit zelfde systeem, maar dan veel meer gedetailleerd, wordt ook toegepast op de Geologische Kaarten 1:50.000 van de systematische kaartering. Daarnaast betekent ook het toepassen van legenda eenheden, die grotendeels op grond van hun lithologische (= gesteente) eigenschappen worden onderscheiden i.p.v. zuiver naar ouderdom, zoals veelal wordt gedaan, een doortrekken van de lijn tot vergroting van de toepasbaarheidswaarden. Ook dit principe wordt op de Geologische Kaart 1:50.000 toegepast.

Een tweede belangrijke beleidsoverweging was het stimuleren van de ontwikkeling van (nieuwe) methoden en apparatuur dan wel het zoeken naar de mogelijkheden bestaande apparatuur en methoden aan het specifieke werk van de Rijks Geologische Dienst aan te passen.

Er moet in dit verband gewezen worden op het feit dat het hier niet ging om het bijhouden van bestaande ontwikkelingen, maar om baanbrekend werk b.v. op het gebied van de boortechniek, op het land zowel als op de zeebodem, de ondiepe geophysica, laboratorium methodieken en de kartografie.

Ook aan deze ontwikkelingen ontleent deze uitgave een groot deel van zijn waarde. De diepte waarover de Geologische Kaart informatie verschaft, de vergaande indeling in lithostratigrafische eenheden van het pakket der kwartaire afzettingen en vooral het feit dat U op de 'Overzichtskaart toegepaste geologie' tevens de Noordzeebodem 'ingevuld' aantreft, dit alles is slechts een greep uit de resultaten van dit streven.

Nieuwe onderzoekingen, veelal in samenwerkingsverband, zijn intussen aangepakt zoals een 'Data Base' voor aardkundige informatie tesamen met de Stichting voor Bodemkartering en een onderzoek naar 'Remote Sensing' toepassing t.b.v. de Kwartair Geologie in het kader van NIWARS (Netherlands Interdept. Workinggroup for Application of Remote Sensing).

Als derde punt van het interne beleid tenslotte het streven om zoveel mogelijk informatie door anderen verkregen, hetzij met een ander geologisch oogmerk verzameld, zoals de matig diepe seismische gegevens van oliemaatschappijen, hetzij in het geheel niet met enig geologisch doel verworven, toch zoveel mogelijk binnen de Rijks Geologische Dienst bijeen te brengen en voor onze specifieke doeleinden te gebruiken.

De breukenkaart, de kaart van de 'Glaciale Verschijnselen' en de profielen zijn duidelijke voorbeelden van de geologische verwerking van gegevens die veelal in een ander kader dan het specifieke werk van de Rijks Geologische Dienst zijn verzameld.

Tenslotte nog enkele historische en algemene opmerkingen m.b.t. deze uitgave.

De laatste uitgave van een Geologische Kaart 1:600.000 in Nederland dateert van 1947 en sloot a.h.w. de vorige kaartering, begonnen in de twintiger jaren en uitgevoerd o.l.v. Dr. P. Tesch, de toenmalige directeur, af. In 1956 verscheen weer een overzichtswerk, te weten de 'Geologische Geschiedenis van Nederland' onder de redactie van Prof. Dr. A. J. Pannekoek die in 1955 als directeur afscheid had genomen. In de voorafgaande jaren was intussen een begin gemaakt met de herkaartering van Nederland, een werk dat thans nog voortduurt.

In feite draagt deze uitgave een wat ander karakter

dan die van 1947. Was het toen de samenvatting van een afgeronde kaartering, deze uitgave is een poging de nieuwe inzichten ook in de nog niet opnieuw gekaarteerde gebieden gestalte te geven. Dat daarbij in de eerste plaats aan de 'toepasbaarheid' is gedacht is in het voorafgaande behandeld. Voorts houdt de Rijks Geologische Dienst voor ogen dat een geologische kaart in de handen van de belangstellende leek een kostbaar bezit kan zijn. Ook op zijn belangstelling — en in deze tijd van toenemende vrije tijd en hernieuwde interesse voor onze natuur — is onze activiteit gericht.

Een uiterst belangrijk aspect van het werk van de Rijks Geologische Dienst is hier nog nauwelijks aan de orde geweest en komt in deze uitgave ook nauwelijks aan bod, het werk van de Rijks Geologische Dienst ten behoeve van de diepe ondergrond, in feite het werk ten behoeve van de opsporing van olie en gas.

Deze inspanning ligt vrijwel geheel in het confidentiële vlak en is erop gericht om de Minister van Economische Zaken direct te adviseren m.b.t. de concessieverlening. Toch hebben ook gegevens uit dit takenpakket bijgedragen tot deze uitgave met name voor de breukenkaart en voor 'Het Mesozoicum in Oost-Nederland'.

Vanzelfsprekend blijft veel werk nog ongenoemd, of wordt slechts aangeduid. De bedoeling van deze uitgave is echter om het karakter van het werk van de Rijks Geologische Dienst te tonen en vooral om een indruk te geven van de doeleinden die worden nagestreefd en die in de afgelopen twintig jaren onder de inspirerende leiding van Dr. A. A. Thiadens zo duidelijk gestalte hebben gekregen.

De wnd. Directeur
Ir. B. P. Hageman

1. Inleiding

door W. H. Zagwijn en C. J. van Staalduinen

De indeling van deze toelichting bij de reeks geologische overzichtskaarten van Nederland, schaal 1:600.000 is als volgt.

In hoofdstuk 2 wordt de lithologie en de stratigrafische indeling op grond van de lithologie (lithostratigrafie) behandeld. Lithostratigrafie is de grondslag van de kaartopname en daarom gaat de behandeling ervan vooraf aan de eigenlijke toelichtingen bij kaarten en profielen, die in hoofdstuk 3 worden gegeven. In hoofdstuk 4 tenslotte worden enige aspecten van de indeling naar de tijd (chronologie en chronostratigrafie) en naar de fossielinhoud (biostratigrafie) behandeld.

Het is niet de bedoeling geweest in deze toelichting de geologische geschiedenis van Nederland te behandelen, zoals dit is gedaan in Pannekoek (1956).

De intensieve opsporingswerkzaamheden naar olie, aardgas en zout hebben in de laatste decennia zeer vele nieuwe gegevens omtrent de geologie van de oudere lagen in de diepe ondergrond van het land opgeleverd. Deze blijven grotendeels buiten het bestek van dit boek, dat zich bezig houdt met de geologie van de oppervlakkige lagen en de minder diepe ondergrond, tot op enkele honderden meters.

Nederland maakt deel uit van het dalingsbekken van de Noordzee en geologisch jonge afzettingen, daterend uit het Boven-Tertiair en het Kwartair, maken het leeuwendeel uit van de afzettingen aan het oppervlak en in de minder diepe ondergrond. Om deze reden is aan deze afzettingen in deze toelichting ruime aandacht besteed, terwijl de oudere afzettingen van het Onder-Tertiair, het Mesozoicum en het Carboon alleen behandeld worden voor die delen van het land, waar zij nabij het oppervlak voorkomen (Zuid-Limburg, Achterhoek), en dus voorkomen op de overzichtskaart of de profielen.

De beschrijving van de lithostratigrafie van de afzettingen in hoofdstuk 2 wordt gegeven van jong naar oud, d.w.z. van boven naar beneden. Bij de beschrijving zijn de principes en richtlijnen van de International Subcommission on Stratigraphic Classification, onder voorzitterschap van H. D. Hedberg, gevolgd. Dit is een uiting van het feit, dat bij de kaartopname door de Rijks Geologische Dienst de aanbevelingen van deze Subcommissie van de International Union of Geologic Sciences (IUGS) als grondslag van de stratigrafische classificatie aanvaard zijn.

Dit brengt met zich mede, dat nomenclatorisch de begrippen van verschillende benaderingswijzen in de stratigrafische classificatie (lithostratigrafie, biostratigrafie, chronostratigrafie) van elkaar gescheiden worden gehouden. Met behulp van tabellen wordt de samenhang tussen de verschillende classificaties weergegeven, omdat slechts uit het totaal van de stratigrafische gegevens de wordingsgeschiedenis van de afzettingen begrepen kan worden. De in hoofdstuk 4 vooral tabellarisch behandelde indelingen op grond van fossielinhoud en daaruit afgeleide conclusies omtrent klimaatsverloop en tijdsindeling zijn dan ook onmisbaar als men de lithologische gegevens van de geologische kaart en de profielen in hun onderling verband wil trachten te begrijpen.

Voor wat betreft de classificatie van de lithostratigrafische eenheden zij verwezen naar 2.1.1. Bij de nomenclatuur van onverharde afzettingen is de onlangs gereedgekomen classificatie van de Rijks Geologische Dienst gevolgd (Ruegg et al., 1974).

In de biostratigrafie is de fundamentele eenheid in de classificatie de biozone, die weer in subzones kan worden onderverdeeld. Afhankelijk van de aard van de bestudeerde fossielen kunnen verschillende biozoneringen naast elkaar worden opgesteld.

Bij de indeling van de afzettingen naar ouderdom (chronostratigrafie) wordt de volgende hiërarchie van eenheden gehanteerd:

eratheem
systeem
serie
etage

en parallel daarmede, als men spreekt over de indeling van de geologische tijd (chronologie):

era
periode
tijdvak
tijd.

Chronostratigrafie wordt gehanteerd als men het heeft over de afzettingen zelf, waarbij synchroon geachte vlakken de verschillende eenheden begrenzen. Bij onderverdeling kan men dan spreken van Onder, Midden en Boven. (Voorbeeld: lagen van het Onder-Kwartair in Nederland bevatten fossiele overblijfselen van apen.)

De chronologie wordt gehanteerd als men het heeft over het verloop van de geologische gebeurtenissen, het verhaal van de geschiedenis van het geologische verleden. Als onderverdeling hanteert men dan de, ook in de historie gebruikelijke, begrippen Vroeg, Midden en Laat. (Voorbeeld: in het Vroeg-Kwartair leefden in Nederland apen.)

Verder wordt opgemerkt, dat van de in de tekst genoemde boringen en ontsluitingen het archiefnummer van de Rijks Geologische Dienst wordt vermeld. Dit bestaat uit het bladnummer van de topografische kaart 1:25.000, gevolgd door een volgnummer per blad. De lokaties worden met coördinaten aangegeven, zoals die zijn weergegeven in vakken op de topografische kaart 1:25.000.

Voor de technische afwikkeling van deze publikatie hebben verschillende medewerkers hun beste beentje voorgezet. De redakteuren brengen hun dank uit aan:

de heren M. Dansen, A. Walkeuter en R. M. Metten voor het verzorgen van de kaartproduktie;
de heren J. A. M. Bruinenberg, A. Koers en P. Marselje voor de verzorging van de tekstfiguren;
mevrouw M. E. Jouini voor het vele keren uittypen van manuscripten.

Literatuur

Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland, 1 : 200.000. Staatsuitg., s'-Gravenhage; 154 p.

Ruegg, G. H. J., C. J. van Staalduinen, J. H. Bisschops en H. A. van Adrichem Boogaert, 1974: Classificatie van onverharde sedimenten bij de Rijks Geologische Dienst. Rapp. Rijks Geol. Dienst; 35 p.

2. Lithostratigrafie

2.1. FORMATIES VAN HET KWARTAIR EN BOVEN-TERTIAIR IN NEDERLAND

door J. W. Chr. Doppert, G. H. J. Ruegg, C. J. van Staalduinen, W. H. Zagwijn en J. G. Zandstra.

Abstract

Twenty-four formations dealing with Quaternary and Upper Tertiary geology in The Netherlands are described. Four groups of genetically comparable formations are distinguished: a. formations of glaciogenetical origin; b. formations of local origin; c. formations of fluvial origin and related to recent and ancient major rivers in The Netherlands; d. formations of marine origin or strongly related to marine processes e.g. sealevel rise.

Descriptions of each formation include: general characterstics; references to literature; stratotype; distributional area; age; relations to formerly used terminology.

Inhoud

2.1.1. Inleiding 11
2.1.2. Glacigene formaties
2.1.2.1. Formatie van Drente 14
2.1.2.2. Formatie van Peelo 14
2.1.3. Formaties van lokale herkomst
2.1.3.1. Formatie van Kootwijk 16
2.1.3.2. Formatie van Singraven 18
2.1.3.3. Formatie van Griendtsveen 19
2.1.3.4. Formatie van Twente 20
2.1.3.5. Formatie van Asten 22
2.1.3.6. Formatie van Eindhoven 23
2.1.4. Formaties opgebouwd door de grote rivieren
2.1.4.1. Betuwe Formatie 24
2.1.4.2. Formatie van Kreftenheye 25
2.1.4.3. Formatie van Veghel 26
2.1.4.4. Formatie van Urk 28
2.1.4.5. Formatie van Sterksel 31
2.1.4.6. Formatie van Enschede 33
2.1.4.7. Formatie van Harderwijk 34
2.1.4.8. Formatie van Kedichem 38
2.1.4.9. Formatie van Tegelen 39
2.1.4.10. Formatie van Scheemda 42
2.1.4.11. Kiezeloöliet Formatie 44
2.1.5. Formaties opgebouwd in zee en bij de kust
2.1.5.1. Westland Formatie 47
2.1.5.2. Eem Formatie 48
2.1.5.3. Formatie van Maassluis 49
2.1.5.4. Formatie van Oosterhout 50
2.1.5.5. Formatie van Breda 51

2.1.1. Inleiding

Lithostratigrafie houdt in het rangschikken (classificeren) van aardlagen in eenheden, op grond van kenmerken, ontleend aan de aard en samenstelling van gesteenten (lithologie).*

Zoals in de systematiek van planten en dieren een hiërarchie van eenheden wordt gebruikt (Klassen, Orden, Families, Geslachten, Soorten), is ook in de lithostratigrafie een systeem van elkaar hiërarchisch opvolgende eenheden in gebruik. Deze is als volgt (van hoog naar laag): *Groep, Formatie, Laagpakket* of *Afzetting, Laag.***

De *formatie* is de fundamentele eenheid van de lithostratigrafische classificatie. Hiermede wordt bedoeld, dat elk gesteente van de aardkorst tot een of andere formatie moet behoren, die een formele naam heeft. Het al dan niet benoemen van de hogere en lagere eenheden in een bepaald gebied is echter facultatief en afhankelijk van praktische noodzaak. Voorwaarde is verder dat de gesteenten, die tot een bepaalde formatie behoren, één of meer eigenschappen gemeen hebben, waardoor zij zich onderscheiden van de gesteenten in de formaties direct erboven, eronder en ernaast.

Een *groep* bestaat uit twee of meer (benoemde) formaties.

Eenheden die desgewenst binnen een formatie onderscheiden en benoemd kunnen worden, zijn *laagpakketten* en *lagen*. Laagpakketten bestaan in de regel uit een aantal lagen.

Waar lithologie de kenmerken biedt, waarop de lithostratigrafische eenheden (en in het bijzonder de formaties) worden onderscheiden, betekent dit, dat er in principe geen directe samenhang met de geologische tijd behoeft te bestaan. Met andere woorden, de grenzen tussen lithostratigrafische eenheden behoeven geen geologische tijdsgrenzen te vertegenwoordigen.

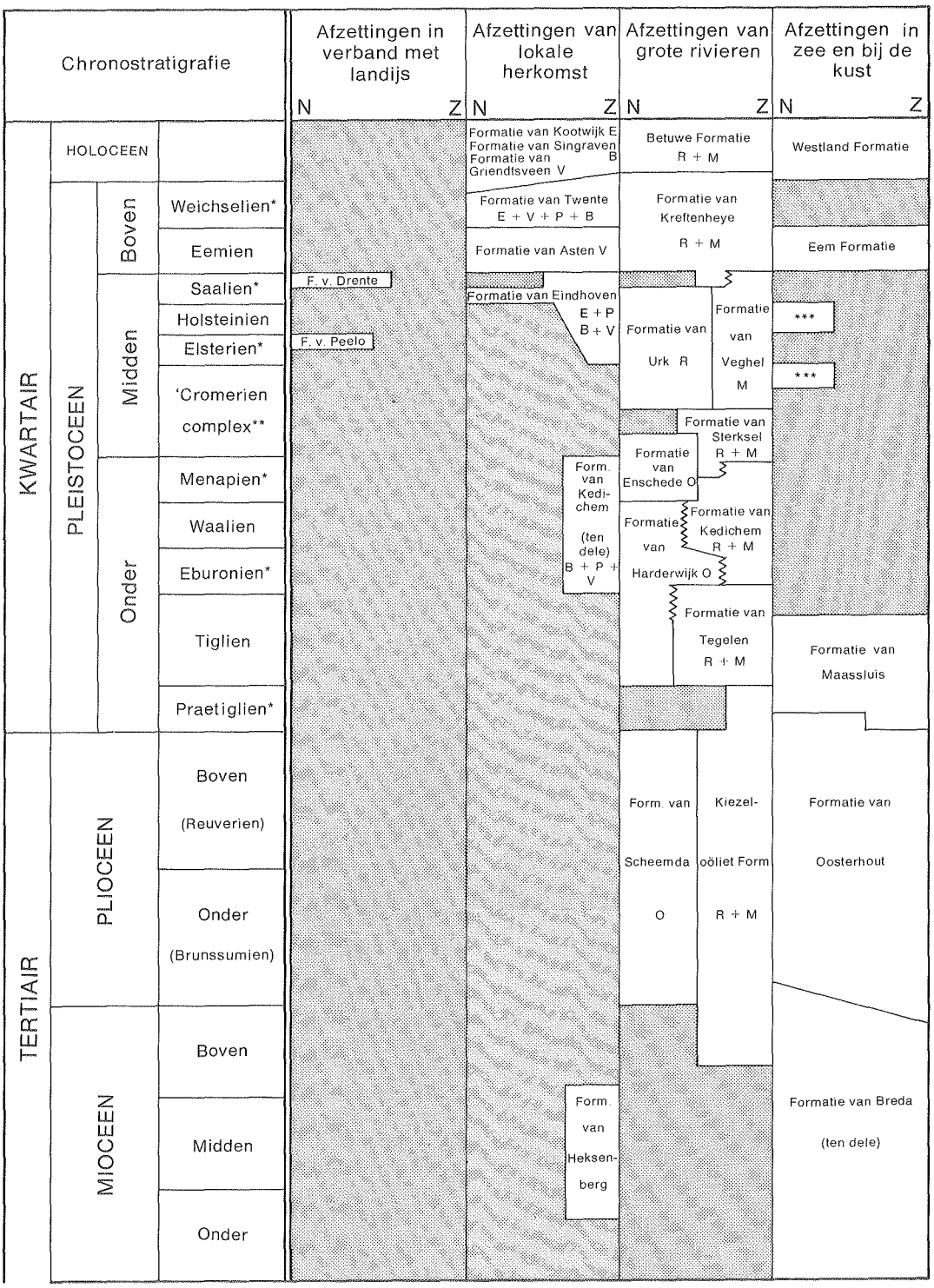
Welke lithologische kenmerken gebruikt worden om de eenheden van elkaar te onderscheiden, is een kwestie van toepasbaarheid in de praktijk t.b.v. geologische interpretaties. Als voorbeelden van dergelijke kenmerken kunnen worden genoemd: aard van het gesteente (bijv. zand tegenover veen), ontstaan van het gesteente (bijv. marien tegenover fluviatiel), soms ook kleur van het gesteente (zoals groen glauconietrijk marien zand tegenover grijs glauconietarm); kortom al die kenmerken die in een bepaald gebied bruikbaar zijn om te voldoen aan de voornaamste doelstellingen van de lithostratigrafie: het verdelen van de aardlagen in eenheden die kaarteerbaar zijn op grond van hun in het veld te herkennen eigenschappen.

Voor Nederland, waar de kwartaire afzettingen een wezenlijk deel uitmaken van de te kaarteren eenheden, geldt in het bijzonder, dat bij de classificatie van de lithostratigrafische eenheden gebruik wordt gemaakt van de ontstaanswijze. Uit de tabel van fig. 2.1.1 moge dit direct blijken. Onderscheiden worden de volgende genetische rubrieken:

a. afzettingen, gevormd in verband met landijsbedekking (glacigeen);

* Voor de door de Rijks Geologische Dienst gebruikte lithologische classificatie van afzettingen zij verwezen naar Ruegg et al. (1974).

** In dit artikel worden de stratigrafische begrippen gehanteerd volgens de voorstellen van de International Subcommission on Stratigraphic Classification (Hedberg, 1972).



E = eolische afzettingen
P = periglaciale afzettingen
B = beekafzettingen
V = veen

R = Rijn
M = Maas
O = oostelijke noordduitse rivieren en voorlopers

*koude tijd
**complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme en 3 koude tijden
*** nog onbenoemd, voorlopig bij Formatie van Urk

fig. 2.1.1 Tabel van de boven-tertiaire en kwartaire formaties, gerangschikt naar ouderdom en genese

b. afzettingen van lokale herkomst, waarbij in het bijzonder genoemd worden afzettingen, gevormd onder permafrostcondities (permafrost is blijvend bevroren bodem, zoals thans in arctische gebieden voorkomt);
c. afzettingen van grote rivieren (Rijn, Maas, rivieren uit het Noordduitse laagland);
d. afzettingen in zee en bij de kust.

Bij de indeling naar genese zijn soms afzettingen van geheel uiteenlopende samenstelling binnen één formatie gebracht.

In het geval van de oudere mariene afzettingen

(Formatie van Maassluis, Formatie van Oosterhout, Formatie van Breda) zijn als gemakkelijk te herkennen kenmerken voor het mariene karakter de aanwezigheid van schelpgruis of schelpen van mariene origine en in voorkomende gevallen de aanwezigheid en hoeveelheid van glauconiet gebruikt. In tegenstelling hiermede zijn in de jongere kustnabije formaties, de Westland Formatie en de Eem Formatie, afzettingen van uiteenlopende aard, die genetisch nauw samenhangen, bijeengebracht. De afzettingen van deze formaties ontstonden in samenhang met de zeespiegelrijzing na het afsmelten van de landijskappen, welke gedurende resp. het Weichselien en het Saalien hebben bestaan. Naast de mariene afzettingen van de kustgordel, werd toen door opstuwing van het grondwater landinwaarts in een zoet milieu veen gevormd en in het gebied van Rijn en Maas ook rivierafzettingen.

Dergelijke afzettingen, gevormd in een zoet milieu maar duidelijk samenhangend met de stuwende werking van de zeespiegelrijzing, worden in navolging van Hageman (1963) als perimariene afzettingen aangeduid.

Ook bij de glacigene formaties komen afzettingen voor van sterk uiteenlopende aard (stenen en grind, grof zand, fijn zand, klei), evenals bij de formaties van lokale herkomst, gevormd tijdens permafrostomstandigheden (grind, zand, klei, löss, veen). Binnen de fluviatiele formaties kunnen behalve grind, zand en klei ook geïsoleerde veenlenzen voorkomen.

Naast de indeling naar genese is bij de classificatie met name van de fluviatiele afzettingen uitgegaan van de korrelgrootte van de afzettingen en de herkomst ervan. Deze laatste bepaalt in hoge mate het uiterlijk voorkomen, maar ook de inhoud aan zware mineralen en de samenstelling van het eventueel aanwezige grind. In enkele gevallen is bij de classificatie van afzettingen van één en dezelfde rivier gebruik gemaakt van verschillen in de inhoud aan de zware mineralen om de formaties onderling af te grenzen. Als voornaamste voorbeeld zij hier genoemd het onderscheid tussen de Rijnzanden in de Formatie van Tegelen en de Formatie van Sterksel enerzijds en die in de Formatie van Urk en de Formatie van Kreftenheye anderzijds. In deze beide laatste formaties komt het van het Eifelvulkanisme afkomstige mineraal augiet in belangrijke mate voor, terwijl het in de beide oudere formaties vrijwel ontbreekt.

In het algemeen onderscheiden de afzettingen van de Rijn zich door het sterk bonte karakter, dat veroorzaakt wordt door het voorkomen van grind met veel witte, roodachtige en grijze kwarts, rode en grijze zandsteen en zwarte lydiet en door ijzerhuidjes om de korrels; dit beeld wordt nog versterkt door opake ertskorrels, augiet of hoornblende, biotiet en chloriet in de zandfractie. In de literatuur zijn de pleistocene afzettingen van de Rijn wel als 'bruine zanden' benoemd (o.m. Crommelin, 1953; de Jong, 1955). Veel Rijnafzettingen zijn fijn- tot grofgrindhoudend; typerend voor Rijnafzettingen is het voorkomen van sterk afgeronde rolsteentjes van lichtrode, grofkorrelige bontzandsteen.

De grofzandige Maasafzettingen zijn wat minder bont dan de Rijnafzettingen; de 'rossige' tint ontbreekt, omdat minder roodgetinte korrels voorkomen. Bij secundaire pigmentatie door ijzer ontstaat een roestbruine kleur, die de kleur van de Rijnafzettingen oppervlakkig benadert. Meestal is de kleur meer vaalgrauw door een overmaat aan groenachtige, grijze en zwarte componenten naast melkkwarts, zowel in de grind- als in de zandfractie. In de bovenpleistocene afzettingen zijn zand en fijn grind vaak intensief zwart en groengrijs gespikkeld door een hoog percentage paleozoische leisteen, schist, grauwacke, zandsteen, kwartsiet en zwarte ertskorrels. Veel Maasafzettingen zijn rijk aan fijn en grof grind en stenen tot blokgrootte. Voorts vormt de aanwezigheid van veel hoekige vuursteen in Maasafzettingen een onderscheid met de Rijnafzettingen, waarin vuursteen niet algemeen is.

Tegenover de 'bruine' Rijnafzettingen en de 'grauwe' Maasafzettingen staan de 'witte zanden' van oostelijke origine, gerepresenteerd door de Formaties van Scheemda, Harderwijk en Enschede en de basale lagen van de Formatie van Urk in Noord-Nederland. De witte tint wordt veroorzaakt door de rijkdom aan kwarts; door infiltratie met ijzerverbindingen krijgt het zand een lichtroestbruine tint. Kenmerkend voor het grind van alle oostelijke afzettingen is het zeer hoge percentage doorschijnende kwarts en het lage melkkwartsgehalte, soms samengaand met veel veldspaat (deel van de Formatie van Harderwijk) of porfier en graniet uit het Ertsgebergte en het Thüringerwoud, samen met lydiet (Formatie van Enschede en basale lagen van Formatie van Urk = Mengzone in Noord-Nederland).

De zanden van meer lokale herkomst, zoals de eolische en fluvioperiglaciale afzettingen uit de ijstijden, kunnen van gebied tot gebied variëren, afhankelijk van hun genese: opname uit (niet overal hetzelfde) substratum, of aanvoer over grotere afstand. Buiten de rivierdalen en de lössgebieden komen in het algemeen matig fijne en matig grove lichtbruingele en lichtgroengrijze zanden met een geringe tot matige korrelspreiding voor; veelal voelen de zanden zacht aan (Friesland, Drente, Overijssel). In lage gebieden wisselen bovengenoemde zanden af met blauwgrijze, groenachtige, of bruine humeuze leem en veenlaagjes. In de grotere beekdalen komen veelal onderin eerst grove zanden met grind voor en daarboven een ontwikkeling als in bovengenoemde lage gebieden.

In de volgende beschrijvingen van de in het Boven-Tertiair en Kwartair van Nederland onderscheiden formaties worden achtereenvolgens behandeld:

a. Algemene karakteristiek.
b. Referenties, d.w.z. die literatuur die van belang is voor de naamgeving en afgrenzing van de formatie.
c. Stratotype, d.w.z. de lokatie, of het gebied, waar de naamgeving aan ontleend is en waar tevens de karakteristieke eigenschappen van de formatie goed ontwikkeld zijn.
d. Verbreiding, waarbij ook de afzettingen behandeld worden die tot de formatie gerekend worden, maar in het stratotype ontbreken.
e. Ouderdom.
f. Relatie tot vroeger benoemde eenheden, waarbij o.a. nadruk wordt gelegd op de namen en symbolen die gebruikt zijn in de vorige editie van de Geologische Kaart van Nederland, schaal 1: 50.000.

De lezer die geïnteresseerd is in de algemene eigenschappen van de afzettingen, die tot een be-

paalde formatie gerekend worden, zal in de regel kunnen volstaan met de paragraaf Algemene karakteristiek.

Enkele formaties van het Tertiair, die wat betreft hun voorkomen nabij het oppervlak dan wel in het algemeen beperkt zijn tot Zuid-Limburg, worden onder 2.2 behandeld.

2.1.2. Glacigene formaties

2.1.2.1. Formatie van Drente

Algemene karakteristiek

Een complexe eenheid, waarin de volgende lithologische bestanddelen voorkomen:

a. Keileem — klei en leem, veelal met grind en een enkele steen.
b. Smeltwaterafzettingen (fluvioglaciaal) — overwegend grove, grindhoudende zanden.
c. Smeltwaterafzettingen in meren (lacustroglaciaal) fijne zanden en kleien.
d. Blokbestrooiing — stenen en blokken.

Tot de formatie worden gerekend de afzettingen direct samenhangend met de landijsbedekking in het Saalien. Keileem werd onder het landijs gevormd (grondmorene), de andere afzettingen werden gevormd door smeltwater in het landijs, of direct ervoor. Blokbestrooiing bleef achter na afsmelten van het ijs. Het aangevoerde materiaal is ten dele afkomstig uit Scandinavië, ten dele is het omgewerkt materiaal van plaatselijke herkomst.

Dikte van de formatie: kan tot meer dan 100 m oplopen. Grootste dikten worden bereikt in diepe erosiebekkens. Keileemdikte varieert van minder dan 1 m tot (lokaal) meer dan 20 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: van maaiveld (Veluwe, Drente) tot meer dan 30 m – N.A.P.

Referenties

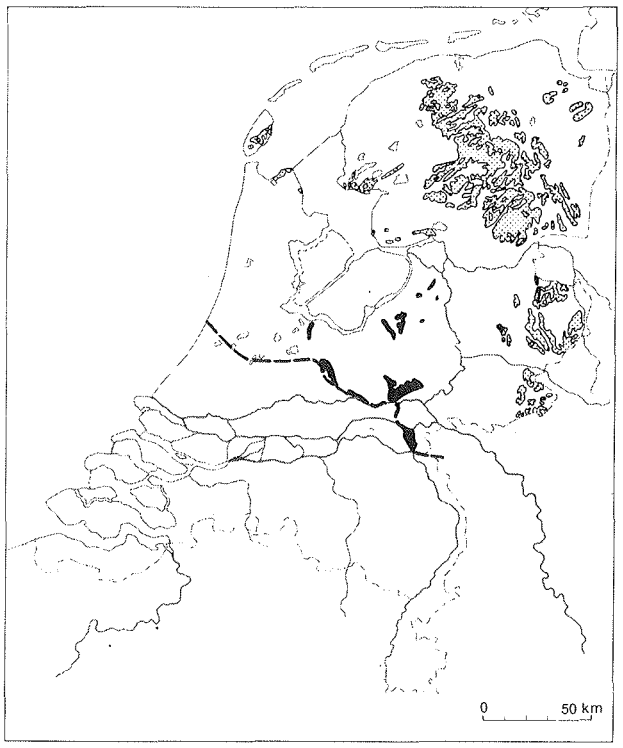
1950 v. d. Vlerk en Florschütz, Drenthien
1953 v. d. Vlerk and Florschütz, Drenthian
1961 Zagwijn, Drenthe Formation
1961 v. d. Heide, Formatie van Drente
1967 v. d. Heide and Zagwijn, Drente Formation

Stratotype

De keileem van het Drentse plateau (fig. 2.1.2).

Verbreiding

Tot de formatie behoren behalve keileem: smeltwaterafzettingen in sandrvlakten (vóór het landijs), o.a. bij Nijmegen, Renkum, 't Gooi, in de ondergrond tussen Utrecht en de kust; smeltwaterafzettingen in kameterrassen (Leuvenumse beek), soms gestuwd (Veluwe). Deze smeltwatervormingen zijn grofzandig, zoals overigens ook het geval is in de Gelderse Vallei, Dinkeldal, Hunzedal. Sporadisch komen fluvioglaciale zanden ónder de keileem of uitgewassen grondmorene voor, het meest nog in Midden-Nederland (Lunteren, Leersum, Huizen). Voorts komen voor smeltwaterafzettingen, gevormd in meren in glaciale bekkens. Zij bestaan veelal uit



Formatie van Drente (grondmorene) aan of nabij het oppervlak

Formatie van Drente (sandr) aan of nabij het oppervlak

Globale zuidelijke begrenzing van het voorkomen van de Formatie van Drente

fig. 2.1.2 Verbreiding van de Formatie van Drente, aan of nabij het oppervlak

klei, waarin op enkele plaatsen warvenstructuren zijn gevonden. Zij bevatten een polleninhoud die geheel geremanieerd is en in hoofdzaak ontleend aan tertiaire, o.a. miocene, afzettingen. Deze meerafzettingen zijn gevonden onder Velsen, Amsterdam, Zuidelijk Flevoland, Deventer, Hengelo, oost van Arnhem. Voor wat betreft de inhoud aan zware mineralen en grind zij verwezen naar fig. 2.1.22 en fig. 2.1.23.

Blokbestrooiing komt voor op vele stuwwallen.

De algemene verbreiding van de formatie is: noordelijke helft van het land, ten noorden van de lijn Nijmegen-Vogelenzang (fig. 2.1.2).

Ouderdom

Saalien. Vroeger werd veelal de term Riss-glaciaal gebruikt.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): grondmorene (II 3) en klein deel van fluvioglaciale mantel (II 4).

Zonneveld (1958) sprak van 'diverse glaciale afzettingen'.

2.1.2.2. Formatie van Peelo

Algemene karakteristiek

Een complexe eenheid, waarin de volgende lithologische elementen voorkomen:

a. Smeltwaterafzettingen in meren, bestaande uit zeer compacte, harde, donkerbruine tot zwartbruine klei (zgn. potklei).
b. Fijne en matig grove, meestal glimmerhoudende, soms geremanieerde, glauconiet bevattende zanden, al dan niet afwisselend met kleilaagjes. Vaak vuilgrijsbruin van kleur. Vermoedelijk eveneens smeltwaterafzettingen.
c. Fijne en grove zanden, die in het randgebied van de formatie optreden, maar ook verder noordelijk. Deze bezitten ten dele een duidelijk eolisch karakter (dekzand).
d. Keileem (tot dusverre slechts uit één boring op het wad ten zuiden van Terschelling bekend).

De onder a. genoemde potklei wordt veelal aangetroffen in geul- en komvormige depressies van de ondergrond, waarin hij grote dikten kan bereiken, tot ruim 100 m toe. Ten dele hangen deze depressies samen met zouttektonische bewegingen (bijv. Assen en omgeving), op vele andere plaatsen zijn de depressies erosiegeulen, die tot diep in de ondergrond snijden.

De onder b. genoemde afzettingen komen in dikten van 10 tot 20 m voor buiten de genoemde met potklei gevulde depressies, maar plaatselijk ook in zeer aanzienlijke dikten (meer dan 100 m) in soortgelijke depressies van de ondergrond.

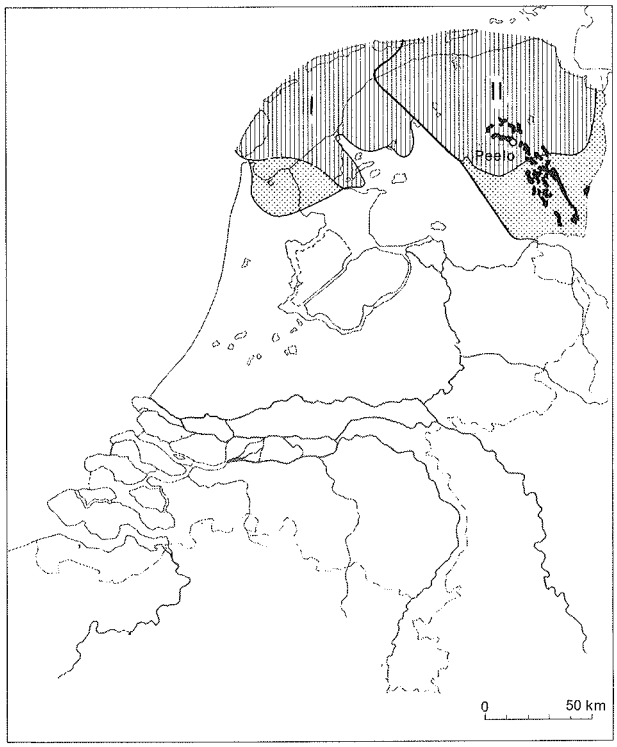
De ontstaanswijze van de afzettingen die nu tot de Formatie van Peelo gerekend worden, is ook thans nog niet geheel duidelijk.

De aanwezigheid van grind van Scandinavische oorsprong bovenin de formatie in de ontsluiting te Peelo en van typische warvengelaagdheid in twee boringen (Tzum, Fr.; Den Burg, Texel), én de begin 1975 gedane vondst van een 30 cm dikke laag typische keileem op een diepte van ca 50 m aan de basis van de formatie ten zuiden van Terschelling, maken een verband met een landijsbedekking (in het Elsterien) waarschijnlijk. Vermoedelijk gaat het grotendeels om smeltwaterafzettingen in meren.

De Formatie van Peelo ligt, behalve in erosiegeulen, op afzettingen van de Formatie van Urk (onderste deel). Ten westen van de op fig. 2.1.3 aangegeven lijn wordt de formatie bedekt door afzettingen uit het bovenste deel van de Formatie van Urk (gebied I). Ten oosten van deze lijn liggen jongere formaties op de Formatie van Peelo en ontbreken de bovenste afzettingen van de Formatie van Urk (gebied II).

Dikte van de formatie: van ca 10 tot meer dan 100 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: van dagzomend tot 70 m −N.A.P.



Formatie van Peelo aan of nabij het oppervlak

Gebied waar naast fijne en grovere zanden potklei voorkomt

Gebied waar fijne en grovere zanden voorkomen en potklei ontbreekt

fig. 2.1.3 Verbreiding van de Formatie van Peelo (I en II zie tekst)

Referenties

1967 v. d. Heide and Zagwijn, Potclay Formation
1973 Zagwijn, Peelo Formation
1975 Zandstra, Peelo Formation
1975 Ruegg, Peelo Formation

Stratotype

Boring Peelo (12D–93), coördinaten 234.350/559.000, diepte 4.70–43.60 m (fig. 2.1.4).

Sluisput Peelo, coördinaten 234.350/558.975, ca 5 m onder maaiveld en dieper.

Lithologie (fig. 2.1.4): typische potklei van 4.70 tot 28.00 m, en klei afwisselend met zand (28.00–43.60 m). In de Sluisput voorts boven potklei zandige afzettingen (Zandstra, 1975; Ruegg, 1975).

Zware mineralen: granaat, epidoot, hoornblende, waarschijnlijk ontleend aan mariene zanden van het Tertiair.

Polleninhoud: geheel geremanieerd, in hoofdzaak vormen uit het Tertiair, met name uit het Mioceen. Dit is het geval met alle potkleiafzettingen in Noord-Nederland (Zagwijn, 1974b).

In het stratotype ligt de Formatie van Peelo onder de Formatie van Eindhoven en op de Formatie van Urk.

Verbreiding

De formatie is beperkt tot het noorden des lands (fig. 2.1.3).

a. In het voornaamste verbreidingsgebied komt potklei voor in geul- en bekkenvormige depressies en ter zijde ervan fijne, glimmerhoudende zanden met kleilagen. Glauconiet in geringe hoeveelheden is een karakteristieke component van de zanden. Plaatselijk komen zeer dikke zandpakketten voor (meer dan 100 m dik), die eveneens in geulen zijn gelegen.

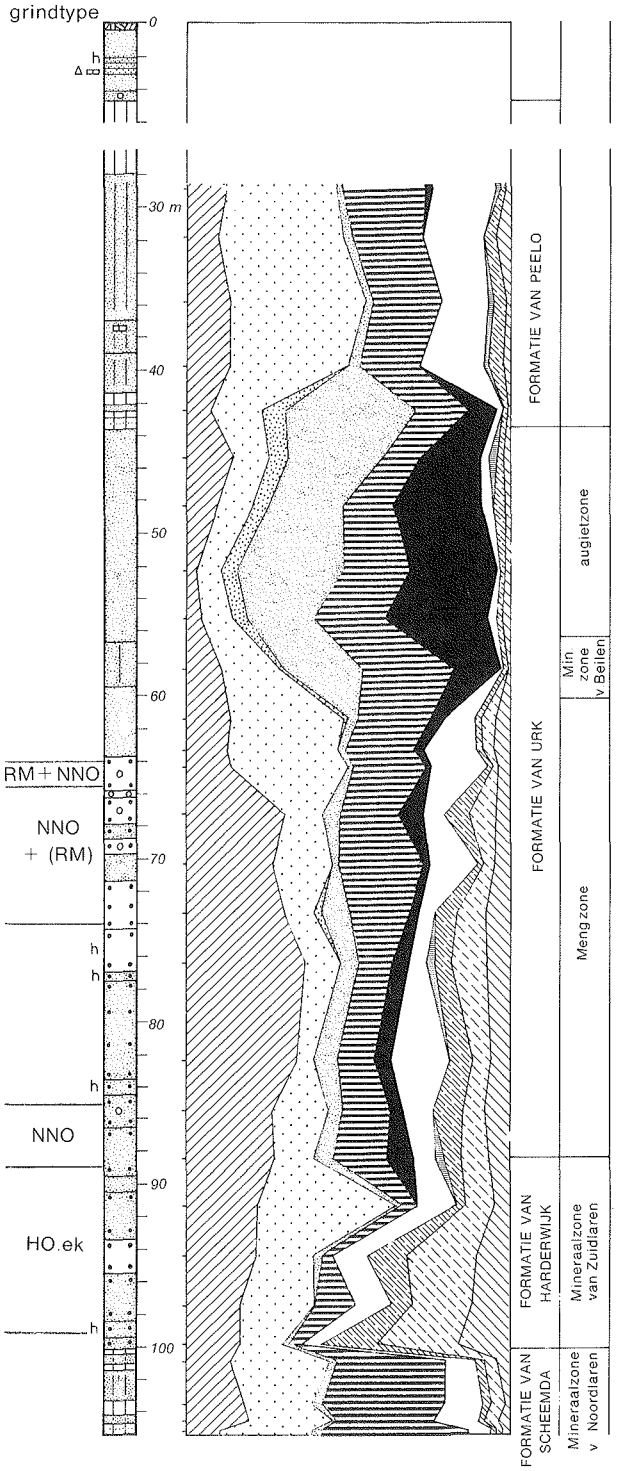


fig. 2.1.4 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Peelo (12D-93). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.59, p. 53

De geulvormige depressies waarin deze afzettingen voorkomen, zijn veelal min of meer trogvormig, ter breedte van 1 tot 2 km en ter lengte van ca 10 km of meer. Een doorsnede door een dergelijke erosiegeul is weergegeven in fig. 2.1.5.

De in geulen gelegen potklei komt overeen met de Lauenburger Ton van Noordwest-Duitsland.

b. Zowel in het noorden van Noord-Holland als in Zuidoost-Drente komen ten zuiden van het verbreidingsgebied van de onder a. genoemde afzettingen fijne, en soms grove zanden voor, die op grond van hun ligging en inhoud aan zware mineralen tot de Formatie van Peelo gerekend worden. Zij worden aangeduid als Afzettingen van Emmen. Zij doen verder sterk denken aan afzettingen uit een periglaciaal milieu en bezitten ten dele een eolisch karakter. Dergelijke eolische afzettingen zijn overigens ook uit het onder a. genoemde verbreidingsgebied binnen de formatie bekend, onder meer uit boringen in de westelijke Wadden.

Opgemerkt dient te worden, dat overeenkomstige eolische afzettingen zijn aangetroffen direct onder de Klei van Neede (zie 2.1.4.4.) in Zuidwest-Friesland (o.a. bij Bantega), d.w.z. binnen de Formatie van Urk. Deze waarneming wijst er op, dat de afzettingen van de Formatie van Peelo correleren met afzettingen uit het middendeel van de Formatie van Urk.

c. Zoals onder *Algemene karakteristiek* vermeld, is in één boring onlangs keileem gevonden, ter dikte van 30 cm aan de basis van de formatie, op een diepte van 51.40–51.70 m (boring 5B–7) op het wad ten zuiden van Terschelling. Boven deze laag volgde glimmerhoudend kleiig zand en dekzand; vervolgens fluviatiel zand en zand met mariene schelpen van de Formatie van Urk (ouderdom Holsteinien) en tenslotte op ca 20 m keileem van de Formatie van Drente (Saalien).

Ouderdom

Elsterien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): praemorenale afzettingen (II 3[1]) ten dele; Lorié (1907): Afzettingen in de neutrale ruimte; Hol (1948): proglaciaal; Edelman en Maarleveld (1958): Zone von Emmen (ten dele).

Algemeen werden vroeger de afzettingen van de Formatie van Peelo beschouwd als afzettingen gevormd tijdens de nadering van het Saalien landijs.

Ter Wee (1962) wees er op, dat deze afzettingen ouder dan Saalien moeten zijn en tot het Elsterien behoren. Verdere pollenanalytische bewijzen hiervoor in Zagwijn (1974). De Afzettingen van Emmen zijn soms als een aparte formatie beschouwd (o.a. v. d. Heide en Zagwijn, 1967). Dit standpunt is verlaten.

2.1.3. **Formaties van lokale herkomst**

2.1.3.1. Formatie van Kootwijk

Algemene karakteristiek

De eenheid bestaat overwegend uit matig fijn zand en zeer fijn zand.

Tot de formatie worden gerekend eolische afzettingen, die ten gevolge van lokale zandverstuivingen zijn ontstaan in gebieden waar pleistocene afzettingen aan of nabij het oppervlak voorkomen. Het grootste deel van de afzettingen ligt op de Formatie van Twente.

De afzettingen worden morfologisch wel aangeduid als landduinen tegenover de kustduinen langs de Noordzeekust.

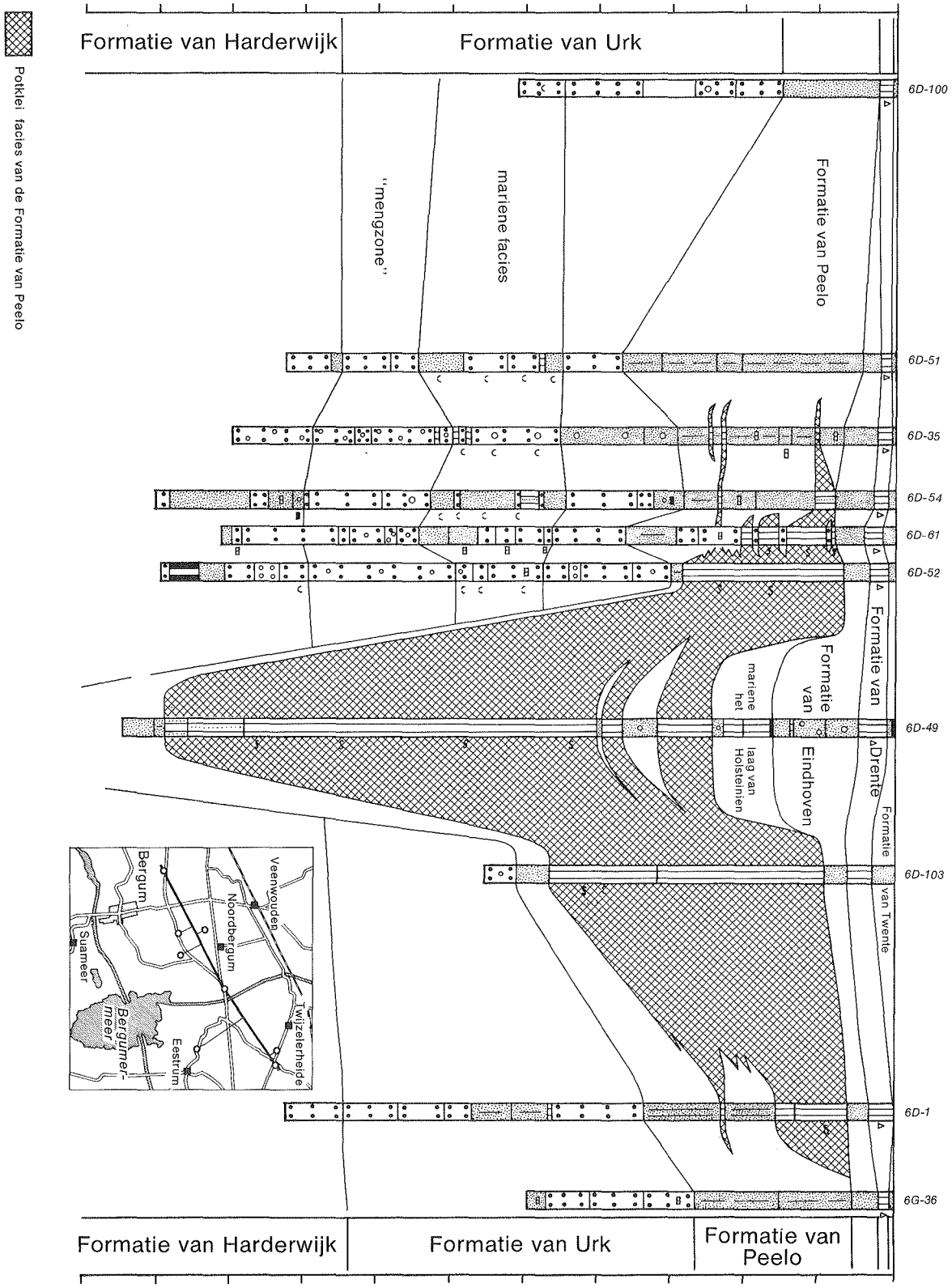


fig. 2.1.5 Zuidwest–noordoost profiel ten noorden van de Bergumermeer (Fr.) door erosiegeul van de Formatie van Peelo. De geul is opgevuld met potklei, die zijdelings in zandige afzettingen overgaat. Vertikale eenheden: 10 m. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Dikte van de formatie: van minder dan 1 m tot ongeveer 10 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: maaiveld.

Referenties

De naam wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

Het gebied ten zuiden van Kootwijk dat op topografische kaarten wordt aangeduid als Kootwijksche Zand (kaartblad 33A).

Lithologie: zeer fijn tot matig fijn zand, geelgrijs, losse pakking van de korrels. Vuilgrijze lagen in de sectie wijzen op opgenomen materiaal uit podsolen en oud akkerland. De stuifzanden verschillen van dekzanden van de Formatie van Twente door de lossere pakking van de korrels, de lichtere geelgrijze kleur en door het ontbreken van podsolbodems. Als stuifzanden op dekzanden liggen, dan zijn ze daarvan veelal gescheiden door een podsolbodem.

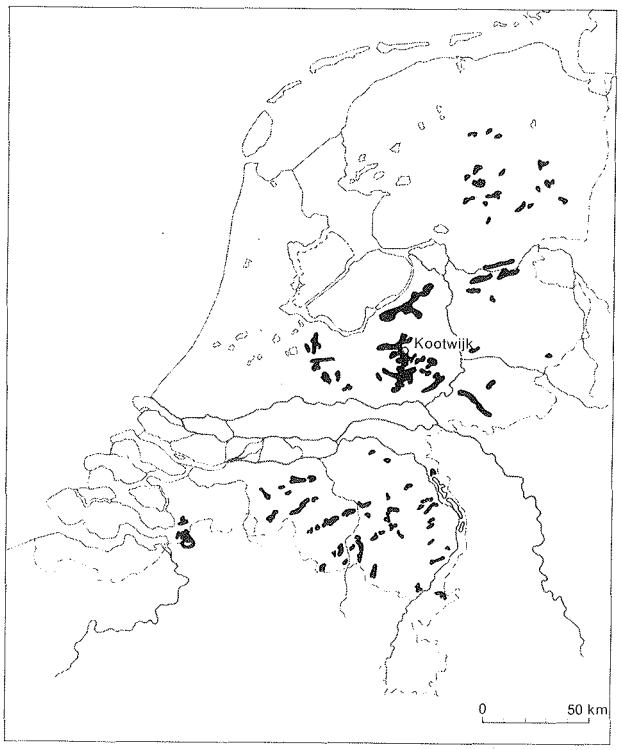


fig. 2.1.6 Verbreiding van de Formatie van Kootwijk

Verbreiding (fig. 2.1.6)

De subrecente en oudere holocene zandverstuivingen in het pleistocene landschap.

Het voorkomen van de Formatie van Kootwijk is overwegend gebonden aan dekzandruggen van de Formatie van Twente. Ook komen ze voor langs beekdalen of dalen van rivieren.

Ouderdom

Holoceen. Het merendeel van de voorkomens dateert van na het begin der Middeleeuwen toen door de sterke ontwikkeling van de landbouw de natuurlijke vegetatie werd aangetast en verstuivingen op grote schaal optraden. Sinds het eind van de 19e eeuw door herbebossing vrijwel overal vastgelegd.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Op de Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942) werd de formatie met het symbool I 13 z als stuifzand aangegeven.

2.1.3.2. Formatie van Singraven

Algemene karakteristiek

De Formatie van Singraven bestaat uit kleiig zand, zandige klei, klei en veen.

De formatie is veelal afgezet in beekdalen en andere laag gelegen gebieden ten gevolge van inundaties vanuit beken en riviertjes.

De formatie ligt voornamelijk op de Formatie van Twente. De stratigrafische positie komt verder overeen met die van de Betuwe Formatie (2.1.4.1.).

Dikte van de formatie: van minder dan 1 m tot een gering aantal meters.

Diepte van de bovenkant van de formatie: maaiveld.

Referenties

1966 ter Wee, p. 46, het holocene veen
1967 v. d. Toorn, p. 105, beekafzettingen
1971 v. d. Hammen and Wijmstra (eds.), p. 67, Singraven Formation
1973 Bisschops, pp. 76–77, veen en beekafzettingen

Stratotype

De Dinkelvallei ten westen van Denekamp en speciaal bij Singraven, kaartblad 29A, coördinaatvak 263/488.

Lithologie: klei en zand dat door beektransport of

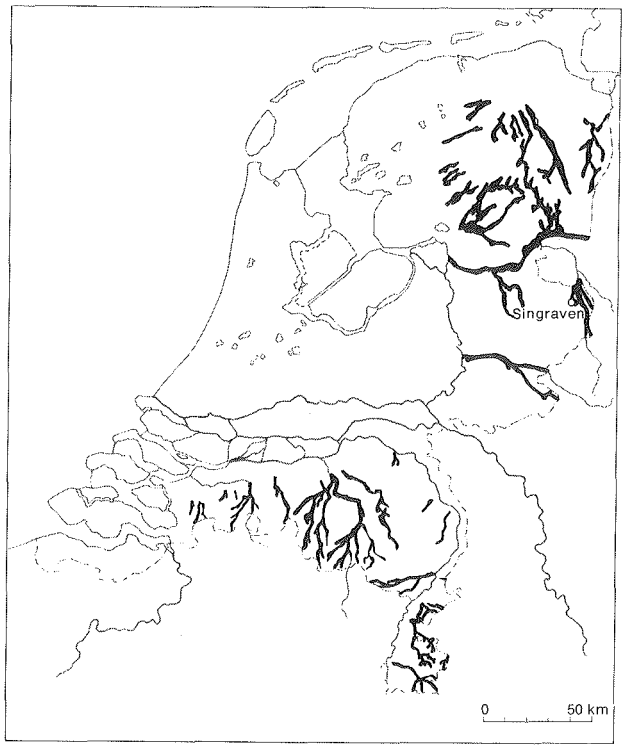


fig. 2.1.7 Verbreiding van de Formatie van Singraven

transport door kleine rivieren is afgezet; veen, dat zich in de lagere delen van het pleistocene landschap en in beekdalen heeft ontwikkeld.

In het typegebied van de Dinkelvallei bestaat de formatie uit afzettingen, die zijn te beschouwen als opvullingen van oude stroombeddingen (beekafzettingen), bestaande uit klei, leem en veen en uit afzettingen die als een deklaag over pleistocene sedimenten liggen en voorkomen in de rest van de beekdalen.

De dikte van de beekafzettingen varieert van 0.50–1.50 m, terwijl de deklagen veelal dunner zijn dan 0.50 m.

Verbreiding (fig. 2.1.7)

De Formatie van Singraven komt voor in beekdalen die zich voordoen in het pleistocene landschap. In het algemeen is dit het gebied dat gemiddeld boven N.A.P. ligt. In het noordelijk deel van ons land bestaat de formatie grotendeels uit veen. In Noord-Brabant is de bovenloop van de beken veelal met veen opgevuld, terwijl de rest uit klei, leem en zelfs zand bestaat. In oostelijk Nederland nemen klei en leem een centrale plaats in.

Ouderdom

De beekafzettingen in de oude stroombeddingen variëren in ouderdom van Laatglaciaal tot recent, terwijl de deklagen veelal niet ouder zijn dan het Subatlanticum.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942) geeft onder code I 9 beekafzettingen, die de afzettingen van de Formatie van Singraven omvatten.

Gedeeltelijk behoren ook de met I 6 v–I 4 v aangegeven 'veenvormingen in beekdalen en meertjes in het pleistocene gebied' (Pannekoek, 1956) tot de Formatie van Singraven.

Op de Nieuwe Geologische Kaart 1 : 50.000 bestaat de Formatie van Singraven uit het totaal van veen op oudere afzettingen, veen dikker dan 1 m en beekafzettingen (zowel beekleem als beekzand).

2.1.3.3. Formatie van Griendtsveen

Algemene karakteristiek

De eenheid bestaat overwegend uit veen, waarbij vaak veenmosveen (Sphagnumveen) op de voorgrond treedt; daarnaast komen organogene meerafzettingen voor, bestaande uit dy en gyttja. Het veen ontstond veelal in kommen en op waterscheidingen.

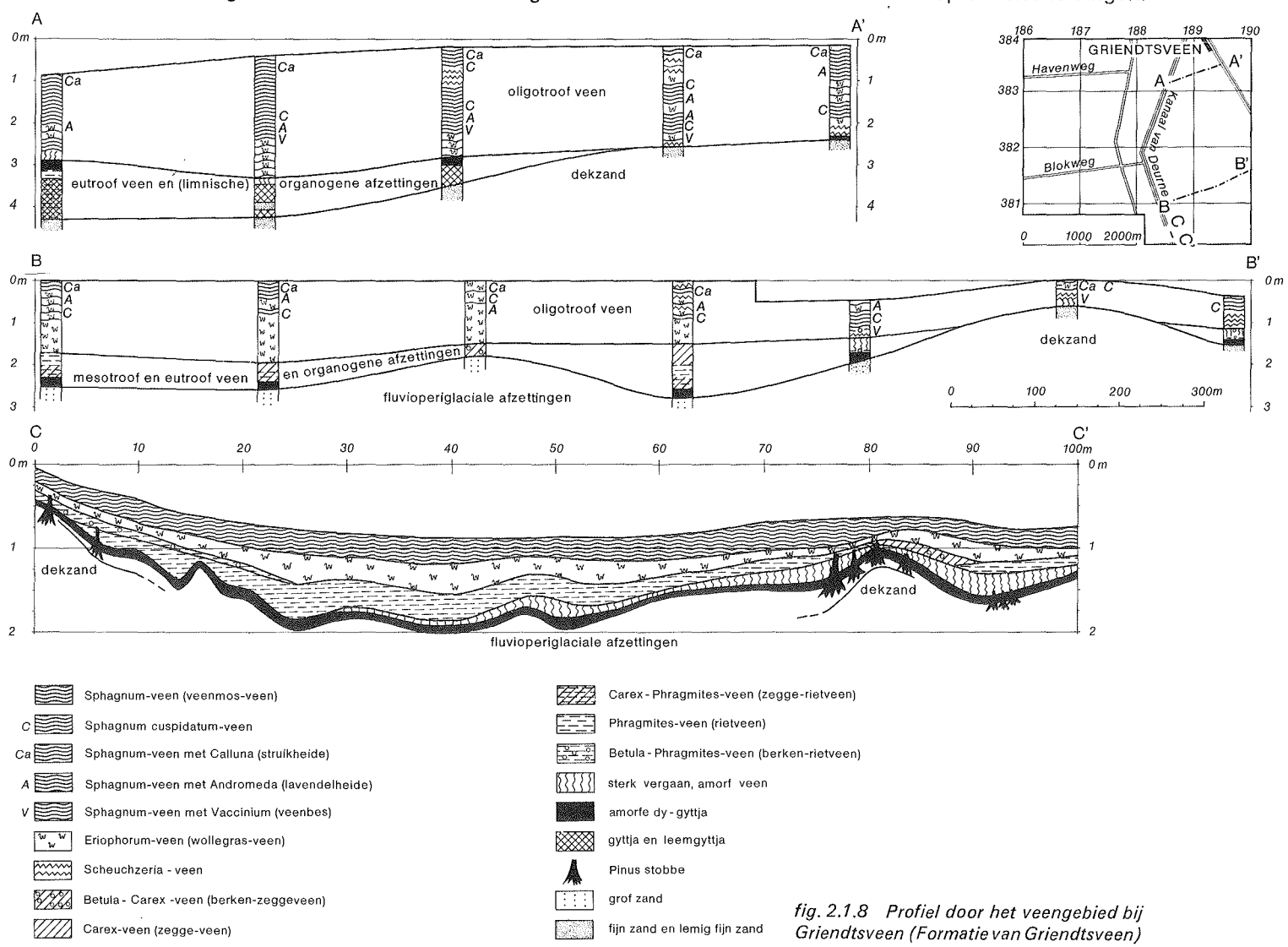


fig. 2.1.8 Profiel door het veengebied bij Griendtsveen (Formatie van Griendtsveen)

Door een snellere aanwas van het veen in de centrale delen van vele van deze veengebieden ontstonden gewelfde hoogvenen.

De stratigrafische positie komt overeen met die van de Formatie van Singraven.

Dikte van de formatie: van minder dan 1 m tot ca 4 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: maaiveld.

Referenties

1967 v. d. Toorn, p. 105.

De naam wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

Het veen ten zuidwesten van Griendtsveen (v. d. Toorn, 1967, p. 110), coördinaatvakken: tussen 381/186 en 384/190, kaartblad 52C.

Lithologie: veen; zie verder fig. 2.1.8.

In het typegebied ligt het veen op de Formatie van Eindhoven, zie geologische kaart 1:50.000, blad Venlo West (52 W). In het overige deel van het Peelveengebied ligt de formatie veelal op de Formatie van Twente of de Formatie van Asten.

Verbreiding

De formatie komt voor in het Peelgebied, in Drente en Overijssel en op één plaats in de Gelderse Achterhoek; zie fig. 2.1.9.

De voorkomens worden voortdurend kleiner door afgraving en slechts de beschermde venen zullen op den duur blijven bestaan.

Ouderdom

Laatglaciaal tot recente tijd.

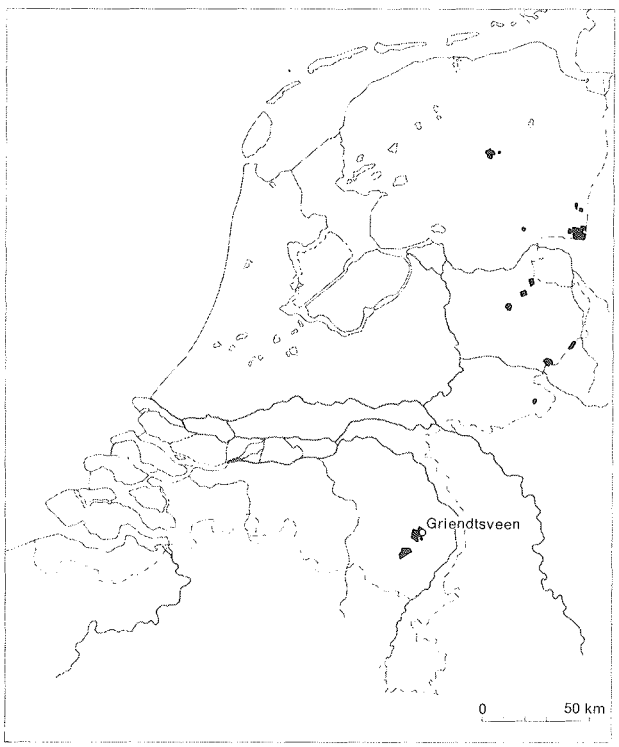


fig. 2.1.9 Verbreiding van de Formatie van Griendtsveen aan het oppervlak

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De Formatie van Griendtsveen is op de Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942) aangegeven als hoogveen, symbool I 4 v.

2.1.3.4. Formatie van Twente

Algemene karakteristiek

Een complexe eenheid, waarin een aantal lithogenetische elementen voorkomen met een kenmerkende lithologie.

a¹. Dekzanden — overwegend matig fijn zand.
a². Löss — leem, soms fijnzandig.
b. Fluvioperiglaciale afzettingen — matig fijn tot matig grof zand, grof grindhoudend zand, leem, veen.
c. Hellingafzettingen — sterk variabele lithologie, veelal grof materiaal bevattend en sterk gemengd.
d. Residuaire afzettingen — veelal één korrel dikke grindsnoeren.

De genoemde afzettingen van de formatie zijn opgebouwd uit materiaal van lokale herkomst en hangen wat ontstaanswijze betreft direct samen met de zeer koude omstandigheden van de laatste ijstijd (Weichselien). Vooral een tot grotere diepte blijvend bevroren ondergrond met in de zomer ontdooide bovenlaag (permafrost), het overwegend ontbreken van bos en tijdelijk zelfs van alle vegetatie moeten als belangrijke factoren in het toen bestaande periglaciale milieu worden genoemd.

De vegetatiearmoede begunstigde de vorming van windafzettingen (a¹ — dekzand; a² — löss). Dekzand ontleent zijn naam aan het verschijnsel, dat het als een dek ligt over het pleistocene landschap. Het komt over een groot deel van het land voor. Löss is in hoofdzaak beperkt tot Zuid-Limburg.

Smeltwaterafzettingen, gevormd door water afkomstig uit de ontdooide bovenlaag van de permafrost en van smeltende sneeuw, vormen een belangrijk onderdeel van de formatie. Zij bestaan veelal uit grof zand. Zij komen o.a. voor in rivier- en beekdalen, uitgezonderd de vlakten van Rijn en Maas. In depressies en laagten komt leem, gevormd in ondiepe meren, en veen voor, veelal afgewisseld door zand. Samen met de smeltwaterafzettingen worden zij tot de fluvioperiglaciale afzettingen gerekend.

De hellingafzettingen ontstonden door afglijding langs hellingen, wanneer 's zomers boven de permafrost de bovenste laag met water verzadigd raakte (solifluctie).

Dunne grindlaagjes, één korrel dik, met windpolijsting ontstonden door uitblazing van dikke lagen onder woestijnachtige omstandigheden. Het fijne materiaal werd weggevoerd en het grind en de stenen bleven achter ('keienvloertje' — d.). Het meest voorkomende van deze niveaus is de Laag van Beuningen (fig. 2.1.10).

Kenmerkend voor de Formatie van Twente is het veelvuldig voorkomen van cryoturbate structuren. Dit zijn structuren ontstaan door de aanwezigheid van permafrost (vorstwiggen, involuties).

Dikte van de formatie: varieert veelal van minder dan 1 m tot enkele meters, in depressies soms oplopend tot ca 25 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: in grote delen van het land aan of nabij maaiveld (fig. 2.1.11).

Indeling van de Formatie van Twente in Midden- en Oost-Nederland (volgens v. d. Hammen et al. 1967; v.d. Hammen en Wymstra (ed.) 1971; Zagwijn 1961, 1974)

Afzettingen (laagpakketten)	Cryoturbate structuren	Tijdsindeling	
Jong dekzand II*	plaatselijk vorstwiggen	Laat-Weichselien	Allerød interstadiaal
veen of laag van Usselo**			
Jong dekzand I*			
plaatselijk veen of leemlaagje			Bølling interstadiaal
Oud dekzand II***	geen vorstwiggen	Midden-Weichselien	
laag van Beuningen****	grote vorstwiggen		
Oud dekzand I***	bovenkant sterk cryoturbaat		
dekzanden en smeltwaterzanden afwisselend met leempakketten en/of veenlagen	vorstwiggen en involuties		Denekamp interstadiaal Hengelo interstadiaal Moershoofd interstadiaal
lemig dekzand en grovere zanden	grote vorstwiggen		
zand, in hoofdzaak eolisch met ingeschakelde veenpakketten	involuties	Vroeg-Weichselien	Odderade interstadiaal Brørup interstadiaal Amersfoort interstadiaal

* Jong dekzand: vaak relatief grof eolisch zand, soms met grindsnoertjes.
** Laag van Usselo: in het dekzand ingeschakelde dunne gebleekte laag of bodem met vingervormige uitstulpingen en veelal met houtskool.
*** Oud dekzand: meestal relatief fijn eolisch zand, lemig, horizontaal gelaagd.
**** Meestal residuaire grindafzetting (keienvloertje), grindkorrels met windlak, soms overgaand in dikkere grindlagen. De bovenkant van de afzetting direct onder de laag is sterk gecryoturbeerd, of door bodemvorming in een arctisch milieu gehomogeniseerd. Het niveau is verbonden met grote vorstwiggen.

fig. 2.1.10 Tabel van afzettingen van de Formatie van Twente

Referenties

De naam is ontleend aan de chronostratigrafische term Tubantien, ingevoerd door v. d. Vlerk en Florschütz, 1950, p. 218.

1960 v. d. Toorn, p. 52, Formatie van Twente
1961 Zagwijn, p. 23, Twenthe Formation (formele invoering van de naam)
1965 van Rummelen, p. 30, Formatie van Twente
1966 ter Wee, p. 40, Formatie van Twente
1967 v. d. Hammen et al., p. 79 e.v., Twenthe Formation
1971 v. d. Hammen and Wymstra (eds.), p. 64, 67, 68, Twente Formation

Stratotype

Twente, met name de graafwerken ten behoeve van de aanleg van het Twente-Rijnkanaal, bij Hengelo (sluisput, de lagen tussen 19.50 en 10.55 m +N.A.P.; Petroleumhaven (v. d. Vlerk en Florschütz, 1950, p. 221), kaartblad 34F.

Voorts als aanvullende typegebieden: Gelderse Vallei bij Amersfoort (Zagwijn, 1961), Dinkelvallei bij Denekamp (v. d. Hammen et al., 1971).

Lithologie: fijne zanden, grove zanden met grindsnoertjes, dunne grindsnoertjes, leem en veen. Cryoturbate structuren. Periglaciale afzettingen.

Grind: in Noord-Nederland met opgenomen Scandinavisch grind, elders meestal met opgenomen oostelijk of zuidelijk materiaal.

Zware mineralen: veelal samenhangend met de samenstelling van ouder materiaal in de omgeving (Maarleveld, 1960; Crommelin, 1964). Relatief rijk aan granaat, met name in Midden- en Noord-Nederland. Dan ook meer granaat bevattend dan het materiaal waaraan het is ontleend (Zandstra, 1975).

In de genoemde typegebieden liggen de afzettingen van de Formatie van Twente op resp. de Eem Formatie (Gelderse Vallei) en de Formatie van Asten (Hengelo, Dinkeldal), die in hoofdzaak gevormd werden gedurende het Eemien interglaciaal. In bekkengebieden en ook daarbuiten kan een kenmerkende laagopeenvolging worden geconstateerd (fig. 2.1.10).

Verbreiding

Tot de Formatie van Twente behoort ook een groot deel van de lössafzettingen in Zuid-Limburg. De formatie komt over vrijwel het gehele land voor. Vaak aan het oppervlak (fig. 2.1.11).

Ouderdom

Weichselien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Een groot deel van de 'postglaciale' dalopvulling of laagterras (II 8), een groot deel van de fluvioglaciale afzettingen (II 4) en een deel van de middenterrasafzettingen (II 6) van de Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942) worden nu tot de Formatie van

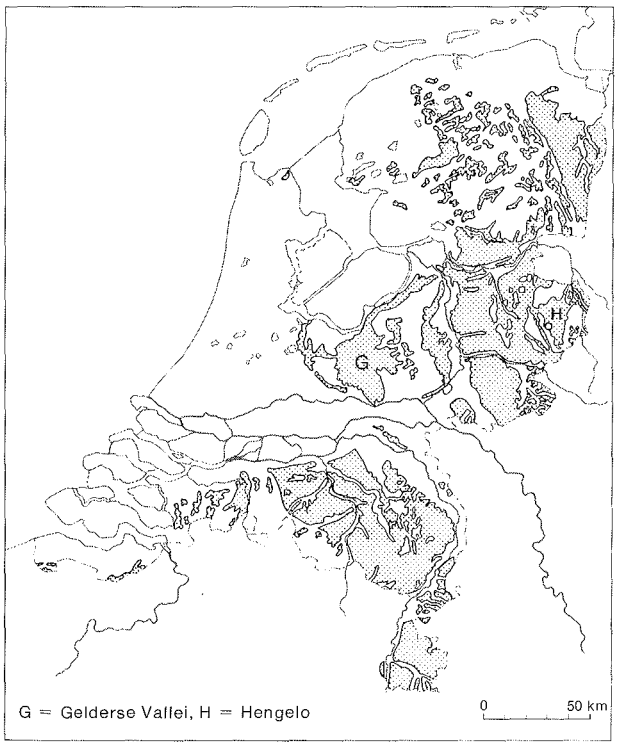


fig. 2.1.11 Verbreiding van de Formatie van Twente, aan of nabij het oppervlak

Twente gerekend. Het bovenste deel van het zogeheten Zanddiluvium (Zonneveld, 1947, 1958, in navolging van Lorié) behoort tot de formatie.

2.1.3.5. Formatie van Asten

Algemene karakteristiek

De eenheid bestaat overwegend uit veen; daarnaast komen kleilagen voor.

Tot de formatie worden gerekend organische meerafzettingen, hoogveencomplexen en beekafzettingen gelegen op de Formatie van Drente of de Formatie van Eindhoven en onder de Formatie van Twente.

De stratigrafische positie komt overeen met die van de mariene Eem Formatie.

Dikte van de formatie: van minder dan 1 m tot enkele meters.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert van vrijwel 0 tot ruim 20 m onder maaiveld.

Referenties

1961 v. d. Heide, p. 65, Formatie van Asten
1966 ter Wee, p. 36, Formatie van Asten
1967 v. d. Heide and Zagwijn, p. 25/26, Asten Formation
1967 v. d. Toorn, p. 76, Formatie van Asten

Stratotype

Profiel Asten-Gevlocht (v. d. Vlerk and Florschütz, 1953, table 21), coördinaatvak 376/183, diepte 0.00–3.25 m onder maaiveld, kaartblad 52 C.

Lithologie: veen.

Pollendiagram: v. d. Vlerk and Florschütz, loc. cit.

In de typeboring in de Centrale Slenk ligt het veen van de Formatie van Asten op zand van de Formatie van Eindhoven en was ter plaatse, vóór de veenontginning, bedekt door veen van de Formatie van Griendtsveen. In de omgeving evenwel ligt dekzand van de Formatie van Twente op de Formatie van Asten.

Verbreiding

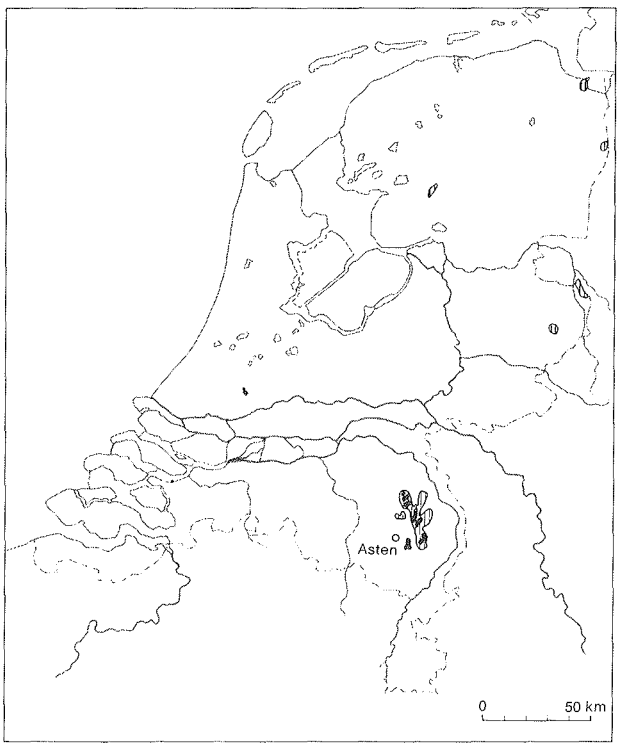
Andere afzettingen die tot de formatie worden gerekend, zijn in de eerste plaats veenvoorkomens op de Peelhorst in soortgelijke stratigrafische positie als in het stratotypegebied (v. d. Toorn, 1967). Voorts geïsoleerde voorkomens van veen en beekafzettingen elders in het land (ter Wee, 1966), die dezelfde ouderdom bezitten. De thans bekende verbreiding is weergegeven in fig. 2.1.12.

Ouderdom

In hoofdzaak Eemien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De afzettingen werden ook beschreven onder de naam 'Venray-Zone' (v. d. Vlerk and Florschütz, 1953, p. 18), Formatie van Venray (v. d. Toorn, 1960, p. 52, p. 54) of Laag van Venray (v. d. Heide, 1963, p. 40). De 'Zone van Venray' heeft in feite betrekking op de voorkomens op de Peelhorst, waarvan de correlatie met het profiel bij Asten, in de Centrale Slenk, lang onzeker was. Daarom werd de Formatie van Asten ingevoerd, aangezien het profiel



Verbreiding van de Formatie van Asten

Formatie van Asten aan of nabij het oppervlak

fig. 2.1.12 Verbreiding van de Formatie van Asten

bij Asten een duidelijk te definiëren en pollenanalytisch te correleren eenheid te zien geeft. Tenslotte bleek het mogelijk een correlatie van de 'Zone van Venray' met de afzettingen bij Asten vast te stellen (v. d. Toorn, 1967, p. 81) en ze te verenigen in de Formatie van Asten.

2.1.3.6. Formatie van Eindhoven

Algemene karakteristiek

Een complexe eenheid, waarin de volgende lithologische elementen voorkomen:

a¹. Eolische zanden — overwegend matig fijn zand.
a². Löss — leem, soms fijnzandig.
b. Fluvioperiglaciale afzettingen — fijn zand, grof grindhoudend zand, leem, veen.
c. Residuaire afzettingen — veelal één-steendikke grindsnoeren.

De genoemde afzettingen van de formatie zijn opgebouwd uit materiaal van min of meer lokale herkomst en hangen wat ontstaanswijze betreft direct samen met de zeer koude omstandigheden van de ijstijden van het latere Midden-Pleistoceen (Saalien, eventueel Elsterien). Vooral een tot grotere diepte blijvend bevroren ondergrond (permafrost) met in de zomer ontdooide bovenlaag, het overwegend ontbreken van bos en tijdelijk zelfs van alle vegetatie, moeten als belangrijke factoren in het toen bestaande periglaciale milieu worden genoemd.

Terwijl in het gebied van de Centrale Slenk de Formatie van Eindhoven zich in lithologisch opzicht niet onderscheidt van de Formatie van Twente, is dit in Noord-Nederland wel het geval. Hier zijn het matig fijne, geel- of grijsachtig witte zanden, die, in tegenstelling tot de Formatie van Twente, geen (opgenomen) Scandinavisch materiaal bevatten.

Dikte van de formatie: in zuidelijk Nederland oplopend tot ca 25 m; in noordelijk Nederland tot circa 10 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: van dagzomend tot meer dan 10 m onder maaiveld.

Referenties

1960 v. d. Toorn, p. 52, Formatie van Eindhoven
1961 v. d. Heide, p. 65, Formatie van Eindhoven
1966 ter Wee, Formatie van Eindhoven
1967 v. d. Heide and Zagwijn, Eindhoven Formation
1973 Zagwijn, Eindhoven Formation
1975 Ruegg, Eindhoven Formation
1975 Zandstra, Eindhoven Formation

Stratotype

Centrale Slenk bij Eindhoven en omgeving, onder bodems en veenlagen van de Formatie van Asten en op de Formatie van Sterksel. Met name boring 51G–318, coördinaten 164.290/377.720 (Bisschops, 1973, p. 54 en profiel A–A¹) (fig. 2.1.13).

Lithologie: 0.00–5.67 m matig fijn zand, bij 2.40–2.60 m matig grof met grind (Formatie van Twente); 5.67–6.32 m veen, met hout (Formatie van Asten); 6.32–24.70 m matig fijn zand, met sterk fijnzandige leemlagen (bij 8.38–8.95; 9.47–10.04; 11.42–11.44; 12.14–12.20; 15.47–15.62; 17.55–18.48; 19.94–20.20 m) en inschakelingen van matig grof zand tussen 11.44 en 11.86 m (Formatie van Eindhoven); beneden 24.70 m matig grof en zeer grof zand (Formatie van Sterksel).

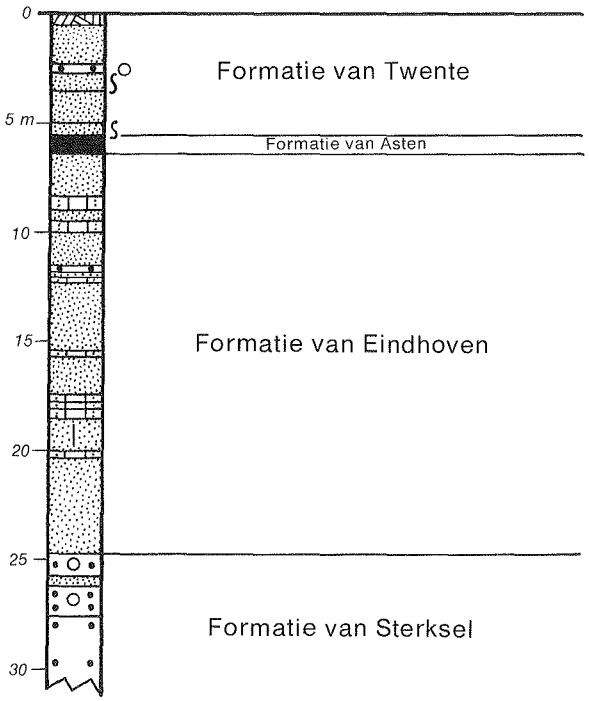


fig. 2.1.13 Lithologie van boring Groote Heide bij Eindhoven (51G–318). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

In het stratotypegebied ontbreken vaak de afzettingen van de Formatie van Asten door latere erosie. Het is dan ook veelal niet mogelijk de Formatie van Eindhoven nauwkeurig van de Formatie van Twente te scheiden. Om deze reden zijn zij hier samengevoegd tot Nuenen Groep (Bisschops, 1973).

Verbreiding

De verbreiding in Zuid-Nederland is voornamelijk beperkt tot de Centrale Slenk en de Peelhorst (fig. 2.1.14). Voorts de zgn. oude löss in Zuid-Limburg. Deze is van de bovenliggende löss van de Formatie van Twente gescheiden door een karakteristieke bodem (Kuyl en Bisschops, 1969).

Behalve afzettingen in zuidelijk Nederland worden ook in de noordelijke provincies soortgelijke afzettingen, gelegen tussen de Formatie van Urk, c.q. Formatie van Peelo en de keileem van de Formatie van Drente tot de Formatie van Eindhoven gerekend (zie fig. 2.1.5).

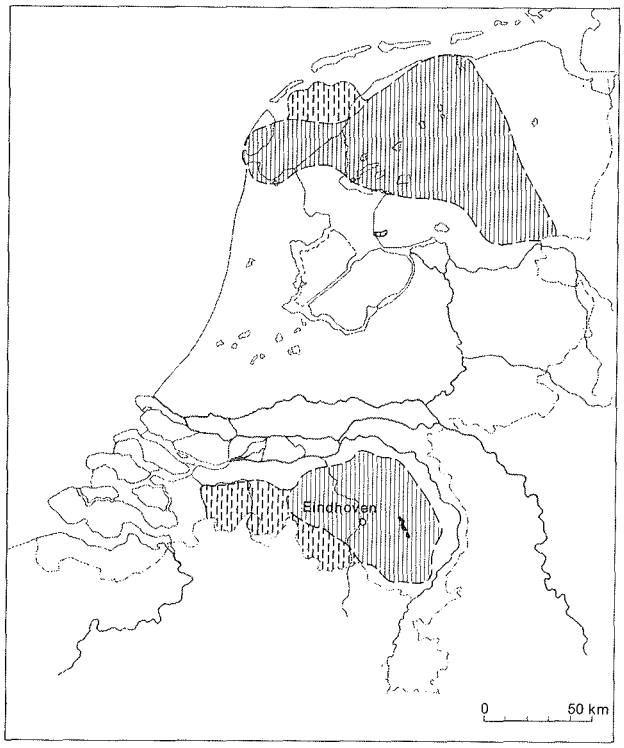
Zij komen in Noord-Nederland voor: in Drente ten westen van de lijn Emmen-Roden; in Friesland; in Noord-Holland onder Wieringen, de westelijke Waddenzee en Texel.

Ouderdom

Saalien; in het gebied van de Centrale Slenk bovendien ook Elsterien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart: in Zuid-Nederland ten



Verbreiding van de Formatie van Eindhoven

Verondersteld voorkomen van de Formatie van Eindhoven

Formatie van Eindhoven aan of nabij het oppervlak

fig. 2.1.14 Verbreiding van de Formatie van Eindhoven

dele als II 6 (Middenterrasafzettingen — Tesch, 1942) beschreven. Het begrip Nuenen Groep werd ingevoerd voor de Grote Slenk om afzettingen samen te vatten van de Formaties van Twente en Eindhoven, inclusief de tussengelegen plaatselijk aantoonbare Formatie van Asten (Bisschops, 1973). Het komt geheel overeen met het begrip Zanddiluvium volgens Zonneveld (1947, 1958, in navolging van Lorié).

In Noord-Nederland vormen de afzettingen van de Formatie van Eindhoven een deel van wat vroeger als fluvioglaciaal onder de grondmorene of proglaciale afzettingen (II 3') werd beschreven.

Aanvankelijk (v. d. Heide, 1961, 1964) kwam in de stratigrafische kolom van de kwartaire afzettingen, opgenomen in de jaarverslagen van de Geologische Stichting, de naam Formatie c.q. Afzettingen van Emmen als noordelijk equivalent van de Formatie van Eindhoven voor. Later is de term Afzettingen van Emmen (soms Formatie van Emmen — bijv. v. d. Heide and Zagwijn, 1967) uitsluitend gebruikt voor oudere, uit het Elsterien daterende afzettingen, die in habitus lijken op de afzettingen van de Formatie van Eindhoven. Zie onder Formatie van Peelo.

2.1.4. Formaties opgebouwd door de grote rivieren

2.1.4.1. Betuwe Formatie

Algemene karakteristiek

De Betuwe Formatie bestaat uit een afwisseling van zand en klei, met incidenteel voorkomen van veen.

Tot de formatie worden gerekend de rivierafzettingen die in het gebied van de grote rivieren zijn afgezet. In de formatie zijn twee genetische hoofdcomponenten te herkennen:

a. Stroomgordelafzettingen.
b. Komafzettingen.

De stroomgordelafzettingen bestaan voornamelijk uit zand of kleiig zand, komafzettingen vooral uit klei.

De stratigrafische positie van de Betuwe Formatie komt overeen met die van de Westland Formatie. De formatie kan op oudere formaties van velerlei aard liggen.

Dikte van de formatie: van minder dan 1 m tot meer dan 10 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: maaiveld.

Referenties

De naam wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

De Betuwe, een gebied begrensd door de Rijn en de Waal, gelegen tussen Tiel en Arnhem (zie fig. 2.1.15).

Verbreiding

Tot de formatie behoren de rivierafzettingen van het gebied der grote rivieren Rijn, Waal en Maas. In het westen wordt de formatie begrensd door het perimariene gebied van de Westland Formatie.

Verder behoren tot de formatie de holocene rivierafzettingen die in het dal van de IJssel, de Oude IJssel en de Roer zijn gevormd.

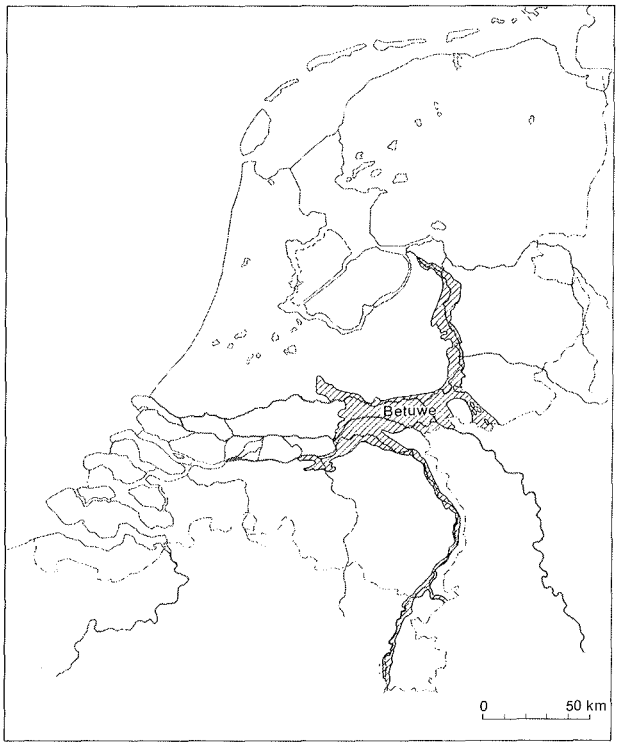


fig. 2.1.15 Verbreiding van de Betuwe Formatie

Ouderdom

Holoceen. In het algemeen wordt verondersteld, dat de sedimentatie van de Betuwe Formatie gedurende het gehele Holoceen is doorgegaan. Het tegenwoordige patroon van stroomruggen en kommen is echter in hoofdzaak van subatlantische ouderdom (van ná 900 v. Chr.) (Pannekoek, red., 1956).

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Op de Oude Geologische Kaart geven de 'Jonge rivierafzettingen' (I 8 z en I 7 k) het gebied aan, waarbinnen de Betuwe Formatie voorkomt. Uitgezonderd hiervan zijn de afzettingen in het perimariene gebied (zie onder Westland Formatie) en de afzettingen in het dal van de Vecht.

2.1.4.2. Formatie van Kreftenheye

Algemene karakteristiek

De eenheid bestaat overwegend uit grove grindhoudende zanden, soms uit grind (Zuid-Limburg). Op enkele plaatsen komen ingeschakelde veen- en kleilagen voor (IJsseldal). Aan de bovenkant van de formatie is een afdekkende laag leem frequent aanwezig.

Tot de formatie behoren afzettingen van Rijn en Maas. De sedimentatie begon tijdens en na de maximale uitbreiding van het landijs van het Saalien en duurde tot aan het begin van de vorming van de Betuwe- en Westland Formaties (Holoceen). Ook genetisch samenhangende afzettingen (o.a. rivierduinen) worden tot de Formatie van Kreftenheye gerekend.

De lithologische variatie binnen de formatie is vrij groot. Voor een algemene karakteristiek van Rijn- en Maasafzettingen, zie 2.1.1.. Als bijzonderheid zij vermeld, dat de jongere Rijnafzettingen in de Betuwe en in zuidelijk Gelderland soms rijk aan afgeplatte grijsgroene leisteen-, grauwacke- en zandsteenfragmenten zijn; een aantal malen werd puimsteen in afgeronde stukjes van 1–10 mm aangetoond. Dit materiaal is afkomstig van vulkanische uitbarstingen in het Eifelgebied.

Dikte van de formatie: tussen ca 10 en 25 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert van dagzomend tot meer dan 25 m onder maaiveld.

Referenties

1947 Zonneveld, p. 90, Zone van Kreftenheye
1958 Zonneveld, p. 55, Formatie van Kreftenheye
1963 Zagwijn, p. 175, Kreftenheye-Grubbenvorst Formation
1967 v. d. Heide and Zagwijn, p. 25/26, Kreftenheye Formation

Stratotype

Boring Kreftenheye (46G–18 = handboring No. 18, Siebengewald, R.O.D.), coördinaten ± 205.380/407.050, diepte van 0 m tot 16 m onder maaiveld. Zie fig. 2.1.16.

Lithologie: grove zanden met grind.

Zware mineralen: augietrijke associatie.

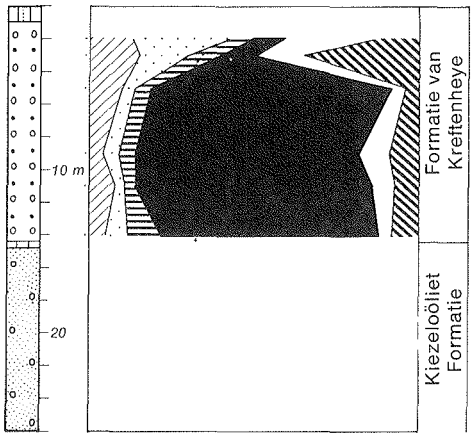
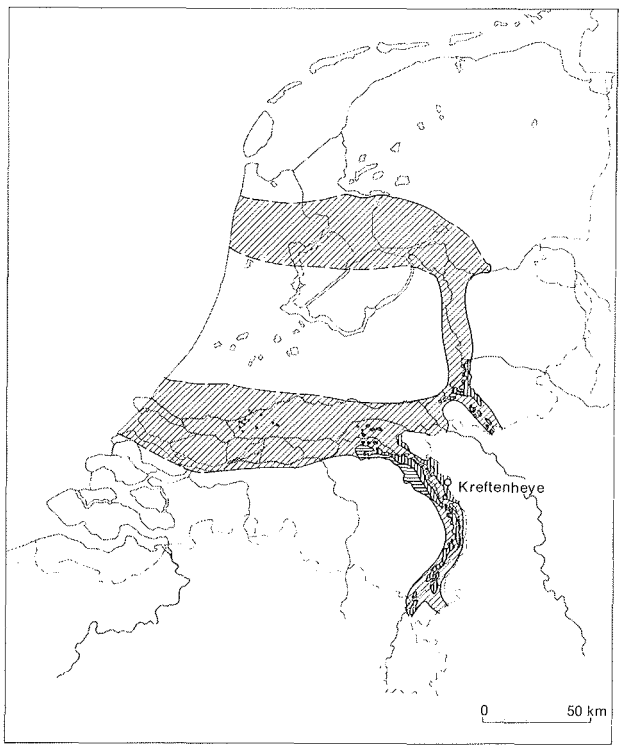


fig. 2.1.16 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Kreftenheye (46G–18). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.58, p. 53

In de typeboring liggen de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye op zanden van de Kiezeloöliet Formatie (Plioceen) en reiken tot nabij maaiveld. Zij zijn door de Rijn afgezet in een dal, thans het dal van de Niers, dat fungeerde als oerstroomdal van de Rijn, toen deze tijdens de maximale uitbreiding van het landijs (Saalien) zich een weg vóór het ijsfront langs moest banen in westelijke richting (fig. 2.1.17). Dit dal werd later in het Saalien weer door de Rijn verlaten, hoewel mogelijk in het Weichselien nog Rijnmateriaal door dit dal werd afgevoerd.



Verbreiding van de Formatie van Kreftenheye

Formatie van Kreftenheye aan of nabij het oppervlak

Formaties van Kreftenheye en Veghel aan of nabij het oppervlak

rivierduinen (donken)

fig. 2.1.17 Verbreiding van de Formatie van Kreftenheye

Verbreiding (fig. 2.1.17)

a. Rijnafzettingen in het IJsseldal en hun voortzetting in IJsselmeergebied en Noord-Holland. Zij zijn gelegen op keileem en fluvioglaciale klei van de Formatie van Drente en onder dekzand van de Formatie van Twente of zand en klei van de Betuwe Formatie. Grove zanden met ingeschakelde klei- en veenlagen.
b. Rijn- en gemengde Rijn/Maasafzettingen in het gebied tussen Arnhem-Nijmegen en de huidige kust. Bedekt door Betuwe- en Westland Formaties.
c. Maasafzettingen, die vroeger zijn beschreven als Zone van Horn en mogelijk ten dele als Zone van Grubbenvorst (Zonneveld, 1947, 1958). Deze ten dele zeer grove, grindrijke afzettingen worden thans ook tot de Formatie van Kreftenheye gerekend (v. d. Heide and Zagwijn, 1967).
d. Rivierduinen, o.a. langs de Oude IJssel. Door holocene afzettingen grotendeels bedekte rivierduinen (donken) in de Alblasserwaard (Verbraeck, 1974), Noordoostpolder (Wiggers, 1955) en in Oostelijk Flevoland (Ente, 1971).

Ouderdom

Saalien (tijdens maximale uitbreiding landijs en daarna); Eemien (met name klei- en veenlagen in IJsseldal); Weichselien. In het westelijk rivierkleigebied (Gorkum) is de vorming van de leemlaag aan de bovenkant van de formatie tot in het begin van het Holoceen doorgegaan.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Fluviatiel laagterras, zoals weergegeven op de Oude Geologische Kaart (II 8 — Tesch, 1942), behoort ten dele tot deze formatie. Deze term wordt door latere auteurs gebruikt om fluviatiele afzettingen van het Weichselien aan te duiden, derhalve het bovenste (jongste) deel van de Formatie van Kreftenheye.

Het Bovenste Grof volgens Lorié (1907) behoort ten dele tot deze formatie.

2.1.4.3. Formatie van Veghel

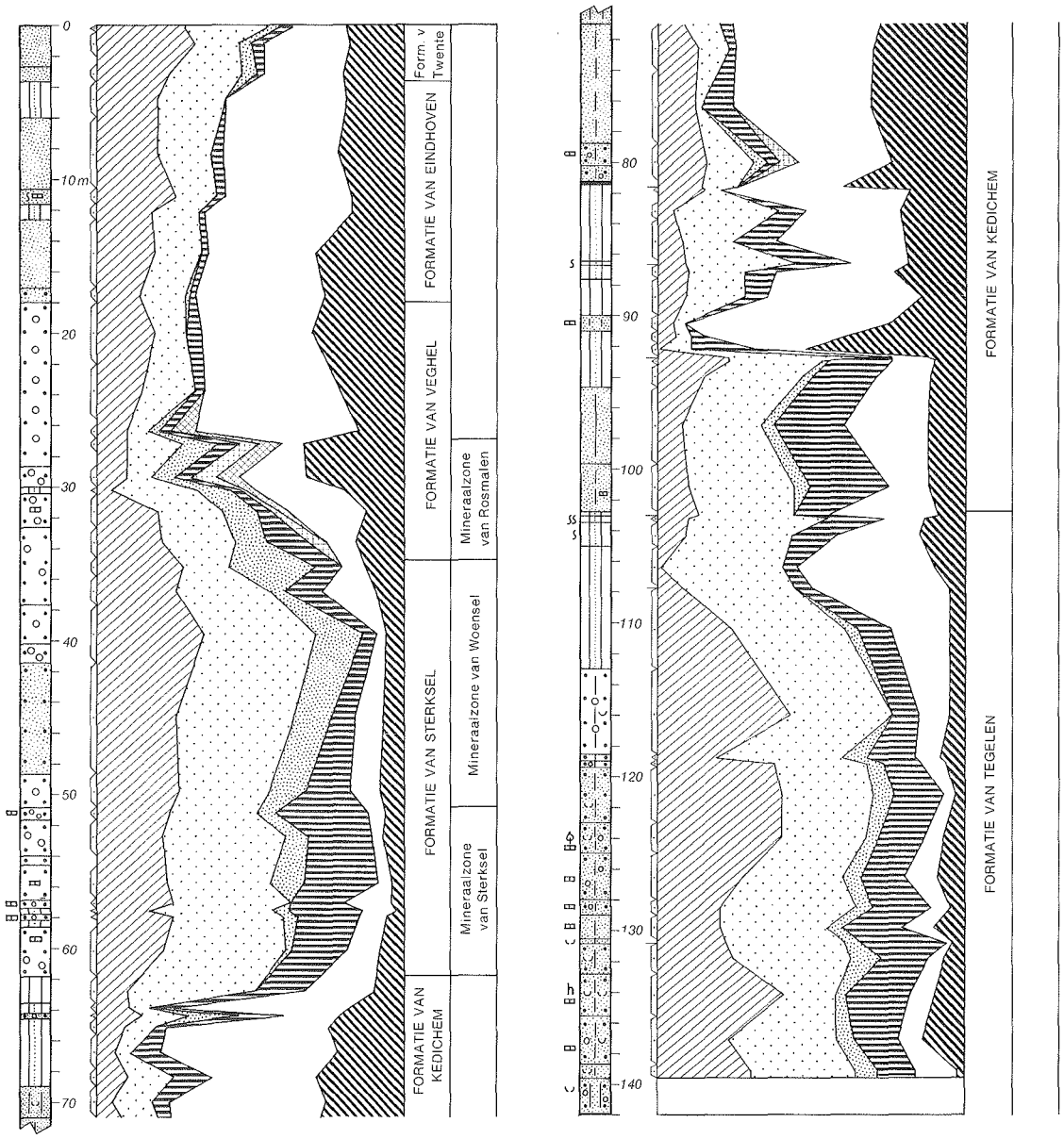


fig. 2.1.18 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Veghel (45G–6). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.58, p. 53

Algemene karakteristiek

Een eenheid, bestaande uit grove zanden, min of meer grindhoudend, soms grinden (Zuid-Limburg). Klei- en veenlagen komen slechts in beperkte mate voor.

Tot de formatie behoren afzettingen van de Maas, gedeponeerd ná de vorming van de Formatie van Sterksel en vóór de vorming van de Formatie van Kreftenheye.

Voor een algemene karakteristiek van Maasafzettingen, zie 2.1.1. Opgemerkt moet worden, dat de basale lagen van de formatie vaak als grindbanken ontwikkeld zijn. In Noord-Brabant is de hoedanigheid van het sediment meer of minder veranderd door opname van ouder Rijnmateriaal. Dikte van de formatie: tussen ca 10 en 20 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert van dagzomend tot ruim 25 m onder maaiveld.

Referenties

1947 Zonneveld, p. 85, Zone van Veghel
1955 Doppert en Zonneveld, Zone van Veghel
1958 Zonneveld, Formatie van Veghel
1960 v. d. Toorn, Formatie van Veghel
1967 v. d. Toorn, p. 47 e.v., Formatie van Veghel (A, B, C)

Stratotype

Boring Veghel (45G–6), coördinaten 168.490/402.500, diepte 8.00–24.50 m –N.A.P. = 18.00–34.50 m onder maaiveld (zie fig. 2.1.18).

Lithologie: grove zanden, fluviatiel.

Zware mineralen: stabiele mineralen (toermalijn, metamorfe mineralen, rutiel, zirkoon, anataas) samen met granaat, epidoot en hoornblende. In de onderste lagen (Zone van Rosmalen) (boring 45B–12, coördinaten ± 156.580/414.720, fig. 2.1.19) hoger gehalte aan alteriet.

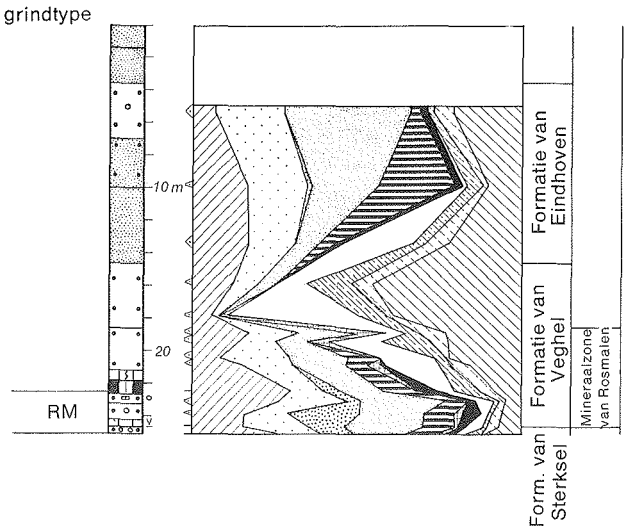


fig. 2.1.19 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Rosmalen (45B–12). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.59, p. 53

In de typeboring, gelegen in de Grote Slenk, liggen de afzettingen van de Formatie van Veghel op de Formatie van Sterksel en onder de Formatie van Eindhoven. Het zijn afzettingen van de Maas.

Verbreiding (fig. 2.1.20)

a. Onder de typische Maasafzettingen van de Formatie van Veghel komen in de Grote Slenk afzettingen voor, die een gemengd Rijn-Maaskarakter hebben (Mineraalzone van Rosmalen, de Ridder and Zagwijn (1962), fig. 2.1.19). Zij liggen op typische Rijnafzettingen van de Formatie van Sterksel. De afzettingen van de Mineraalzone van Rosmalen worden ook tot de Formatie van Veghel gerekend. In de Mineraalzone van Rosmalen komen vaak klei- en veenlagen voor, die elders in de formatie zeer schaars zijn. Deze zone dateert uit het 'Cromerien complex'.

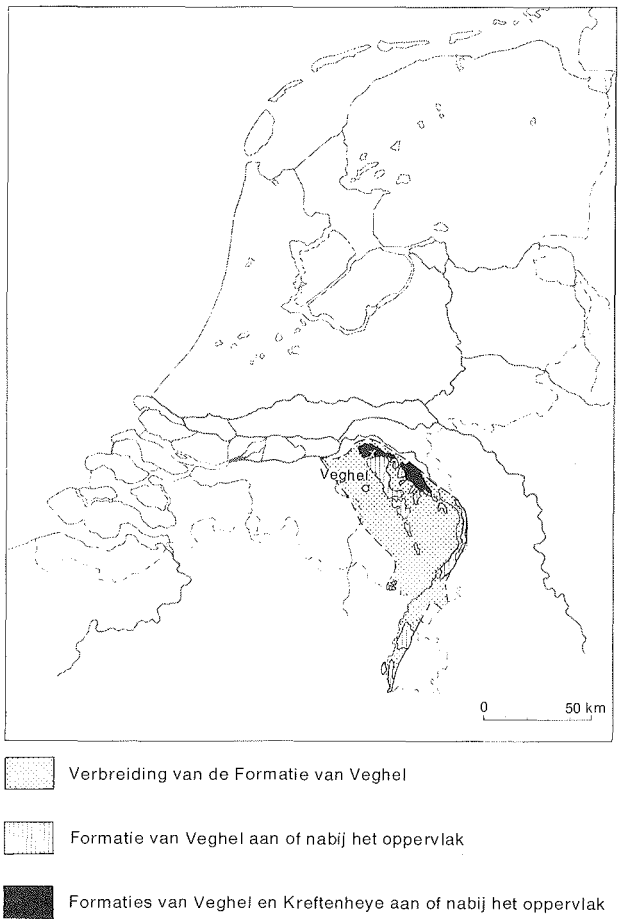
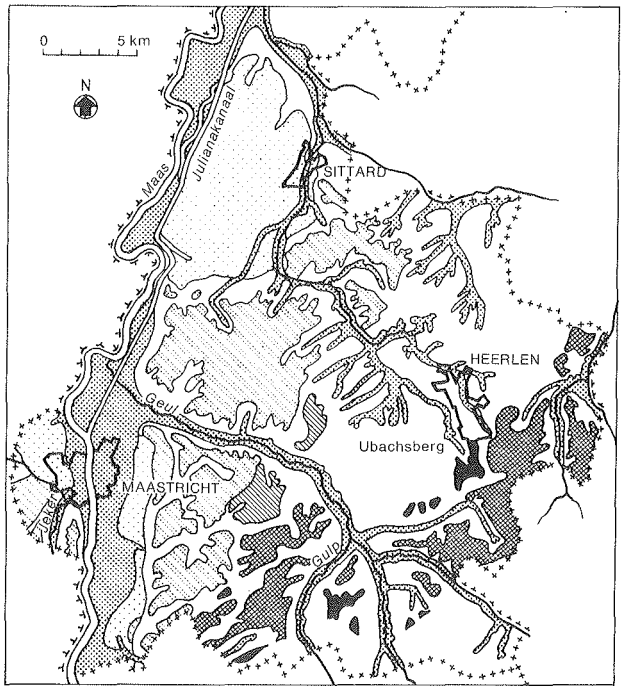


fig. 2.1.20 Verbreiding van de Formatie van Veghel

b. De afzettingen van de Mineraalzone van Grubbenvorst (Zonneveld, 1947) worden door van den Toorn (1967) tot de Formatie van Veghel gerekend. Op geomorfologische gronden onderscheidde deze auteur resp. Veghel A, B en C. Veghel A (inclusief de Mineraalzone van Rosmalen) komt voor in de Centrale Slenk en aansluitend deel van de Peelhorst, Veghel B in een ten oosten daarvan gelegen dalinsnijding en Veghel C tenslotte in een dal, dat, hoewel breder, in ligging overeenkwam met die van het tegenwoordige Maasdal, uitgezonderd het hoger gelegen gebied ten westen van de Maas, tussen Boxmeer en Oss. De hier buiten het huidige Maasdal voorkomende Veghel C afzettingen bevatten een aanzienlijke hoeveelheid Rijnmateriaal. Feitelijk zijn hier de Veghel C afzettingen zijdelings vertand met de Formatie van Kreftenheye, die in Noord-Limburg ten oosten van de Maas als zuivere Rijnafzetting is ontwikkeld. De Kreftenheye-Veghel C afzettingen tussen Boxmeer en



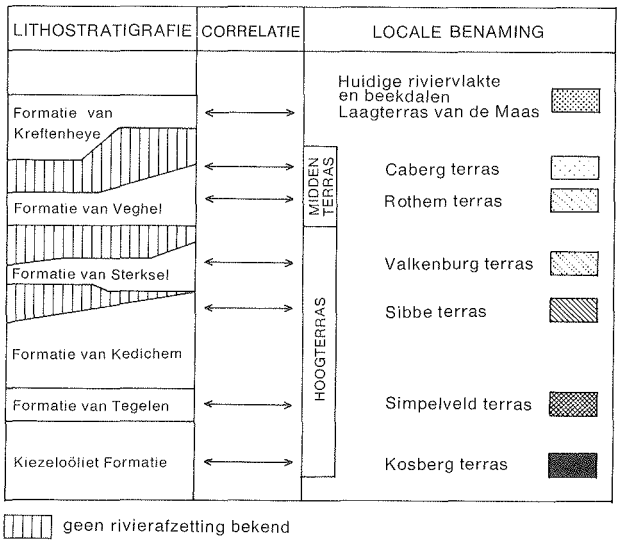


fig. 2.1.21 Correlatie van formaties en lokale benamingen van Maasterrassen in Zuid-Limburg (volgens O. S. Kuyl, int. comm.)

Oss liggen in een dal, dat de voortzetting vormt van het oerstroomdal van de Niers.

c. De afzettingen van het Cabergterras en het Rothemterras in Zuid-Limburg (fig. 2.1.21).

De algemene verbreiding van de formatie is beperkt tot zuidoostelijk Nederland (fig. 2.1.20).

Ouderdom

Middendeel van het 'Cromerien complex' t/m Saalien. De Veghel C afzettingen dateren uit het Saalien, tijdens de maximale uitbreiding van het landijs en zijn even oud als de onderste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye (zie hierboven).

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart: Middenterrasafzettingen (II 6) en Hoogterras (II 1) ten dele (Tesch, 1942). Zone van Grubbenvorst (Zonneveld, 1947) in overwegende mate. Bovenste Grof (Lorié, 1907) ten dele.

2.1.4.4. Formatie van Urk

Algemene karakteristiek

Een eenheid, overwegend bestaande uit grove zanden, soms met grind. Soms komen fijnzandige trajecten voor en op een bepaald niveau ook dikke klei- en veenlagen.

Tot de formatie behoren Rijnafzettingen, gevormd vóór de komst van het Saalien landijs en in principe een mineraalassociatie bevattend, die meer of minder augiet bevat, hoewel augietarme trajecten tussengeschakeld kunnen zijn.

De grove zanden van de formatie zijn in het algemeen sterk bont. Kenmerkend is de rossige tint van deze grove zgn. 'bruine zanden'. Voor een algemene karakteristiek van Rijnafzettingen, zie 2.1.1. In de noordelijke helft van Nederland liggen genoemde Rijnzanden op een leem- of kleilaag met een grijsachtig groene tint; deze afzetting wordt wel de 'Groene Bank' genoemd (Zandstra, 1971). De zware mineraleninhoud is rijk aan hoornblende. In de drie noordelijke provincies zijn de basale lagen van de Formatie van Urk, beneden de 'Groene Bank' beschreven als 'Mengzone'. Zij hebben een sterke gelijkenis met 'witte zanden' uit oudere formaties van oostelijke herkomst, hetgeen verband houdt met een aanzienlijk aandeel omgewerkt ouder materiaal in de 'Mengzone'.

Dikte van de formatie: veelal tussen 10 en 50 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: in het algemeen tussen ca 15 en ca 45 m onder maaiveld. Op enkele plaatsen dagzomend (Roden, Schoonlo en in de stuwwallen van Midden- en Oost-Nederland).

Referenties

1956 Zonneveld, p. 382, Zone von Urk
1958 Zonneveld, Formatie van Urk
1967 v. d. Heide and Zagwijn, Urk Formation
1971 Zandstra, Formatie van Urk
1973 Zagwijn, Urk Formation
1975 Zandstra, Urk Formation

Stratotype

Boring Urk 20E–48, coördinaten ± 169.150/519.300, diepte 22.69–66.33 m – N.A.P. (= 28.26–71.90 m onder maaiveld — Edelman, 1933) (fig. 2.1.22).

Lithologie: grove, grindhoudende zanden, bovenin overgaand in kleiige, fijne zanden.

Zware mineralen: augietrijke associatie in het grove zand en alteriethoudende, augietarme associatie in het fijne zand.

In de typeboring liggen de afzettingen van de Formatie van Urk op die van de Formatie van Enschede en onder die van de Formatie van Eindhoven en de Formatie van Drente.

Aangezien de bemonstering van genoemde boring van matige kwaliteit is, kan boring 20B–24, Enkhuizerzand, coördinaten ± 152.640/518.570, als aanvullend stratotype dienen. Hierin komt de Formatie van Urk voor tussen 33.10 en 58.25 m onder maaiveld. De formatie ligt hier op de Formatie van Sterksel en onder de Formatie van Drente (fig. 2.1.23).

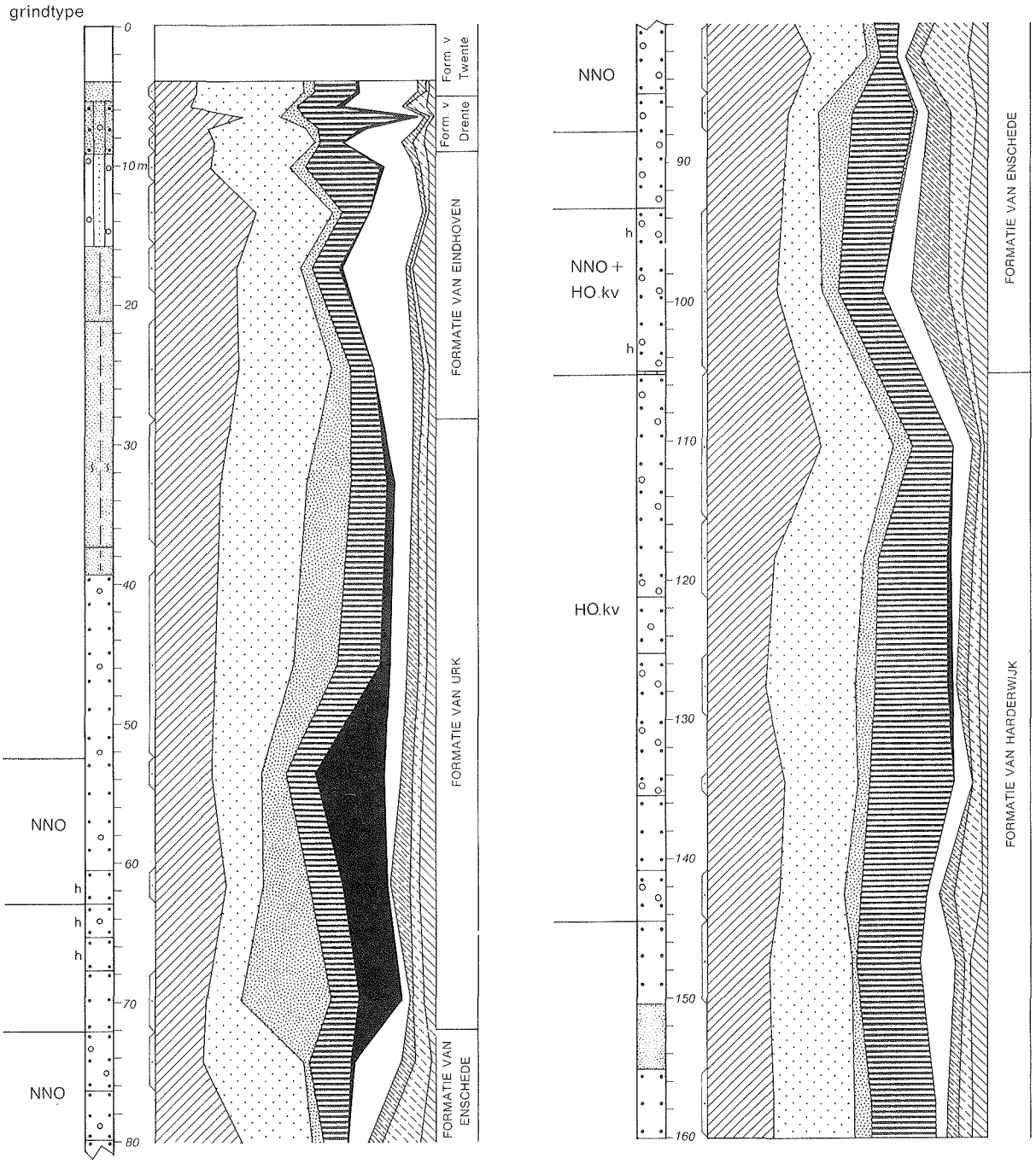


fig. 2.1.22 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Urk (20E–48). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.59, p. 53

Verbreiding

a. Hoewel in de typeboring niet optredend, wordt in de omgeving in het bovenste deel van de Formatie van Urk een klei-veenpakket aangetroffen, dat blijkens correlatie door middel van pollenanalytische gegevens ook in een vrij groot deel van Friesland is verbreid. Het komt qua samenstelling, ligging en ouderdom (Holsteinien) overeen met de Klei van Neede in de Gelderse Achterhoek. Deze afzetting gaat in het noorden van Friesland en onder de Waddenzee over in mariene afzettingen, die vooralsnog tot de Formatie van Urk gerekend worden.

b. In Drente en oostelijk Friesland worden onder augietrijke zanden afzettingen aangetroffen, waarvan de zware mineralen- en grindsamenstelling een gemengd Rijn- en oostelijk karakter heeft. Augiet komt hierin voor (fig. 2.1.4). Zij werden door Zonneveld (1958) als Mengzone beschreven. De oostelijke componenten in deze zone zijn omgewerkt uit oudere formaties. In Oost-Drente en Oost-Groningen worden, ten oosten van de verbreiding van de augietrijke zanden, grove afzettingen gevonden, die qua diepteligging, lithologische samenstelling en stratigrafische positie aansluiten bij de afzettingen van de Mengzone. Hoewel deze afzettingen geen Rijn- maar oostelijke afzettingen zijn, worden zij, evenals de zanden van de Mengzone, vooralsnog tot de Formatie van Urk gerekend.

c. Binnen het verbreidingsgebied van de Formatie van Peelo (fig. 2.1.3) komen onder en ten dele ook boven deze formatie afzettingen voor, die geheel

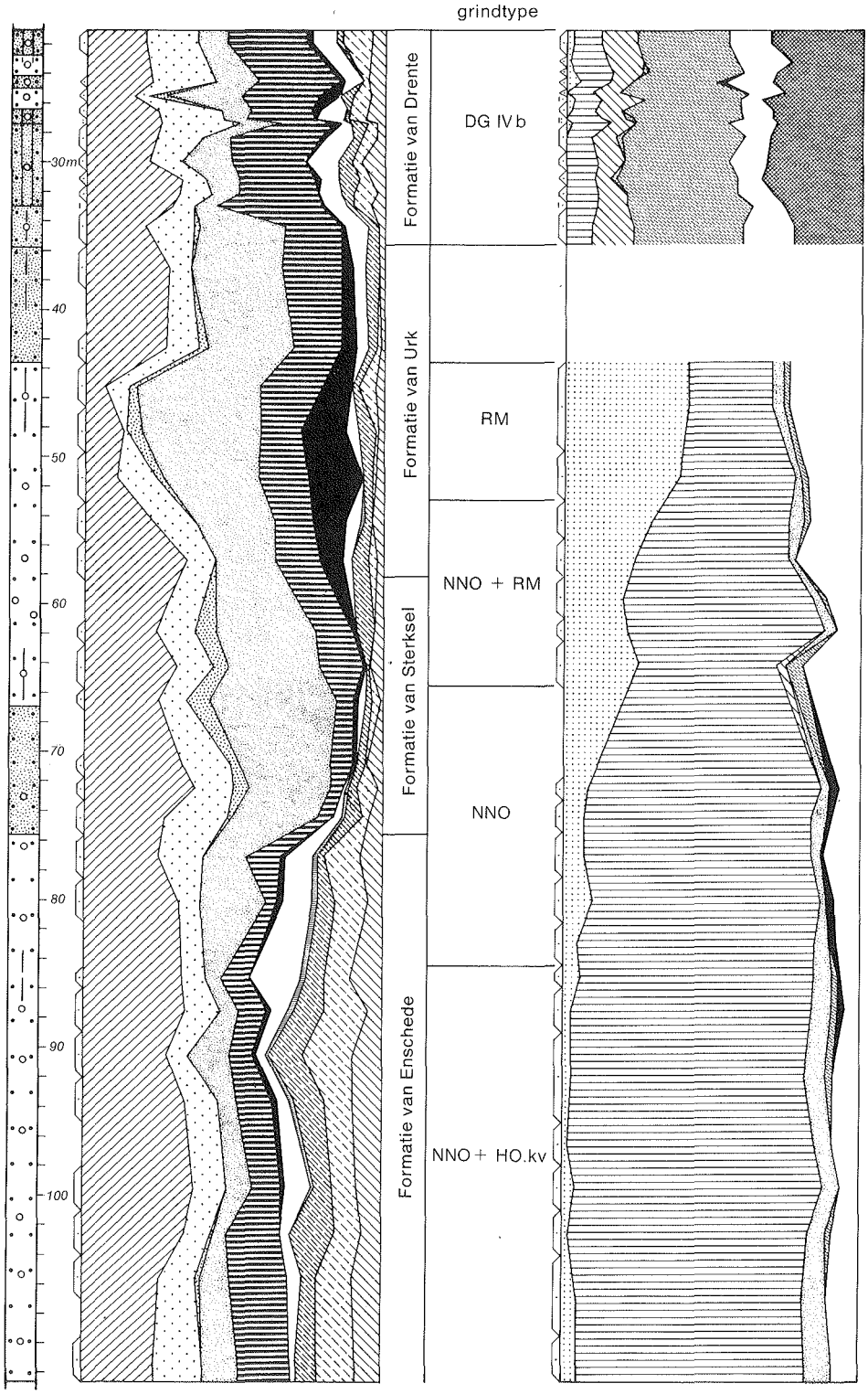
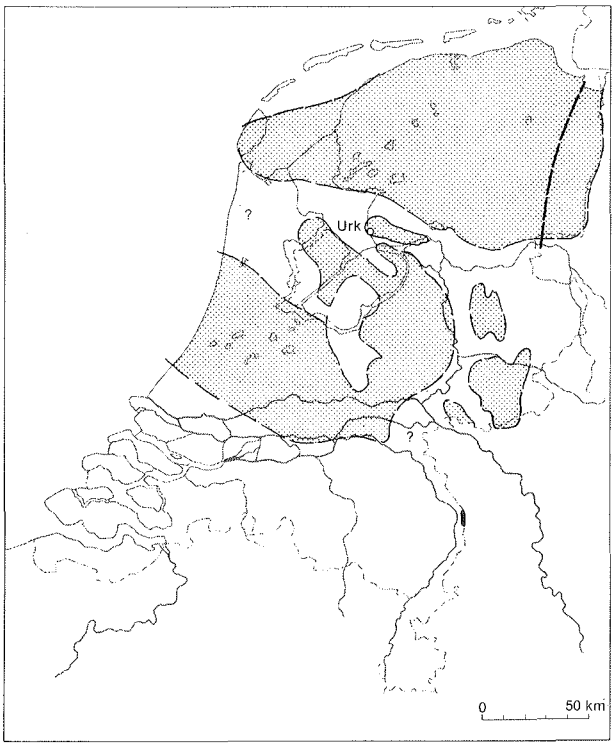


fig. 2.1.23 Lithologie, zware mineralen- en grinddiagram van boring Enkhuizerzand (20B–24). Legenda fig. 2.1.57, 2.1.59 en 2.1.60, p. 53

overeenstemmen met hogere en diepere delen van de Formatie van Urk verder zuidelijk. Zij worden tot de Formatie van Urk gerekend. Eventueel kan men hier spreken van bovenste, resp. onderste deel van de Formatie van Urk, waartussen dan een tong van de Formatie van Peelo ligt.

d. In Midden-Limburg komt ten oosten van de Maas nabij Lingsfort plaatselijk een grove afzetting voor, die de voortzetting vormt van de 'Obere Mittelterrasse'-afzettingen op Duits gebied. Deze 'Zanden van Lingsfort' (Zonneveld, 1956) vertonen in de zware mineralenassociatie geen augiet, doch wel bruine hoornblende. Elders in Nederland zijn deze afzettingen tot dusverre niet gevonden.

e. Een groot deel van de door Zonneveld (1958) als Formatie van Vianen beschreven afzettingen van Midden- en West-Nederland. Voorts worden



Oostgrens van hoge augietwaarden in noordoostelijk Nederland

fig. 2.1.24 Verbreiding van de Formatie van Urk

de 'fluvioglaciale afzettingen' onder Wassenaar, door Zonneveld (1958) beschreven, nu tot de Formatie van Urk gerekend.

f. In westelijk Nederland komen op een enkele plaats (boring Wassenaar 30G–134) mariene schelpen in zanden in het onderste deel van de Formatie van Urk voor. In Noord-Friesland (bijv. Noordbergum, Exmorra, Donkerbroek) en onder de westelijke Wadden is dit verschijnsel meer frequent. Vooralsnog worden deze afzettingen niet tot een aparte (mariene) formatie gerekend. De mariene lagen zijn ouder dan de onder sub a. genoemde. In fig. 2.1.24 is de globale verbreiding van de Formatie van Urk weergegeven. Hierbij wordt opgemerkt, dat de verbreidingsgebieden van de Formatie van Urk en de Formatie van Veghel elkaar uitsluiten.

Ouderdom

Ongeveer middendeel 'Cromerien-complex' tot en met Holsteinien, mogelijk lokaal nog Vroeg-Saalien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Omvat zowel de Formatie van Urk als het grootste deel van de Formatie van Vianen, zoals Zonneveld (1958) deze eenheden opvatte. Op de Oude Geologische Kaart tot de Hoogterrasafzettingen (II 1) gerekend.

2.1.4.5. Formatie van Sterksel

Algemene karakteristiek

Een eenheid, overwegend bestaande uit grove, grindhoudende zanden, soms uit grinden (Zuid-Limburg). Kleilenzen komen slechts zeer plaatselijk voor.

Tot de formatie behoren afzettingen van Rijn en Maas, gedeponeerd ná de vorming van de Formatie van Kedichem en vóór die van de Formatie van Urk en de Formatie van Veghel.

De door de Rijn afgezette zanden van de Formatie van Sterksel bevatten nagenoeg geen augiet.

Dikte van de formatie: veelal tussen 10 en 60 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: soms nabij maaiveld, elders tussen 30 en 50 m onder maaiveld.

Referenties

1947 Zonneveld, p. 82, Zone van Sterksel
1955 Doppert en Zonneveld, Serie van Sterksel c.s.
1956 Zagwijn and Zonneveld, Sterksel Series
1957 Zagwijn, Sterksel Formation
1958 Zonneveld, Formatie van Sterksel

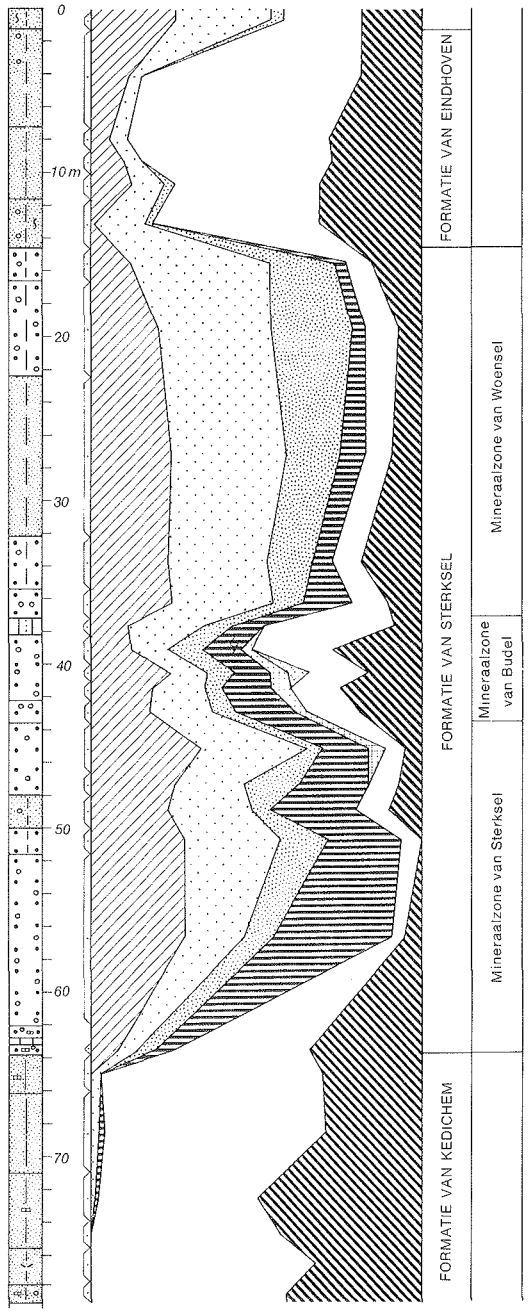


fig. 2.1.25 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Budel (57E–21). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.58, p. 53

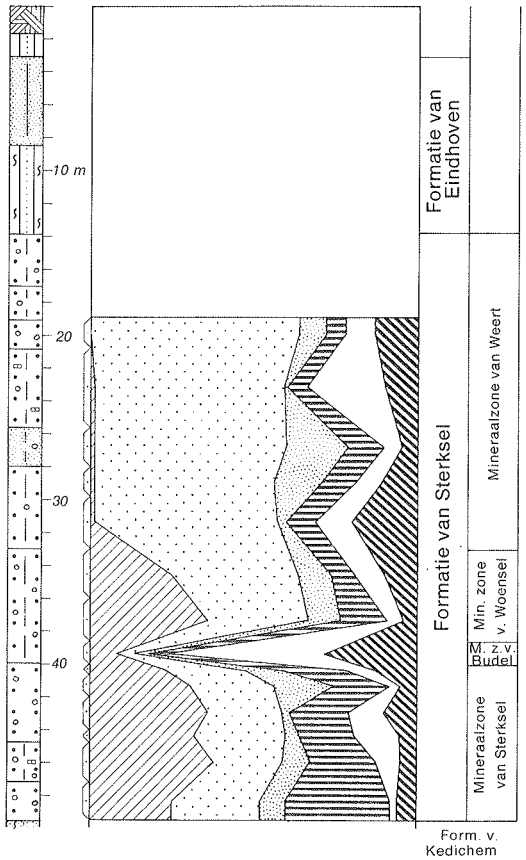


fig. 2.1.26 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Weert (57F–9). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.58, p. 53

Stratotype

Boring Sterksel (57F–1), coördinaten 171.610/374.360, diepte 22–69 m (Mineraalzone van Sterksel: 47–69 m).

Lithologie: matig grof en grof zand, met een laag zeer fijn zand en leem tussen 47 en 52 m onder maaiveld.

Zware mineralen: de Mineraalzone van Sterksel is gekenmerkt door een Rijnassociatie met granaat, hoornblende en saussuriet-alteriet in ongeveer gelijke hoeveelheden.

Voorts de volgende boringen:

a. Boring Woensel (51G–192), coördinaten 161.556/384.875, diepte 29 tot meer dan 55 m onder maaiveld (Zone van Woensel: 29–37 m).

Lithologie: grof zand met grind.

Zware mineralen: Mineraalzone van Woensel is gelegen op de Mineraalzone van Sterksel en is gekenmerkt door een Rijnassociatie met minder hoornblende dan de Mineraalzone van Sterksel.

b. Boring Budel (57E–21) (fig. 2.1.25), coördinaten 168.580/366.650, diepte 14.50–62.87 m onder maaiveld. (Mineraalzone van Budel: 35.40–43.50 m.)

Lithologie: overwegend matig grof en grof zand met grind.

Zware mineralen: Mineraalzone van Budel is gekenmerkt door een Maasassociatie met o.a. stabiele minealen, Vorgezen-hoornblende, ingeschakeld tussen de Mineraalzones van Sterksel en Woensel.

c. Boring Weert (57F–9) (fig. 2.1.26), coördinaten 177.360/362.720, diepte 13.80–49.60 m onder maaiveld. (Zone van Weert: 13.80–33.00 m.)

Lithologie: matig grof en grof zand met grind.

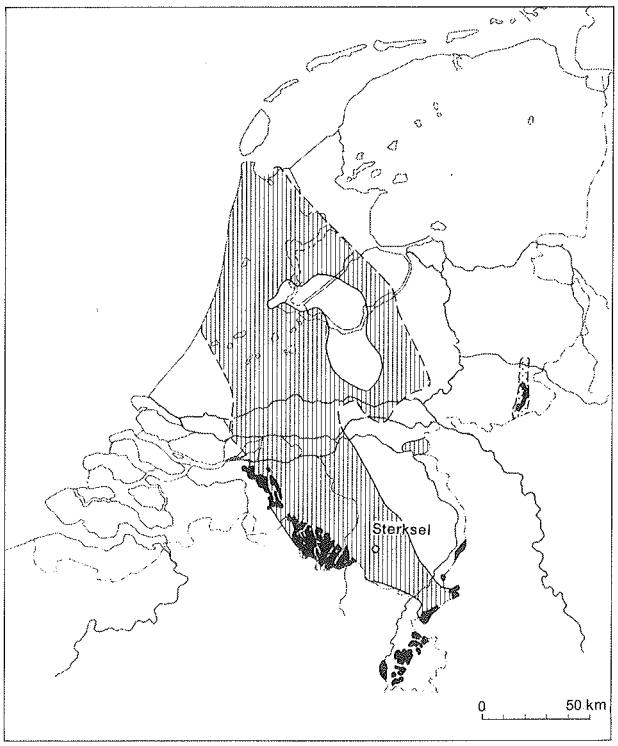
Zware mineralen: de Mineraalzone van Weert, gekenmerkt door een Rijnassociatie, is arm aan granaat en hoornblende. Deze zone ligt op de Zone van Woensel.

Zowel in het stratotype als in de 3 overige genoemde boringen komt de Formatie van Sterksel voor onder de Formatie van Eindhoven en op de Formatie van Kedichem.

Bovengenoemde boringen liggen in de Centrale Slenk bij Eindhoven. In goed bemonsterde boringen met een volledige laagopeenvolging liggen de vier mineraalzones, waarvan de afzettingen tesamen de Formatie van Sterksel vormen, als volgt op elkaar (van onder naar boven): Zone van Sterksel, Zone van Budel, Zone van Woensel, Zone van Weert.

Verbreiding (fig. 2.1.27)

a. De afzettingen van het Valkenburgterras in Zuid-Limburg (fig. 2.1.21).
b. Afzettingen nabij maaiveld met de mineraalassociatie van Weert ten oosten van de Maas, voorkomend in hooggelegen gebieden tussen Koningsbosch en Sint Odiliënberg, op de Meinweg en tussen Tegelen en Venlo.
c. In de ondergrond van de Centrale Slenk en de voortzetting ervan in noordwestelijke richting. In het rivierengebied werden de drie genoemde mineraalzones van de Rijn eveneens aangetroffen (boring Waardenburg (39C–106), coördinaten 144.550/428.275, fig. 2.1.28). Ook in de stuwwallen van Midden-Nederland is de formatie aangetroffen.



Verbreiding van de Formatie van Sterksel

Formatie van Sterksel aan of nabij het oppervlak

Afzettingen die voorlopig tot de Formatie van Sterksel worden gerekend

fig. 2.1.27 Verbreiding van de Formatie van Sterksel

d. Nabij het maaiveld in een strook, verlopend van zuidwest van Valkenswaard over Tilburg tot de omgeving van Dongen in Noord-Brabant, komen afzettingen van de Mineraalzone van Woensel voor. Het grind hierin bevat overwegend Maascomponenten.
e. In de ondergrond bij Dordrecht komen vrij dikke kleipakketten voor, die een randfacies van de overigens overwegend grofzandige Formatie van Sterksel vormen (Zagwijn, van Montfrans and Zandstra, 1971).
f. In het zuidelijke deel van het Zuiderzeegebied liggen dunne pakketten van de Formatie van Sterksel op afzettingen van de Formatie van Enschede. Verder noordelijk ontbreekt de formatie. Vermoedelijk is de Formatie van Sterksel vertand met de Formatie van Enschede en wordt zij naar het noordwesten toe door deze formatie vervangen.
g. In de Achterhoek komen in een strook, die vanaf Aalten naar het noorden loopt, nabij het oppervlak en in de ondergrond grove afzettingen voor, die als voortzetting van de Jongste Hoofdterrasafzettingen van het Benedenrijngebied worden opgevat. Mede om deze reden zijn zij door Zonneveld (1958) tot de Formatie van Sterksel gerekend. De zware mineraleninhoud wijkt echter af van hetgeen elders van de formatie bekend is. Voorlopig worden deze afzettingen nog tot de Formatie van Sterksel gerekend.

Ouderdom

Bovenste deel van het Menapien t/m onderste deel van het 'Cromerien complex'.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart: Hoogterras (II 1) ten dele (Tesch, 1942). Lorié (1907): Bovenste Grof (ten dele).

2.1.4.6. Formatie van Enschede

Algemene karakteristiek

Een eenheid, bestaande uit grijswitte, overwegend grove, grindhoudende zanden. De onderkant is niet zelden gemarkeerd door een dunne zwak zandige kleilaag; voorts komen incidenteel, vooral onderin en bovenin de formatie, laagpakketten voor van fijne, kleiige zanden en zeer fijnzandige klei. In het onderste deel van de formatie bevinden zich op verschillende niveaus verspreid, doorlopende lagen met grof grind en stenen tot blokgrootte (Hattemlagen).

Tot de formatie worden gerekend de vormingen van rivieren van oostelijke herkomst, afgezet na de Formatie van Harderwijk en voor de Formatie van Urk.

Kenmerkend voor het onderste deel van de eenheid zijn de reeds genoemde stenenlagen en voor het bovenste deel het relatief hoge topaasgehalte bij de zware mineralen; de formatie bevat geen augiet.

Dikte van de formatie: als regel 5 tot 50 m.

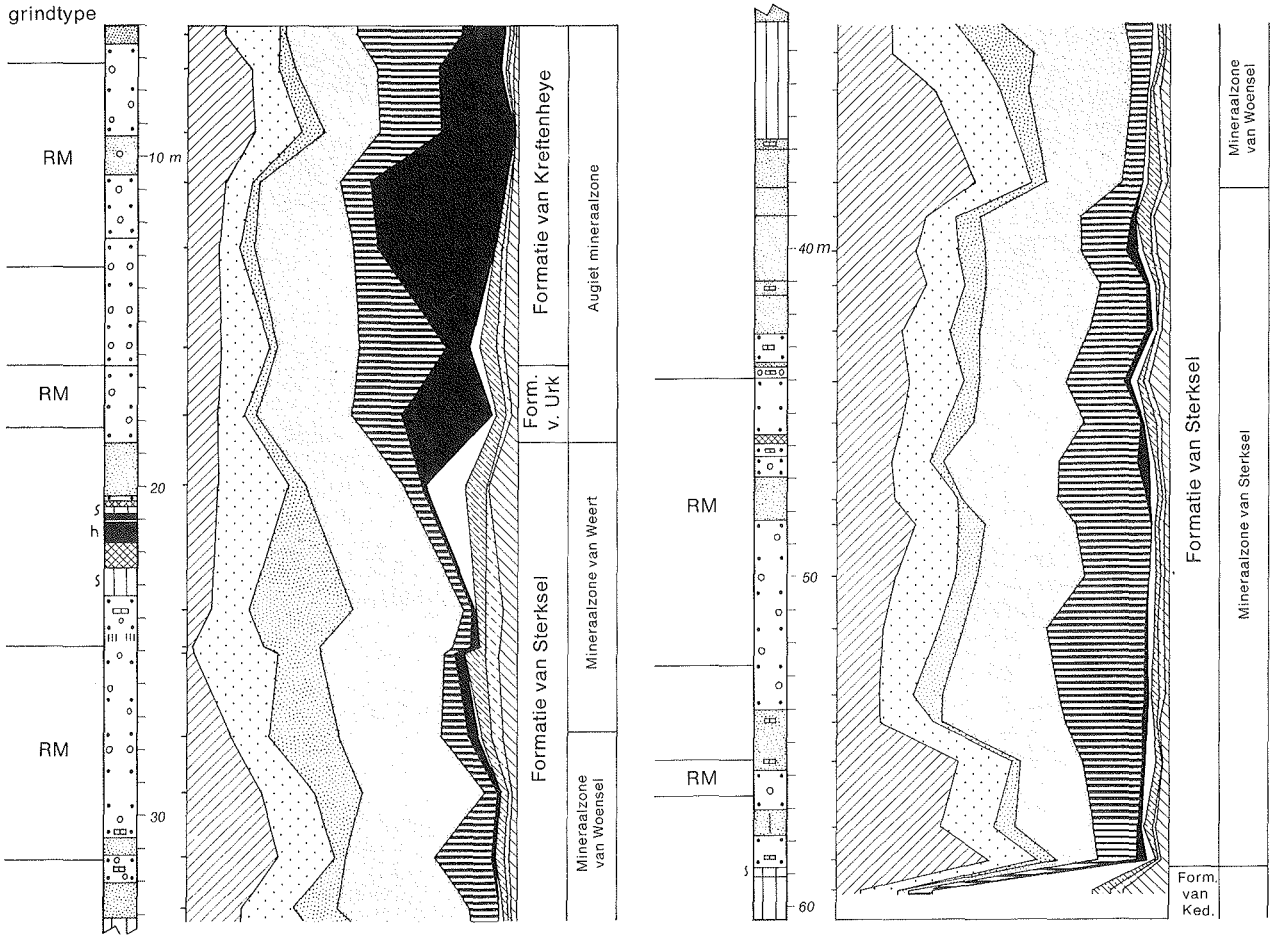


fig. 2.1.28 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Waardenburg (39C–106). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.59, p. 53

Diepte van de bovenkant van de formatie: in Noord-Nederland, Noord-Holland en IJsselmeergebied gewoonlijk op 50 à 80 m onder maaiveld; in Oost-Nederland tot nabij de oppervlakte. Dagzomend in een aantal stuwwallen, o.m. in Twente (Archemerberg, Nijverdal, Westerhaar) en op de oostelijke Veluwe stuwwal (Hattem, Wapenveld, Heerde, Loenermark).

Referenties

1938 Crommelin, Enschede Provincie (mineraalzone)
1953 Crommelin, M-associatie (mineraalgezelschap)
1958 Edelman und Maarleveld, Zone von Enschede
1958 Zonneveld, Formatie van Enschede
1961 Lüttig und Maarleveld, Zone von Enschede
1962 Lüttig und Maarleveld, Schichten von Enschede
1967 v. d. Heide and Zagwijn, Enschede Formation
1967 de Jong, Enschede Formation
1971 Zandstra, Formatie van Enschede

Stratotype

Boring 27, westelijk van Enschede, voorts de boringen 28 en 29 in hetzelfde gebied (zie kaartje op p. 28 in Crommelin, 1938), kaartblad 34F. De lokaties zijn niet nauwkeurig bekend en de beschrijving van de boringen ontbreekt. Het traject met de 'Enschede-Provincie' is ca 5 m dik, bijv. 22.12–17.02 m + N.A.P. in boring 27.
Referentieboring: Harderwijk, boring 26H–36, coordinaten 170.450/484.850, diepte 76.50–115.60 m onder maaiveld (Crommelin, 1953), zie fig. 2.1.32.

Lithologie: grove, grindhoudende zanden met een fijnzandige inschakeling; aan de onderkant een kleilaagje en 8 m hoger een laagje klei met veen.

Zware mineralen: granaat, epidoot, hoornblende en stabiele mineralen, met enkele procenten topaas.

Grind: associatie NNO (Zandstra, 1959).

In boring 26H–36 liggen de afzettingen van de Formatie van Enschede op de Formatie van Harderwijk en onder de Formatie van Sterksel.

Verder: noordoostelijke Veluwe met ontsluitingen aan de Molenweg (Ennerveld) te Wapenveld, kaartblad 27E, coördinaatvak 200/494 en de gemeentelijke groeve van Hattem, kaartblad 27B, coördinaatvak 199/496.

De Formatie van Enschede met de Hattemlagen dagzoomt in dit gebied tengevolge van glaciale stuwing tijdens het Saalien. De groeve aan de Molenweg is het stratotype van de Hattemlagen (Zandstra, 1971), die eerder werden benoemd als Hattem-Complex (Lüttig en Maarleveld, 1961, 1962). In beide groeven ligt de Formatie van Enschede op de Formatie van Harderwijk en onder de Formatie van Urk.

Verbreiding (fig. 2.1.29)

De formatie komt zonder grote onderbrekingen voor in delen van Gelderland, Overijssel, Utrecht, Noord-Holland, het gebied van de IJsselmeerpolders, Friesland en Zuid-Drente, als gestuwde afzetting

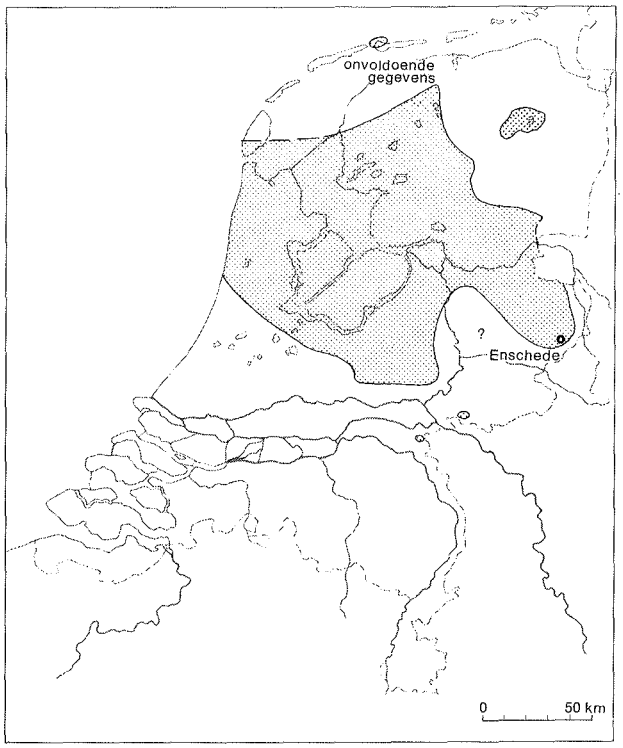


fig. 2.1.29 Verbreiding van de Formatie van Enschede

buiten dit gebied (Montferland, Wylerberg oostelijk van Nijmegen) en, ongestuwd, bij Zuidlaren.

Ouderdom

Onderste deel van de formatie, met de Hattemlagen: Menapien. Bovenste deel van de formatie: 'Cromerien complex' (oudere deel).

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Door Crommelin (1953) werden de Enschede en Scheemda provincies als identiek beschouwd. De Formatie van Scheemda bevat echter meer topaas en distheen, terwijl het grind een andere samenstelling bezit (associatie HO.ek); bovendien is de Formatie van Scheemda ouder (Plioceen).

De Geologische Kaart 1:50.000, oude uitgave (Tesch, 1942), rekent de Formatie van Enschede tot het II O (= 'Plistoceen ouder dan Hoogterras').

Een deel van het 'stenen-, grind- en zandtype Noord-Nederland' (Maarleveld, 1956) betreft afzettingen van de Formatie van Enschede.

2.1.4.7. Formatie van Harderwijk

Algemene karakteristiek

Een eenheid, overwegend bestaande uit grijswitte, grove zanden, die zeer fijn grind bevatten. De eenheid is in Midden-Nederland aan de onderkant begrensd door doorlopende kleilagen; verder noordelijk zijn deze kleilagen beperkt tot enkele kleinere voorkomens en begrenzen zij niet de formatie aan de onderkant. Deze kleilagen kunnen als equivalent van de Klei van Tegelen worden beschouwd. Een aantal meters boven deze kleilagen is in noordelijk Midden-Nederland niet zelden een laagje met verkoolde houten veenresten in de witte zanden ingeschakeld.

In gebieden, waar de kleilagen aan de onderkant

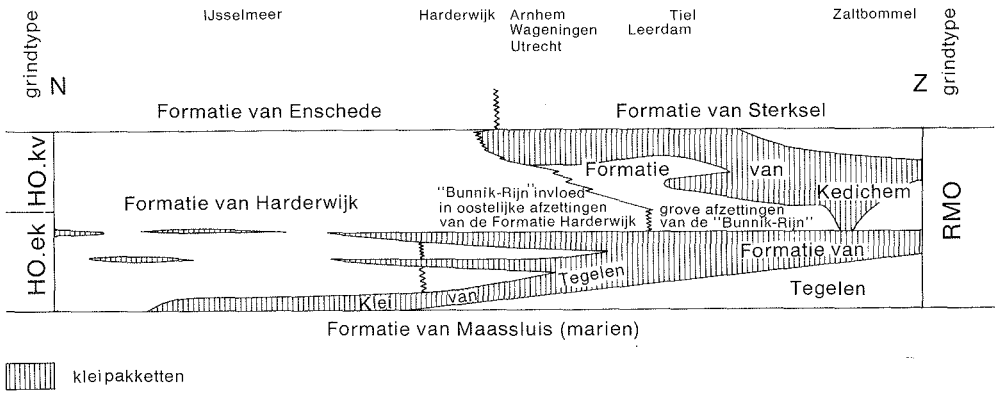


fig. 2.1.30 Het zijdelings verband van de afzettingen van de Formatie van Harderwijk met die van de Formatie van Kedichem en de Formatie van Tegelen

van de formatie ontbreken, gaan de witte zanden door tot de bovenkant van de onderliggende mariene afzettingen van de Formatie van Maassluis, dan wel tot de bovenkant van de Formatie van Scheemda, waar mariene onder-pleistocene afzettingen ontbreken. Dit is het geval in Noordoost-Nederland, waar de continentale witte zanden van de Formatie van Harderwijk ten dele synchroon zijn met de mariene afzettingen van de Formatie van Maassluis in Midden-Nederland.

De afzettingen van de Formatie van Harderwijk worden opgevat als vormingen van rivieren van oostelijke herkomst, ontstaan ná de Formatie van Scheemda en vóór de Formatie van Enschede.

De formatie is het equivalent van de Formatie van Tegelen en de Formatie van Kedichem in het zuiden. In Midden-Nederland gaat de Formatie van Harderwijk zijdelings over in deze beide formaties (fig. 2.1.30). Meer in het bijzonder gaat het onderste deel van de formatie in het noorden van Midden-Nederland over in de Formatie van Tegelen. Het bovenste deel van de formatie is in een smalle strook tussen Arnhem en Leiden naar boven begrensd door fijnkorrelige afzettingen, vaak bestaande uit een kleipakket met venige inschakelingen, behorende tot het bovenste deel van de Formatie van Kedichem. Deze kleilagen gaan zijdelings over in grofkorrelige afzettingen van de Formatie van Harderwijk.

Nog verder zuidelijk zijn grofkorrelige afzettingen van de formatie ingeschakeld tussen de Formatie van Tegelen en de Formatie van Kedichem. Zij gaan hier zijdelings over in de onderste lagen van de Formatie van Kedichem.

Kenmerkend voor de afzettingen van de Formatie van Harderwijk is de grijswitte kleur van het zand en het zeer hoge gehalte aan doorschijnende blauwgrijze, lichtgrijze en kleurloze kwarts zowel in het zand als in het grind (grindassociatie HO.ek); het bovenste deel van de formatie bevat naast kwarts ook veel witte en grijze veldspaat (grindassociatie HO.kv, Zandstra, 1959). In de 'zuiver' oostelijke afzettingen komt zeer weinig melkkwarts voor.

In Midden- en West-Nederland, waar een zeker gehalte aan Rijngrind en -zand in het bovenste veldspaatrijke traject is bijgemengd, is melkkwarts in hogere waarden aanwezig, terwijl het grind door de zuidelijke influx grover is. De zuidelijke factor in het sediment is veroorzaakt door een voorloper van de Rijn, die voorlopig wordt aangeduid als 'Bunnik-Rijn'. In het rivierengebied tussen Zevenaar en Tiel vormen deze afzettingen, zonder oostelijke bijmenging, een grofzandige, grindrijke reeks van lagen in het onderste deel van de Formatie van Kedichem; noordelijk van het rivierengebied is de invloed van de Bunnik-Rijn in de Formatie van Harderwijk ver naar het noordwesten te vervolgen (Ginkelse Heide (39F–224), coördinaten 179.570/448.235, fig. 2.1.31, Bunnik, Austerlitz, 't Gooi, Scharwoude). Deze Rijninvloed binnen de oostelijke Harderwijk Formatie dateert vermoedelijk uit het Eburonien en het Waalien.

Dikte van de formatie: tot meer dan 120 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: in Noord-Nederland, IJsselmeergebied en Midden-Nederland gewoonlijk op 50 à 120 m onder maaiveld of meerbodem; in Oost-Nederland enkele voorkomens nabij de oppervlakte, o.m. bij Eibergen (fig. 2.1.33); de geïsoleerde plekken zijn merendeels niet op de kaart aangegeven. Dagzomend in een aantal stuwwallen, o.a. in Twente (Archemerberg, Nijverdal) en op de noordoostelijke Veluwe (Hattem, Wapenveld).

Referenties

1953 Crommelin, Witte zanden (ten dele)
1956 Maarleveld, p. 52, Zone van Harderwijk
1958 Edelman und Maarleveld, Zone von Harderwijk
1958 Zonneveld, Formatie van Harderwijk
1967 v. d. Heide and Zagwijn, Harderwijk Formation
1967 de Jong, Harderwijk Formation
1971 Zandstra, Formatie van Harderwijk

Stratotype

Boring Harderwijk, 26H–36, coördinaten 170.450/484.850, diepte 115.60–213.00 m onder maaiveld (Crommelin, 1953), zie fig. 2.1.32.

Lithologie: overwegend grove, fijn grindhoudende, grijswitte zanden; voorts fijne, kleiige zanden. Op 141.00–155.20 m bevat het zand klei- en veenbrokjes, op 155.20–155.60 m houtresten, op 206.75–208.30 m zandig veen.

Zware mineralen: granaat, epidoot, hoornblende.

Grind: in het bovenste deel associatie HO.kv; op 170.18–177.40 m komt een overgang voor naar associatie HO.ek; beneden 177.40 m komt in de nabij gelegen boring 26F–1 associatie HO.ek voor tot een diepte van 206 m (Zandstra, 1959).

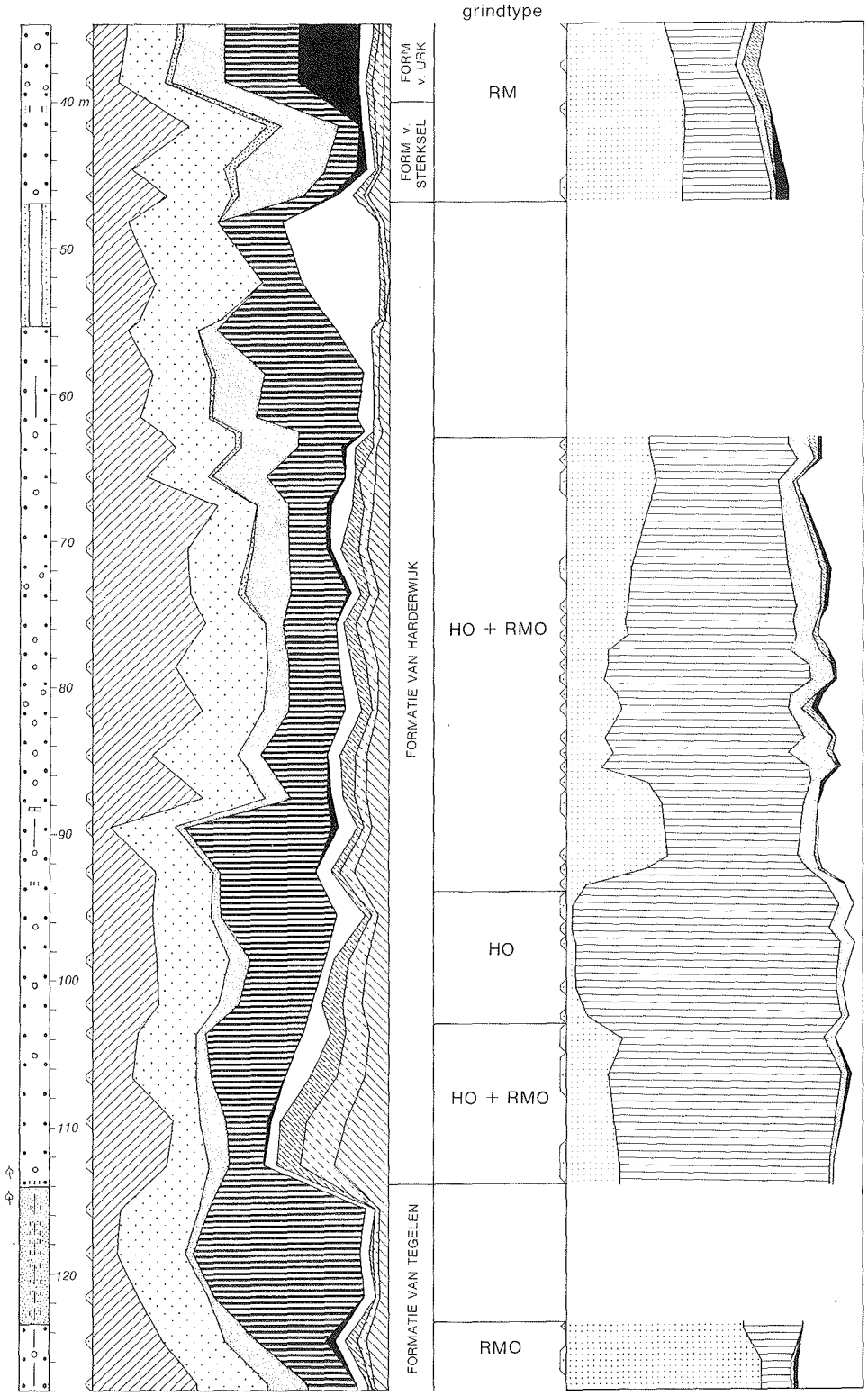


fig. 2.1.31 Lithologie, zware mineralen- en grinddiagram van boring Ginkelsche Heide (39F–224). Legenda fig. 2.1.57, 2.1.59 en 2.1.60, p. 53

In boring 26H–36 liggen de afzettingen van de Formatie van Harderwijk op de Formatie van Tegelen en onder de Formatie van Enschede.

Verder: noordoostelijke Veluwe, met als ontsluitingen de Molenweg-groeve (Ennerveld) te Wapenveld, kaartblad 27E, coördinaatvak 200/494, en de gemeentelijke zandgroeve van Hattem, kaartblad 27B, coördinaatvak 199/496 (Zandstra, 1971).

De Formatie van Harderwijk komt in dit gebied in smalle banen aan of nabij de oppervlakte voor als gevolg van glaciale schubvormige stuwing in het Saalien. In beide groeven ligt de Formatie van Harderwijk op de Formatie van Tegelen en onder de Formatie van Enschede; deze successie herhaalt zich door de reeds genoemde schubvormige ligging.

Verbreiding (fig. 2.1.33)

Noordelijke helft van Nederland; in Oost-Nederland

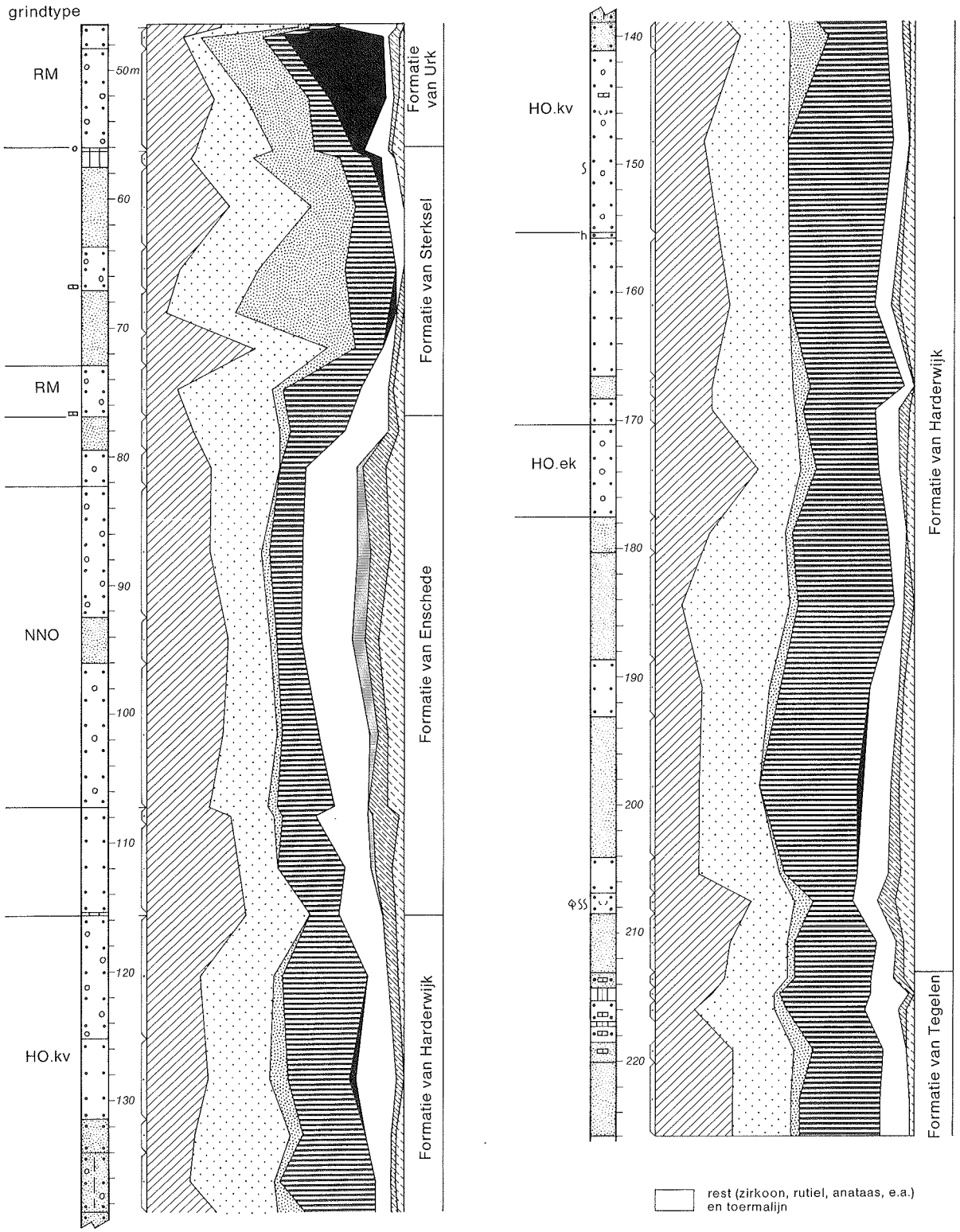


fig. 2.1.32 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Harderwijk (26H–36). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.58, p. 53

echter sporadisch voorkomend en in oostelijk Groningen en oostelijk Drente vermoedelijk ontbrekend; de gelobde zuidgrens ligt in het gebied van de grote rivieren (zie voor het gebied van kaartblad 38 Oost het hoofdstuk 'Pleistoceen' van Jelgersma en Zandstra, 1970) en in het noordelijke deel van Zuid-Holland. In noordoostelijk Nederland buiten de verbreiding van de Formatie van Tegelen worden de overwegend grofkorrelige Afzettingen van Zuidlaren (met de Mineraalzone van Zuidlaren) onderin de Formatie van Harderwijk onderscheiden. Zij bevatten het grindtype HO.ek (Zandstra, 1975).

Ouderdom

In Midden-Nederland: Tiglien, Eburonien, Waalien. Ten noorden van het verbreidingsgebied van de Formatie van Tegelen: Tiglien C, Eburonien, Waalien. De Afzettingen van Zuidlaren dateren grotendeels uit

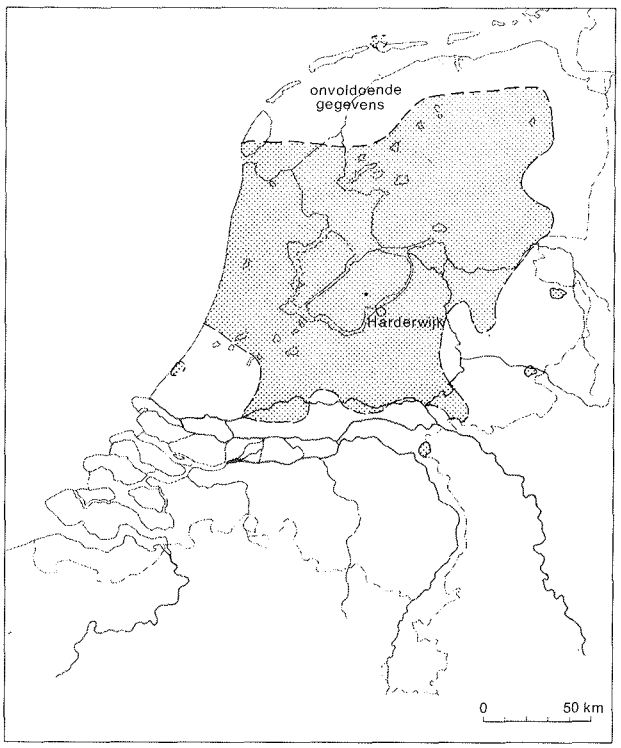


fig. 2.1.33 Verbreiding van de Formatie van Harderwijk

het Tiglien. De ouderdom van de Bunnik-Rijninvloed is beperkt tot: Eburonien en Waalien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De formatie omvat een deel van het 'Onderste Grof' en een deel van het 'Onderste Fijn' van Lorié (1907); een groot deel van het 'II O, Plistoceen, ouder dan Hoogterras' van de Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942) wordt nu gerekend tot de Formatie van Harderwijk.

Het 'zand- en grindtype Hellendoorn' (Maarleveld, 1956) komt voor o.m. in de Formatie van Harderwijk.

Een groot deel van de 'witte zanden' van de Archemerberg en van de spoorweginsnijding te Nijverdal (de Jong, 1955) behoort tot de Formatie van Harderwijk.

Het laagpakket met de Mineraalzone van Zuidlaren is in rapporten en in enkele publikaties voorlopig genoemd als Formatie van Zuidlaren (o.m. Zandstra, 1971; Breeuwer en Jelgersma, 1973; Zagwijn, 1974, Zandstra, 1975).

De betreffende afzettingen worden voortaan als het laagpakket van de Afzettingen van Zuidlaren binnen de Formatie van Harderwijk onderscheiden (zie boven).

Een deel van de Formatie van Harderwijk volgens Zonneveld (1958) wordt nu tot de Formatie van Scheemda gerekend (Plioceen).

2.1.4.8. Formatie van Kedichem

Algemene karakteristiek

Een eenheid, overwegend bestaande uit fijne zanden en kleipakketten, soms met veenlagen. Grove lagen komen zelden voor, met als belangrijkste gevallen het basale deel van de formatie in Midden-Nederland en voorts Zuid-Limburg.

Tot de formatie behoren afzettingen van Rijn en Maas, afzettingen van riviertjes uit het zuiden en ook periglaciale afzettingen, gedeponeerd ná de vorming van de Formatie van Tegelen en vóór die van de Formatie van Sterksel.

Dikte van de formatie: ca 10 tot 120 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert van dagzomend tot maximaal ca 90 m onder maaiveld (nabij Eindhoven).

Referenties

1947 Zonneveld, p. 82, Onderste fijne afzettingen
1955 Doppert en Zonneveld, Serie van Kedichem
1957 Zagwijn, Kedichem Formation
1958 Zonneveld, Formatie van Kedichem
1960 Zagwijn, p. 47, Kedichem Formation
1970 Jelgersma en Zandstra, Formatie van Kedichem

Stratotype

Boring Kedichem (38H–45) (fig. 2.1.34), coördinaten 131.070/433.620, diepte 33.60 tot meer dan 89.50 m onder maaiveld.

Lithologie: kleilagen met veeninschakelingen, afwisselend met lagen fijn zand. Enkele lagen grof zand, met name aan de basis.

Zware mineralen: beneden 65 m een instabiele associatie met granaat, epidoot, hoornblende, saussuriet-alteriet, boven 65 m een stabiele associatie van metamorfe mineralen, stauroliet, toermalijn.

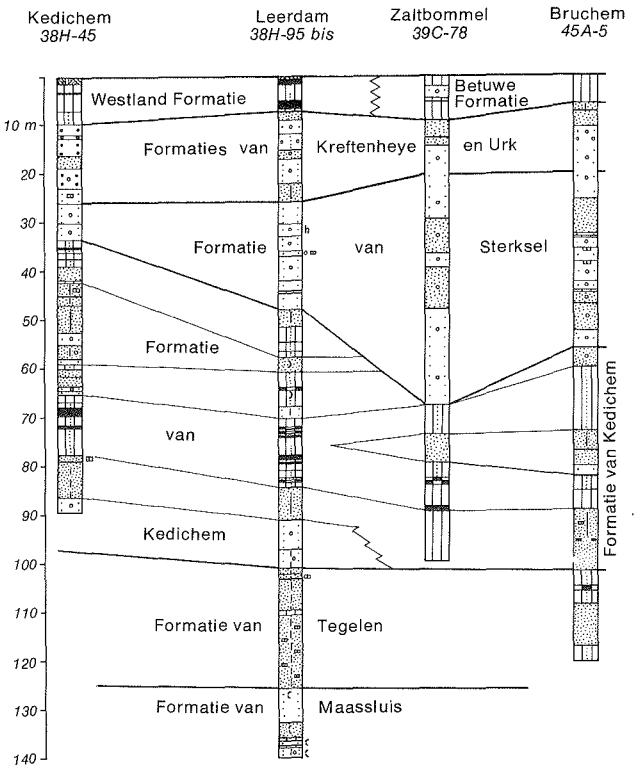


fig. 2.1.34 Lithologie van de Formatie van Kedichem en aangrenzende formaties in boring Kedichem (38H–45) en andere boringen in het typegebied. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

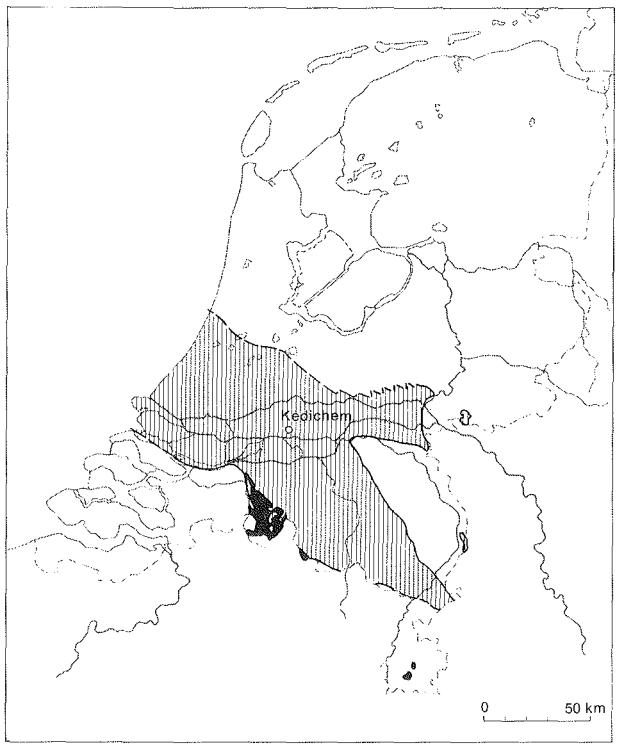
Zware mineralendiagram in Jelgersma en Zandstra (1970).

In het stratotype ligt de formatie onder de Formatie van Sterksel, terwijl de formatie zelf niet werd doorboord.

Uit boringen in de omgeving (fig. 2.1.34) blijkt, dat de bovenkant van de Formatie van Tegelen slechts weinig dieper te verwachten is dan 89.50 m onder maaiveld.

Verbreiding (fig. 2.1.35)

a. In het stratotypegebied komen aan de basis van de formatie grove afzettingen van de Rijn voor, waarvan de verbreiding een smalle oost-west verlopende strook van Zevenaar via Tiel en verder naar het westen beslaat (zgn. Bunnik-Rijn-afzettingen).
b. Ten noorden van dit gebied gaan deze grove afzettingen over in grove zanden van gemengd oostelijke en Rijnherkomst, die tot de Formatie van Harderwijk gerekend worden (bijv. Boring Lopik, 38F–79, Jelgersma en Zandstra, 1970). Erboven komen hier kleilagen en fijne zanden voor, door de Rijn aangevoerd, die tot de Formatie van Kedichem behoren. De noordelijke begrenzing van deze kleilagen loopt ongeveer ten noorden van een lijn Arnhem-Zandvoort. Verder noordelijk komen ook voor deze kleipakketten afzettingen van de Formatie van Harderwijk in de plaats.
c. Ten zuiden van het stratotypegebied bestaat de formatie uit fijne zanden en kleilagen, waarbij de zware mineralen in hoofdzaak op aanvoer door de Rijn wijzen. Aan de bovenkant van de formatie komt hier meestal een zone met overwegend stabiele mineralen voor.
d. In de Centrale Slenk behoren fijne zanden en kleilagen tussen de Klei van Tegelen en de Formatie van Sterksel tot de formatie. Zij vertonen in het noordwesten van het gebied een zware mineralenassociatie, die bestaat uit een menging van instabiele en stabiele mineralen. Verder naar het zuidoosten komen vrijwel uitsluitend stabiele mineralen voor. In dit gebied kan de Formatie van Kedichem, hier afgezet door riviertjes van zuidelijke herkomst en in een enkel geval door de Maas, duidelijk worden afgescheiden van de onder- en bovenliggende formaties, die door de Rijn zijn afgezet. Ten dele gaat het hier om afzettingen, die onder permafrostcondities werden gevormd, waaronder ook eolische afzettingen (periglaciale afzettingen). In het zuidoostelijke deel van de Centrale Slenk neemt de dikte van de formatie snel toe tot maximaal 120 m ten oosten van Roermond.
e. In het gebied ten westen van de Centrale Slenk behoren fijne zanden en kleilagen tot de formatie, die in het gebied ten oosten van Breda nabij maaiveld voorkomen en daar worden ontgonnen.
f. Ten oosten van de lijn Venlo-Tegelen wordt de formatie vertegenwoordigd door een pakket lichtgekleurde fijne zanden ter dikte van slechts enkele meters, dat in de literatuur onder de lokale naam 'papzand' voorkomt (van Straaten, 1956; Kortenbout van der Sluys, 1956; Nota, 1956). Deze afzettingen vertonen duidelijk een periglaciaal karakter en bestaan ten dele uit eolische zanden. Aan de bovenkant komen humeuze kleilagen en humeuze bodems voor.
g. In Zuid-Limburg kunnen mogelijk de grofkorrelige Maasterrasafzettingen van het Sibbe-terras tot de formatie worden gerekend (fig. 2.1.21).



Verbreiding van de Formatie van Kedichem

Formatie van Kedichem aan of nabij het oppervlak

fig. 2.1.35 Verbreiding van de Formatie van Kedichem

Ouderdom

Eburonien, Waalien, Menapien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): II O (Plistoceen ouder dan Hoogterras) ten dele. Lorié (1907): Middelste fijne zone (Zuid- en West-Nederland). Zonneveld (1947): Onderste fijne afzettingen (afdeeling) in Zuidoost-Nederland; Middelste fijne zone in West-Nederland; voorts Kiezeloöliet afzettingen (in Zuidoost-Nederland) ten dele.

2.1.4.9. Formatie van Tegelen

Algemene karakteristiek

Een eenheid, bestaande uit een aantal laagpakketten, die als volgt boven elkaar kunnen voorkomen (van boven naar beneden, fig. 2.1.39):

a. Klei van Tegelen. Een laagpakket, overwegend bestaande uit klei en inschakelingen van fijn zand. Soms ook twee of meer vrij dikke kleipakketten, gescheiden door grof zand. Komt voor in het gehele verbreidingsgebied van de formatie.
b. Grind van Tegelen. Een pakket, overwegend bestaande uit grof zand, dat vooral in zuidoostelijk Nederland vrij veel tot veel grind bevat. Naar het noordwesten komen klei-inschakelingen voor. Is alleen volledig ontwikkeld in zuidoostelijk Neder-

land buiten het verbreidingsgebied van de Formatie van Maassluis. Binnen het gebied van deze formatie komt alleen het equivalent van de bovenste lagen van het Grind van Tegelen direct boven de mariene afzettingen voor.

c. Klei van Belfeld. Een laagpakket, dat overwegend uit klei bestaat, met plaatselijk enkele inschakelingen van fijn en grof zand. Komt voor ten oosten van Belfeld en in de Centrale Slenk in het gebied bij Eindhoven en verder naar het noordwesten tot aan de verbreidingsgrens van de Formatie van Maassluis.

d. Grind van Belfeld. Grove grindhoudende afzettingen met dezelfde beperkte verbreiding als de Klei van Belfeld.

Binnen het gebied van de mariene, onderpleistocene Formatie van Maassluis komen de afzettingen van de Formatie van Tegelen voor tussen de Formatie van Maassluis en de Formatie van Kedichem. Buiten de mariene onderpleistocene invloed komt de formatie voor tussen de Formatie van Oosterhout of de Kiezeloöliet Formatie, en de Formatie van Kedichem.

Met uitzondering van het bovenste laagpakket (Klei van Tegelen) en het bovenste deel van het daaronder gelegen laagpakket (Grind van Tegelen) is de Formatie van Tegelen het niet-mariene equivalent van de Formatie van Maassluis in de zuidelijke helft van het land. Verder naar het noordwesten liggen de Klei van Tegelen en het bovenste deel van het Grind van Tegelen op de Formatie van Maassluis.

De afzettingen van de formatie bestaan uit afzettingen van de Rijn, Zuid-Limburg uitgezonderd. In dit laatste gebied zijn ze afgezet door de Maas. De Rijnzanden zijn bontgekleurd en indien zij grind bevatten is dit vrij rijk aan kwarts.

Dikte van de formatie: van circa 10 tot ca 100 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: van dagzomend tot meer dan 200 m onder maaiveld.

Referenties

1905 Dubois, Argile de Tegelen
1915, Reid en Reid, Clay of Tegelen, Teglian
1947 Zonneveld, p. 81, Zone van Tegelen
1960 Zagwijn, p. 43, Tegelen Formation

Stratotype

Kleigroeven nabij Tegelen en Belfeld (fig. 2.1.36), meer in het bijzonder de thans verlaten groeve Canoy-Herfkens (Dubois, 1905). De aangrenzende, thans eveneens verlaten groeve Russel-Tiglia Egypte gaf hetzelfde profiel te zien met klei ter dikte van ruim 10 m. Deze klei, stratotype van de Klei van Tegelen, bestaat uit 2 laagcomplexen. Het onderste is een in een meer afgezette klei met plaatselijk zoetwaterschelpen, het bovenste bestaat uit komkleien, geassocieerd met een stroomgeultje ter breedte van een twintigtal meters en opgevuld met fijn kleiig zand, rijk aan hout, zaden en kleine vertebratenresten (fig. 2.1.37).

Het onderste complex, dat werd gevormd in een afgesneden meander, komt uitsluitend in deze groeve en de aansluitende Canoy-Herfkensgroeve voor. Het grove, grindrijke zand onder deze klei en ter weerszijden (niet ontsloten) is het stratotype van het Grind van Tegelen. In vele andere groeven in de omgeving van Tegelen komt alleen het bovenste complex van de Klei van Tegelen voor, rustend op Grind van Tegelen.

De Klei van Belfeld en het Grind van Belfeld hebben als stratotype de thans verlaten groeve Janssen-

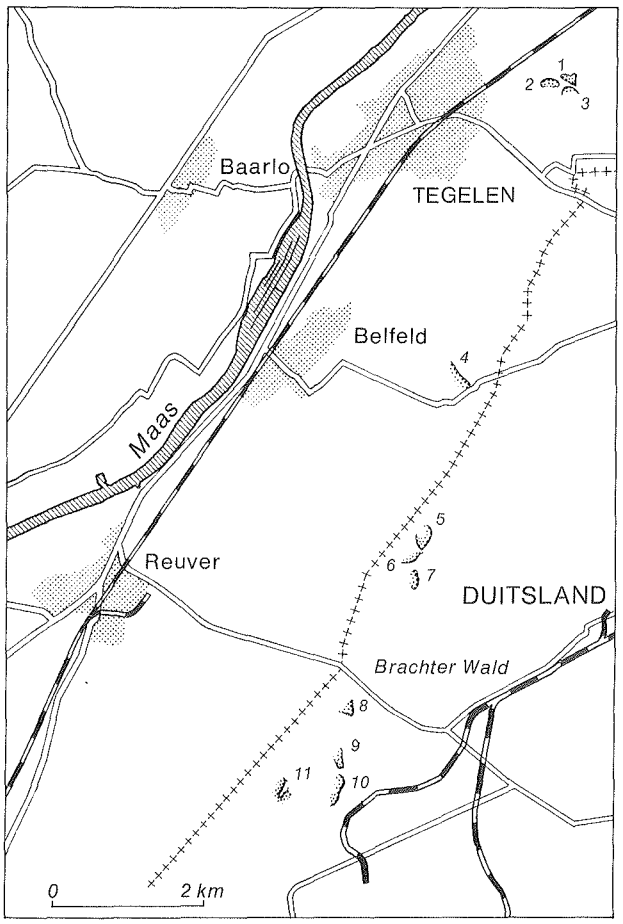


fig. 2.1.36 Ligging van de, thans ten dele verlaten, kleigroeven tussen Venlo en Reuver

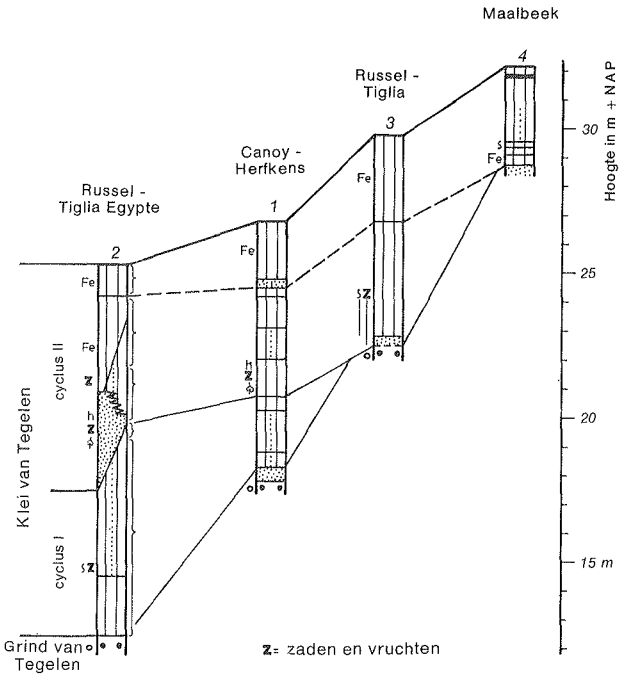


fig. 2.1.37 Lithologie van de Klei van Tegelen in de omgeving van Tegelen. Lokaties 1 t/m 4 van fig. 2.1.36. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

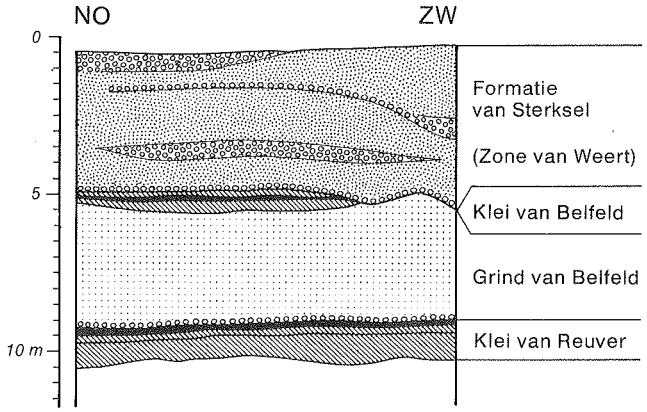


fig. 2.1.38 Profiel in de kleigroeve Janssen-Dings bij Belfeld. Lokatie nr. 5, fig. 2.1.36 (volgens Boenigk, 1970)

Dings, juist ten oosten van de Nederlands-Duitse grens nabij Belfeld. Het profiel is weergegeven in fig. 2.1.38. De Klei van Belfeld bevat een pollenassociatie, die sterk lijkt op die van de Klei van Tegelen, maar waarin beuk (*Fagus*) in sterke mate is vertegenwoordigd. Aangezien deze boom in de Klei van Tegelen en jongere afzettingen van het Pleistoceen ontbreekt, moet de Klei van Belfeld een ouder niveau dan de Klei van Tegelen vertegenwoordigen.

Uit boringen in de omgeving van Eindhoven (fig. 2.1.39) blijkt inderdaad, dat de Klei van Belfeld (met eenzelfde polleninhoud) voorkomt onder het Grind van Tegelen.

Zware mineralen: overwegend een granaatrijke associatie van de Rijn (met granaat, epidoot, alteriet-saussuriet, hoornblende).

Verbreiding

a. Zuid- en Midden-Nederland (fig. 2.1.40). In Zuid-Limburg bestaande uit grofkorrelige, zeer grindrijke zanden van de Maas, die voorkomen in een zuidwest-noordoost verlopende strook (Afzettingen van het terras van Simpelveld) (fig. 2.1.21). Elders afzettingen van de Rijn.
b. Het onderste deel van de formatie komt voor in het uiterste zuiden van westelijk Noord-Brabant, waar het zowel zijdelings als naar beneden overgaat in afzettingen van de Formatie van Maassluis.
c. In oostelijk Noord-Brabant en Limburg komt het onderste deel van de formatie voor buiten het verbreidingsgebied van de Formatie van Maassluis.
d. Binnen het verbreidingsgebied van de Formatie van Maassluis komt in het algemeen slechts het bovenste deel van het Grind van Tegelen en de Klei van Tegelen voor. Pollenanalytisch onderzoek (Zagwijn, 1963) heeft aangetoond, dat de regressie van de zee, die zich uit in de ligging van de niet-mariene afzettingen van de Formatie van Tegelen op de mariene van de Formatie van

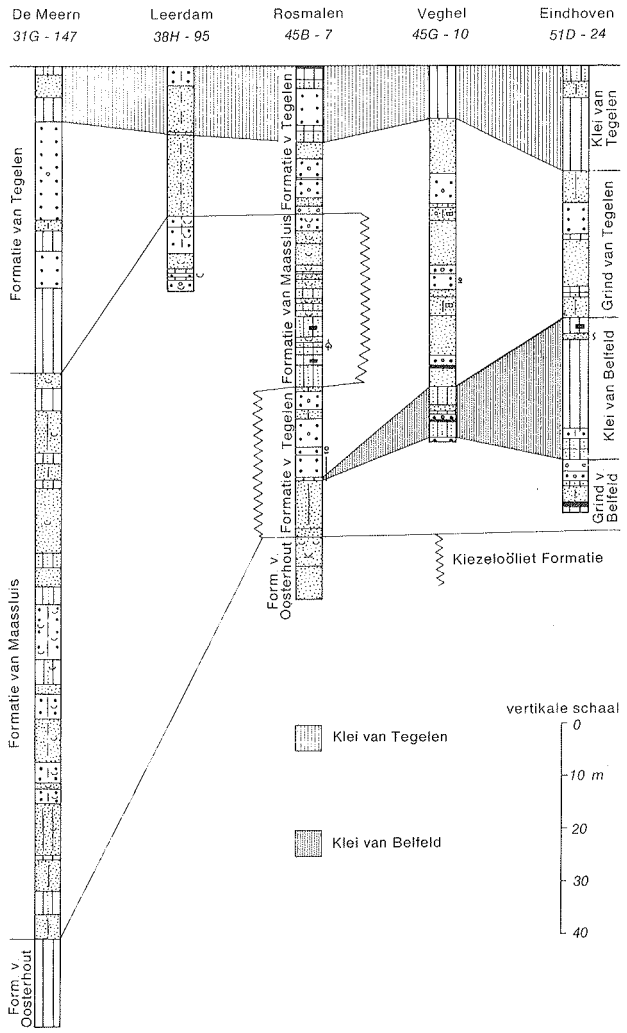
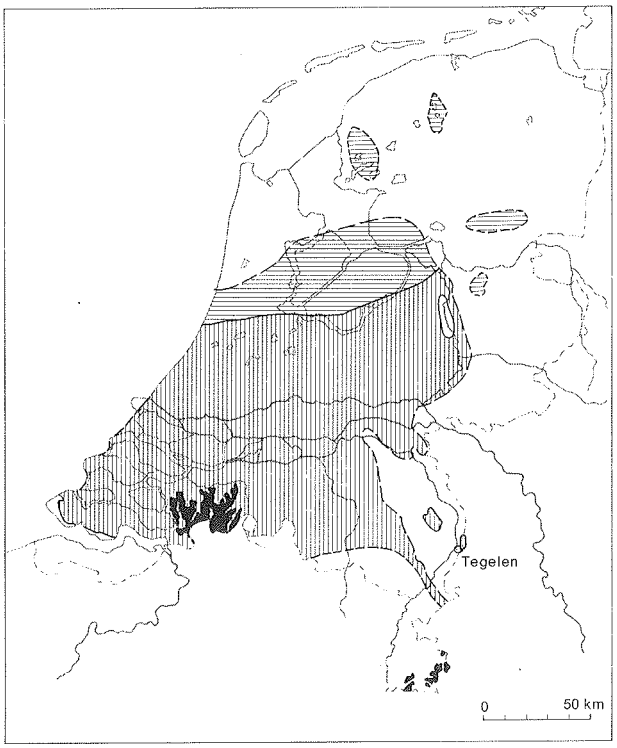


fig. 2.1.39 De zijdelingse samenhang tussen de Formatie van Tegelen en de Formatie van Maassluis in boringen in de Centrale Slenk. Als referentielijn is gekozen de bovenkant van de Formatie van Tegelen. Legenda fig. 2.1.57, p. 53



Verbreiding van de Formatie van Tegelen

Formatie van Tegelen aan of nabij het oppervlak

Gebied met kleilagen van de Formatie van Harderwijk die sterk lijken op de Klei van Tegelen

fig. 2.1.40 Verbreiding van de Formatie van Tegelen

Maassluis, over een groot deel van het gebied relatief snel heeft plaatsgevonden en wel gedurende pollenzone TC 4c van het Tiglien (zie fig. 4.1.5.).

e. Zoals besproken wordt bij de Formatie van Harderwijk, gaat het bovenste deel van de Formatie van Tegelen in Midden-Nederland zijdelings over in het onderste deel van de Formatie van Harderwijk. Globaal vindt deze overgang plaats in een gebied van Zandvoort via Amsterdam en Harderwijk naar Zwolle. In het overgangsgebied komen afwisselingen voor van typische witte zanden van oostelijke herkomst en kleilagen van de habitus van de Klei van Tegelen. Ten noorden van genoemd overgangsgebied komen aan de basis van, òf ingeschakeld in, de Formatie van Harderwijk kleilagen voor, die soms een vrij grote dikte bezitten en die eveneens de habitus (en de ouderdom) hebben van de Klei van Tegelen. In het zuidelijk IJsselmeergebied kan de kleilaag, die gelegen is op de Formatie van Maassluis en onder de Formatie van Harderwijk, met reden als Klei van Tegelen worden beschouwd. Andere met de Klei van Tegelen vergelijkbare kleilagen, soms tot drie boven elkaar toe (zuidwestelijk Friesland) kunnen beter tot de Formatie van Harderwijk gerekend worden.

Ouderdom

Tiglien en vroegste deel van het Eburonien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): II O (Plistoceen ouder dan Hoogterras) ten dele. Onderste Grof en deel van Middelste Fijn in westelijk Nederland (Lorié, 1907).

2.1.4.10. Formatie van Scheemda

Algemene karakteristiek

Een zowel genetisch als lithologisch complexe eenheid, bestaande uit:

a. Fijne en grove witte kwartszanden, gewoonlijk zonder grind of arm aan grind, plaatselijk met bruinkoollagen; het grind behoort tot het extreem kwartsrijke Hellendoorntype, symbool HO.ek (Zandstra, 1959).

b. Fijne kleiige en grove, grijze zanden, soms met klei-, veen-, of bruinkoollagen; de bovenkant wordt op vele plaatsen gevormd door een kleilaag.

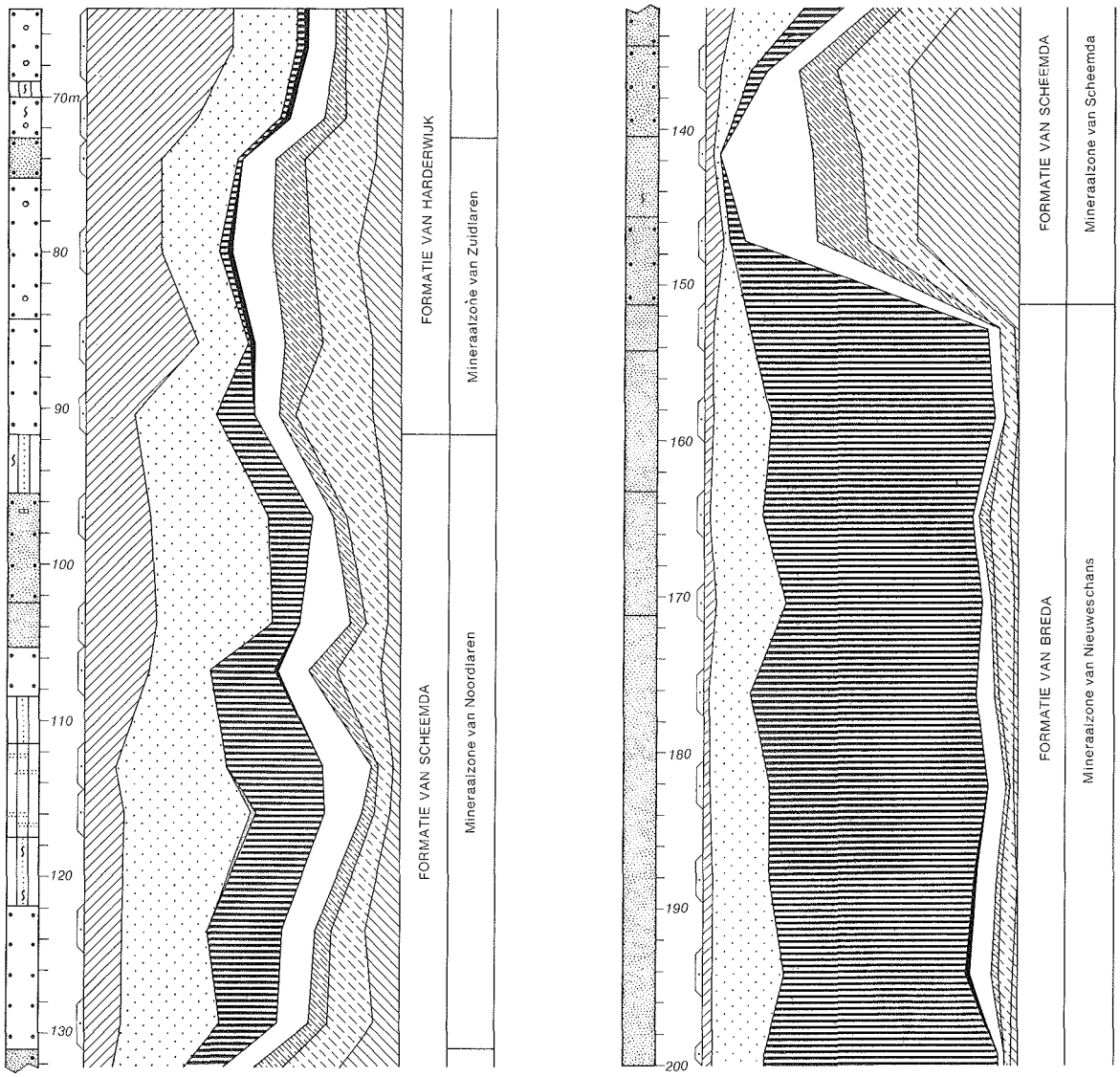


fig. 2.1.41 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Zuidlaren (12E–84). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.59, p. 53

c. Fijne, soms kleiige, witte en lichtbruingele glimmer- en plaatselijk ook glauconiethoudende zanden. Tot de formatie worden gerekend:
   1e. Afzettingen van oostelijke rivieren of daarmee samenhangend; ze zijn te beschouwen als het fluviatiele equivalent van de mariene afzettingen van de Formatie van Oosterhout in Noord-Nederland. De formatie gaat in de laatste over en is daarmee zijdelings vertand. De afzettingen van de formatie zijn daarom, evenals die van de Formatie van Oosterhout, van pliocene en mogelijk van boven-miocene ouderdom.
   2e. Mariene, kustnabije vormingen, zonder fauna of fauna-arm. Deze afzettingen zijn zowel genetisch als stratigrafisch nog onvoldoende bekend; wellicht behoren hiertoe naast pliocene ook boven-miocene vormingen.
   Lithologie: zie onder c.

De Formatie van Scheemda ligt onder de Formatie van Harderwijk en boven de Formatie van Breda.

Dikte van de formatie: oplopend tot meer dan 100 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert van 20 tot meer dan 100 m onder maaiveld; in glaciaal gestuwde gebieden (o.m. omgeving Emmerschans oostelijk van Emmen en Noord-Twente) nabij de oppervlakte.

Referenties

1933 Edelman, p. 42, B-Scheemda provincie

De naam Formatie van Scheemda wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

Boring Zuidlaren (12E–84), coördinaten 243.120/567.890, diepte 91.60–151.10 m onder maaiveld (fig. 2.1.41).

Lithologie: matig fijne tot matig grove, weinig fijn grindhoudende zanden met, voor een deel humeuze, kleilagen.

Voorts: Onnerpolder, noordelijk van Noordlaren, boring 12E–16, coördinaatvak 241/573, diepte 114.50–165.00 m onder maaiveld.

Lithologie: fijne, kleiige zanden, fijne zanden met een grofzandige inschakeling en bovenin een veenlaag.

Zware mineralen:

a. In boring Zuidlaren 12E–84 een stabiele associatie met veel toermalijn en metamorfe mineralen (131.00–151.10 m). Het gedeelte van de formatie, waarin stabiele mineralen overheersen, is te rekenen tot de Mineraalzone van Scheemda; daarop een zone met een associatie met hoornblende, epidoot, granaat en stabiele mineralen, die te benoemen is als Mineraalzone van Noordlaren (91.60–131.00 m).
b. In boring Onnerpolder 12E–16 zijn eveneens twee mineraalzones in de Formatie van Scheemda te onderscheiden: de Mineraalzone van Scheemda op 130.00–165.00 m en daarop de Mineraalzone van Noordlaren (met bovenin de overgang naar de Mineraalzone van Zuidlaren) op 114.50–130.00 m. Voor de Zone van Noordlaren (hoornblende, granaat, epidoot) wordt ook verwezen naar het onderste deel van boring 12D–93, coördinaten 234.350/559.000 te Peelo (fig. 2.1.4) en voor de Mineraalzone van Scheemda naar boring 8D–15, coördinaten 276.400/578.860 te Nieuweschans (fig. 2.1.42).

Zowel in de typeboring 12E–84 als in boring 12E–16 liggen de afzettingen van de Formatie van Scheemda onder de Formatie van Harderwijk en boven de Mineraalzone van Nieuweschans van de Formatie van Breda.

Verbreiding (fig. 2.1.43)

In geheel Groningen, behalve het Fries-Groningse grensgebied; in geheel Drente, behalve het Fries-Drentse grensgebied; in Noord-Twente en een deel van Salland nagenoeg beperkt tot de stuwwallen. Tenslotte mogelijk uitlopers en erosieresten tussen Almelo en Nijmegen en in dit gebied optredend naast afzettingen van de Kiezeloöliet Formatie (fig. 2.1.43, zie ook fig. 2.1.46).

Ouderdom

Plioceen en mogelijk Boven-Mioceen.

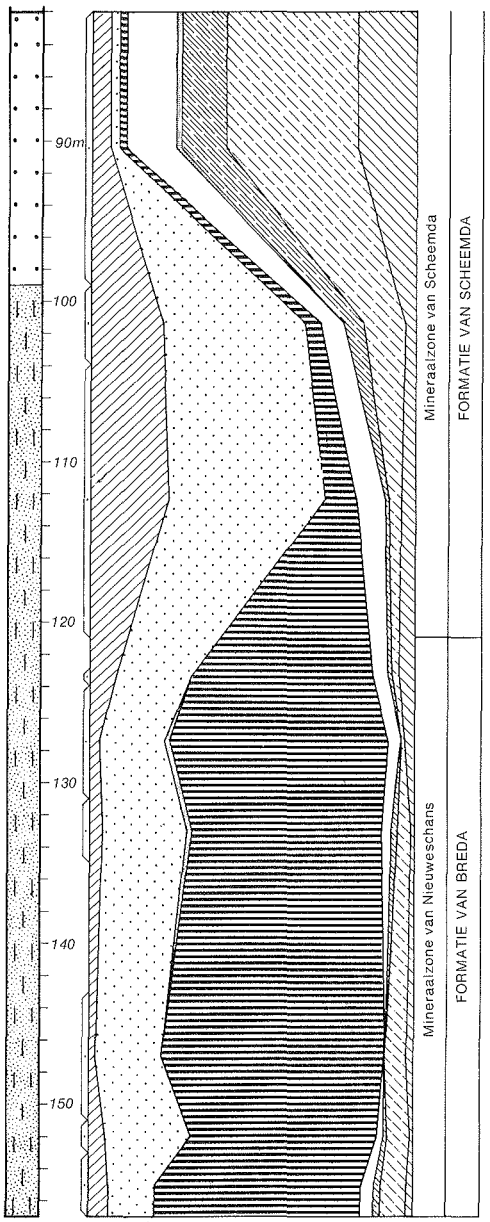
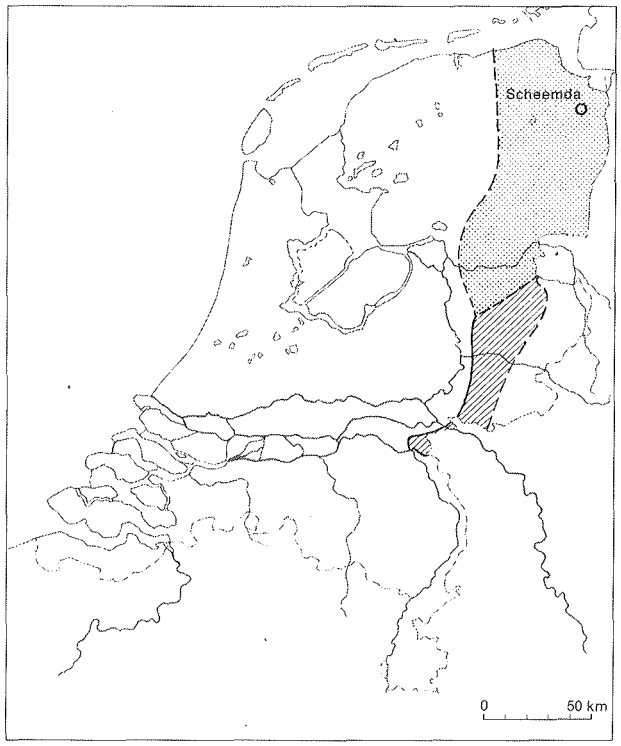


fig. 2.1.42 Lithologie en zware mineralendiagram van boring Nieuweschans (8D–15). Legenda fig. 2.1.57 en 2.1.59, p. 53



Verbreiding van de Formatie van Scheemda

Gebied waar afzettingen van de Formatie van Scheemda voorkomen naast die van de Kiezeloöliet Formatie

fig. 2.1.43 Verbreiding van de Formatie van Scheemda

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Formatie van Harderwijk (ten dele), Zonneveld, 1958; Kwartair (ten dele), Keizer en Letsch, 1963; 'Glimmerfeinstsand' (ten dele?), Richter, Schneider und Wager, 1950.

2.1.4.11. Kiezeloöliet Formatie

Algemene karakteristiek

Een complexe eenheid, bestaande uit een aantal ten dele boven elkaar, ten dele naast elkaar voorkomende laagpakketten. Deze laagpakketten bestaan hetzij overwegend uit klei, hetzij overwegend uit zand en/of grind.

Een overzicht van de verdeling van de formatie in laagpakketten in verschillende gebieden van zuidoostelijk Nederland is gegeven in fig. 2.1.44.

De grindafzettingen van de Kiezeloöliet Formatie zijn zeer rijk aan kwarts; voorts komt lydiet regelmatig voor. Kiezeloölieten, die overigens geenszins tot deze formatie beperkt zijn, zijn weinig frequent. De zanden zijn in de regel wit van kleur. De kleien zijn zeer compact, vaak rijk aan organische stof. Ook komt opvallend lichtgekleurde klei, rijk aan kaolien voor. Veenlagen zijn veelvuldig in de kleien ingeschakeld. Deze veenlagen zijn vaak zover ingekoold, dat van bruinkool moet worden gesproken.

De Kiezeloöliet Formatie komt voor onder allerlei formaties, waarvan de oudste de Formatie van Tegelen is. Onder de Kiezeloöliet Formatie liggen in de regel afzettingen van de Formatie van Breda, in Zuid-Limburg ook die van de Formatie van Heksenberg, een continentaal en kustnabij equivalent van een deel van de Formatie van Breda. Zie 2.2.3.

De Kiezeloöliet Formatie is het equivalent van de mariene Formatie van Oosterhout en het bovenste deel van de Formatie van Breda. De zijdelingse overgang vindt plaats in een vrij breed, zuidoost-noordwest georiënteerd gebied, dat zuidelijk van Eindhoven tot zuidelijk van Nijmegen loopt. Het onderste deel van de formatie (Waubach Grind en Zand van Venlo) gaat over in de bovenste lagen van de Formatie van Breda en wel in een strook die de zuidoostelijke begrenzing van genoemde overgangszone vormt. De hogere delen van de formatie gaan verder naar het noordwesten in mariene afzettingen (Formatie van Oosterhout) over.

De formatie bestaat in hoofdzaak uit afzettingen van de Rijn voordat deze verbinding had met het Alpengebied. Hierdoor wordt begrijpelijk dat de zanden niet bont, maar wit zijn en dat de zware mineraleninhoud overwegend stabiel is.

Dikte van de formatie: van ca 10 tot ca 200 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: van dagzomend tot ruim 200 m onder maaiveld.

Referenties

1910 Kaiser, Kieseloölith Schotter
1913 Fliegel und Stoller, Kieseloölith Formation
1947 Zonneveld, p. 172, Kiezel-oöliet afzettingen
1959 Zagwijn, Kieseloölith Formation
1960 Zagwijn, p. 37, Kieseloölite Formation

Stratotype

Het stratotype bevindt zich in Duitsland en wel te Duisdorf bij Bonn. De term Duisdorfer Stufe is voorgesteld, doch nimmer ingeburgerd. De term Kieseloölith in verbinding met termen als Stufe, Schotter, Formation is daarentegen gangbaar gebleven en wordt hier om historische redenen gehandhaafd, al zou het gebruik van een aan een geografische lokatie ontleende formatienaam formeel juister zijn.

Voor Nederland kan als stratotypegebied het gebied Waubach-Brunssum gelden, met voor de verschillende laagpakketten de volgende stratotypen (van onder naar boven):

a. Grind van Waubach — Grindgroeven bij de grens ten oosten van Brunssum.
   Lithologie: zeer grindrijke, grofzandige afzettingen.
b. Klei van Brunssum — Kleigroeven aan de voet van de Bouwberg (verlaten) en bij Ora et Labora.
   Lithologie: overwegend zware compacte kleien met talrijke bruinkoolinschakelingen. Plaatselijk ingeschakeld, dan wel aan de basis van het pakket, fijn zand.
c. Schinveld Zanden — Kleigroeven zuidoostelijk van Schinveld en talrijke boringen in dit gebied.
   Lithologie: fijne, soms grove zanden met enkele kleilagen.
d. Tenslotte kan het gebied juist ten oosten van de Nederlands-Duitse grens bij Reuver (fig. 2.1.36) dienen als stratotype van de Klei van Reuver, die boven of bovenin de Zanden van Schinveld voorkomt.

De meeste groeven in dit gebied zijn thans ver-

Ouderdom		Gebied van Brunssum-Susteren	Centrale Slenk bij Roermond en Herkenbosch	Mein-weg	Peelhorst Oost van Reuver-Swalmen	Slenk van Venlo oost van Belfeld	Slenk van Venlo oost van Venlo-Tegelen
Serie	Etage						
PLEISTOCEEN	Tiglien (A)						
	Praetiglien			Meinweg Klei			
		Schinveld-zanden (fijn en grof zand, enkele kleilagen)	Meinweg Klei (Met veenlagen)				
PLIOCEEN	Boven-Plioceen (Reuverien)				Klei van Reuver (met twee veenlagen)	Klei van Reuver	
			Schinveld Zanden	Schinveld Zanden	Schinveld Zanden		
	Onder-Plioceen (Brunssumien)	Klei van Brunssum (met bruinkool en zandlenzen)	Klei van Brunssum				Klei van Venlo (met bruinkoollagen)
MIOCEEN	Boven-Mioceen (Susterien)	Grind van Waubach en Waubach Zanden	Waubach Zanden				Venlo Zanden (niet grindrijk)

fig. 2.1.44 Tabel van de lithostratigrafische indeling van de Kiezeloöliet Formatie in Zuidoost-Nederland

laten. De lithologische opbouw van dit laagpakket kan blijken uit fig. 2.1.45.

Zware mineralen: De afzettingen van de Kiezeloöliet Formatie vertonen een associatie, waarin stabiele mineralen sterk overheersen. Het grind is zeer kwartsrijk. Het gaat om afzettingen van de Rijn. Uit onderzoek van Boenigk (1970) is gebleken, dat in de bovenste laag van de Klei van Reuver (fig. 2.1.45, blauwe klei) een geheel andere mineraalassociatie voorkomt, en wel een instabiele met granaat, epidoot, hoornblende en saussuriet. Deze associatie wordt kenmerkend geacht voor een Rijn, die in verbinding stond met het Alpengebied. Deze verbinding kwam blijkbaar tegen het eind van de afzetting van de Klei van Reuver tot stand (zie ook Zagwijn, 1974b).

Verbreiding

In het algemeen Zuidoost-Nederland (fig. 2.1.46).

a. In het zuiden van Zuid-Limburg — Maasafzettingen van het Kosberg terras (fig. 2.1.21).
b. In de Centrale Slenk ten noorden van het gebied Brunssum-Schinveld kunnen dezelfde laagpakketten onderscheiden worden die ook in het stratotypegebied voorkomen, met dien verstande, dat aan de bovenkant van de Schinveld Zanden een ca 20 m dik kleipakket, de Meinweg Klei, voorkomt (ten dele een equivalent van de Klei van Reuver) en voorts dat de met het Waubach Grind overeenkomende zanden uit fijne en grove zanden met weinig grind bestaan (Waubach Zanden, fig. 2.1.47). Naar het noordwesten gaan de

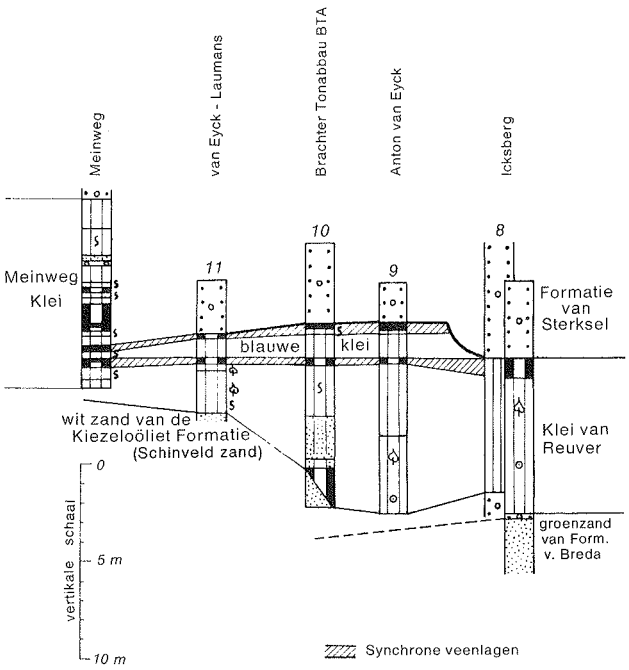
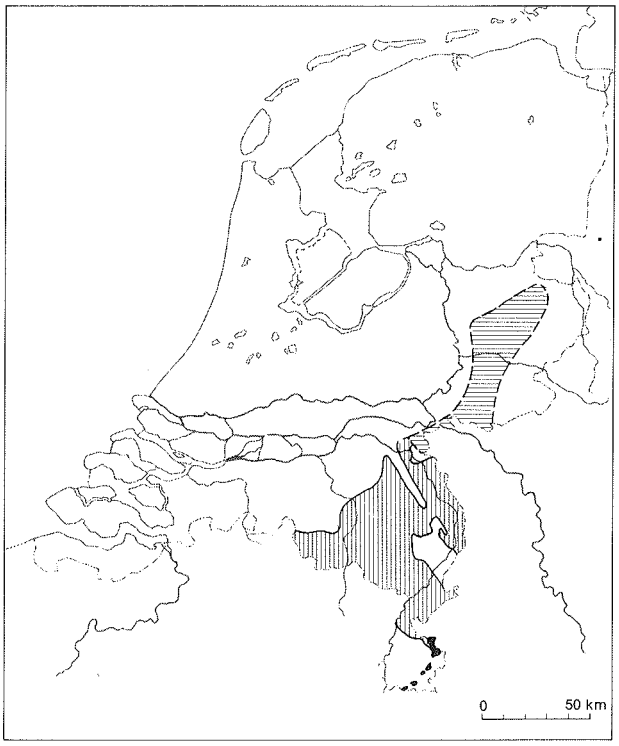


fig. 2.1.45 Lithologie van de Klei van Reuver. Lokaties nr. 8 t/m 11 van fig. 2.1.36. Legenda fig. 2.1.57, p. 53



Verbreiding van de Kiezeloöliet Formatie

Kiezeloöliet Formatie aan of nabij het oppervlak

Gebied waar afzettingen van de Kiezeloöliet Formatie voorkomen naast die van de Scheemda Formatie

fig. 2.1.46 Verbreiding van de Kiezeloöliet Formatie

Waubach Zanden in het gebied van de Centrale Slenk bij Asten over in de bovenste lagen van de Formatie van Breda. De Klei van Brunssum kan in de Centrale Slenk tot bij Weert vervolgd worden, waar dit laagpakket een dikte van ca 50 m bereikt. Verder naar het noordwesten komen er fijne en grove zanden voor in de plaats, die bij Son zijde-

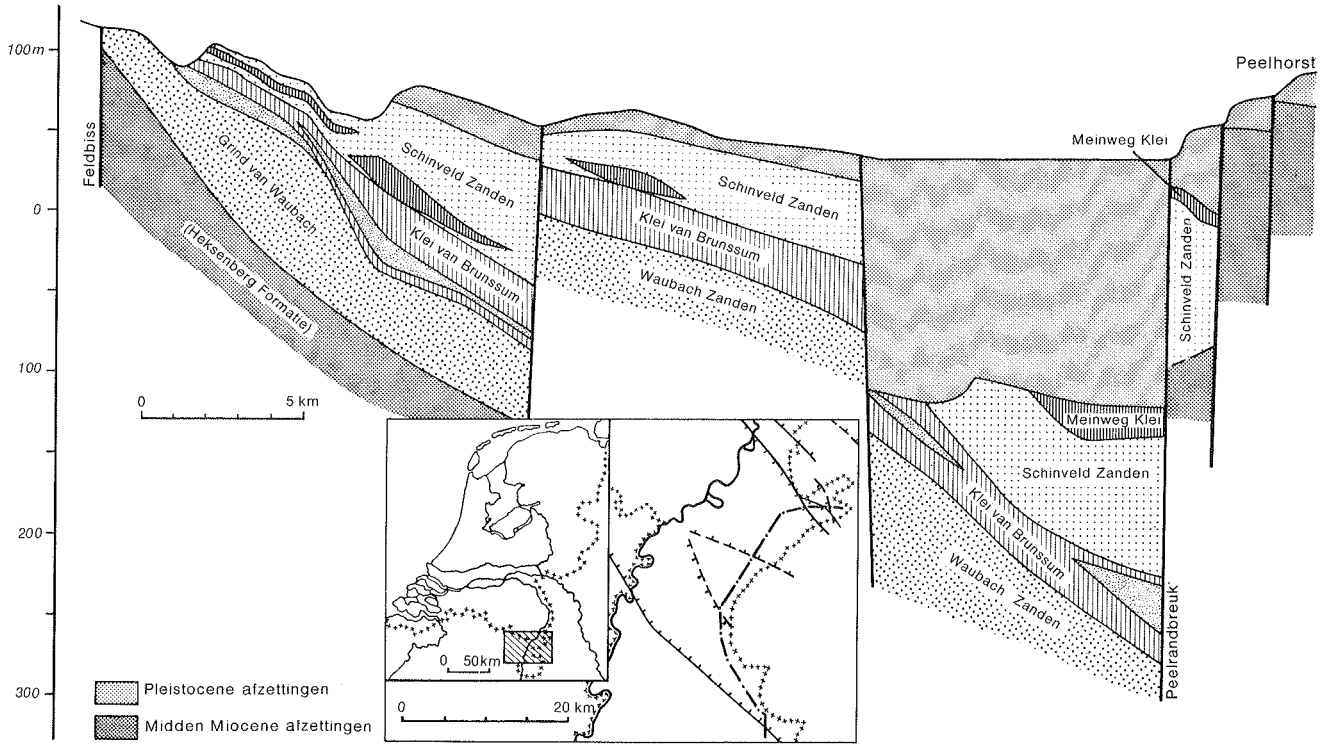


fig. 2.1.47 Noord–zuid profiel door de Kiezeloöliet Formatie in de Centrale Slenk tussen Peelhorst en Feldbiss.

lings overgaan in afzettingen van de Formatie van Oosterhout. Bij Eindhoven wordt aan de bovenkant van de formatie een kleipakket gevonden, dat als Klei van Reuver kan worden beschouwd. Dit zelfde laagpakket komt ook voor op de hoge schollen ten zuidwesten van Eindhoven. De Klei van Reuver kan in beide gebieden naar het noordwesten vervolgd worden, waar hij spoedig overgaat in de kleilaag die aan de bovenkant van de (mariene) Formatie van Oosterhout voorkomt.

c. Op de Peelhorst ten oosten van de Maas komt vrijwel uitsluitend de Klei van Reuver voor. Ten westen van de Maas is op de horst de Kiezeloöliet Formatie in Limburg door erosie verdwenen.
d. In de Slenk van Venlo komt een kleipakket voor, dat met een deel van de Klei van Brunssum correleert (Klei van Venlo) en daaronder grove, grindarme zanden, die als Venlo Zanden zijn beschreven (Zagwijn, 1960). De Venlo Zanden kunnen naar het noordwesten vervolgd worden tot de omgeving van Venray, waar zij overgaan in mariene, glauconietrijke zanden van de bovenkant van de Formatie van Breda. De Klei van Venlo komt nog verder naar het noordwesten voor, ook op de Peelhorst, doch gaat over in zanden, die op hun beurt overgaan in zeer schelprijke afzettingen van de Formatie van Oosterhout (Nijmegen, Mill, Zeeland, Reek). In de Slenk van Venlo ontbreken de Schinveld Zanden en de Klei van Reuver.
e. In de Achterhoek en Twente worden afzettingen aangetroffen, die blijkens hun grind- en zware mineraleninhoud tot de Kiezeloöliet Formatie gerekend moeten worden. Zij komen voor naast, en mogelijk ook afwisselend met, afzettingen van de Formatie van Scheemda (fig. 2.1.46). Pollenanalytisch onderzoek van ingeschakelde kleilagen wijst op vorming nabij de zee.

Ouderdom

Boven-Mioceen (Waubach Grind en — Zanden, basale deel Klei van Brunssum), Plioceen (overige laagpakketten), onderste Pleistoceen (Meinweg Klei, ten dele).

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): II O (Plistoceen ouder dan hoogterras) ten dele en III (Plioceen) ten dele.

2.1.5. Formaties opgebouwd in zee en bij de kust

2.1.5.1. Westland Formatie

Algemene karakteristiek

De eenheid bestaat uit afwisselingen van grove tot fijne zanden, lichte tot zware klei en veen, waarbij vrijwel alle mogelijke combinaties van de lithologische eenheden kunnen voorkomen.

Tot de formatie behoren kustafzettingen, mariene, estuariene, lagunaire en perimariene afzettingen.

De door de wind gevormde kustafzettingen worden gerekend tot twee laagpakketten, de Oude Duin Afzettingen en de Jonge Duin Afzettingen. Verder de Strandafzettingen, die gelijktijdig met de Afzettingen van Calais of Afzettingen van Duinkerke (zie onder) werden gevormd (Jelgersma et al., 1970).

Tot de overige mariene, estuariene en lagunaire afzettingen worden de volgende laagpakketten gerekend:

a. de Elbow Afzettingen — dit zijn de oudste mariene afzettingen en tot nu toe alleen bekend van de Noordzeebodem (Oele, 1969, p. 471).
b. de Afzettingen van Calais (Dubois, 1924, p. 149).
c. de Afzettingen van Duinkerke (Dubois, 1924, p. 151).

Perimariene afzettingen zijn rivierafzettingen, voornamelijk bestaande uit klei en zand, die onder invloed van de zeespiegelrijzing van de laatste 10.000 jaar zijn ontstaan.

Tot de perimariene afzettingen behoren de volgende laagpakketten:

a. de Afzettingen van Gorkum (Hageman, 1963, p. 219).
b. de Afzettingen van Tiel (Hageman, 1963, p. 219).

Het Hollandveen (Hageman, 1963, p. 219) vormt de belangrijkste scheiding tussen oudere en jongere afzettingen, zowel bij de mariene als bij de perimariene afzettingen. Het Hollandveen komt zowel in het gebied van de mariene als van de perimariene afzettingen voor. Dit laagpakket vormt het voornaamste correlatiemiddel tussen de beide groepen van afzettingen.

Dikte van de formatie: van minder dan 1 m tot bijna 50 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: maaiveld.

Referenties

1924 Dubois, Assise de Dunquerque
Assise de Calais
1963 Hageman, Afzettingen van Tiel
Afzettingen van Gorkum
1969 Oele, Elbow Afzettingen

De naam Westland Formatie wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

Stratotype a, voor kustafzettingen, mariene, estuariene en lagunaire afzettingen: het Westland, een gebied, gelegen tussen Hoek van Holland, 's-Gravenhage, Delft, Rotterdam en Maassluis (zie fig. 2.1.48).

Stratotype b, voor perimariene afzettingen: de Alblasserwaard en de Tielerwaard (zie fig. 2.1.48).

Stratotype c, voor het Hollandveen: het veengebied rondom de Vinkeveense Plassen.

Lithologie:

a. van de Oude en Jonge Duin- en Strandafzettingen: matig fijn tot matig grof zand.
b. van de Elbow Afzettingen: het bovenste deel bestaat uit grijs, fijn zand, het onderste deel uit grijze, zware klei.
c. van de Afzettingen van Calais: het onderste deel bestaat veelal uit zand, het bovenste deel doorgaans uit klei.
d. van de Afzettingen van Duinkerke: geulopvullingen, veelal bestaande uit zand of zavel (zandige klei); buiten de geulsystemen voornamelijk klei.
e. van de perimariene afzettingen, zowel Afzettingen van Gorkum als Afzettingen van Tiel: afwisselingen van klei en venige klei, met zavel (zandige klei) als

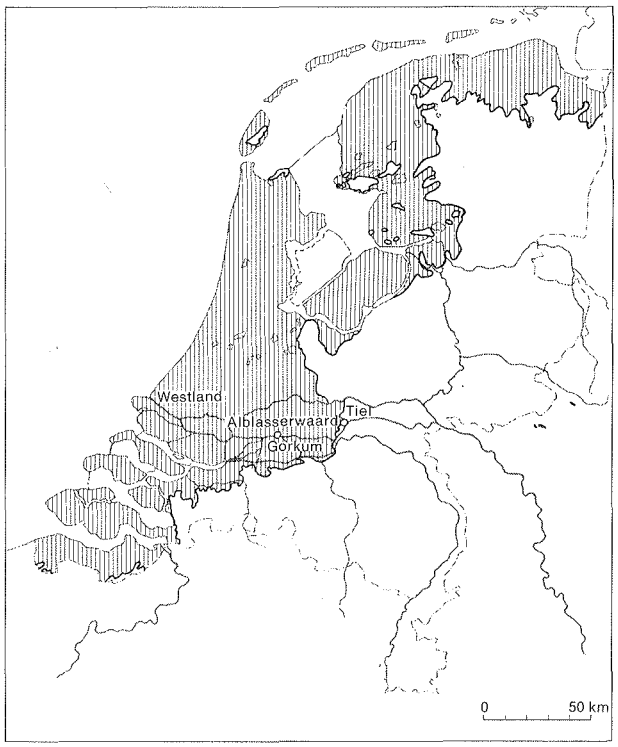


fig. 2.1.48 Verbreiding van de Westland Formatie

hoofdbestanddeel van het sediment in enkele grotere geulsystemen (Verbraeck, 1970).

f. van het Hollandveen: het Hollandveen komt in verschillende ontwikkelingen voor, namelijk als oligotroof veenmosveen, als mesotroof zeggeveen, als eutroof rietveen of als eutroof bosveen.

Verbreiding

Van Zeeuwsch-Vlaanderen tot aan noordoostelijk Groningen in een brede strook langs de hoger gelegen pleistocene gronden. In Midden-Nederland, in het gebied van de grote rivieren, reikt de verbreiding naar het oosten tot het laatste gebied met samenhangende, uitgestrekte pakketten veen.

Ouderdom

Holoceen. De Oude Duin Afzettingen dateren van ± 2000 v. Chr. tot 1200 n. Chr.

De Jonge Duin Afzettingen zijn afgezet ná ±1200 n. Chr.

De Elbow Afzettingen zijn afgezet vanaf het jongere Preboreaal tot in het begin van het Atlanticum (± 6000 v. Chr.).

De Afzettingen van Calais en de Afzettingen van Gorkum zijn afgezet vanaf ongeveer 6000 v. Chr. tot ongeveer 2000 v. Chr.

De Afzettingen van Duinkerke en de Afzettingen van Tiel zijn gevormd vanaf ±1500 v. Chr. tot heden.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Terminologie ontleend aan de Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): Oudholocene vormingen (I 0), Oud zeezand (I 1 z) en Oude (blauwe) zeeklei (I 3 v) worden nu tot de Afzettingen van Calais gerekend.

De Jonge zeeklei (I 10 k) komt grotendeels overeen met de huidige Afzettingen van Duinkerke (uitzonderingen in Westfriesland).

De rivierklei (I 7 k) en het rivierzand (I 8 z) behoren nu voor een deel tot de perimariene afzettingen.

De kustafzettingen werden vroeger Oud duinzand (I 2 z) en Jong duinzand (I 12 z) genoemd.

Het vroegere Laagveen of 'oppervlakteveen' (I 5 v en gedeeltelijk I 6 v) behoort grotendeels tot het Hollandveen.

2.1.5.2. Eem Formatie

Algemene karakteristiek

Een vooral mariene eenheid, bestaande uit schelphoudende, soms schelprijke, grove zanden; voorts komen meer of minder dikke kleilagen voor. Aan onder- en bovenkant treden soms veenlagen op, evenals in randgebieden.

Tot de formatie behoren mariene en genetisch er direct mee samenhangende niet-mariene afzettingen, zowel binnen het verbreidingsgebied van de Formatie van Drente, d.w.z. het deel van Nederland dat door landijs in het Saalien werd bedekt, als daarbuiten in zuidwestelijk Nederland.

In het eerste gebied ligt de Eem Formatie op de Formatie van Drente en onder de Formatie van Twente. In het tweede gebied ligt de Eem Formatie op de Formatie van Kreftenheye of oudere formaties en onder de Formatie van Twente, resp. het bovenste deel van de Formatie van Kreftenheye. De afzettingen in dit gebied kunnen als Afzettingen van Schouwen binnen de Eem Formatie worden onderscheiden.

Dikte van de formatie: varieert van ca 5 tot meer dan 30 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert in ligging van ca 7 m tot ruim 25 m – N.A.P.

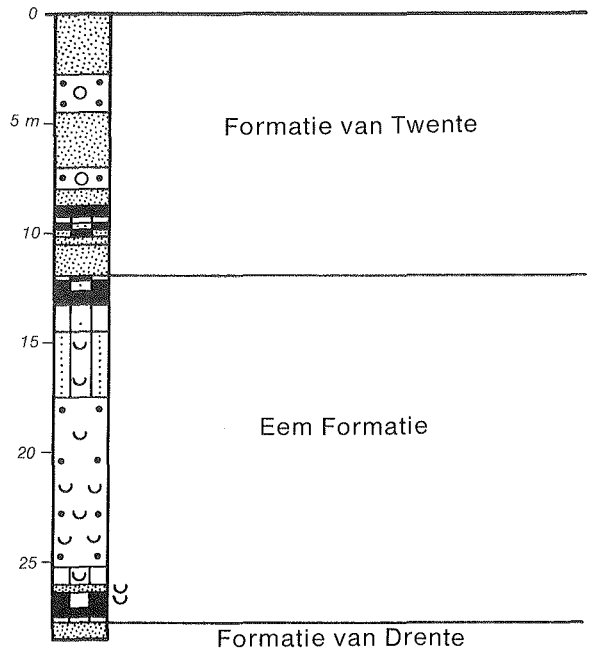


fig. 2.1.49 Lithologie van boring Amersfoort I (32B–119). Legenda fig. 2.1.58, p. 53

1958 Zonneveld, Mariene Eemlagen
1961 Zagwijn, Eem Formation

Stratotype

Boringen langs de Eem bij Amersfoort. Bijv.: Boring Amersfoort I (32B–119), coördinaten 463.560/157.030, maaiveld 2.70 m + N.A.P., diepte 12.00 tot 27.71 m onder maaiveld (fig. 2.1.49).

Lithologie: 12.00–13.21 m veen;
13.21–17.49 m mariene klei;
17.49–25.30 m marien, schelprijk, overwegend matig grof zand;
25.30–27.71 m klei en organische meerafzettingen, marien, brak en zoet.

Gelegen op de Formatie van Drente en onder Formatie van Twente.

Verbreiding (fig. 2.1.50)

a. In dalen en depressies in het door het landijs bedekte deel van Nederland. Met name Noord-Holland en IJsselmeergebied, Gelderse Vallei, noordelijk deel van Friesland en Waddengebied van Vlieland tot Schiermonnikoog, Hunzedal.
b. In het zuidwesten van Nederland voorts mariene en estuariene afzettingen buiten het verbreidingsgebied van de Formatie van Drente, die op vergelijkbare diepte als de mariene afzettingen verder noordelijk voorkomen. Hiertoe behoren onder meer de mariene afzettingen, die in boringen bij 's-Gravenhage en Rijswijk op een diepte van ca 26–37 m – N.A.P. voorkomen en die door Lorié (1913, 1916) werden beschreven. Van der Sleen (1912) hield deze lagen voor de voortzetting van de Eemlagen verder noordelijk. Voorts mariene en estuariene afzettingen in de ondergrond van Voorne, Goeree, Schouwen en Walcheren met een overeenkomstige ligging en lithologie. In Zeeuwsch-Vlaanderen komen ingeschakelde veen- en kleilagen voor, terwijl alleen het onderste deel van de formatie nog uit schelphoudende zanden bestaat. Zij vormen de voortzetting van de 'sables marins à *Corbicula fluminalis* de l'assise d'Ostende' in het aangrenzende Belgische gebied.

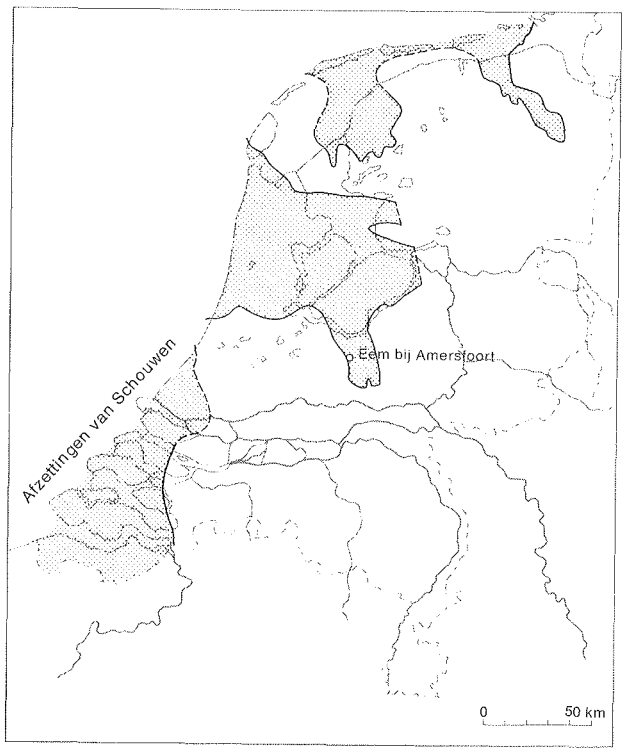


fig. 2.1.50 Verbreiding van de Eem Formatie

De afzettingen van de Eem Formatie buiten het verbreidingsgebied van het landijs worden als Afzettingen van Schouwen binnen de formatie onderscheiden.

Ouderdom

In hoofdzaak Eemien, voorts Laat-Saalien en vroegste Weichselien, vertegenwoordigd in venige afzettingen onder en boven de eigenlijke mariene lagen.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): II 8[1] mariene Eemvorming.

Afzettingen in zuidwestelijk Nederland: (lagen met) Cardiumfauna, Lorié, 1912, 1916; mariene inschakeling in de hoogterrasafzettingen, II 1 m (ten dele), Tesch, 1939; Afzetting van Vlissingen (onderste deel), van Voorthuysen, 1957; Afzetting van Schouwen, van der Heide, 1960, p. 45; Formatie van Schouwen, van Rummelen, 1965.

2.1.5.3. Formatie van Maassluis

Algemene karakteristiek

Een mariene lithostratigrafische eenheid, bestaande uit grove en fijne, schelphoudende zanden met ingeschakelde, meestal zandige kleilagen of kleilenzen. De formatie rust op kleiige sedimenten, die deel uitmaken van het bovenste deel van de Formatie van Oosterhout.

Dikte van de formatie: oplopend tot meer dan 100 m. Grootste dikten komen voor in westelijk Nederland.

Diepte van de bovenkant van de formatie: varieert van ongeveer 20 tot 30 m – N.A.P. in zuidwestelijk Nederland, tot meer dan 200 m – N.A.P. in noordelijk en noordwestelijk Nederland.

Referenties

1917 Steenhuis, Boorbeschrijving 37B–25 in archief R.G.D.
1958 Zonneveld, bijlage I.
1974 Zagwijn, p. 377, fig. 5.

De formatie wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

De afzettingen tussen 99.00 en 207.14 m onder maaiveld in de boring Maassluis 37B–25, coördinaten 77.100/437.900 (fig. 2.1.51). In de typeboring bestaat de formatie uit schelphoudend grof zand, naar boven toe overgaand in fijn zand met enkele ingeschakelde lagen grof zand, kleiig zand en klei.

Verbreiding (fig. 2.1.52)

De formatie is niet ontsloten, komt voor in de ondergrond van het grootste deel van Nederland; is afwezig in oostelijk en zuidoostelijk Nederland.

Ouderdom

Onder-Pleistoceen (Tiglien-Praetiglien).

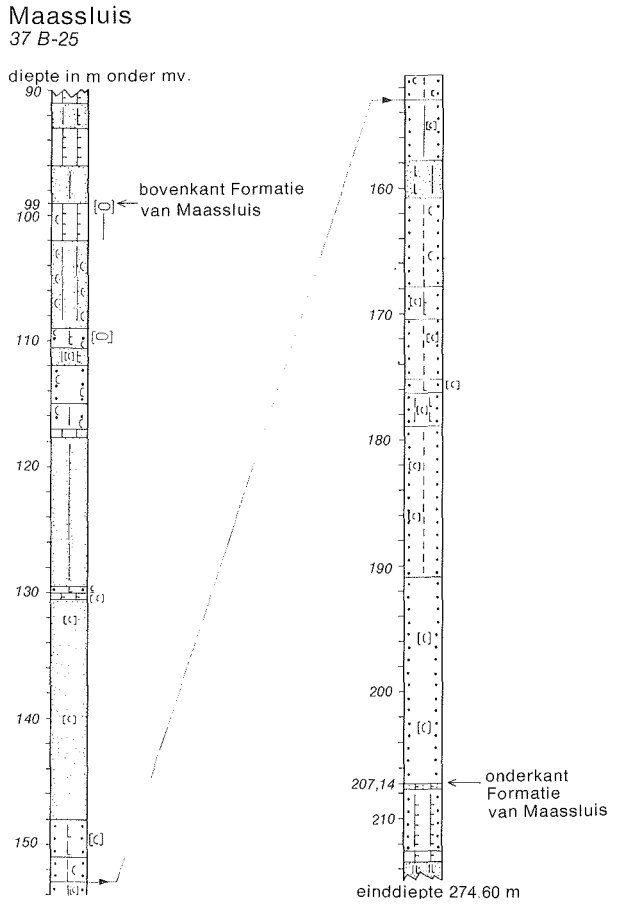


fig. 2.1.51 Lithologie van boring Maassluis (37B–25). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De formatie vervangt de 'Afzettingen van het Icenien', ook wel 'marien Icenien' of alleen maar 'Icenien' genoemd. In het zuidwesten van Nederland omvat de formatie op enkele plaatsen ook een deel van de afzettingen die tot de Formatie van Merksem werden gerekend. Op de Oude Geologische Kaart als II 0 m onderscheiden.

2.1.5.4. Formatie van Oosterhout

Algemene karakteristiek

Een mariene lithostratigrafische eenheid, bestaande uit schelphoudende, plaatselijk glauconiethoudende kleien en zandige kleien. In enkele gebieden, onder andere in zuidelijk en zuidwestelijk Nederland, gaat het sediment naar beneden toe over in overwegend zeer schelprijk zand. De formatie rust op zanden die weinig of geen schelpen bevatten, glauconietrijk en veelal groengrijs tot groenzwart van kleur zijn. (Formatie van Breda).

Dikte van de formatie: tot meer dan 150 m in enkele boringen in westelijk en zuidwestelijk Nederland. Dikteafname in oostelijke en zuidoostelijke richting.

Diepte van de bovenkant van de formatie: neemt toe tot meer dan 400 m – N.A.P. in noordwestelijke en noordelijke richting. Ondiepe ligging tussen maaiveld en 100 m – N.A.P. in zuidwestelijk, zuidelijk en oostelijk Nederland.

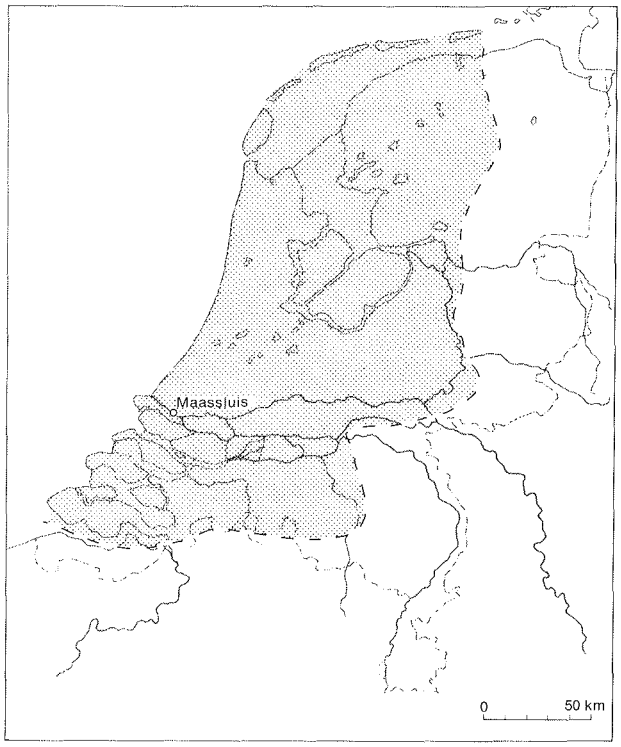


fig. 2.1.52 Verbreiding van de Formatie van Maassluis

Referenties

1949 Burck, Boorbeschrijving 44D–214. Archief R.G.D.
1953 Burck, p. 25 e.v.
1967 Joustra, Boorbeschrijving 44D–177. Archief R.G.D.
1967 van Voorthuysen, Micropal. Rapport No. 742. Archief R.G.D.
1974 Zagwijn, p. 377, fig. 5.

De formatie wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

Boringen Oosterhout: 44D–214, coördinaten 116.940/404.600, traject 111.00 m — einddiepte 183.00 m onder maaiveld (maaiveldshoogte 5.34 m + N.A.P.) en 44D–177, coördinaten ± 116.530/406.610, traject 106.60–279.50 m onder maaiveld (maaiveldshoogte 3.67 m + N.A.P.) (fig. 2.1.53).

In de bovenvermelde boringen bestaat de formatie voor een belangrijk deel uit schelprijke, veelal grijswitte zanden, die naar boven toe overgaan in zandige kleien.

Verbreiding (fig. 2.1.54)

De formatie is op één plaats in Zeeuwsch-Vlaanderen, bij Nieuwnamen ontsloten. Ze komt in de ondergrond van een groot deel van Nederland voor, is afwezig in oostelijk en zuidoostelijk Nederland.

Ouderdom

Plioceen. Kan ten dele Onder-Pleistoceen (Tiglien-Praetiglien) zijn, plaatselijk mogelijk voor een gering deel Boven-Mioceen.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942): Plioceen (III) ten dele. De formatie bevat afzettingen die voorheen werden aangeduid met Zanden van Kattendijk,

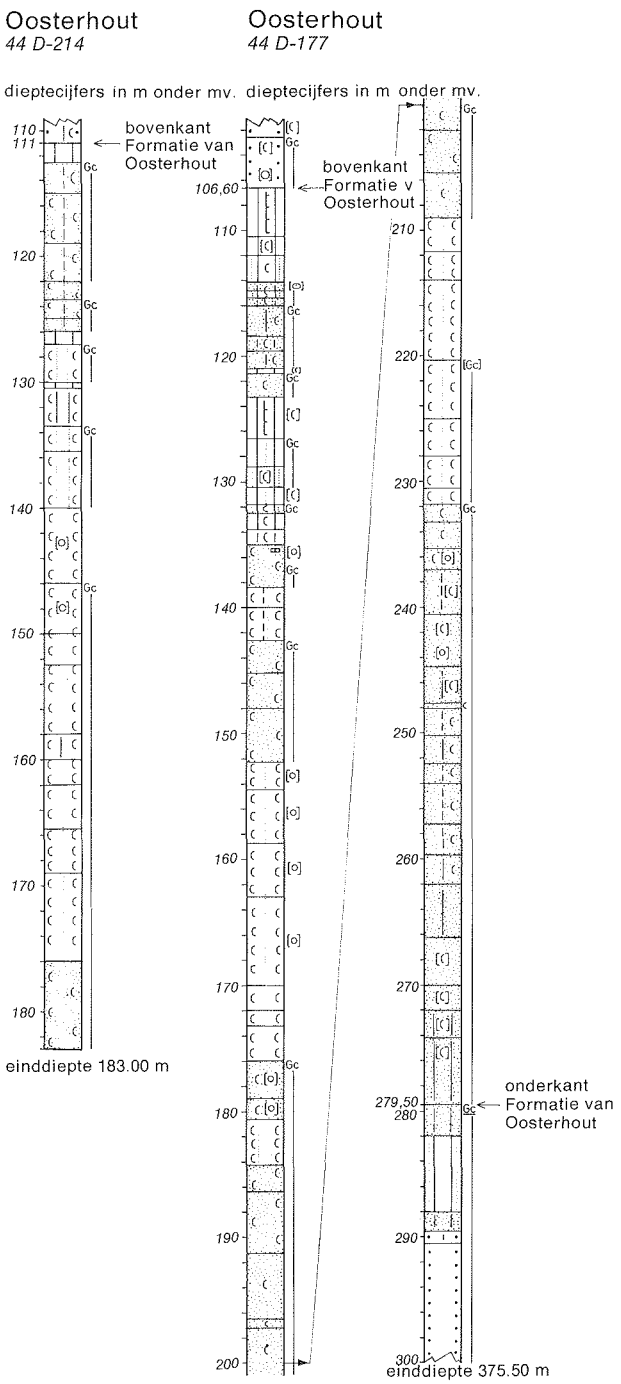


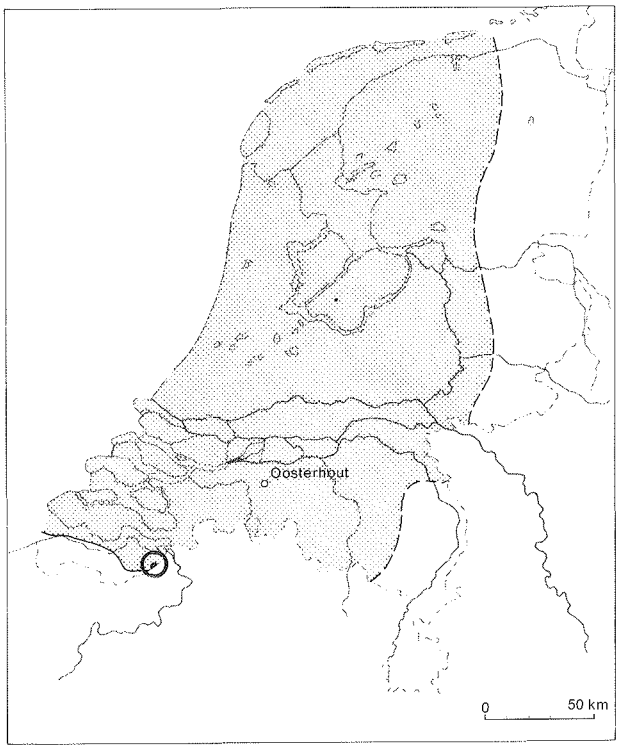
fig. 2.1.53 Lithologie van de boringen Oosterhout (44D–214 en 44D–177). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Zanden of Afzettingen van Luchtbal, Zanden van Kallo en Formatie van Merksem (ten dele).

2.1.5.5. Formatie van Breda

Algemene karakteristiek

Een mariene lithostratigrafische eenheid, bestaande uit glauconietrijke, groengrijze tot groenzwarte zanden, zandige klei en klei, met plaatselijk ingeschakelde schelprijke zanden en gerolde vuursteenhorizons. De glauconietrijke afzettingen gaan veelal naar beneden toe over in grijze glauconietarmere afzettingen. Glimmerrijke lagen komen eveneens voor in deze formatie. De formatie rust op lichtgrijze tot donkergrijze zware kleien (Afzettingen van Boom) van de Formatie van Rupel, zie 2.2.4.



Formatie van Oosterhout aan of nabij het oppervlak

fig. 2.1.54 Verbreiding van de Formatie van Oosterhout

Dikte van de formatie: varieert sterk, van minder dan 10 m in zuidwestelijk Nederland tot meer dan 200 m in het Peelgebied (Centrale Slenk). In het typegebied variërend tussen 60 en 75 m.

Diepte van de bovenkant van de formatie: van minder dan 25 m – N.A.P. in zuidwestelijk Nederland (Zeeuwsch-Vlaanderen) toenemend tot meer dan 600 m – N.A.P. in noordwestelijk en noordelijk Nederland. In het typegebied variërend tussen 80 en 175 m – N.A.P. In zuidoostelijk Nederland ook boven N.A.P.

Referenties

1963 Boorbeschrijving boring 49E–65. Archief R.G.D.
1968 van Voorthuysen, Micropal. Rapport No. 715. Archief R.G.D.
1973 Broertjes en v. d. Ven, Boorbeschrijving boring 50A–154. Archief R.G.D.

De formatie wordt nieuw ingevoerd.

Stratotype

De afzettingen tussen de Formatie van Oosterhout en de Formatie van Rupel in de ondergrond van het gebied tussen Breda en Bergen op Zoom. Als typeboringen zijn gekozen 49E–65 en 50A–154, coördinaten 82.410/388.490 en 104.100/391.825 (fig. 2.1.55). Tot de Formatievan Breda worden in boring 49E–65 gerekend de afzettingen tussen 96.00 m onder maaiveld (84.00 m – N.A.P.) en 189.10 m onder maaiveld (177.10 m – N.A.P.). In boring 50A–154 omvat de formatie de lagen van 174.00 m onder maaiveld (165.00 m – N.A.P.) tot 233.00 m onder maaiveld (224.00 m – N.A.P.).

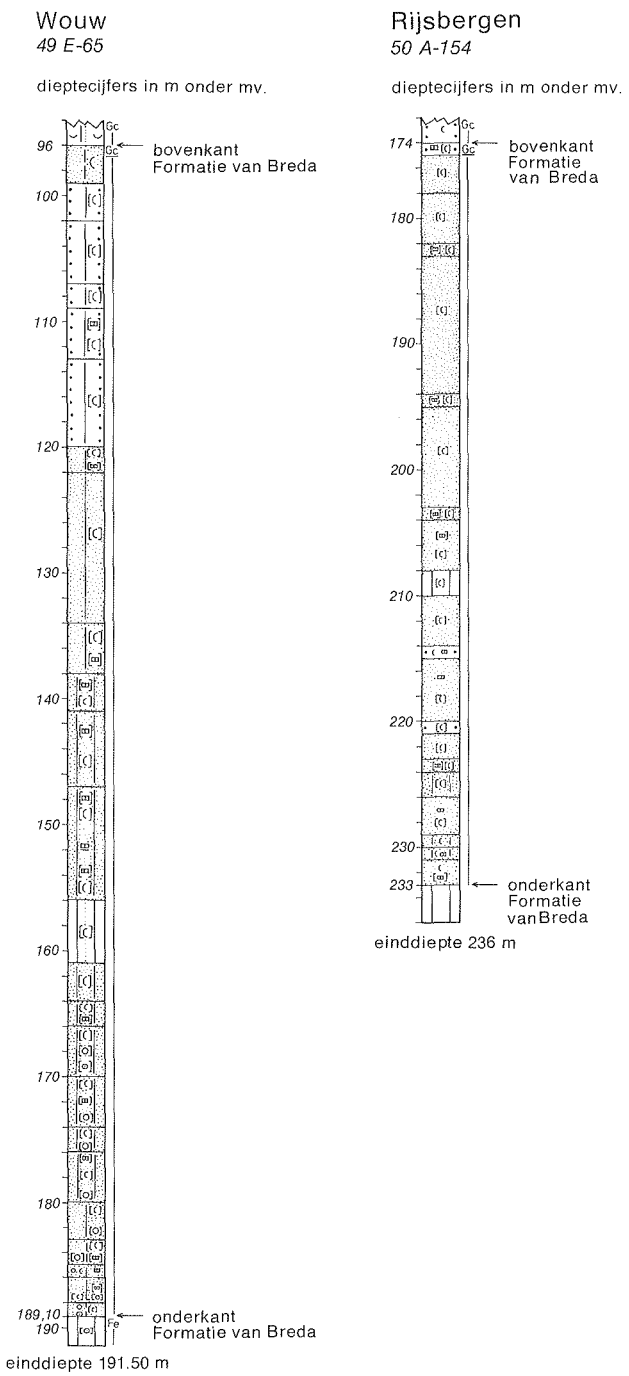


fig. 2.1.55 Lithologie van boringen 49E–65 en 50A–154 uit de omgeving van Breda. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

In beide boringen bestaat de formatie overwegend uit glauconietrijke zanden, die geen of weinig schelpresten bevatten. Naar beneden toe worden de zanden fijner en kleiiger en ingeschakelde zandige klei komt plaatselijk voor in het onderste deel van de formatie.

Verbreiding (fig. 2.1.56)

De formatie is zelden ontsloten. Ze komt voor in de ondergrond van geheel Nederland, met uitzondering van enkele gebieden in oostelijk, zuidoostelijk en zuidwestelijk Nederland.

In Zuid-Limburg zijn tot deze formatie te rekenen de Afzettingen van Vrijherenberg in het bovenste deel en de Afzettingen van Kakert in het onderste deel van de formatie (zie 2.2.2.).

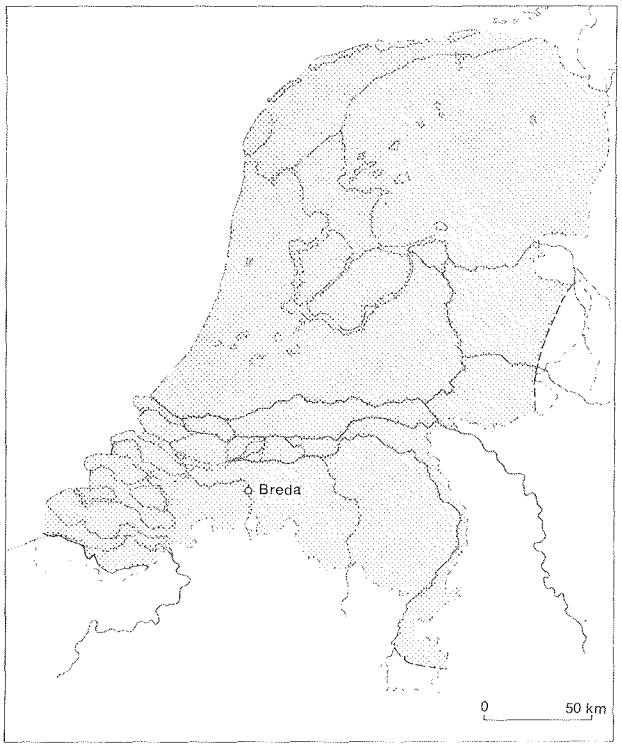


fig. 2.1.56 Verbreiding van de Formatie van Breda

Eveneens tot de formatie zijn de Afzettingen van Nieuweschans in Drente en Groningen te rekenen. Het zijn veelal groenachtige, leverkleurige, kleiige zanden, waarin een zware mineralenassociatie voorkomt, die kenmerkend is voor de Mineraalzone van Nieuweschans. De afzettingen zijn deels niet-marien en liggen direct onder lagen die tot de Formatie van Scheemda behoren (zie fig. 2.1.42).

Ouderdom

Over het algemeen Mioceen, kan echter voor een belangrijk deel Oligoceen zijn, op enkele plaatsen voor een gering deel Plioceen.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Tot de formatie worden gerekend:

a. Afzettingen, die vooral in zuidelijk en zuidwestelijk Nederland worden aangeduid met Zanden van Deurne en Zanden van Antwerpen.
b. Afzettingen, die in oostelijk Nederland te correleren zijn met de in Duitsland voorkomende 'Dingden-Reinbecker Stufe', 'Hemmoorer Stufe' en 'Vierlander Stufe'.
c. In zuidoostelijk Nederland, met name het Peelgebied:
   1e. glimmerhoudende zanden met Antwerpen-Dingden (fossiel) associaties,
   2e. afzettingen, die tot de oligocene-miocene overgangslagen worden gerekend,
   3e. zanden met de Kassel-Astrup (fossiel) associatie,
   4e. lagen, die in de *Asterigerina* (foraminiferen) zone voorkomen en
   5e. midden-oligocene zandige lagen, die op de zgn. Boomse Klei (Formatie van Rupel) liggen.
d. In Zuid-Limburg de Laag van Elsloo.

fig. 2.1.57 Legenda van de lithologische signaturen

fig. 2.1.58 Legenda bij de zware mineralendiagrammen afkomstig uit de literatuur

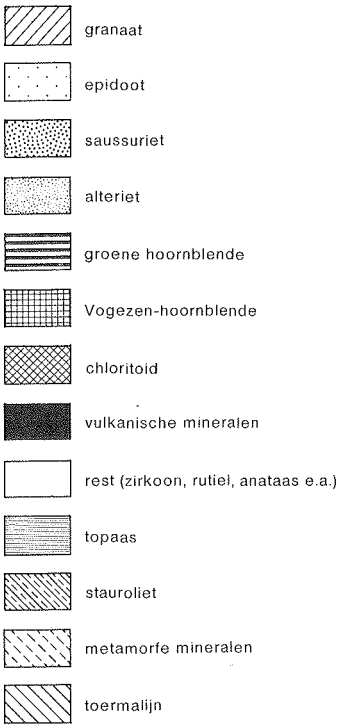


fig. 2.1.59 Legenda bij de zware mineralendiagrammen afkomstig van de Rijks Geologische Dienst

fig. 2.1.60 Legenda bij de grinddiagrammen

Op de Oude Geologische Kaart (Tesch, 1942) werden de afzettingen die nu tot de Formatie van Breda behoren, gerekend tot het Plioceen (III, in het bijzonder III 1 Onder-Plioceen), het Mioceen (IV) en het Boven-Oligoceen (V 3).

Literatuur

Bisschops, J. H., 1973: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eind-

hoven Oost (51 O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 132 p.
Boenigk, W., 1970: Zur Kenntnis des Altquartärs bei Brüggen (westlicher Niederrhein). Sonderveröffentlichungen des Geologischen Institutes der Universität Köln, 17; 141 p.
Breeuwer, J. and S. Jelgersma, 1973: An East-West geohydrological section across the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., 29; pp. 105–106.
Burck, H. D. M., 1949: Het geologisch profiel Breukelen-Deventer. Meded. Geol. Stichting, N.S. 3; pp. 5–17.
Burck, H. D. M., 1953: Pliocene and Lower Pleistocene in a boring near Oosterhout. Meded. Geol. Stichting, N.S. 7; pp. 25–43.
Crommelin, R. D., 1938: Sedimentpetrologische onderzoekingen in Midden-Nederland, in het bijzonder in het Jong-Pleistoceen. Meded. Ned. Landbouwhogeschool, 42, 2; pp. 1–44.
Crommelin, R. D., 1953: Over de stratigrafie en herkomst van de preglaciale afzettingen in Midden-Nederland. Geol. en Mijnb., 15; pp. 305–321.
Crommelin, R. D., 1964: A contribution to the sedimentary petrology and provenance of young pleistocene cover sand in the Netherlands. Geol. en Mijnb., 43; pp. 389–402.
Doppert, J. W. Chr. en J. I. S. Zonneveld, 1955: Over de stratigrafie van het fluviatiele Pleistoceen in W. Nederland en Noord-Brabant. Voorlopige meded. Meded. Geol. Stichting, N.S. 8; pp. 13–30.
Dubois, E., 1905: Over een equivalent van het Cromer-forestbed in Nederland. Versl. en Meded. Kon. Ak. v. Wet., 13; pp. 243, 453.
Dubois, G., 1924: Recherches sur les terrains quaternaires du nord de la France. Mém. Soc. Géol. du Nord, 8–1; 355 p.
Edelman, C. H., 1933: Petrologische provincies in het Nederlandse Kwartair. (Diss. Amsterdam). Centen, Amsterdam; 104 p.
Edelman, C. H. und G. C. Maarleveld, 1958: Pleistozän-geologische Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. Geol. Jahrbuch, 73; pp. 639–684.
Ente, P. J., 1971: Sedimentary geology of the Holocene in Lake IJssel region. Geol. en Mijnb., 50; pp. 373-382.
Fliegel, G. und J. Stoller, 1913: Jungtertiäre und altdiluviale pflanzenführende Ablagerungen im Niederrheingebiet. Jahrb. Kön. Preuss. Geol. Landesanst. (für das Jahr 1910), XXXI, Teil I; pp. 227–257.
Hageman, B. P., 1963: De profieltype-legenda van de nieuwe geologische kaart voor het zeeklei- en rivierkleigebied. Tijdschr. K.N.A.G., 80; pp. 217–229.
Hammen, T. van der, G. C. Maarleveld, J. C. Vogel and W. H. Zagwijn, 1967: Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last glacial in the Netherlands. Geol. en Mijnb., 46; pp. 79–95.
Hammen, T. van der and T. A. Wijmstra (eds.), 1971: The Upper Quaternary of the Dinkel Valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands). Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 22, pp. 55–213.
Harting, P., 1874: De bodem van het Eemdal. Versl. Kon. Ak. v. Wet., Afd. N, II, deel VIII; pp. 282–290.
Hedberg, H. D. (ed.), 1972: Introduction to an International Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Usage. Lethaia, 5; pp. 283–295.
Heide, S. van der, 1960: Het gebruik van nieuwe namen voor de kwartaire afzettingen in Nederland. Jaarversl. Geol. Stichting 1960; pp. 43–45.
Heide, S. van der, 1961: De benaming van de kwartaire afzettingen in Nederland. Jaarversl. Geol. Stichting 1961; pp. 63–66.
Heide, S. van der, 1963: Benaming van de kwartaire afzettingen in Nederland. Jaarversl. Geol. Stichting 1963; pp. 37–41.
Heide, S. van der and W. H. Zagwijn, 1967: Stratigraphical nomenclature of the Quaternary deposits in the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, N.S. 18; pp. 23–29.
Hol, J. B. L., 1948: Geomorfologie. In: Handboek der Geografie van Nederland I. Van Tijl, Zwolle; pp. 240–319.
Jelgersma, S. en J. G. Zandstra, 1970: Formaties uit het Pleistoceen. In: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem Oost (38 O) door A. Verbraeck. Rijks Geol. Dienst, Haarlem; pp. 17–36.
Jelgersma, S., J. de Jong, W. H. Zagwijn and J. F. van Regteren Altena, 1970: The coastal dunes of the western Netherlands; geology, vegetational history and archeology. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 21; pp. 93–167.
Jong, J. D. de, 1955: Geologische onderzoekingen in de stuwwallen van oostelijk Nederland. 1. Archemerberg en Nijverdal. Meded. Geol. Stichting, N.S. 8; pp. 33–58.
Jong, J. D. de, 1967: The Quaternary of The Netherlands. In: The geologic systems. Vol. 2: The Quaternary. Interscience Publishers, New York/London/Sydney; pp. 301–426.
Kaiser, E., 1910: Pliocäne Quarzschotter im Rheingebiet zwischen Mosel und Niederrheinischer Bucht. Jahrb. Kön. Preuss. Geol. Landesanst. (für das Jahr 1907), XXVIII; pp. 57–91.
Keizer, J. and W. J. Letsch, 1963: Geology of the Tertiary in the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Geol. Ser., 21–2; pp. 147–172.
Kortenbout van der Sluys, G., 1956: The cryoturbations in the Tegelen region. Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 421–422.
Kuyl, O. S. et J. H. Bisschops, 1969: Le Loess au Pays-Bas. In: La Stratigraphie des loess d'Europe. Suppl. Bull. Assoc. franç. pour l'Etude du Quat.; pp. 101–104.
Lorié, J., 1887: Beschouwingen over het Diluvium van Nederland. Tijdschr. K.N.A.G., Tweede Serie, dl. IV; pp. 383–453.
Lorié, J., 1907: Het interglacialisme in Nederland. Tijdschr. K.N.A.G., Tweede Serie, dl. XXIV; pp. 406–448.
Lorié, J., 1913: Beschrijving van eenige nieuwe grondboringen VIII. Verh. Kon. Ak. v. Wet., Tweede Sectie, dl. XVII, No. 4; pp. 1–65.
Lorié, J., 1916: De geologische Bouw der Geldersche Vallei II, benevens beschrijving van eenige nieuwe grondboringen IX. Verh. Kon. Ned. Ak. v. Wet., Tweede Sectie, dl. XIX, No. 1; pp. 1–30.
Lüttig, G. W. und G. C. Maarleveld, 1961: Nordische Geschiebe in Ablagerungen Prä-Holstein in den Niederlanden (Komplex von Hattem). Geol. en

Mijnb., 40; pp. 163–174.
Lüttig, G. W. und G. C. Maarleveld, 1962: Über altpleistozäne Kiese in der Veluwe. Eiszeitalter u. Gegenw., 13; pp. 231–237.
Maarleveld, G. C., 1956: Grindhoudende middenpleistocene sedimenten. Het onderzoek van deze afzettingen in Nederland en aangrenzende gebieden. (Diss. Utrecht). Meded. Geol. Stichting, Serie C–VI–No. 6; 105 p.
Nota, D. J. G., 1956: Sedimentpetrologische Untersuchungen altpleistozäner Ablagerungen im Gebiet von Tegelen, Niederlande. Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 402–410.
Oele, E., 1969: The Quaternary geology of the Dutch part of the North Sea, north of the Frisian isles. Geol. en Mijnb., 48; pp. 467–480.
Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1:200.000. Staatsuitg., 's-Gravenhage; 154 p.
Reid, Cl. and E. M. Reid, 1915: The Pliocene Floras of the Dutch-Prussian border. Meded. Rijksopsp. v. Delfst., 6; pp. 1–178.
Richter, W., H. Schneider und R. Wager, 1950: Die Saale-eiszeitliche Stauchzone von Itterbeck-Uelsen (Grafschaft Bentheim). Zeitschr. deutsch. Geol. Gesellsch., 102; pp. 60–75.
Ridder, N. A. de and W. H. Zagwijn, 1962: A mixed Rhine-Meuse deposit of Holsteinian age from the southeastern part of the Netherlands. Geol. en Mijnb., 41; pp. 125–130.
Ruegg, G. H. J., 1975: Sedimentary structures and depositional environments of Middle- and Upper-Pleistocene glacial time deposits from an excavation at Peelo, The Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 26; pp. 17–37.
Ruegg, G. H. J., C. J. van Staalduinen, J. Y. Bisschops en H. A. van Adrichem Boogaert, 1974: Classificatie van onverharde sedimenten bij de Rijks Geologische Dienst. Rapp. Rijks Geol. Dienst ; 35 p.
Rummelen, F. F. F. E. van, 1965: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Bladen Zeeuwsch-Vlaanderen West en Oost. Geol. Stichting, Haarlem; 79 p.
Sleen, W. G. N. van der, 1912: Bijdrage tot de kennis der chemische samenstelling van het duinwater in verband met de geomineralogische gesteldheid van den bodem. (Proefschr. Amsterdam). De Erven Loosjes, Haarlem; 157 + xxxiv p.
Straaten, L. M. J. U. van, 1956: Structural features of the 'Papzand' formation at Tegelen (Netherlands). Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 416–420.
Tesch, P., 1939: De mariene inschakeling in de 'Hoogterrasafzettingen' in het westen en noorden van Nederland. Geol. en Mijnb., 1; pp. 9–13.
Tesch, P., 1942: Grondslagen van de Kaart. Indeeling en gebruiksaanwijzing. In: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland. Meded. Nr. 1. De Geologische Kaart van Nederland en hare beteekenis voor verschillende doeleinden. Geol. Stichting, Haarlem; pp. 13–31.
Toorn, J. C. van den, 1960: Een geologische excursie rond Deurne (N.-B.). Jaarversl. Geol. Stichting 1960; pp. 50–57.
Toorn, J. C. van den, 1967: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Venlo West (52 W). Geol. Stichting, Haarlem; 163 p.
Verbraeck, A., 1970: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem Oost (38 O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 140 p.
Verbraeck, A., 1974: The genesis and age of the riverdunes (donken) in the Alblasserwaard. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 25; pp. 1–8.
Vlerk, I. M. van der en F. Florschütz, 1950: Nederland in het ijstijdvak. W. de Haan, Utrecht; 287 p.
Vlerk, I. M. van der and F. Florschütz, 1953: The palaeontological base of the subdivision of the Pleistocene in the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Ak. v. Wet., afd. Natuurkunde (1), 20 (2); pp. 1–58.
Voorthuysen, J. H. van, 1957: Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort I (Locus typicus). Meded. Geol. Stichting, N.S. 11; pp. 27–40.
Wee, M. W. ter, 1966: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Steenwijk Oost (16 O). Geol. Stichting, Haarlem; 106 p.
Wiggers, A. J., 1955: De wording van het Noordoostpoldergebied. (Diss. Amsterdam). Tjeenk Willink, Zwolle; 216 + viii p.
Zagwijn, W. H., 1957: Vegetation, climate and time-correlations in the early Pleistocene of Europe. Geol. en Mijnb., N.S. 19; pp. 233–244.
Zagwijn, W. H., 1959: Zur stratigraphischen und pollenanalytischen Gliederung der pliozänen Ablagerungen im Roertal-Graben und VenloerGraben der Niederlande. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 4; pp. 5–26.
Zagwijn, W. H., 1960: Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands. (Diss. Leiden). Meded. Geol. Stichting, Serie C-III-1-No. 6; 78 p.
Zagwijn, W. H., 1961: Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part I: Eemian and Early Weichselian. Meded. Geol. Stichting, N.S. 14; pp. 15–45.
Zagwijn, W. H., 1963: Pleistocene stratigraphy in the Netherlands, based on changes in vegetation and climate. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Geol. Serie, 21–2; pp. 173–196.
Zagwijn, W. H., 1973: Pollenanalytic studies of Holsteinian and Saalian Beds in the northern Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 24; pp. 139–156.
Zagwijn, W. H., 1974a: The palaeogeographic evolution of The Netherlands during the Quaternary. Geol. en Mijnb., 53; pp. 369–385.
Zagwijn, W. H., 1974b: Bemerkungen zur stratigraphischen Gliederung der plio-pleistozänen Schichten des niederländisch-deutschen Grenzgebietes zwischen Venlo und Brüggen. Z. Deutsch. Geol. Ges., Band 125; pp. 11–16.
Zagwijn, W. H., H. M. van Montfrans and J. G. Zandstra, 1971: Subdivision of the 'Cromerian' in The Netherlands; pollenanalysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology. Geol. en Mijnb., 50; pp. 41–58.
Zagwijn, W. H. and J. I. S. Zonneveld, 1956: The interglacial of Westerhoven. Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 37–46.
Zandstra, J. G., 1959: Grindassociaties in het Pleistoceen van Noord-Nederland: een samen-

vatting van de voorlopige resultaten van grindonderzoek, in het bijzonder van het Onder- en Midden-Pleistoceen. Geol. en Mijnb., N.S. 21; pp. 254–272.
Zandstra, J. G., 1971: Geologisch onderzoek in de stuwwal van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S.22; pp. 215–260.
Zandstra, J. G., 1975: Sediment-petrological investigations of a boring and an excavation at Peelo (Northern Netherlands). Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 26/1; pp. 1–15.
Zonneveld, J. I. S., 1947: Het Kwartair van het Peelgebied en de naaste omgeving (een sedimentpetrologische studie). Meded. Geol. Stichting, Serie C-VI-No. 3; 223 p.
Zonneveld, J. I. S., 1956: Das Quartär der südostlichen Niederlande. Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 379–385.
Zonneveld, J. I. S., 1958: Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. Meded. Geol. Stichting, N.S. 12; pp. 31–64.

2.2. LITHOSTRATIGRAFIE VAN DE MIO-OLIGOCENE AFZETTINGEN IN ZUID-LIMBURG

door O. S. Kuyl

Abstract

Tertiary formations and members which are more or less restricted to southern Limburg (The Netherlands) are described. For each unit the general characteristics, the boundaries, references to previous literature, the stratotype, the distributional area, the age and relations to formerly used terminology are described.

Inhoud

2.2.1. Inleiding 56
2.2.2. Formatie van Breda 56
2.2.2.1. Afzettingen van Vrijherenberg 56
2.2.2.2. Afzettingen van Kakert 58
2.2.3. Formatie van Heksenberg 59
2.2.4. Formatie van Rupel 59
2.2.5. Formatie van Tongeren 60
2.2.5.1. Afzettingen van Goudsberg 60
2.2.5.2. Afzettingen van Klimmen 61

2.2.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden die tertiaire afzettingen besproken, waarvan het voorkomen nabij het oppervlak of in de ondergrond in hoofdzaak tot Zuid-Limburg is beperkt. Zij worden van jong naar oud besproken (fig. 2.2.1).

2.2.2. Formatie van Breda

Afzettingen die kennelijk tot de Formatie van Breda (2.1.5.5.) gerekend moeten worden, komen in Zuid-Limburg voor zowel boven als onder de overwegend continentale afzettingen van de hierna (2.2.3) te bespreken Formatie van Heksenberg. Er is alle aanleiding deze mariene afzettingen als afzonderlijke laagpakketten van de Formatie van Breda te onderscheiden. Dit zijn de Afzettingen van Vrijherenberg boven de Formatie van Heksenberg en de Afzettingen van Kakert, die eronder liggen.

2.2.2.1. Afzettingen van Vrijherenberg

Algemene karakteristiek

Een mariene lithostratigrafische eenheid, bestaande uit matig fijne, vaak leemhoudende zanden met wat glauconiet. De zanden zijn vrijwel ongelaagd en soms bioturbaat ontwikkeld. De kleur varieert van bruingeel naar groengrijs al naar gelang er meer of minder ijzerverontreiniging optreedt.

De afzettingen zijn afgezet tijdens een transgressie van de zee. Ze liggen even ten zuiden van Hoensbroek discordant op de bruinkoollaag Frimmersdorf (zie onder 2.2.3) en 2 km zuidoostelijk bij Heerlerheide discordant op de bruinkoollaag Morken (zie onder 2.2.3).

In het typegebied is aan de bovenkant van de afzetting een fossiele bodem van het red-yellow podsolic type ontwikkeld. Aan de basis van de afzettingen komt in het typegebied een laagje gerolde, sterk verweerde vuurstenen voor.

De afzettingen hebben een dikte van maximaal 120 m, maar zijn in de typesectie slechts 15 m dik.

Begrenzing

De afzettingen liggen discordant op de Formatie van Heksenberg. Vaak vormt een bruinkoollaag de grens en de afzettingen zijn gemakkelijk te onderscheiden van de grijze en witte zanden van de Formatie van Heksenberg.

De bovenkant van de afzetting wordt steeds afgesneden doordat erosie tijdens het Pleistoceen de lagen heeft aangetast. Op verscheidene plaatsen komen pleistocene vorstwiggen aan de bovenkant van het pakket voor. Een ongestoorde bovengrens van de Afzettingen van Vrijherenberg is dus niet aanwezig.

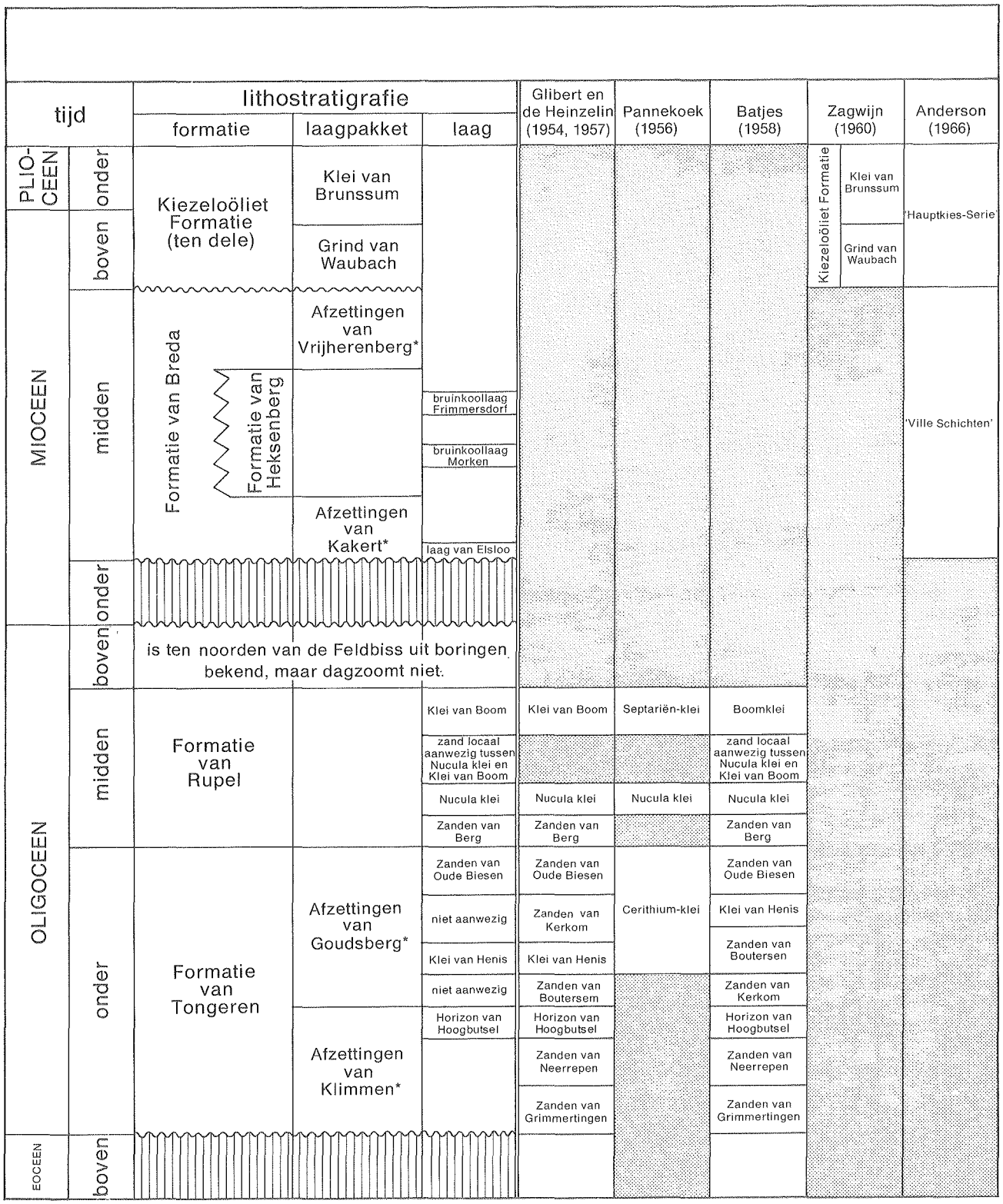
Referenties

1951 Breddin
1956 Pannekoek
1960 Geologisch Bureau, Beschrijving ontsluiting 60D–14, archief R.G.D.
1960 Zagwijn, p. 20
1966 de Jong, Aanvulling onderzoek Formatie van Vrijherenberg, R.G.D., intern rapport
1972 Ruegg, Zware mineralen en hun associaties voor de stratigrafie van het Oligo-Mioceen van Zuid-Limburg. R.G.D., intern rapport No. 350

Stratotype

Typesectie is ontsluiting 60D–14, groeve Vrijherenberg, coördinaten 196.260/325.740, waar onder een dunne laag löss en wat hellinggrind de afzetting ontsloten is.

De basis van de afzetting wordt in deze groeve gevormd door bruinkoollaag Morken (zie onder 2.2.3). Naar het noordwesten van Zuid-Limburg nemen de



erosie of geen afzettingen

* nieuw benoemde lithostratigrafische eenheden beschreven in de tekst

fig. 2.2.1 Stratigrafische tabel van het Oligo-Mioceen in Zuid-Limburg

Afzettingen van Vrijherenberg toe in dikte, maar komen, behalve in een groeve bij Oirsbeek, niet meer aan de oppervlakte.

Er is nog geen boring aan te wijzen, die als aanvullende typesectie zou kunnen fungeren.

Verbreiding

De zuidgrens van de afzetting staat aangegeven op fig. 2.2.2. Van de noordelijke begrenzing van de Afzettingen van Vrijherenberg is nog weinig bekend. De afzettingen vormen een onderdeel van de Formatie

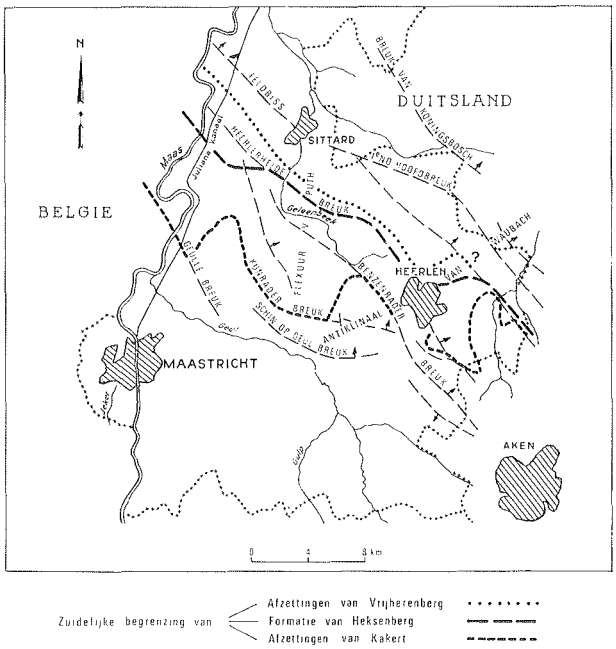


fig. 2.2.2 Zuidelijke begrenzing van de Afzettingen van Vrijherenberg, Kakert en de Formatie van Heksenberg

van Breda, die in de ondergrond van heel Nederland voorkomt.

Ouderdom

De ouderdom van de Zanden van Vrijherenberg is volgens Zagwijn (1960), Midden-Mioceen.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De Afzettingen van Vrijherenberg worden als nieuwe lithostratigrafische eenheid ingevoerd.

2.2.2.2. Afzettingen van Kakert

Algemene karakteristiek

Een mariene, lithostratigrafische eenheid, bestaande uit fijne, lemige zanden met weinig glauconiet. De zanden zijn meest ongelaagd en vaak bioturbaat gestoord. Gerolde vuursteenlagen zijn plaatselijk aanwezig. In onverweerde toestand zijn de zanden groengeel van kleur en in verweerde toestand grijsbruin tot geelbruin.

De dikte van de afzetting varieert van 15 tot 30 m.

Begrenzing

De grens met de onderliggende Formatie van Rupel (zie onder 2.2.4.) wordt in de westelijke mijnstreek gevormd door de Laag van Elsloo, bestaande uit gerolde vuurstenen, haaientanden en fosforietknollen. Naar het zuidoosten toe is de Laag van Elsloo niet altijd aanwezig en wordt de grens met de Formatie van Rupel bepaald doordat kleilagen gaan optreden en het glauconietgehalte toeneemt.

Er is meestal een duidelijke grens aanwezig tussen de geelgroene leemhoudende zanden met weinig glauconiet van de Afzettingen van Kakert en de erboven liggende grijze zanden van de Formatie van Heksenberg (zie onder 2.2.3.).

Referenties

1930 Jongmans
1940 Geologisch Bureau, Geologische boorbeschrijving boring 62B–121, archief R.G.D.
1952 Glibert
1956 Pannekoek
1957 Neth. Geol. Survey, Beschrijving Mioceen in Lexique stratigraphique, Vol. I, fasc. 4a-VII
1960 Zagwijn, p. 20
1969 Kuyl, Boorbeschrijving 62B–701, archief R.G.D.

Stratotype (fig. 2.2.3.)

De afzetting is niet ontsloten. Als typesectie kan

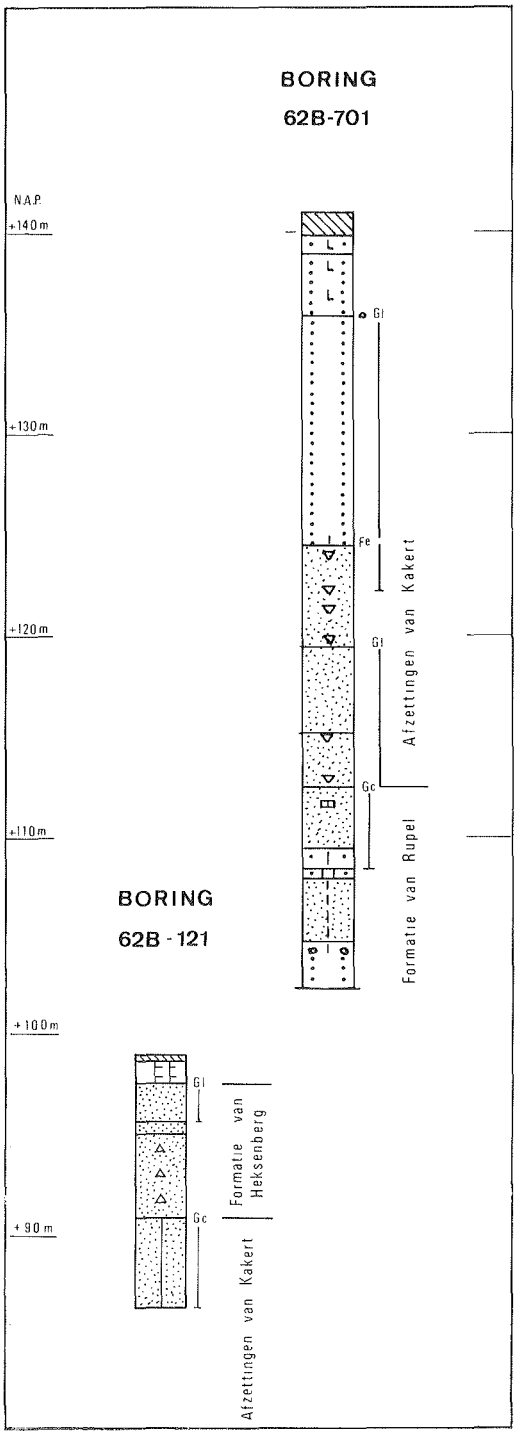


fig. 2.2.3 Lithologie van de boringen 62B–701 en 62B–121. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

dienen boring 62B–701, coördinaten 199.930/323.240. Op een diepte van 1.00–28.50 m zijn de Afzettingen van Kakert aanwezig. Bij 28.50 m ligt de grens met de onderliggende Formatie van Rupel.

Als aanvullende typesectie is gekozen boring 62B–121, coördinaten 197.240/324.160, waar op een diepte van 8 m de grens tussen de Formatie van Heksenberg met fijne grijze zanden en blauwe afgeronde vuurstenen en de Afzettingen van Kakert met fijne groene, zwak kleiige zanden, aanwezig is.

Verbreiding

Ten noorden van de Feldbiss alleen aangetoond in het gebied tussen Eygelshoven en Schinveld. De afzetting is een onderdeel van de Formatie van Breda, die in de ondergrond van heel Nederland voorkomt. De zuidelijke verbreiding staat aangegeven op het overzichtskaartje (fig. 2.2.2).

Ouderdom

Door Jongmans (1930) tot het Boven-Oligoceen gerekend. Aan de basis van de Afzettingen van Kakert is de Laag van Elsloo ontwikkeld. Volgens Glibert (1952) is de ouderdom van die laag Midden-Mioceen. Ook Zagwijn (1960) volgt deze conclusie.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De Afzettingen van Kakert worden hier als nieuwe lithostratigrafische eenheid ingevoerd.

2.2.3. Formatie van Heksenberg

Algemene karakteristiek

Een strandnabije mariene tot continentale lithostratigrafische eenheid, bestaande uit fijne tot matig grove zanden met een afwisseling van parallel gelaagde afzettingen, overwegend wit tot grijs van kleur met tussenschakelingen van drie tot vier bruinkoollagen en humeuze zanden. De beide bovenste van deze koollagen staan bekend als Laag Frimmersdorf en Laag Morken, namen die in gebruik zijn in het aangrenzende Duitse gebied. Plaatselijk zijn de zanden sterk verweerd, bevatten soms zeer weinig zware mineralen en een zeer laag ijzergehalte; zij bevatten dan vrijwel uitsluitend kwartskorrels (zilverzand), vandaar de geschiktheid van deze zanden voor de kristalindustrie. Aan de basis van de formatie komen soms lagen gerolde vuursteen voor.

De Formatie van Heksenberg is te beschouwen als het product van een regressieve fase tussen de meer mariene Afzettingen van Vrijherenberg en Kakert.

De dikte van de Formatie van Heksenberg is maximaal 90 m.

Begrenzing

De grens met de onderliggende Afzettingen van Kakert is in de boring 62B–121 (zie 2.2.2.2.) heel goed te bepalen door de omslag van de grijze zanden van de Formatie van Heksenberg naar geelgroene leemhoudende zanden met weinig glauconiet van de Afzettingen van Kakert.

De bovengrens van de Formatie van Heksenberg wordt op vele plaatsen gevormd door een bruinkoollaag als gevolg van het feit dat de Afzettingen van Vrijherenberg discordant op de Formatie van Heksenberg liggen. De zanden van de formatie konden gemakkelijker worden geërodeerd dan de meer resistente bruinkoollagen.

Op het discordantievlak zijn op verschillende plaatsen afgeronde vuurstenen gevonden.

Referenties

1951 Breddin
1966 Anderson
1967 de Jong, Onderzoek betreffende de zilverzanden in de groeve Beaujean-Herenweg. Intern rapport R.G.D.
1969 Geologisch Bureau, Beschrijving groeve Beaujean 62B–43, archief R.G.D.
1970 ten Berge, Boorbeschrijving boring 62B–736, archief R.G.D.
1970 de Jong, Voorlopig rapport over het sediment-petrologisch onderzoek van de Miocene zilverzanden in Zuid-Limburg. Intern rapport R.G.D.
1971 de Jong and van der Waals
1971 Ruegg, Voorlopig verslag van twee excursies naar Zuid-Limburg. R.G.D. intern rapport Sed. Afd. No. 21a
1972 Ruegg, Zware mineralen en hun associaties voor de stratigrafie van het Oligo-Mioceen van Zuid-Limburg. R.G.D. intern rapport No. 350
1973 Kuyl

Stratotype

Als typesectie kan gelden de groeve Beaujean aan de Herenweg te Heerlen, ontsluiting 62B–43, coördinaten 196.340/324.600, alsmede boring 62B–736 coördinaten 196.345/324.145, die op de bodem van de groeve is gemaakt.

In de groeve zijn de zanden van de formatie in een wand van bijna 20 m ontsloten geweest.

Verbreiding

De zuidgrens van de verbreiding van de formatie staat aangegeven op het overzichtskaartje (fig. 2.2.2). De noordelijke verbreiding ligt nog niet geheel vast. In het gebied van Schinveld-Eygelshoven is de formatie aangetoond, alsmede verder noordelijk in het Meinweggebied ten noorden van de Peelrandbreuk.

Ouderdom

Midden-Mioceen (Breddin, 1951).

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De Formatie van Heksenberg wordt hier als nieuwe lithostratigrafische eenheid geïntroduceerd.

2.2.4. Formatie van Rupel

Algemene karakteristiek

Een mariene lithostratigrafische eenheid, die uit een aantal onderdelen bestaat. In het basale deel komen grijze matig fijne tot matig grove zanden voor met aan de basis vaak een laag platte afgeronde, zwartblauwe vuurstenen. Dit zijn de Zanden van Berg. Op de Zanden van Berg ligt op vele plaatsen de zgn. Nucula-klei, bestaande uit kleiige zanden met kleilenzen. Daarboven is op sommige plaatsen lokaal een zandlaag ontwikkeld en naar boven wordt de formatie

afgesloten door de Klei van Boom, die in Zuid-Limburg bestaat uit een afwisseling van zandige kleien en kleiige groengrijze zanden met plaatselijk veel glauconiet.

De Formatie van Rupel komt over een groter gebied voor dan de onderliggende Afzettingen van Goudsberg (zie 2.2.5.1.).

De dikte van de Zanden van Berg kan variëren van enkele meters tot ca 40 m. De Nucula-klei en de zanden daarboven zijn alleen in Zuid-Limburg aanwezig en zijn hoogstens 15–20 m dik. De Klei van Boom is in Zuid-Limburg maximaal 40 m dik, maar kan in het Peelgebied 75 m dik worden.

Begrenzing

De grens met de onderliggende Afzettingen van Goudsberg is aan de hand van de gerolde vuursteenlaag, alsmede aan de overgang van de Zanden van Berg naar de schelpenbanken en klei van de Afzettingen van Goudsberg goed te bepalen.

De bovengrens wordt in de westelijke mijnstreek gevormd door de Laag van Elsloo, bestaande uit gerolde vuurstenen, haaientanden en fosforietknollen. Naar het zuidoosten van Zuid-Limburg toe is de Laag van Elsloo niet altijd aanwezig, maar de Formatie van Rupel is meestal goed te herkennen, doordat zij aan de bovenkant gekenmerkt is door kleilagen, terwijl het glauconietgehalte hoger is dan in de bedekkende Afzettingen van Kakert.

Referenties

1849 Dumont
1956 Pannekoek

Typegebied

In 1849 door Dumont als Rupélien vastgesteld in het gebied van Rupelmonde, Boom en Hasselt (België). Een typesectie is toen niet vastgesteld.

Verbreiding

De Zanden van Berg en de Nucula-klei zijn buiten

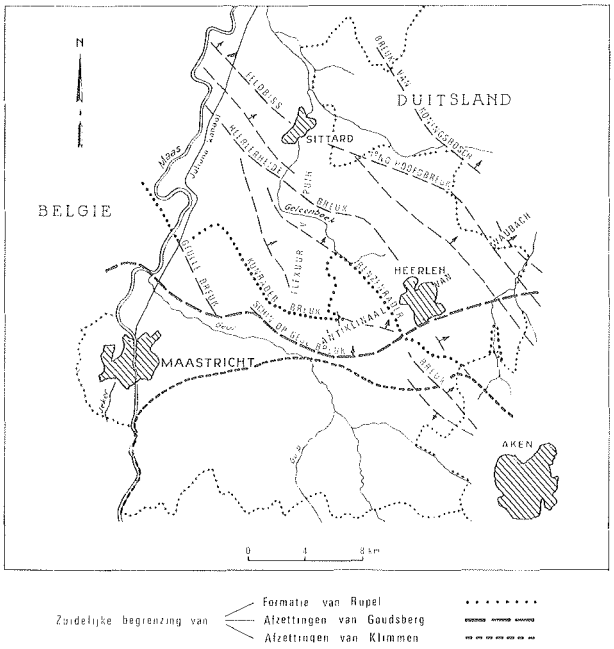


fig. 2.2.4 Zuidelijke begrenzing van de Formatie van Rupel en en de Afzettingen van Goudsberg en Klimmen

België alleen in Zuid-Limburg aangetroffen. De zuidelijke verbreiding van de Formatie van Rupel staat aangegeven op de overzichtskaart (fig. 2.2.4). De Klei van Boom staat ook wel bekend als Septariënklei en laat zich in zeer uniforme facies van België via een groot deel van Nederland tot ver in Duitsland vervolgen. Deze afzetting bestaat in Zuid-Limburg uit een afwisseling van kleien en zanden, maar is in de rest van ons land als een plastische mariene klei met kalkconcreties ontwikkeld.

Ouderdom

De Formatie van Rupel is Midden-Oligoceen.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

In Nederland is tot dusverre altijd gesproken van Midden-Oligoceen. De Formatie van Rupel als lithostratigrafische eenheid wordt nu nieuw voor dit gebied ingevoerd.

2.2.5. Formatie van Tongeren

Algemene karakteristiek

Een overwegend mariene lithostratigrafische eenheid, die in het basale deel bestaat uit zeer fijne, glimmerhoudende zanden met weinig glauconiet en in het bovendeel meer lagunair en plaatselijk continentaal ontwikkeld is met een afwisseling van kleien, zanden en schelpenlagen, alsmede een enkele dunne bruinkoollaag.

Typegebied

Glibert en de Heinzelin (1954) stelden vast, dat het nogal paradoxaal is dat van de Formatie van Tongeren geen enkele monografie bestaat met een beschrijving van de formatie. Er is dus geen typesectie. Als typegebied kan beschouwd worden het gebied van Tongeren in westelijke richting te vervolgen via Tienen en Mechelen tot in de buurt van Antwerpen.

Vroegere benamingen

Door Dumont in 1839 het eerst beschreven als Tongrien. Omvatte oorspronkelijk ook de Formatie van Rupel, die in 1849 door Dumont als Rupélien is afgescheiden. De Zanden van Berg zijn eerst ook nog tot de Formatie van Tongeren gerekend, maar zijn er later van afgescheiden en ingedeeld in de Formatie van Rupel.

Onderverdeling

Er wordt voorgesteld om in Zuid-Limburg de Formatie van Tongeren onder te verdelen in Afzettingen van Goudsberg en Afzettingen van Klimmen.

2.2.5.1. Afzettingen van Goudsberg

Algemene karakteristiek

Een lagunaire tot plaatselijk continentale afzetting, overwegend bestaande uit klei met veel schelpen, terwijl voornamelijk bovenin de afzetting enkele bruinkool- en zandlagen optreden. Aan de top van de afzetting komt op vele plaatsen een dunne laag platte, afgeronde vuurstenen voor.

De Afzettingen van Goudsberg zijn de uiting van

een duidelijk regressieve fase tussen de transgressieve fasen die aanleiding gaven tot de vorming van de Afzettingen van Klimmen eronder en de Formatie van Rupel erboven.

De dikte van de afzetting is maximaal 15 m.

Begrenzing

De Afzettingen van Goudsberg liggen op de Afzettingen van Klimmen. De begrenzing is zeer duidelijk, omdat vaak een fossiele bodem de top van de Afzettingen van Klimmen markeert. De bovenkant van de afzetting wordt begrensd door de Formatie van Rupel. Op deze grens komt vaak een dunne laag platte, afgeronde vuurstenen voor.

Referenties

1956 Pannekoek
1957 Glibert et de Heinzelin
1958 Batjes
1969 ten Berge, Boorbeschrijving 62A–183, archief R.G.D.
1970 ten Berge, Boorbeschrijving 62A–194, archief R.G.D.

Stratotype (fig. 2.2.5)

Typesectie is de Goudsberg ten noorden van Schin-op-Geul, coördinaten 188.900/319.080, waar de afzetting vrijwel aan de oppervlakte komt. Er is echter geen goede ontsluiting. De boring 62A–194, coördinaten 188.670/319.930, waarvan het traject van 9.50–23.70 m behoort tot de Afzettingen van Goudsberg, geldt als aanvullende typesectie. Het is mogelijk dat in deze boring de schuifstenenlaag aan de top is weggeërodeerd in het Kwartair, vandaar dat als aanvulling op bovengenoemde sectie ook nog boring 62A–183 kan dienen. De coördinaten hiervan zijn 188.540/321.720, en het traject van 14.10 tot 21.40 m behoort tot de Afzettingen van Goudsberg.

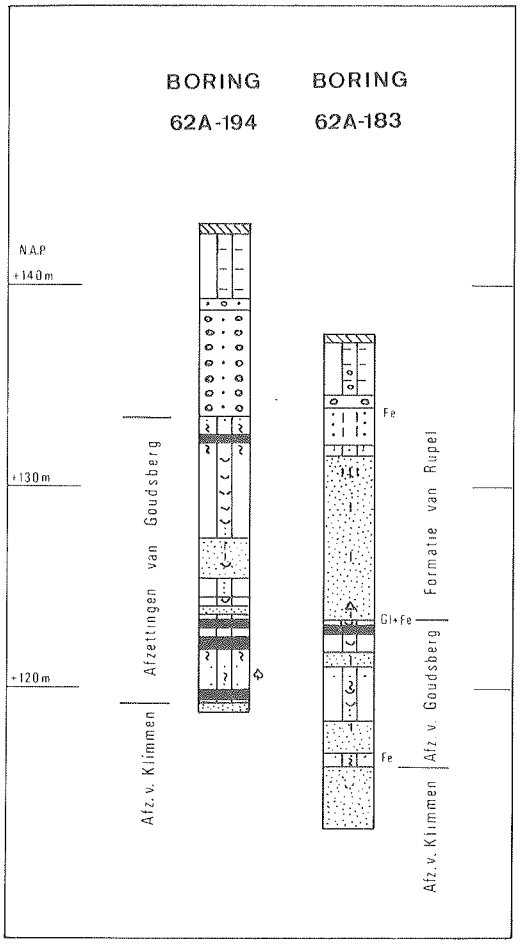


fig. 2.2.5 Lithologie van de boringen 62A–194 en 62A–183. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Verbreiding

Alleen ten noorden van de Feldbiss vastgesteld bij Brunssum en Eygelshoven, maar niet in de Centrale Slenk ten noorden van Sittard.

De zuidelijke verbreiding staat aangegeven op het overzichtskaartje (fig. 2.2.4). In de buurt van Heerlen tussen de Benzenraderbreuk en de Heerlerheidebreuk zijn de Afzettingen van Goudsberg nog ongeveer 1 m dik; tussen de Heerlerheidebreuk en de Feldbiss ten zuiden van de lijn Heerlen-Nieuwenhagen ontbreekt deze afzetting geheel en ligt de bedekkende Formatie van Rupel direct op de Afzettingen van Klimmen.

De afzettingen dagzomen even ten noorden van Voerendaal, maar worden daar bedekt door hellinggrind en löss. In het gebied ten noorden van Schin-op-Geul, onder meer bij de Goudsberg, komen de afzettingen aan de oppervlakte.

Ouderdom

Onder-Oligoceen, behorende tot het bovenste deel van het Tongrien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

Met de Afzettingen van Goudsberg komen in België in de buurt van Tongeren overeen de Zanden van Oude Biezen en de Klei van Henis. De Zanden van Kerkom en Boutersem komen in dit gebied niet meer voor en zijn ook in Nederland onbekend. De voortzetting van de Klei van Henis met die van de Zanden van Oude Biezen vormen in Zuid-Limburg samen de Afzettingen van Goudsberg.

De Zanden van Oude Biezen bestaan grotendeels uit schelpenbanken. Deze zijn in Zuid-Limburg meestal minder dan 1 m dik of afwezig.

Vroeger werden de Afzettingen van Goudsberg Cerithiumklei genoemd.

2.2.5.2. Afzettingen van Klimmen

Algemene karakteristiek

Een mariene lithostratigrafische eenheid, bestaande uit zeer fijne, glimmerhoudende zanden met weinig glauconiet. Naar de basis van de afzetting neemt het kleigehalte toe. Op enkele plaatsen komen gelimonitiseerde afdrukken van schelpenlagen voor, waarbij de kalk geheel is opgelost. De top van de afzetting is vaak gekarakteriseerd door een violetbruine bodem. Deze fossiele bodem is kenmerkend voor de Horizon van Hoogbutsel (zie fig. 2.2.1).

De Afzettingen van Klimmen vertonen aan de basis vaak een basaalconglomeraat van gerolde en platte vuurstenen, uiting van een transgressie van de zee.

De dikte van de afzetting is maximaal 40 m. De afzetting wigt naar het zuiden uit en is ten zuiden van de lijn Eijsden-Maastricht-Bocholtz niet meer aanwezig.

Begrenzing

De Afzettingen van Klimmen liggen ten noorden van Maastricht op de Formatie van Houthem (Onder-Paleoceen, zie 2.3.1) en liggen tussen Valkenburg en de Heerlerheidebreuk in de buurt van Heerlen op de Formatie van Maastricht (zie 2.3.2). Ten oosten van de Heerlerheidebreuk en ten zuiden van de lijn Hoensbroek-Brunssum ligt de afzetting vrijwel steeds direct op het Carboon en op slechts enkele plaatsen op de Formatie van Vaals (zie 2.3.4) en de Formatie van Aken (zie 2.3.5), daterend uit het Boven-Krijt.

In het gebied ten noorden van de lijn Maastricht-Heerlen is de bovenkant van de afzettingen vaak sterk aangetast door erosie in het Kwartair en bedekt door Maasterrasafzettingen en löss. Verder naar het noorden worden de Afzettingen van Klimmen bedekt door de Afzettingen van Goudsberg. De grens van de Afzettingen van Goudsberg met de Afzettingen van Klimmen is meestal zeer duidelijk door de aanwezigheid van een fossiele bodem aan de top van de laatstgenoemde.

Referenties

1954 Glibert et de Heinzelin
1956 Pannekoek
1957 Glibert et de Heinzelin
1958 Batjes
1968 ten Berge en Kuyl, Boorbeschrijving 62A–184, archief R.G.D.
1969 Felder, Profiel groeve de Heek, 62A–14, archief R.G.D.

Stratotype (fig. 2.2.6)

Typesectie is de groeve de Heek, ontsluiting 62A–14, coördinaten 189.070/321.130, waar de bovenkant van de afzetting in een steile wand van ca 10 m is ontsloten. Aan de ingang van de groeve staat de lokatie van de boring 62A–184, coördinaten 189.110/321.110. Deze boring die na 22.50 m de top van de Formatie van Maastricht bereikte, vertegenwoordigt het basale deel van de typesectie.

Verbreiding

De afzetting dagzoomt even ten noorden van de lijn Maastricht-Heerlen en komt daar op verscheidene plaatsen aan de oppervlakte voor en duikt naar het noorden onder het Mioceen weg. De zuidelijke begrenzing van de Afzettingen van Klimmen staat aangegeven op fig. 2.2.4.

Ouderdom

Onder-Oligoceen, het onderste deel van het Tongrien.

Relatie tot vroeger benoemde eenheden

De Afzettingen van Klimmen zijn te beschouwen als het equivalent van de Zanden van Neerrepen en de Zanden van Grimmertingen in België. Het is in Zuid-Limburg niet mogelijk de beide zanden te onderscheiden, vandaar dat ze in één laagpakket zijn gecombineerd.

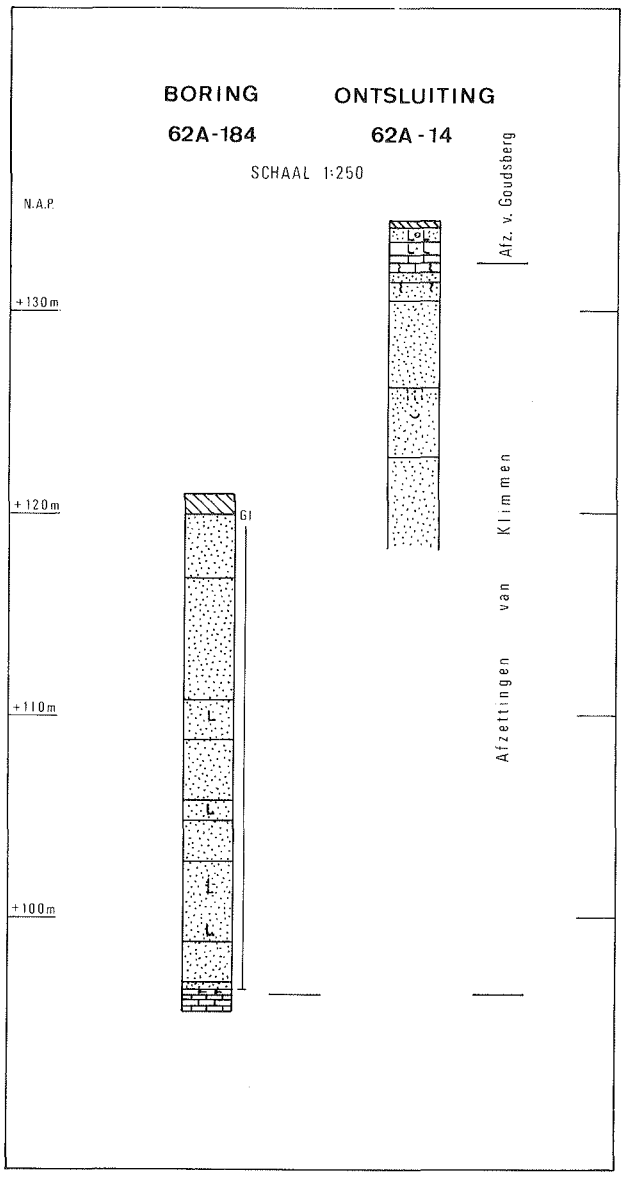


fig. 2.2.6 Lithologie van groeve de Heek (62A–14) en boring 62A–184. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Literatuur

Anderson, H. J., 1966: Die Schichtenfolge des Tertiärs und Quartärs. In: Geologische Übersicht des rheinischen Braunkohlenreviers. Krefeld; pp. 2–4.

Batjes, D. A. J., 1958: Foraminifera of the Oligocene of Belgium. Verh. Kon. Belg. Inst. v. Natuurwet., 143; 188 p.

Breddin, H., 1951: Das geologische Alter der Hauptflözgruppe des rheinischen Braunkohlenreviers. Braunkohle, 3; pp. 95–104.

Dumont, A., 1849: Rapport sur la Carte géologique du Royaume. Bull. Acad. roy. Belg. (1), 16, 2e partie; p. 370.

Glibert, M., 1952: Faune malacologique du Miocène de la Belgique II. Mém. Inst. roy. Sc. nat. de Belgique, Gastropodes No. 121; 197 p.

Glibert, M. et J. de Heinzelin, 1954: L'Oligocène inférieur. In: Volume jubilaire Victor van Straelen, 1; pp. 281–439.

Glibert, M. et J. de Heinzelin, 1957: In: Lexique stratigraphique International, Vol. I, fasc. 4a–VII, Tertiaire; pp. 267–271.

Jong, J. D. de and L. van der Waals, 1971: De-

positional environment and weathering phenomena of the white Miocene sands of Southern Limburg (The Netherlands). Geol. en Mijnb., 50; pp. 417–424.

Jongmans, W. J., 1930: Einige Bemerkungen über das Oligozän in S. Limburg. Jaarversl. Geol. Bur. 1930; pp. 61–73.

Kuyl, O. S., 1973: Pure Miocene quartz sands in Southern Limburg, the Netherlands; stratigraphical occurrence and regional distribution. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., 29; pp. 73–80.

Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1: 200.000. Staatsuitg., 's-Gravenhage; 154 p.

Zagwijn, W. H., 1960: Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands. (Diss. Leiden). Meded. Geol. Stichting, Serie C-III-1-No. 6; 78 p.

2.3. LITHOSTRATIGRAFIE VAN HET BOVEN-KRIJT EN HET DANO-MONTIEN IN ZUID-LIMBURG EN HET AANGRENZENDE GEBIED

door W. M. Felder

Abstract

A description of the lithostratigraphy of the Upper Cretaceous and lowermost Palaeocene deposits in southern Limburg (The Netherlands) is presented. For each formation reference is

			Oost van de Maas	West van de Maas		Uhlenbroek (1912)	Hofker (1966)
					Horz. van Lutterade		
Formatie v. Houthem		Kalksteen van Geleen	Vc		Horz. van Geleen		R
		Kalksteen van Bunde	Vb		Horz. van Bunde		Q
		Kalksteen van Geulhem	Va	XIw	Horz. van Vroenhoven		P
Formatie v. Maastricht	Boven	Kalksteen van Meerssen	IVf	Xw		Md	N M L
		Kalksteen van Nekum	IVe	IXw	Horz. van Caster Horz. van Kanne	Mc	K
	Onder	Kalksteen van Emael	IVd	VIIIw	Horz. van Laumont Horz. van Lava Horz. van Romontbos	Mb	I
		Kalksteen van Schiepersberg	IVc		Horz. van Schiepersberg		H
		Kalksteen van Gronsveld	IVb		Horz. van St. Pieter		G
		Kalksteen van Valkenburg	IVa				
Formatie v. Gulpen	Boven	Kalksteen van Lanaye	IIIg	VIIw	Horz. van Lichtenberg	Cr4	F
		Kalksteen van Lixhe 3	IIIf	VIw	Horz. van Nivelle		
		Kalksteen van Lixhe 2	IIIe	Vw	Horz. van Boirs Horz. van Halembaye 2	Cr3c	E
		Kalksteen van Lixhe 1	IIId	IVw	Horz. van Halembaye 1	Cr3y	
	Onder	Kalksteen van Vylen	IIIc	IIIw	Horz. van Wahlwiller		D C
		Kalksteen van Beutenaken	IIIb		Horz. van Bovenste Bos	Cr3b	B
		Kalksteen van Zeven Wegen	IIIa	IIw	Horz. van Slenaken	Cr3a	A
Formatie v. Vaals	Boven	Zand van Terstraeten	IIf	Iw	Horz. van Zeven Wegen		
		Zand van Beusdal	IIe		Horz. van Terstraten		
	Onder	Zand van Vaalsbroek	IId		Horz. van Beusdal Horz. van Vaalsbroek Horz. van Overgeul	Cr2	A
		Zand van Grenspaal 7	IIc		Horz. van Grenspaal 7		
		Zand van Cottessen	IIb		Horz. van Cottessen		
		Zand van Raren	IIa		Horz. van Raren		
Formatie v. Aken		Zand van Aken	Ib		Horz. van Schampelheide	Cr1	
		Klei van Hergenrath	Ia		Horz. van Hergenrath		

fig. 2.3.1 Lithostratigrafische indeling van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied

made to the description of its general characteristics, type-area, stratigraphic position, distributional area, age and former terminology.

Inhoud

2.3.1.	Formatie van Houthem	64
2.3.2.	Formatie van Maastricht	65
2.3.3.	Formatie van Gulpen	67
2.3.4.	Formatie van Vaals	69
2.3.5.	Formatie van Aken	71

2.3.1. **Formatie van Houthem** (V)

Algemene karakteristiek

Een eenheid, bestaande uit mariene, zachte, lichtgrijze tot lichtgeelgrijze, fijn- tot grofkorrelige kalksteen met harde kalksteenknollen, 'hardgrounds'* en fossielgruislagen en -lenzen. In het onderste deel komen glauconiethoudende kalkstenen voor.

De dikte varieert van minder dan 1 m tot ca 33 m.

De formatie is onder te verdelen in drie laagpakketten (fig. 2.3.1): Kalksteen van Geleen (Vc), Kalksteen van Bunde (Vb) en Kalksteen van Geulhem (Va). De horizonts, die de scheiding tussen deze laagpakketten vormen, zijn vermeld ter rechterzijde van fig. 2.3.1. Zij bestaan uit 'hardgrounds' in de top van het onderliggende pakket en plaatselijke fossielgruislaagjes aan de basis van het bovenliggende laagpakket.

Typegebied

Het typegebied is het noordwestelijke deel van Zuid-Limburg tussen Valkenburg, Maastricht en Geleen.

Kalksteen van Geleen: Schacht III Staatsmijn Maurits te Geleen (boring 60C–249), coördinaten 331.440/184.800, diepte 169.20–185.50 m onder maaiveld.

Kalksteen van Bunde: boring 61F–2 te Brommelen, gem. Bunde, coördinaten 324.630/179.050, diepte 30–53 m onder maaiveld. In de typesectie is de basis van de Kalksteen van Bunde niet bereikt.

Kalksteen van Geulhem: groeve Curfs ten zuidoosten van Meerssen, ontsl. 62A–13 (fig. 2.3.2), coördinaten 320.120/182.100.

Stratigrafische positie

In het typegebied vormt de Formatie van Maastricht de ondergrens en is gekenmerkt door de Horizont van Vroenhoven, bestaande uit een opvallende 'hardground' met bioturbaties aan de top van de Formatie van Maastricht en een meer of minder duidelijke fossielgruislaag en glauconiethoudende kalksteen aan de basis van de Formatie van Houthem.

De bovengrens bestaat uit de grens tussen de kalkstenen, behorende tot de Formatie van Houthem, en de kalkhoudende zandige kleien, behorende tot het Oligoceen en het Paleoceen.

* Onder 'hardground' wordt verstaan een harde kalksteenbank, aan de onderkant vaag, aan de bovenkant scherp begrensd, sterk door gravende, op de zeebodem levende organismen doorwoeld (bioturbaat). De scherpe grens aan de bovenkant vertegenwoordigt een onderbreking in de sedimentatie.

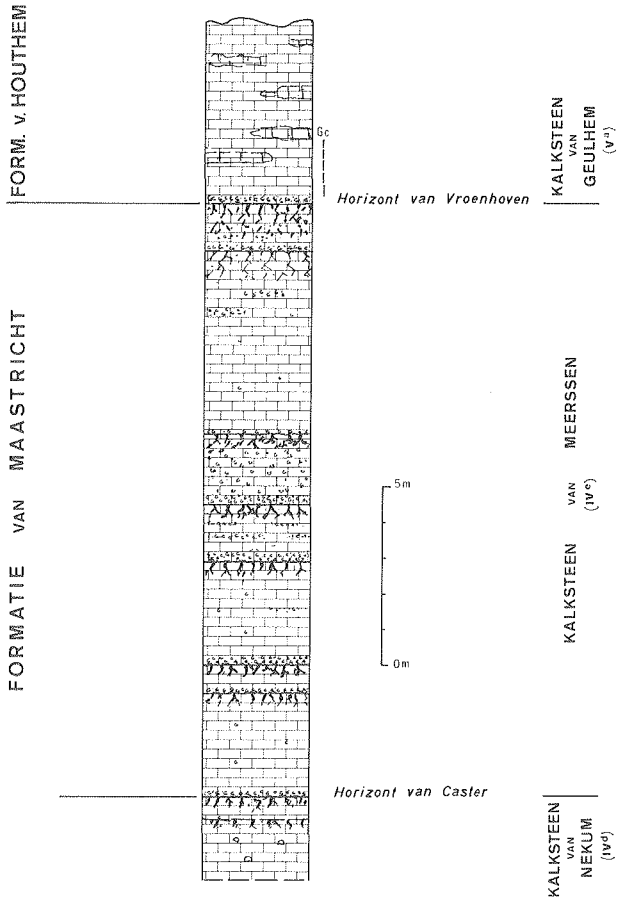


fig. 2.3.2 Lithologie van het stratotype van de Kalksteen van Meerssen en de Kalksteen van Geulhem, groeve Curfs ten zuidoosten van Meerssen (62A–13). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Verbreiding

Het voorkomen van de Formatie van Houthem is in Zuid-Limburg beperkt tot het gebied ten noordwesten van de lijn Maastricht-Valkenburg-Nuth-Jabeek (fig. 2.3.3).

Ouderdom

De ouderdom is op basis van microfossielen

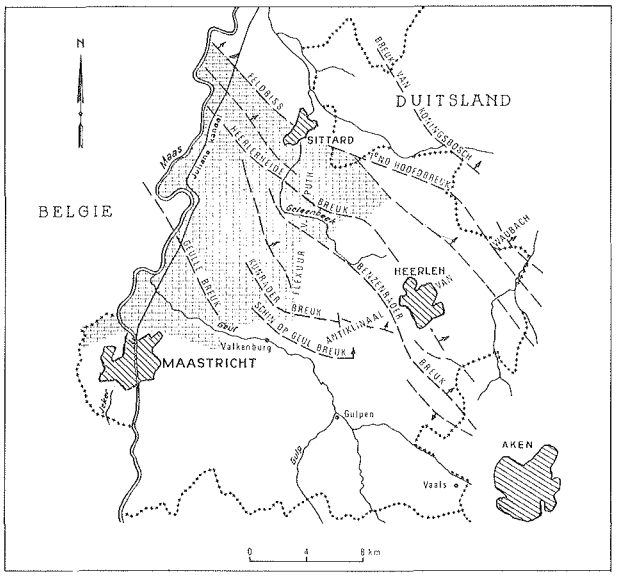


fig. 2.3.3 Verbreiding van de Formatie van Houthem

achtereenvolgens verondersteld als Danien of Onder-Eoceen (Reinhold, 1930), Paleoceen (van Rysinge, 1932), Midden-Eoceen (van Bellen, 1946), Montien (Marie, 1947) en Onder-Paleoceen (Hofker, 1959–1966).

Vroegere benamingen

Tot en met Uhlenbroek (1912) hebben alle auteurs deze kalkstenen niet onderscheiden van de eronder gelegen Formatie van Maastricht en gerekend tot het 'Maastrichts Krijt'.

2.3.2. **Formatie van Maastricht** (IV)

Algemene karakteristiek

Een eenheid, bestaande uit mariene, zachte, lichtgele tot lichtgrijsgele, fijn- tot grofkorrelige kalkstenen en een afwisseling van lagen van harde en zachte kalkstenen.

In het westelijke deel van Zuid-Limburg komen in het onderste deel veel lichtgrijze tot bruingrijze vuursteenknollen voor. In het bovenste deel ontbreken vuurstenen of zijn deze beperkt tot enkele verspreide knollen. Vooral in het hoogste deel komen veel hardgrounds en fossielgruislagen en -lenzen voor (fig. 2.3.2).

In het oostelijke deel van Zuid-Limburg ontbreekt het hoogste deel van de formatie. Het aanwezige onderste deel is hier opgebouwd uit een afwisseling van lagen harde en zachte kalksteen en vormt de zgn. 'Kunrader Kalksteen' (fig. 2.3.4).

De dikte varieert van ca 45 m tot ca 90 m.

De formatie is onder te verdelen in zes laagpakketten (fig. 2.3.1):

Boven	Kalksteen van Meerssen (IVf)
	Kalksteen van Nekum (IVe)
Onder	Kalksteen van Emael (IVd)
	Kalksteen van Schiepersberg (IVc)
	Kalksteen van Gronsveld (IVb)
	Kalksteen van Valkenburg (IVa)

Deze laagpakketten worden aan onder- en bovenkant begrensd door horizonts, waarvan de namen ter rechterzijde van fig. 2.3.1 zijn opgenomen. In deze formatie bestaan deze horizonts meestal uit 'hardgrounds' in de top van het onderste laagpakket, bedekt door een of meerdere dunne fossielgruislagen, die de basis van het volgende laagpakket vormen.

De Horizont van Schiepersberg bestaat uit een discordantievlak, bedekt door gele tot roestbruine kalksteen met grote vuursteenknollen. Bij de Horizont van Sint Pieter volgt op een 'hardground' een bioturbaat gestoorde grijze kalksteen.

Typegebied

Het typegebied van de formatie is de St. Pietersberg ten zuiden van Maastricht.

Kalksteen van Meerssen: groeve Curfs ten zuidoosten van Meerssen, ontsl. 62A–13 (fig. 2.3.2), coördinaten 320.120/182.100.

Kalksteen van Nekum: groeve De Tombe, westzijde van de St. Pietersberg, ontsl. 61F–8 (fig. 2.3.5), coördinaten 315.130/175.350.

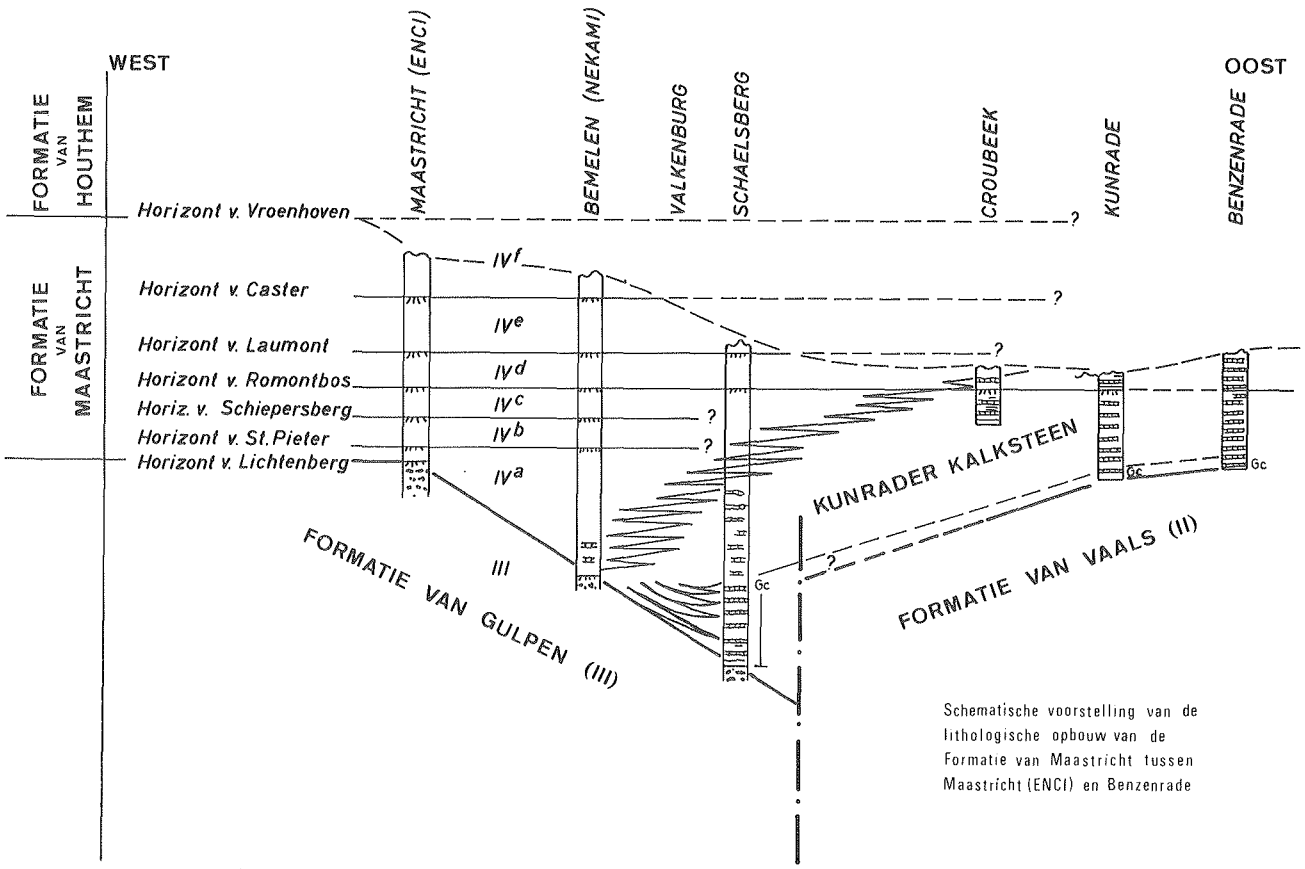


fig. 2.3.4 Schema van de Kunrader Kalksteen facies in de Formatie van Maastricht

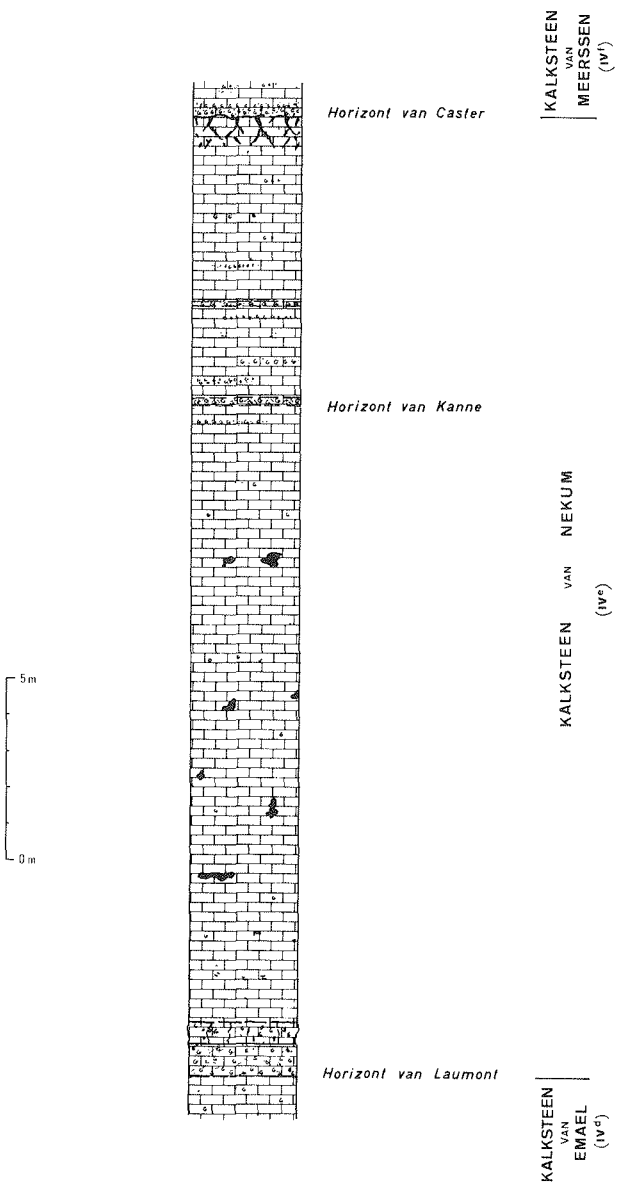


fig. 2.3.5 Lithologie van de Kalksteen van Nekum in het stratotype, groeve De Tombe (61F–8). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

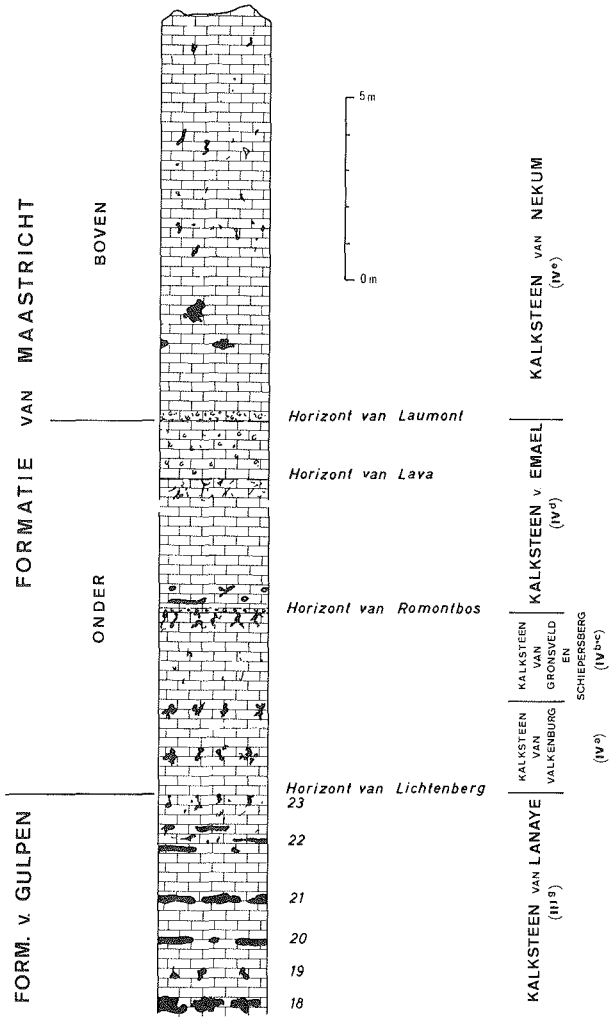


fig. 2.3.6 Lithologie van het stratotype van de Kalksteen van Emael, groeve Marnebel te Emael, België (61H–7). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Kalksteen van Emael: groeve Marnebel te Emael, België, ontsl. 61H–7 (fig. 2.3.6), coördinaten 310.850/175.050.

Kalksteen van Schiepersberg: groeve Schiepersberg te Cadier en Keer, ontsl. 62A–26 (fig. 2.3.7), coördinaten 315.880/182.680.

Kalksteen van Gronsveld: groeve Wijngaardsberg en groeve Varkensgat, aan de Riesenberg ten oosten van Gronsveld, resp. ontsl. 62A–424 en ontsl. 62A–159 (fig. 2.3.8), coördinaten 314.050/180.150.

Kalksteen van Valkenburg: groeve 62A–207 ten oosten van Valkenburg, coördinaten 318.520/186.770. In de typelokaliteit is alleen het hoogste deel van dit laagpakket ontsloten.

Stratigrafische positie

In het typegebied vormt de Formatie van Gulpen de ondergrens. Deze grens is gekenmerkt door de Horizont van Lichtenberg, bestaande uit een bioturbatielaag aan de top van de Formatie van Gulpen en een dunne fossielgruislaag met glauconiet aan de basis van de Formatie van Maastricht.

De bovengrens wordt gevormd door de Formatie van Houthem en is gekenmerkt door de Horizont van Vroenhoven, bestaande uit een opvallend duidelijke 'hardground' met bioturbaties in de top van de Formatie van Maastricht en een meer of minder duidelijke fossielgruislaag aan de basis van de Formatie van Houthem.

Verbreiding

Met uitzondering van het gebied ten zuiden van de lijn St. Geertruid-Gulpen-Vaals, waar de Formatie van Maastricht door erosie verdwenen is, en het meest oostelijke gebied, ten noorden van de Heerlerheidebreuk, komt de Formatie van Maastricht in geheel Zuid-Limburg voor (fig. 2.3.9).

Ouderdom

De groevewand bij de hoeve Lichtenberg, in de groeve ENCI, St. Pietersberg te Maastricht, is de typesectie voor het Maastrichtien (Romein, 1963).

Vroegere benamingen

Staring (1860): 'Maastrichtsch krijt'; Uhlenbroek (1912): 'Maastrichtsch Krijt'; Pannekoek (1956): 'Kunrader Kalk + Maastrichts Krijt'.

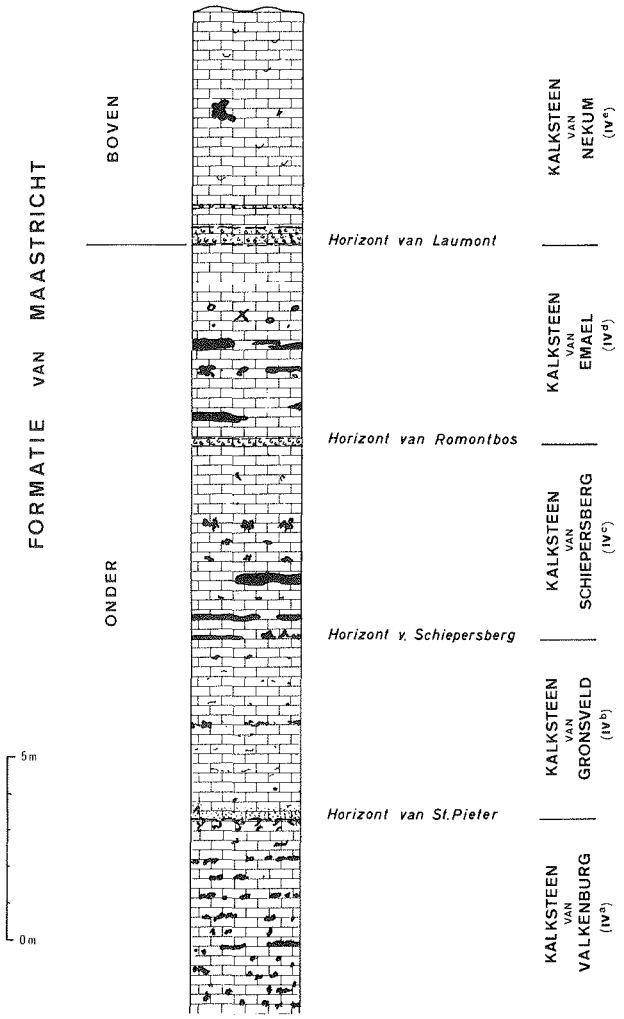


fig. 2.3.7 Lithologie van het stratotype van de Kalksteen van Schiepersberg, groeve Schiepersberg te Cadier en Keer (62A–26). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

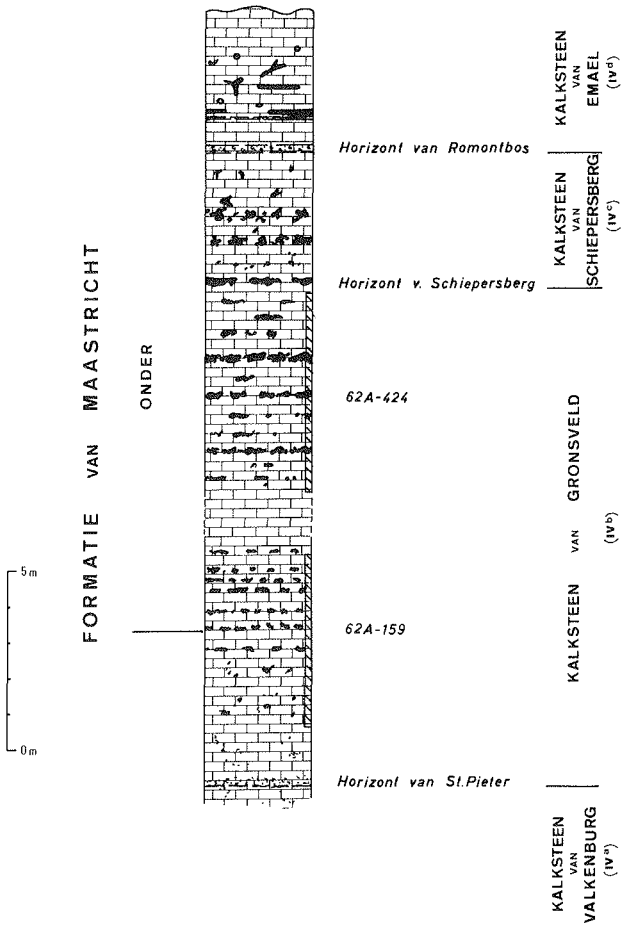


fig. 2.3.8 Lithologie van het stratotype van de Kalksteen van Gronsveld, groeven aan de Riesenberg (62A–424, 62A–159). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

2.3.3. Formatie van Gulpen (III)

Algemene karakteristiek

Een eenheid, bestaande uit mariene, zachte, lichtgekleurde, fijnkorrelige kalkstenen. In het bovenste deel komt alleen in het meest oostelijke deel van Zuid-Limburg glauconiet voor; vuursteenknollen zijn veelvuldig aanwezig. In het onderste deel zijn sommige kalkstenen rijk aan glauconiet en zijn zeer glauconietrijke lagen geen zeldzaamheid; vuursteenknollen zijn hier weinig talrijk (fig. 2.3.12).

De dikte varieert van minder dan 1 m tot ca 175 m.

De Formatie van Gulpen is onder te verdelen in vijf laagpakketten (fig. 2.3.1):

Boven	Kalksteen van Lanaye (IIIg)
	Kalksteen van Lixhe (IIId, e, f)
Onder	Kalksteen van Vylen (IIIc)
	Kalksteen van Beutenaken (IIIb)
	Kalksteen van Zeven Wegen (IIIa)

Deze laagpakketten kunnen worden onderscheiden op grond van het voorkomen van karakteristieke horizonts, die als boven- en onderbegrenzing van de laagpakketten worden aangemerkt. Zie rechterzijde fig. 2.3.1. Deze horizonts bestaan in het algemeen uit

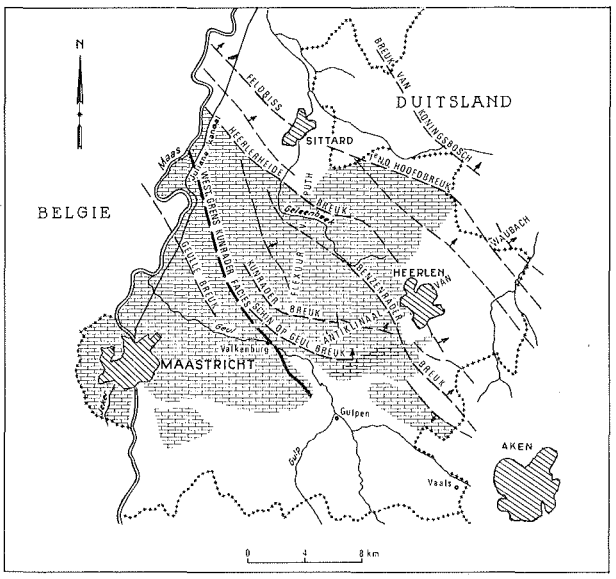


fig. 2.3.9 Verbreiding van de Formatie van Maastricht

bioturbate zones aan de top van een laagpakket, gevolgd door glauconietrijke kalksteen aan de basis van het volgende.

De Horizont van Nivelle bestaat in het westen uit een vuursteenlaag, gevolgd door 0.60–0.90 m dikke kalksteen.

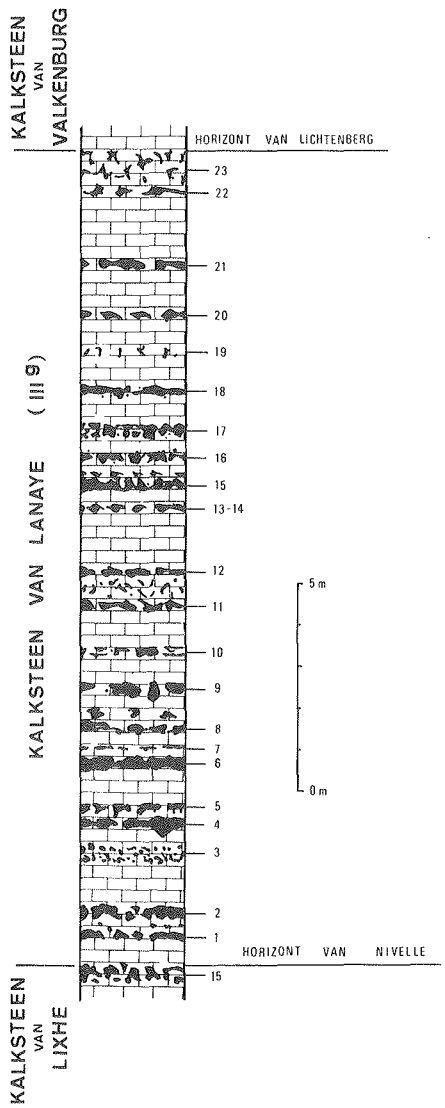


fig. 2.3.10 Lithologie van het stratotype van de Kalksteen van Lanaye te Lanaye, België (61H–36). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

Typegebied

Het typegebied van de Formatie van Gulpen is de omgeving van Gulpen.

Kalksteen van Lanaye: aan de westzijde van het Albertkanaal, ten noorden van de brug over het Albertkanaal te Lanaye, België, ontsl. 61H–36 (fig. 2.3.10), coördinaten 311.000/176.150.

Kalksteen van Lixhe: groeve Dierkx te Lixhe, België, ontsl. 61H–18 (fig. 2.3.11), coördinaten 308.400/174.500.

Kalksteen van Vylen (fig. 2.3.12): Holle weg van Mamelis naar Bocholtzerheide op de grens tussen Nederland en Duitsland te Vylen, ontsl. 62D–79, coördinaten 312.330/196.450.

Kalksteen van Beutenaken (fig. 2.3.12): groeve Habets te Beutenaken, ontsl. 62C–22, coördinaten 309.270/188.250.

Kalksteen van Zeven Wegen (fig. 2.3.12): Ontsluiting 62D–15b, langs de toeristenweg Vaals-Epen, bij Zeven Wegen in het Vylenerbosch, coördinaten 308.550/194.940.

Stratigrafische positie

In het typegebied is de ondergrens gekenmerkt

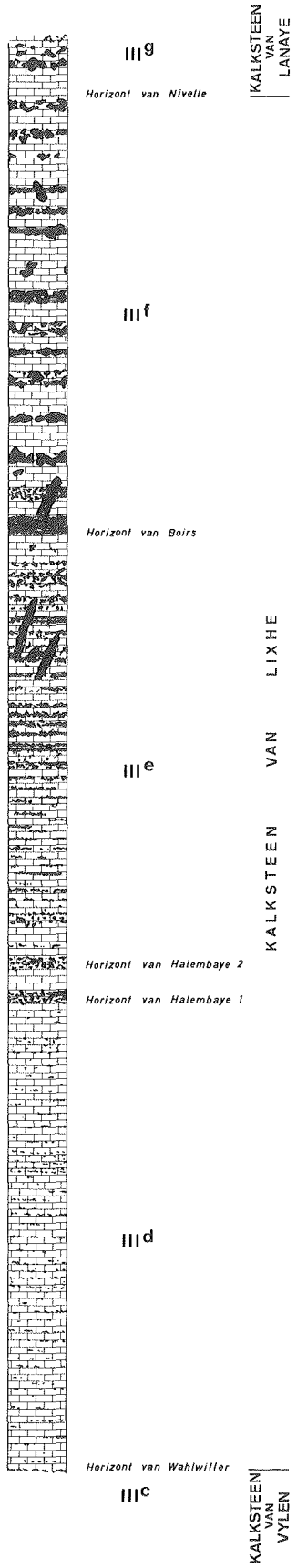


fig. 2.3.11 Lithologie van het stratotype van de Kalksteen van Lixhe, groeve Dierkx te Lixhe, België (61H–18). Legenda fig. 2.1.57, p. 53

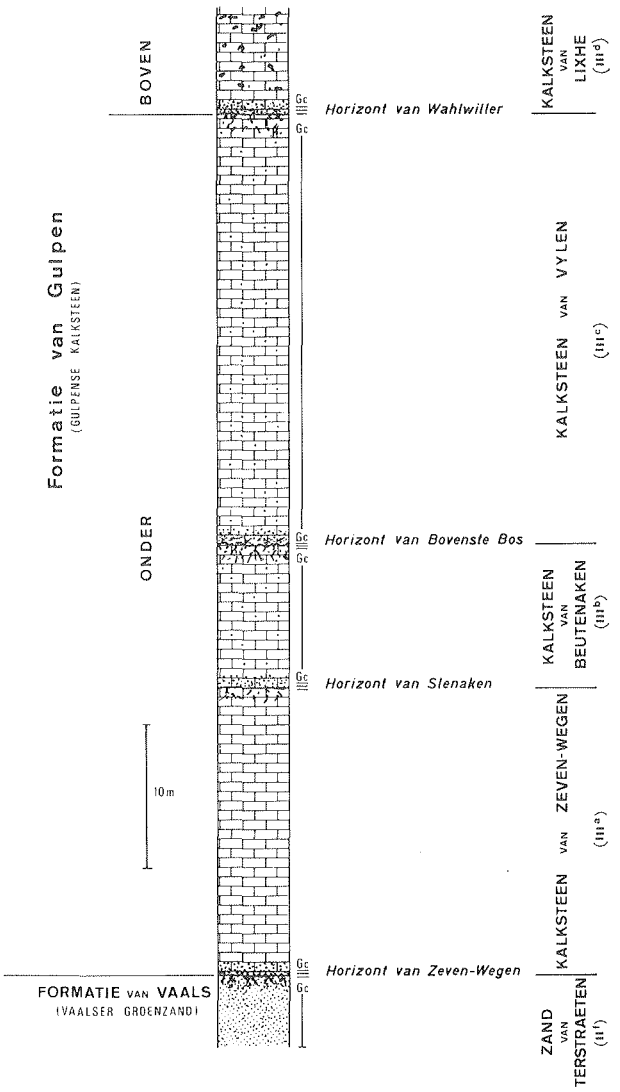


fig. 2.3.12 Lithologie van het onderste deel van de Formatie van Gulpen. Legenda fig. 2.1.57, p. 53

door hetzij de Horizont van Zeven Wegen of door de Horizont van Bovenste Bos, die bestaan uit een bioturbatielaag aan de top van de Formatie van Vaals en uit glauconietrijke kalksteen (tot verschillende laagpakketten behorend) aan de basis van de Formatie van Gulpen.

De bovengrens wordt gevormd door de Formatie van Maastricht en is gekenmerkt door de Horizont van Lichtenberg, bestaande uit een bioturbatielaag aan de top van de Formatie van Gulpen en een dunne fossielgruislaag met glauconiet aan de basis van de Formatie van Maastricht.

Verbreiding

In Zuid-Limburg is de Formatie van Gulpen beperkt tot het gebied ten zuiden van de Benzenrader- en Schin op Geulbreuk (fig. 2.3.13).

Ouderdom

Door Hofker (1966) is het onderste deel van de Formatie van Gulpen, de Kalksteen van Zeven Wegen, in het Boven-Campanien geplaatst; de Kalkstenen van Beutenaken en Vylen in het Onder-Maastrichtien en het hogere deel, de Kalkstenen van Lixhe en Lanaye, in het Boven-Maastrichtien.

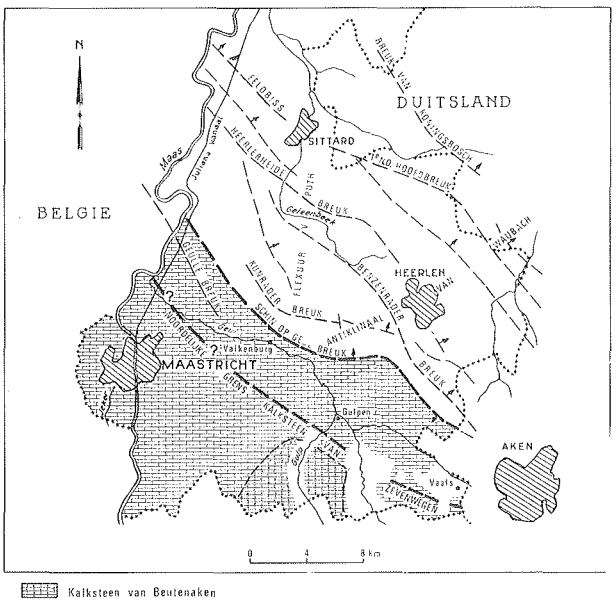


fig. 2.3.13 Verbreiding van de Formatie van Gulpen

Vroegere benamingen

Staring (1860): 'Gulpensch krijt'; Uhlenbroek (1912): 'Gulpensch Krijt' (Cr3–Cr4); Pannekoek (1956): 'Gulpens Krijt'.

2.3.4. **Formatie van Vaals** (II)

Algemene karakteristiek

Een eenheid in het typegebied overwegend bestaande uit mariene geel- tot groengrijze, glauconiethoudende, fijne zanden, afwisselend met siltige en kleiige zanden.

De dikte varieert van minder dan 1 m tot ca 150 m.

In het typegebied heeft Albers (1974) de Formatie van Vaals onderverdeeld in zes laagpakketten (fig. 2.3.1):

Boven	Zand van Terstraeten (IIf) Zand van Beusdal (IIe)
Onder	Zand van Vaalsbroek (IId) Zand van Grenspaal 7 (IIc) Zand van Cottessen (IIb) Zand van Raren (IIa)

Bij gebrek aan voldoende goede ontsluitingen en boringen is het niet mogelijk deze laagpakketten te onderscheiden buiten het typegebied van de Formatie van Vaals en een gebied ten westen daarvan tot de lijn Gulpen-Aubel (fig. 2.3.14).

Lithologisch lijken deze laagpakketten sterk op elkaar. Zij kunnen onderscheiden worden op grond van het voorkomen van karakteristieke horizonts, die zijn vermeld ter rechterzijde van fig. 2.3.1. De horizonts binnen de Formatie van Vaals bestaan uit opvallend glauconietrijke lagen of verkitte, meer of minder fossielrijke zandsteenbanken aan de basis van de laagpakketten.

Typegebied

Het typegebied is de omgeving van de Vaalserberg bij het drielandenpunt tussen Nederland, België en Duitsland.

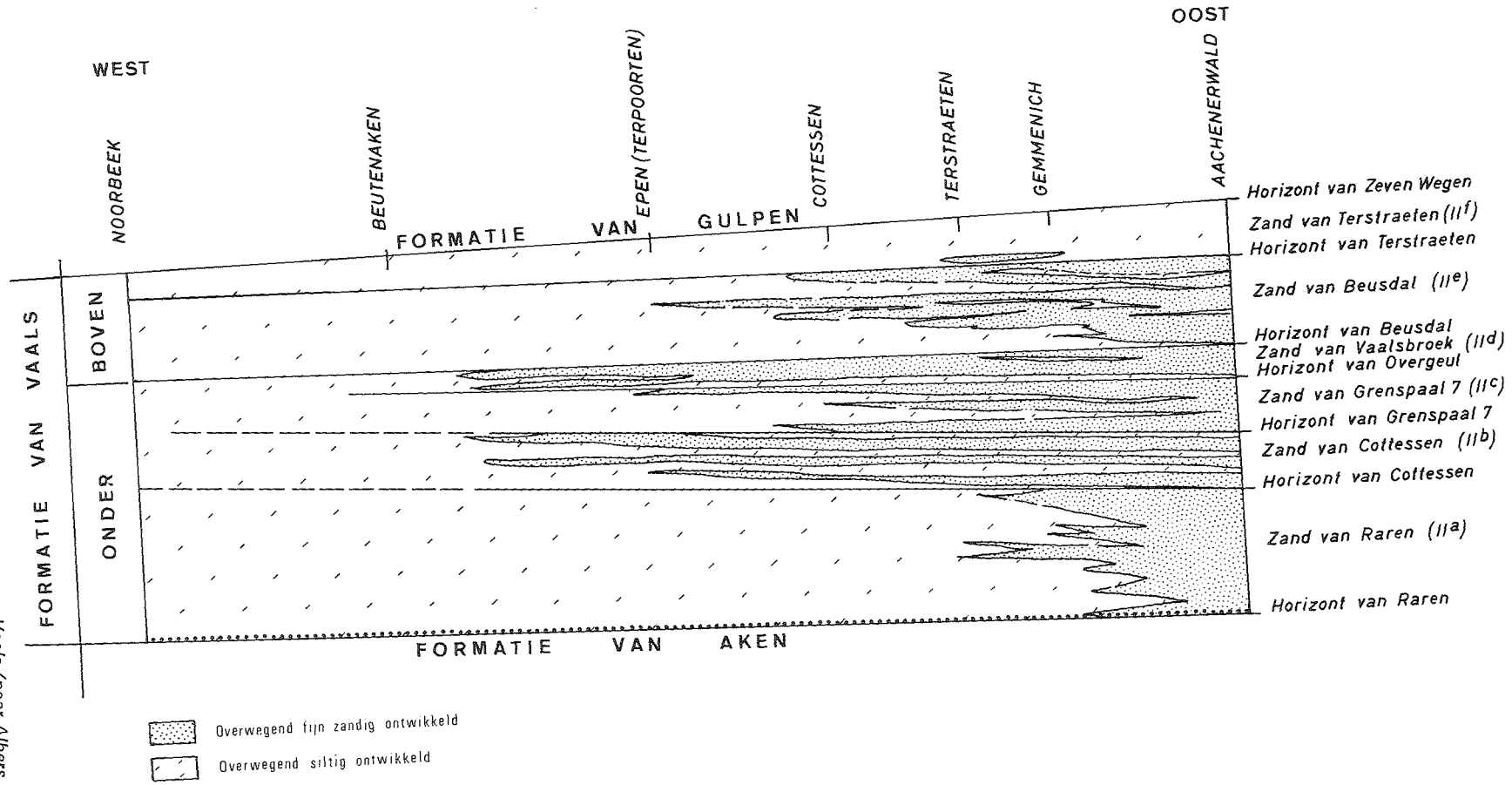


fig. 2.3.14 Schema van de lithologie van de Formatie van Vaals (naar Albers, 1974)

Zand van Terstraeten: Holle weg ten oosten van Terstraeten nabij grenspaal 6, ontsl. 67D–114, coördinaten 307.420/196.420.

Zand van Beusdal: zuidelijke wegberm van de weg Sippenaeken-Teuven, even oost van Kasteel Beusdal (België), ontsl. 62D–133, coördinaten 306.830/192.240.

Zand van Vaalsbroek: Holle weg bij Overgeul, west van Mechelen, ontsl. 62D–31; coördinaten 311.820/192.000.

Zand van Grenspaal 7: steilrand bij de bron van de Grensbeek te Cottessen, 50 m ten zuidwesten van grenspaal 7, ontsl. 62D–101, coördinaten 308.010/195.060.

Zand van Cottessen: berm van Holle weg te Cottessen, ontsl. 62D–105, coördinaten 308.200/194.540.

Zand van Raren: berm van de Sandbergweg, oost van Vaalserquartier, Duitsland, ontsl. 62G–14, coördinaten 308.700/200.600.

Stratigrafische positie

De ondergrens wordt gevormd door de Formatie van Aken. Deze grens is meestal gekenmerkt door de Horizont van Raren, bestaande uit een bioturbatielaag aan de top van de Formatie van Aken en een conglomeraat met gerolde kwartsen, kwartsieten en zandstenen aan de basis van de Formatie van Vaals.

De bovengrens wordt gevormd door de Formatie van Gulpen. De grens wordt in het verbreidingsgebied van de Kalksteen van Zeven Wegen gekenmerkt door de Horizont van Zeven Wegen en ten noorden hiervan door de Horizont van Bovenste Bos. Beide horizonten bestaan uit een bioturbatielaag aan de top van de Formatie van Vaals en een glauconietrijke kalksteen aan de basis van de Formatie van Gulpen.

Verbreiding

In Zuid-Limburg is de Formatie van Vaals, behoudens enkele kleine voorkomens ten noorden van de Heerlerheidebreuk, beperkt tot het gebied ten zuiden van deze breuk.

Binnen het gebied ten zuiden van de Heerlerheidebreuk ontbreekt de formatie op het hoogste deel van de Flexuur van Puth en op een deel van de Antiklinaal van Waubach (fig. 2.3.15).

Ouderdom

Hofker (1957) plaatst de Formatie van Vaals in het Campanien.

Vroegere benamingen

Staring (1860): 'zand van Herve', Uhlenbroek (1912): 'Krijt van Herve' (Cr2); Pannekoek (1956): 'Groenzand van Vaals'.

2.3.5. Formatie van Aken (I)

Algemene karakteristiek

Een complexe eenheid, in het typegebied overwegend bestaande uit zanden met in het onderste deel inschakelingen van kleiige en siltige zanden en zandige en siltige kleien.

De dikte varieert van minder dan 1 m tot ca 60 m.

In het typegebied is de Formatie van Aken onder te verdelen in twee laagpakketten (fig. 2.3.1): Zand van Aken (Ib) en Klei van Hergenrath (Ia).

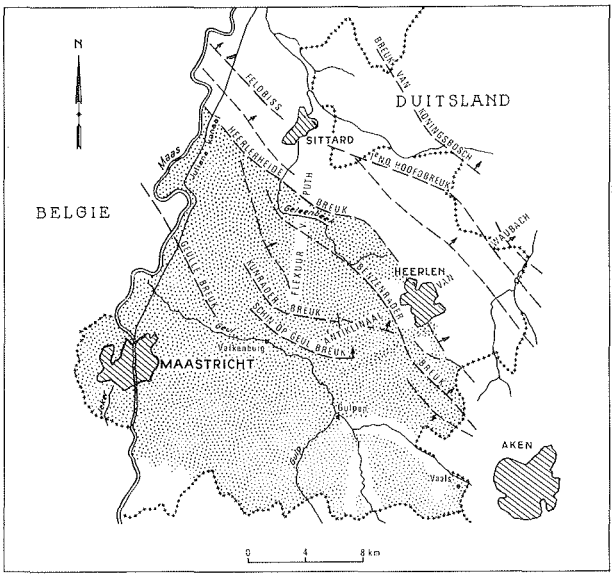


fig. 2.3.15 Verbreiding van de Formatie van Vaals

Het Zand van Aken omvat mariene, geelwitte, fijne zanden. Plaatselijk komen in de zanden onregelmatige zandsteenbanken en -knollen voor. Op de meeste plaatsen is het zand duidelijk kriskras gelaagd en komen verspreide en in lagen gerangschikte bioturbaties voor.

De dikte varieert van minder dan 1 m tot ca 40 m.

De Klei van Hergenrath bestaat uit een afwisseling van lagunaire, grijsgekleurde zandige en siltige kleien met siltige en kleiige fijne tot zeer grove zanden. Plaatselijk zijn deze zanden en kleien rijk aan ingekoolde stukken hout en pyriet- of markasietconcreties. Niet zeldzaam zijn ook wortelbodems, wel of niet met dunne bruinkoollagen. Daar, waar de Klei van Hergenrath op kalkstenen ligt, zijn de kleien aan de basis vaak bontgekleurd.

Typegebied

Het typegebied is het boscomplex ten zuiden van Aken, op de grens tussen Duitsland en België.

Klei van Hergenrath: voormalige groeve Schampelheide, gem. Hergenrath, België, ontsl. 43/1–2 No. 1, coördinaten 302.750/201.250.

Zand van Aken: groeve Käskorb, gem. Neu-Moresnet, België, ontsl. 62D–74, coördinaten 304.000/199.750.

Stratigrafische positie

In het typegebied vormen geplooide paleozoische gesteenten de ondergrens. Deze is gekenmerkt door de Horizont van Hergenrath, bestaande uit een paleobodem in de top van de paleozoische gesteenten. Deze horizont is alleen duidelijk ontwikkeld waar de ondergrens gevormd wordt door kalkstenen. Op de meeste andere plaatsen is hij vaag, daar de zandstenen en schalies sterk verweerd zijn en geleidelijk overgaan in meer of minder zandige kleien.

In het typegebied vormt de Formatie van Vaals de bovengrens. Deze is hier gekenmerkt door de Horizont van Raren, bestaande uit een bioturbatielaag aan de top van de Formatie van Aken en een conglomeraat

met gerolde kwartsen, kwartsieten en zandstenen aan de basis van de Formatie van Vaals.

Verbreiding

In Zuid-Limburg is de Formatie van Aken, behoudens enkele kleine voorkomens, beperkt tot het gebied ten zuiden van de Heerlerheidebreuk. Binnen dit gebied ontbreekt de formatie op en aan weerszijden van de Flexuur van Puth, de Antiklinaal van Waubach en in een groot deel van het gebied westelijk van de Gulp (fig. 2.3.16).

Ouderdom

De ouderdom van de Formatie van Aken is niet precies bekend.

Vroegere benamingen

Staring (1860): 'Akensch zand'; Uhlenbroek (1912): 'Akensche Zanden' (Cr1); Pannekoek (1956): 'Akens Zand'.

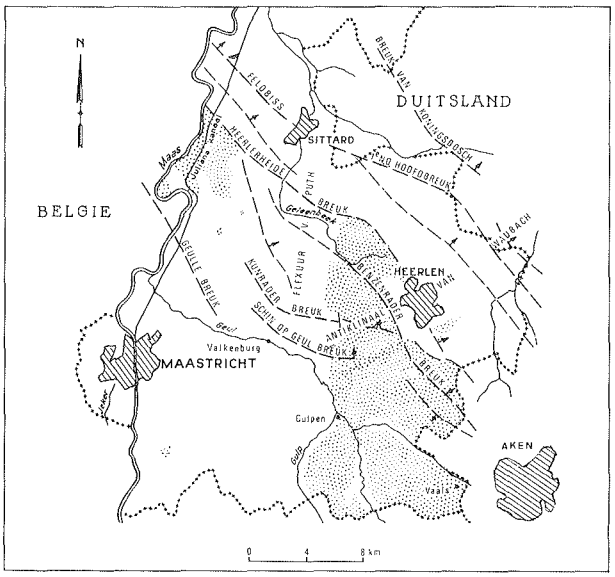


fig. 2.3.16 Verbreiding van de Formatie van Aken

Literatuur

Albers, H. J., 1974: Feinstratigraphie und Faziesanalyse des Untercampans (Vaalser Grünsand = Hervien), sowie neue Beiträge zur kretazeischen Deckgebirgstektonik von Aachen und dem westlich anschliessenden holländisch-belgischen Limburg. Diss. T.H., Aachen; 189 p.

Bellen, R. C. van, 1946: Foraminifera from the Middle Eocene in the Southern part of the Netherlands, province of Limburg. Meded. Geol. Stichting, Serie C-V-1-No. 4; pp. 5–144.

Breddin, H., 1932: Über die tiefsten Schichten der Aachener Kreide, sowie eine senone Einebnungsfläche und Verwitterungsrinde am Nordabfall des Hohen Venn. Centralblatt f. Min. Abt. B No. 12; pp. 593–613.

Breddin, H., H. K. Bruhl und H. Dieler, 1963: Das Blatt Aachen-Nordwest der praktisch-geologischen Grundkarte 1:5000 des Aachener Stadtgebietes. Geol. Mitt. 1 (1960); pp. 251–428.

Felder, W. M., 1975: Lithostratigraphische Gliederung der Oberen Kreide in Süd-Limburg (Niederlande) und den Nachbargebieten. 1. Teil: Der Raum westlich der Maas, Typusgebiet des 'Maastricht'. Publ. Nat. Hist. Gen. Limburg, Reeks XXIV (1974); 43 p.

Hofker, J., 1957: Foraminifera of the Dutch Hervien. Meded. Geol. Stichting, N.S. 10, Maastricht; pp. 19–33.

Hofker, J., 1957: Foraminifera from the Cretaceous of South Limburg, Netherlands XXXIX. Arguments for a Lower Paleocene age of the Sediment above the Upper Md in the quarry of Curfs, near Houthem. Nat. Hist. Maandbl., 48; pp. 18–30.

Hofker, J., 1966: Maastrichtian, Danian and Paleocene Foraminifera. Palaeontographica, suppl. 10, Stuttgart; pp. 1–376.

Marie, P., 1947: Sur l'âge montien du Calcaire de Bunde (Limbourg hollandais). C.R. Somm. Soc. géol. France, 7; p. 145.

Marlière, R., 1954: Le Paléocène. Prodr. Descr. Géol. Belg.; p. 445.

Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische Geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1: 200.000. Staatsuitg., 's-Gravenhage; 154 p.

Reinhold, Th., 1931: Diatoms from rocks, possibly belonging to the Danian or Lower-Eocene near Maastricht, the Netherlands. Jaarversl. Geol. Bur. Heerlen (1930); pp. 13–18.

Romein, B. J., 1963: Present knowledge of the stratigraphy of Upper-Cretaceous (Campanian-Maestrichtian) and Lower-Tertiary (Danian-Montian) calcareous sediments in Southern Limburg. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Geol. Serie, 21–2; pp. 93–104.

Rysinge, C. P. J. van, 1932: Description of some foraminifera of a boring near Bunde (Dutch South-Limburg). Acad. Proefschr. Amsterdam; 112 p.

Rysinge, C. P. J. van, 1932: On some Foraminifera from a boring near Bunde (South-Limburg, Holland). Jaarversl. Geol. Bur. Heerlen (1931); pp. 35–39.

Staring, W. C. H., 1860: De Bodem van Nederland. Deel 2, Haarlem; 480 p.

Uhlenbroek, G. D., 1912: Het Krijt van Zuid-Limburg. Jaarversl. Rijksopsporing v. Delfst. over 1911; pp. 48–57.

2.4. HET MESOZOICUM IN OOST-NEDERLAND

door H. A. van Adrichem Boogaert

Abstract

A few scattered outcrops of Mesozoic rocks occur in the eastern part of The Netherlands, as shown on the 1:600.000 geological map. The paper presents a review of the Mesozoic formations in this area and deals with the relations between the formations as shown on a subcrop map of the pre-Tertiary deposits. The area has been deformed and uplifted during the Late-Kimmerian and Subhercynian/Laramide tectonic phases; subsequent erosion after each phase removed considerable

parts of previously deposited strata. A supercrop map shows Tertiary strata transgressively overlying the Mesozoic surface.

Inhoud

2.4.1. Inleiding
2.4.2. Stratigrafie
2.4.3. Historisch-geologische ontwikkeling

2.4.1. Inleiding

Op de 1:600.000 geologische kaart van Nederland is in oostelijk Twente en de oostelijke Achterhoek een aantal verspreide mesozoische voorkomens te zien, zie ook 3.1. Het doel van het nu volgende hoofdstuk is een beknopt stratigrafisch overzicht van het Mesozoicum te geven en de onderlinge samenhang van de verspreide ontsluitingen te tonen.

De auteur is veel dank verschuldigd aan Drs. H. M. Harsveldt voor de leerzame discussie bij de samenstelling van dit artikel, en aan Drs. G. F. W. Herngreen en Drs. B. J. Romein voor hun palynologische, resp. micropaleontologische bijdrage bij de bestudering van monsters van proefboring K.

2.4.2. Stratigrafie

De mesozoische afzettingen die in het oosten van ons land voorkomen zijn in fig. 2.4.1. uitgezet op een tijdbasis, reikend van -230×10^6 jaar tot -67×10^6 jaar, volgens absolute ouderdomsgegevens van de I.U.G.S. (1967). Eenvoudigheidshalve is de duur van de etages in een periode steeds gelijk gehouden. Het aansluitende gebied in Duitsland is eveneens in de tabel opgenomen, omdat de formaties, die in de Nederlandse ondergrond onder een bedekking van Tertiair en Kwartair voorkomen, daar dagzomen en derhalve goed te bestuderen zijn (Kemper, 1968). De grens Kimmeridgien/Portlandien in fig. 2.4.1 is gelegd aan de basis van de *Gravesia*-Zone. Het Purbeckien is niet apart onderscheiden. Deze eenheid wordt tot het Portlandien gerekend. De grens Jura/Krijt in fig. 2.4.1 is, in navolging van 't Hart (1969) gelegd tussen de Serpuliet en de Wealden. De ligging van deze grens is echter nog een punt van onderzoek en discussie.
Het Mesozoicum in het Nederlands-Duitse grensgebied is niet volledig in formele gesteenteformaties verdeeld. In fig. 2.4.1 zijn de lithologisch bepaalde namen van de afzettingen zoveel mogelijk ingetekend. Zuiver paleontologisch gedefiniëerde zoneringen zijn niet vermeld.

Voorts zijn in fig. 2.4.1 enige globale dikte-indicaties opgenomen. Voor een beschrijving van de gesteenten zij verwezen naar Pannekoek (1956) en 't Hart (1969) voor Nederland en Kemper (1968) voor Duitsland.

Enige speciale aandacht dient hier wel te worden gegeven aan de stratigrafie van het Onder-Krijt in de Achterhoek. Dit gebied ligt aan de westrand van het Bekken van Alstätte, een zuidwestelijke uitloper van het Nedersaksische Bekken. Het Valanginien is in het Bekken van Alstätte in een continentale facies (estuarien tot limnisch-terrestrisch) afgezet (zie o.a. Schott et al., 1969). Dit zijn de 'Kuhfeld-Schichten' (Bentz, 1933). In Nederland is het voorkomen van deze lagen nooit met zekerheid vastgesteld. Herngreen (1973) heeft aangetoond dat vele laagpakketten, door vroegere auteurs als Kuhfeld-Lagen beschreven, in Twente en de Achterhoek niet tot het continentale Valanginien blijken te behoren. Wel werden in zijn onderzoek in proefboring K (Van Waterschoot van der Gracht, 1918) in de Achterhoek voor het interval 21–42 m aanwijzingen gevonden voor een vroege ouderdom in het Onder-Krijt, mogelijk Valanginien. Deze afzettingen echter vertonen een brakwater facies, die geheel afwijkt van die van de Kuhfeld-Lagen. Mogelijk sluit dit Onder-Krijt van de boring K aan bij de ontwikkeling in het Centraal Nederlandse Bekken (Heybroek, 1974). Het interval van 42–60 m van deze boring, bestaande uit dichte, grijze tot bruingrijze schelpkalk met enige kleiige en zandige inschakelingen, werd paleontologisch onderzocht door Drs. G. W. F. Herngreen (palynologie) en Drs. B. J. Romein (micropaleontologie). Het palynologisch materiaal wijst op een Boven-Malm ouderdom (intern R.G.D.-rapport Palaeobot. Lab., no. 2091A9), terwijl uit de microfossielinhoud een nadere precisering tot Boven-Portlandien (cf. Middle Purbeck Beds) afgeleid kan worden (intern R.G.D.-rapport Micropal. Lab., no. 156). Dit onderzoek bevestigt de datering van dit interval door de Nederlandse Aardolie Maatschappij, zoals vermeld door Harsveldt (1963, p. 116). Lithologisch, zowel als chronostratigrafisch is het te correleren met de Serpuliet.

Gezien het volgens Duitse bron voorkomen van de Kuhfeld-Lagen dicht bij de grens tussen Öding en Südlohn, waar zij bestaan uit zanden met wat grind en enige kolige laagjes, is het niet geheel onmogelijk dat in de Achterhoek ten oost-zuidoosten van Winterswijk deze formatie in de ondergrond aanwezig is (Burck & de Vries, 1942: wit kiezelzand bij punt c?).

Het voorkomen van Wealden in dit gebied moet om dezelfde reden ook niet uitgesloten worden geacht. In het naburige Duitse gebied wordt het gevormd door ruim 30 m sediment van gevarieerde samenstelling, bestaande uit conglomeraat, schalie en meer of minder zandige kalksteen en schelpkalk.

In fig. 2.4.1 is voor de Achterhoek met een vraagteken enig Aptien ingebracht. Deze etage is daar nooit aangetoond, doch gezien het voorkomen ervan direct over de Duitse grens tussen Öding en Südlohn (15 tot 40 m glauconitische zandsteen met enig conglomeraat) is het zeer wel mogelijk dat ook wat Aptien in de oostelijke Achterhoek aanwezig is. Slechts met behulp van enige nieuwe boringen in de oostelijke Achterhoek zou de stratigrafie van dit gebied nader gedetailleerd kunnen worden.

2.4.3. Historisch-geologische ontwikkeling

Fig. 2.4.1 toont duidelijk dat de stratigrafische opeenvolging in Oost-Nederland verre van volledig is. De vele hiaten zijn veroorzaakt door tektonische bewegingen die erosie of non-depositie tot gevolg hadden.

In de Onder-Trias heersten in Noordwest Europa droge, continentale omstandigheden, waaronder de Bontzandsteen werd afgezet. De Boven-Bontzand-

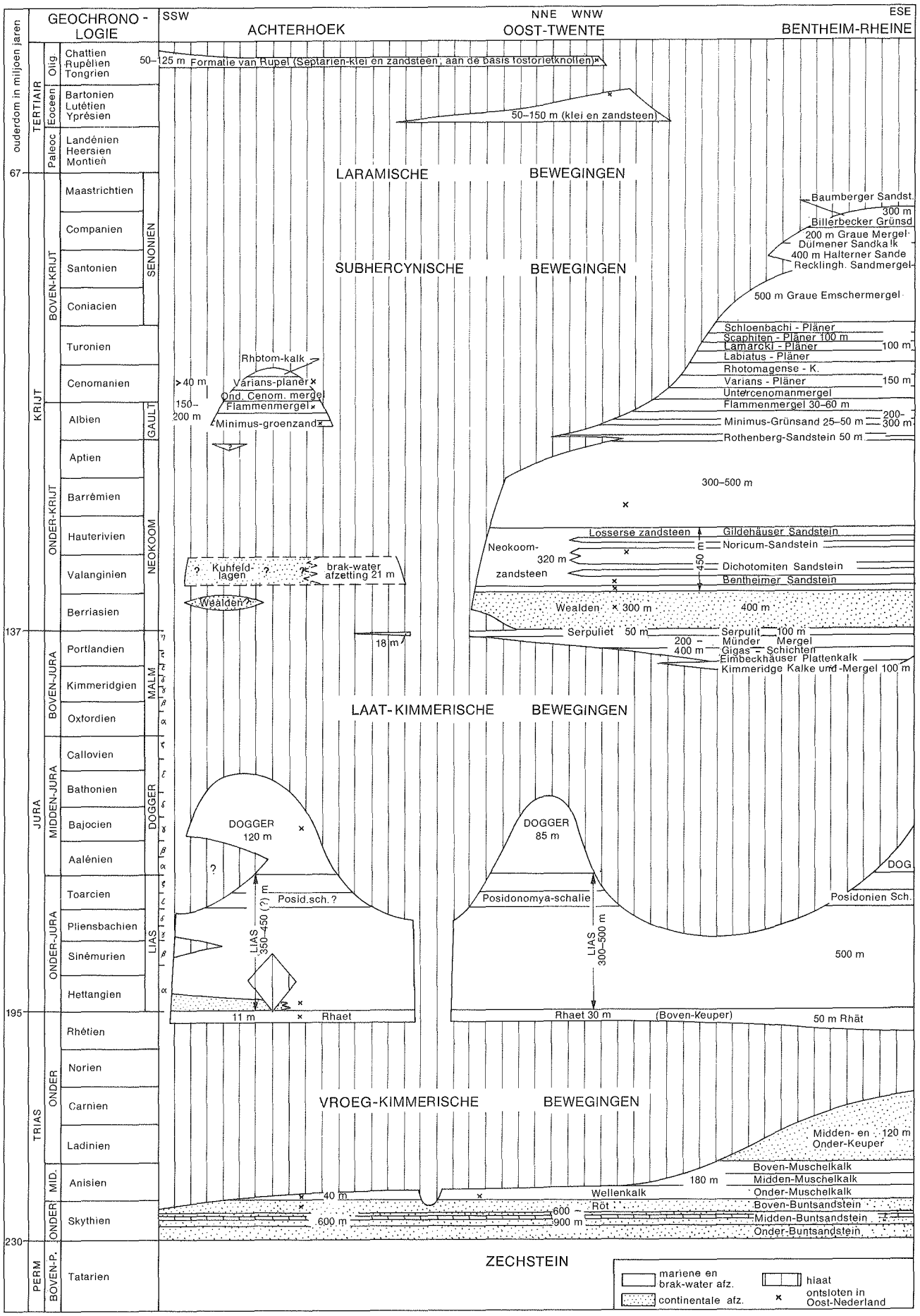


fig. 2.4.1 Chronostratigrafische correlatietabel voor Oost-Nederland

steen (Röt) bevat steenzout in de diepere delen van het sedimentatiebekken. Tijdens de Midden-Trias overheersten ondiep-mariene condities, waarbij de Muschelkalk tot ontwikkeling kwam. De Onder- en Midden-Keuper, afgezet in de Boven-Trias, weerspiegelen weer een continentaal milieu.

In de Trias lag in Midden- en Oost-Nederland een flauw gewelfde rug, waarop de afzettingen van de Midden- en Boven-Trias incompleet of afwezig zijn door geringe bodemdaling en een opeenvolging van korte erosieperioden. Dit hiaat in de hogere Trias wordt toegeschreven aan vroeg-kimmerische bewegingen van overwegend epirogenetische aard. Van een echte tektonische fase mag hier niet worden gesproken (Wolburg, 1969).

In het Rhétien ving een mariene transgressie aan die zich in de Jura verder uitbreidde. De Jura in de Achterhoek bevat verscheidene hiaten. Deze zijn mogelijk deels toe te schrijven aan de positieve effecten van de bij de Trias genoemde en waarschijnlijk in de Jura nog voortlevende rug in dit gebied, en deels aan lokale tektonische bewegingen tijdens de Lias en Dogger die vooruitliepen op de deformatie die eind-Krijt tot begin-Tertiair plaats vond (Herngreen & de Boer, 1974).

Aan het eind van de Onder-Malm vond de Laat-Kimmerische Fase plaats, waardoor grote delen van Midden-Nederland werden opgeheven. De hierop volgende erosie sneed in Oost-Twente en de Achterhoek slechts tot in de Lias in. De sedimentatie werd vanuit het oosten en noordoosten hervat in het Boven-Kimmeridgien met transgressieve mariene afzettingen, in het Portlandien gevolgd door gesteenten met indampingszouten, afgezet in een van de open zee afgesloten bekken (Münder Mergel). Na een mariene inschakeling aan het eind van de Jura (Serpuliet) werd in het vroegste Onder-Krijt de continentale sedimentatie voortgezet (Wealden), gevolgd door een mariene transgressie in het Valanginien. In het Bekken van Alstätte vond in deze tijd nog sedimentatie in continentale facies plaats (Kuhfeld-Lagen), doch later drong ook hier de transgressie door.

De Onder-Krijt afzetting werd in Nederland lokaal onderbroken door een opheffing, met daaraan gepaard gaande erosie aan het eind van het Aptien. In het Albien breidde de Krijt-transgressie zich naar het zuiden uit, waarbij ook de Achterhoek door de zee werd overspoeld. Hierna volgde de afzetting van mergels en krijtkalken in het Boven-Krijt, die al halverwege dit tijdvak werd onderbroken door de positieve tektonische bewegingen en deformaties van de Subhercynische Fase. De sedimentatie ging in het hogere Boven-Krijt buiten het besproken gebied voort in het oostelijker gelegen Bekken van Münster en in het gebied ten noorden en het noordoosten van Twente.

Aan het einde van het Krijt vonden de bodembewegingen van de Laramische Fase plaats. Hierdoor werd in geheel Nederland, met uitzondering van Zuid-Limburg, de sedimentatie onderbroken.

De erosie als gevolg van de subhercynische en laramische opheffingen sneed in Oost-Nederland diep in, zoals te zien is op fig. 2.4.2, een kaart waarbij het Kenozoicum is afgedekt, en op fig. 2.4.1. Deze kaart toont de ligging van Oost-Twente en de Achterhoek tussen het Oost-Nederlandse Triasplateau (ontstaan als gevolg van de subhercynisch/laramische bewegingen) en het Krijtbekken van Münster. Harsveldt (1963, 1966) heeft een uitvoerige publicatie met een gedetailleerde afgedekte kaart aan het gebied rond Winterswijk gewijd. Haanstra (1961) geeft een overzicht en enige tektonische details van het Twentse gebied. Hieruit blijkt dat de zoutpijler van Weerselo subhercynisch/lamarisch is ontstaan langs een breuk die laat-kimmerisch in aanleg was.

De sedimentatie in Oost-Nederland vond waarschijnlijk weer voortgang in een litoraal-mariene facies in het Boven-Paleoceen, doch afzettingen uit

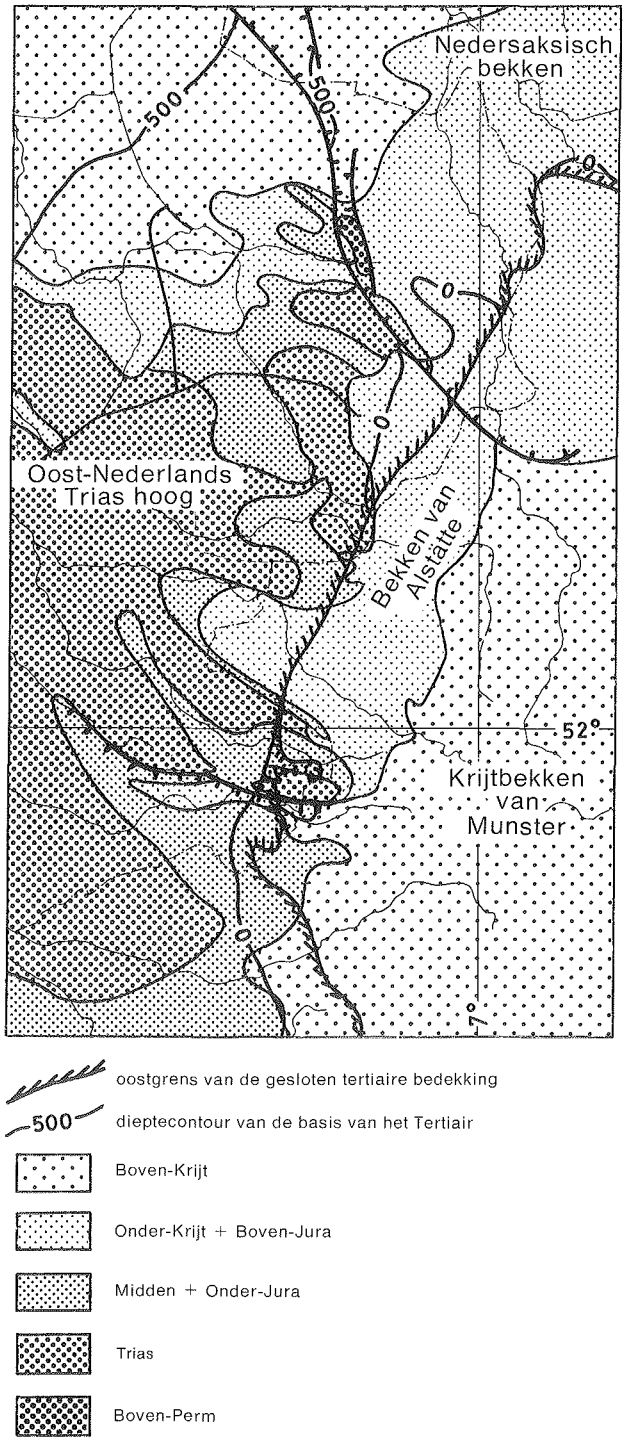
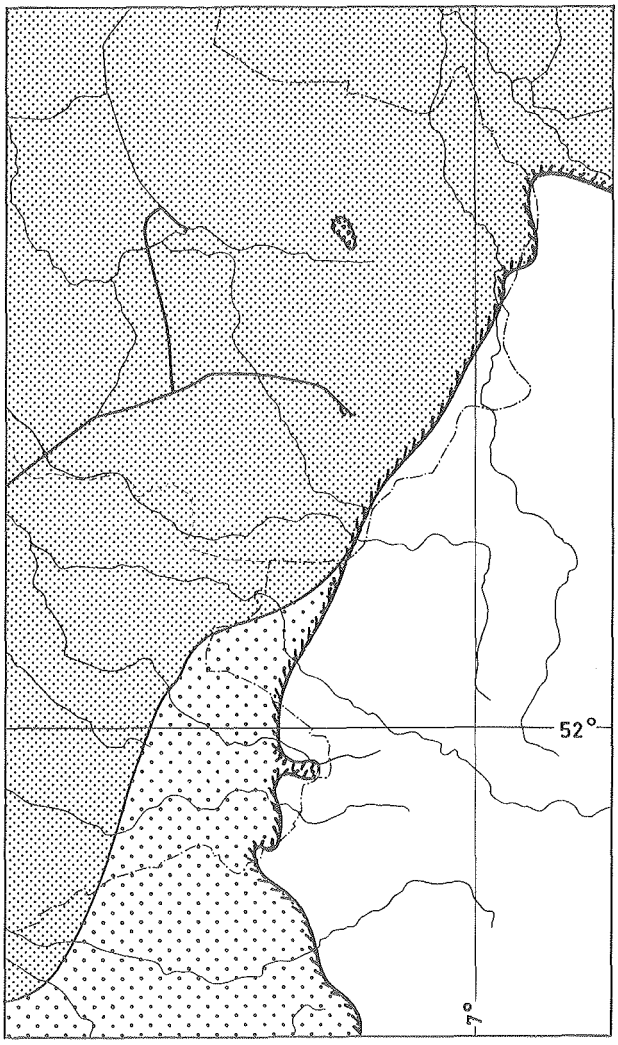


fig. 2.4.2 Afgedekte kaart van het pre-Tertiair, 1:600.000 (naar Heybroek, 1974, Harsveldt, 1963 en Pannekoek, 1956)

dit tijdvak zijn slechts zeer lokaal aanwezig (o.a. boven de zoutpijler van Weerselo), waarbij wordt aangenomen dat erosie vroeg in het Onder-Eoceen het Paleoceen grotendeels heeft verwijderd (Keizer and Letsch, 1963). Later in het Eoceen werd het gebied bedekt door overwegend mariene sedimenten, die door erosie in het Onder-Oligoceen in de oostelijke Achterhoek geheel zijn verdwenen. Het Midden-Oligoceen werd vervolgens over het gehele gebied afgezet. Latere erosie in het Mioceen en het Kwartair bepaalde de huidige grens van de tertiaire bedekking. De transgressive bedekking van de mesozoische ondergrond door het Tertiair is op fig. 2.4.3 te zien.



oostgrens van de gesloten tertiaire bedekking

Midden-Oligoceen

Onder-Eoceen

Boven-Paleoceen

fig. 2.4.3 Verbreiding van de transgressieve tertiaire afzettingen op het mesozoïsche oppervlak (supercrop), 1:600.000 (naar Faber, 1974 en Keizer and Letsch, 1963)

Literatuur

Bentz, A., 1933: Erläuterungen geol. Karte Preussen u. benachb. dtsch. Ld. 1:25.000, Blatt Altstätte, Blatt Stadlohn, Blatt Oeding, Lief. 293.

Burck, H. D. M. en de Vries, 1942: De excursie naar Twente en de Achterhoek op 12 en 13 september 1941. Geol. en Mijnb., N.S. 4; pp. 3–8.

Faber, F. J., 1947: Geologie van Nederland, deel III: Nederlandse Landschappen. Noorduijn & Zn., Gorinchem, 2de druk; 381 p.

Haanstra, U., 1961: Het pre-Tertiair van Twente. In 'Geologie van Twente', red. Anderson, W. F., H. Krul & J. H. Römer. Uitg. Nederlandse Geologische Vereniging; pp. 115–123.

Harsveldt, H. M., 1963: Older conceptions and present view regarding the Mesozoic of the Achterhoek with special mention of the Triassic limestones. Verh. Kon. Ned. Geol. en Mijnbouwk. Gen., Geol. Ser., 21–2; pp. 109–130.

Harsveldt, H. M., 1966: De diepere ondergrond van Winterswijk. Grondboor en Hamer, 2; pp. 58–65.

Hart, B. B. 't, 1969: Die Oberjura- und Unterkreide-Sedimenten in den nördlichen und östlichen Niederlanden. Erdöl und Kohle, 22; pp. 253–261.

Herngreen, G. F. W., 1973: The so-called Kuhfeld Beds in the eastern Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 24; pp. 127–137.

Herngreen, G. F. W. and K. F. de Boer, 1974: Palynology of Rhaetian, Liassic and Dogger strata in the eastern Netherlands. Geol. en Mijnb., 53; pp. 343–368.

Heybroek, P., 1974: Explanation to tectonic maps of the Netherlands. Geol. en Mijnb., 53; pp. 43–50.

I.U.G.S. International Commission on Geochronology, 1967: Int. Geol. Rev., 9, no. 3; pp.

Kemper, E., 1968: Geologischer Führer durch die Grafschaft Bentheim und die angrenzenden Gebiete. Verlag Heimatverein der Grafschaft Bentheim Nordhorn, 3; 172 p.

Keyzer, J. and W. J. Letsch, 1963: Geology of the Tertiary in the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. en Mijnbouwk. Gen., Geol. Ser., 21–2; pp. 147–172.

Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische Geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1: 200.000. Staatsuitg., 's-Gravenhage; 154 p.

Schott, W. et al., 1969: Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwest-Deutschland u. Erläuterungen. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover.

Waterschoot van der Gracht, W. A. J. M. van, 1918: Eindverslag over de onderzoekingen en uitkomsten van den Dienst der Rijksopsporing van Delfstoffen in Nederland 1903–1916. Amsterdam; 664 p.

Wolburg, J., 1969: Zum Wesen der Altkimmerischen Hebung mit einem Überblick über die Muschelkalk- und Keuper-Entwicklung in N.W.-Deutschland. Z. deutsch. geol. Ges., 119 (1967); pp. 516–523.

3. Toelichtingen bij kaarten en profielen

3.1. TOELICHTING BIJ DE GEOLOGISCHE OVERZICHTSKAART VAN NEDERLAND, 1:600.000

door C. J. van Staalduinen en S. D. van Veen

Abstract

A new geological map of The Netherlands, 1:600.000, is presented. The descriptions of the map units include summaries of lithological properties and distributional areas.

Special attention is paid to the explanation of a composite system in the legend used for Holocene deposits of the Westland Formation. By means of this system the map presents information on outcropping deposits as well as underlying lithological units.

Inhoud

3.1.1. Inleiding
- 3.1.1.1. Historisch overzicht
- 3.1.1.2. Verantwoording over de samenstelling
- 3.1.1.3. Topografie

3.1.2. Legenda

3.1.3. Kaartbeschrijving van holocene formaties en afzettingen
- 3.1.3.1. Westland Formatie
- 3.1.3.2. Betuwe Formatie
- 3.1.3.3. Formatie van Kootwijk
- 3.1.3.4. Formatie van Singraven
- 3.1.3.5. Formatie van Griendtsveen

3.1.4. Kaartbeschrijving van pleistocene formaties van lokale herkomst
- 3.1.4.1. Formatie van Twente
- 3.1.4.2. Formatie van Asten
- 3.1.4.3. Formatie van Eindhoven

3.1.5. Kaartbeschrijving van glacigene formaties
- 3.1.5.1. Formatie van Drente
- 3.1.5.2. Formatie van Peelo

3.1.6. Kaartbeschrijving van pleistocene formaties die opgebouwd zijn door de grote rivieren
- 3.1.6.1. Formatie van Kreftenheye
- 3.1.6.2. Formatie van Veghel
- 3.1.6.3. Formatie van Urk
- 3.1.6.4. Formatie van Sterksel
- 3.1.6.5. Formatie van Kedichem
- 3.1.6.6. Formatie van Tegelen
- 3.1.6.7. Gestuwde pleistocene afzettingen, ouder dan de Formatie van Drente

3.1.7. Kaartbeschrijving van tertiaire en oudere afzettingen
- 3.1.7.1. Kiezeloöliet Formatie
- 3.1.7.2. Formatie van Oosterhout
- 3.1.7.3. Miocene, oligocene en eocene afzettingen
- 3.1.7.4. Gestuwde tertiaire afzettingen
- 3.1.7.5. Krijt
- 3.1.7.6. Midden-Trias
- 3.1.7.7. Boven-Carboon

3.1.8. Breuken

3.1.9. Geologische en geomorfologische reservaten en natuurmonumenten

3.1.1. Inleiding

3.1.1.1. Historisch overzicht

De eerste geologische kaart van Nederland, 1:200.000, werd door Dr. W. C. H. Staring vervaardigd. Deze kaart is in een aantal kaartbladen verschenen in de jaren tussen 1858 en 1867.

Vervolgens werd in 1918 onder leiding van Dr. Ir. P. Tesch met een geologische kaartering van Nederland begonnen met als doel het maken van een voor die tijd moderne geologische kaart van Nederland, 1:50.000. Op enkele kaartbladen na kwam deze kaart in 1951 gereed. De bijbehorende toelichting werd onder de titel 'De Geologische Kaart van Nederland en hare beteekenis voor verschillende doeleinden' gepubliceerd als Mededeling nr. 1 van de Geologische Stichting (Tesch, 1942).

Toen de kaart vrijwel in zijn geheel was verschenen heeft de Geologische Stichting de publikatie van de 'Kleine Geologische Overzichtskaart van Nederland, 1:600.000', ter hand genomen. Deze kaart is een vereenvoudiging van de geologische kaart, 1:50.000, waarbij zoveel mogelijk de opzet en de weergave van de 1:50.000-kaart zijn gevolgd. De verklarende tekst bij de overzichtskaart is van de hand van Ir. H. D. M. Burck en is in 1947 in een aparte uitgave van de Geologische Stichting verschenen.

Tussen 1936 en 1953 heeft het Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap de Geologische Kaart, 1:200.000, uitgegeven. Deze 'verkleining' van de Geologische Kaart, 1:50.000, werd samengesteld door de Geologische Stichting, evenals de daarbij behorende toelichting (Pannekoek, 1956).

In de vijftiger jaren is begonnen met de opname voor een nieuwe geologische kaart, 1:50.000. Op dit moment is ongeveer een derde deel van Nederland gekaarteerd. Van de gekaarteerde gebieden zijn 9 kaartbladen, ieder bestaande uit een geologische kaart, een aantal bijkaarten, profielen en een toelichting verschenen (fig. 3.1.1). Tengevolge van deze kaartering is de kennis van de geologie van Nederland sterk toegenomen, waarbij resp. de inzichten en de opvattingen in belangrijke mate zijn verdiept en gewijzigd. De kaart geeft om die redenen meer gedetailleerde informatie dan de vóór die tijd verschenen geologische kaarten.

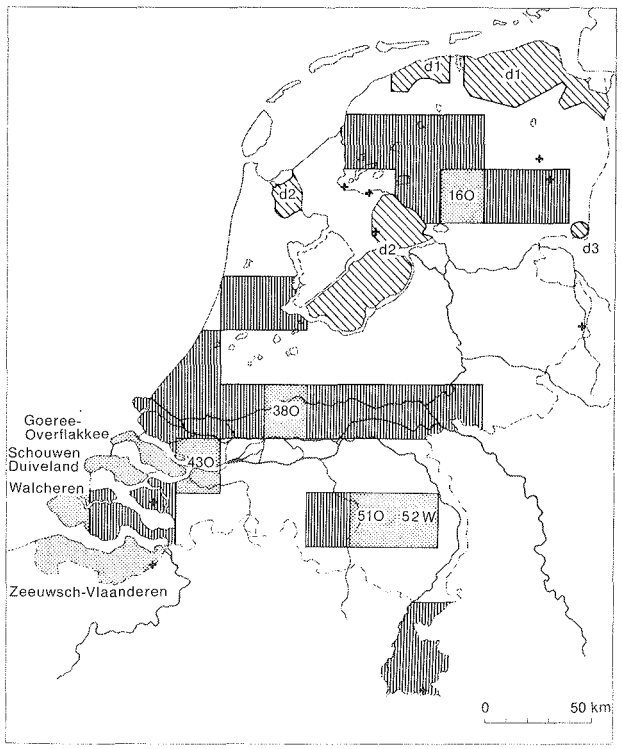
Mede door het feit dat de oude geologische overzichtskaart, 1:600.000, niet meer voorradig is, ontstond de wens om nu al een nieuwe overzichtskaart samen te stellen, waarin de nieuwe inzichten en opvattingen over de geologie van Nederland tot uitdrukking zouden komen.

De nieuw uitgebrachte kaart is gebaseerd op de gegevens van de inmiddels gekaarteerde gebieden, aangevuld met gegevens van eerder gepubliceerde kaarten en met enkele bijdragen van andere instellingen.

3.1.1.2. Verantwoording over de samenstelling

De geologische kaart is ontleend aan de volgende gegevens (zie fig. 3.1.1):

a. Gegevens van gepubliceerde kaartbladen van de Nieuwe Geologische Kaart, 1:50.000 (1964–1974):
   Blad Goeree en Overflakkee (Hageman, 1964)
   Blad Zeeuwsch-Vlaanderen (van Rummelen, 1965)
   Blad Steenwijk Oost (16 O) (ter Wee, 1966)
   Blad Venlo West (52 W) (van den Toorn, 1967)
   Blad Gorinchem (Gorkum) Oost (38 O) (Verbraeck, 1970)
   Blad Schouwen-Duiveland (van Rummelen, 1970)
   Blad Willemstad Oost (43 O) (Verbraeck en Bisschops, 1971)
   Blad Walcheren (van Rummelen, 1972)
   Blad Eindhoven Oost (51 O) (Bisschops, 1973)
   Blad Sneek West + Oost (10 W + O) (ter Wee, in druk)
   Blad Rotterdam West (37 W) (Hageman, in druk).
b. Gegevens van door de Rijks Geologische Dienst gekaarteerde gebieden die nog niet als kaartblad zijn gepubliceerd.
c. Gegevens van andere gepubliceerde overzichtskaarten:
   Geologische Kaart van Nederland, 1:50.000 (1925–1951), Rijks Geologische Dienst en Geologische Stichting
   Bodemkaart van Nederland, 1:200.000 (1961), Stichting voor Bodemkaartering
   Blad III-1, Geomorfologie, uitgave 1974 in de Wetenschappelijke Atlas van Nederland
   Voorts niet met name genoemde publikaties van regionale aard.
d. Gegevens van andere instellingen:
   d1. Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam
   d2. Rijksdienst IJsselmeerpolders
   d3. Provinciale Planologische Dienst Drenthe
   d4. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Werkgroep Gea.



a. Nieuwe Geologische Kaart, 1:50000, gepubl.

b. gekaarteerde gebieden, niet gepubl.

c. andere gepubliceerde overzichtskaarten

d. andere instellingen
   d1 V.U. Amsterdam
   d2 Rijksdienst IJsselmeerpolders
   d3 P.P.D. Drente
   + R.I.N. (Gea)

fig. 3.1.1 Kaart met schematische indeling van de gebruikte gegevens

De onder b genoemde gegevens zijn afkomstig van de Afdeling Kaartering van de Rijks Geologische Dienst, waarvan de volgende medewerkers bijdragen aan het project hebben geleverd:
district Noord: M. W. ter Wee en B. Klijnstra
district Oost: E. A. van de Meene, T. Bruins en C. den Otter
district Midden: A. Verbraeck, J. van der Staay, M. van Meerkerk en H. Kok
district Noordwest: F. F. F. E. van Rummelen en W. van Brenkelen
district Middenwest: A. P. Pruissers
district Zuidwest: R. A. Wermuth
district Zuid: J. H. Bisschops en J. P. Broertjes
district Limburg: O. S. Kuyl en W. M. Felder.

Van de onder d. genoemde instellingen zijn gegevens verstrekt door:
W. Roeleveld voor het gebied (d1) in de provincie Groningen (zie ook Roeleveld, 1974)
J. W. Griede voor het gebied (d1) in noordoostelijk Friesland (nog niet gepubliceerd)
P. J. Ente en W. Koopstra voor de IJsselmeerpolders (d2) (gedeeltelijk gepubliceerd)
G. P. Gonggrijp voor de geologische natuurmonumenten.

De samenstellers van de geologische kaart zijn dank verschuldigd aan alle hierboven genoemde personen voor hun bijdragen. Zij willen tevens hun waardering uiten voor de medewerking bij de totstandkoming van deze kaart aan alle hier niet genoemde medewerkers van de Rijks Geologische Dienst.

3.1.1.3. Topografie

Voor de Geologische Kaart is gebruik gemaakt van de topografische kaart 1:600.000, welke als basiskaart (bijgewerkt tot 1974) dient voor kaartbladen van de Wetenschappelijke Atlas van Nederland. Deze kaart is uitgevoerd in stereografische projectie. Tussen binnen- en buitenkader is de geografische ligging van Nederland aangegeven door getalwaarden in hele en halve graden.

Plaats- en streeknamen zijn in grijs gedrukt met uitzondering van geografische namen die gebruikt zijn als formatienaam en in het kaartbeeld voorkomen. Deze namen zijn in rood gedrukt. Voor aanduiding van plaatsen is een uniforme weergave, een cirkeltje, aangehouden.

3.1.2. Legenda

Het weergeven van lithostratigrafische eenheden, die in Nederland aan of nabij het oppervlak voorkomen, is het uitgangspunt geweest bij het samenstellen van de geologische kaart. De lithostratigrafische indeling (zie ook hoofdstuk 2.1.) is voor een belangrijk deel afhankelijk van de ontstaanswijze. Om die reden treden in de legenda bij de kaart de genetische elementen op de voorgrond. De opzet van de legenda is verder gericht op een weergave van de lithostratigrafische eenheden naar hun globale ouderdom. Voor de weergave op de kaart zijn twee wezenlijk van elkaar verschillende systemen in de legenda toegepast:
het samengestelde systeem en
het enkelvoudige systeem.

In het *samengestelde systeem* worden, behalve de afzetting aan het oppervlak, ook de daaronderliggende afzettingen in het kaartbeeld tot uiting gebracht volgens het profieltype-systeem dat gebruikt wordt voor een deel van de legenda van de Nieuwe Geologische Kaart, 1:50.000 (Hageman, 1963). Het samengestelde systeem geldt voor de afzettingen van de Westland Formatie.

In het *enkelvoudige systeem* wordt uitsluitend de formatie, of de afzetting, die aan of nabij het oppervlak voorkomt, weergegeven. Dit enkelvoudige systeem geldt voor de overige holocene formaties: Betuwe Formatie, Formatie van Kootwijk, Formatie van Singraven, Formatie van Griendtsveen en voor de pleistocene en oudere formaties.

De holocene afzettingen zijn t.o.v. pleistocene- en oudere afzettingen op vele punten verschillend. Daarom is naast een verschil in kleur ook in het coderen van de legenda-eenheden een onderscheid tussen deze groepen van afzettingen gemaakt. Voor de holocene legenda-eenheden is een lettercodering gebruikt en voor de overige pleistocene en oudere legenda-eenheden een cijfercodering.

Bij de kleurkeuze voor de kaart is in het algemeen getracht om genetisch bij elkaar behorende formaties en afzettingen in verwante kleuren weer te geven, waarbij de oudere formaties door donkerder tinten zijn weergegeven dan de jongere.

3.1.3. Kaartbeschrijving van holocene formaties en afzettingen

3.1.3.1. Westland Formatie

Zoals vermeld onder 3.1.2. is in de legenda voor de Westland Formatie een samengesteld systeem toegepast. Het verbreidingsgebied van de formatie en de samenstelling zijn beschreven onder 2.1.5.1. (fig. 2.1.48). Het voorkomen van de Westland Formatie wordt in het westen begrensd door de Noordzee. De oostelijke en zuidelijke begrenzing ligt in het algemeen daar, waar pleistocene afzettingen aan het oppervlak komen. Een uitzondering hierop is het voorkomen in het rivierengebied waar de grens ligt met de eveneens uit holocene afzettingen bestaande Betuwe Formatie. De grens tussen deze beide formaties is tamelijk kunstmatig. Het criterium voor de grensbepaling is: de aanwezigheid van aaneengesloten Hollandveen in afzettingen van de Westland Formatie (F-type).

In Friesland en Groningen is de begrenzing tussen beekafzettingen van de Singraven Formatie en de holocene profieltypen (veelal G-type) eveneens kunstmatig.

In het samengestelde systeem komen Jonge- en Oude Duin- en Strandafzettingen voor in profieltypen die zijn aangeduid met lettercode 'S' (zie fig. 3.1.2). Daarnaast komen de Afzettingen van Calais, de Afzettingen van Gorkum, het Hollandveen, de Afzettingen van Duinkerke en de Afzettingen van Tiel, soms afzonderlijk of in combinaties met elkaar in profieltypen voor, die zijn aangeduid met de lettercodes A t/m G (zie fig. 3.1.2).

Enkele van deze laatste profieltypen, n.l. die met de lettercodes A, B en D, worden met de onderliggende oude Duin- en Strandafzettingen tot profieltypen gecombineerd met de toevoeging 'S' in de lettercode, b.v. 'AS' (zie fig. 3.1.2).

Beschrijving van de profieltypen
S-typen

In de S-typen zijn de kustafzettingen gecombineerd. Deze kustafzettingen worden genetisch onderverdeeld in strandafzettingen, die een mariene en eolische ontstaanswijze hebben en in duinafzettingen, die hoofdzakelijk eolisch zijn ontstaan (zie fig. 3.1.2).

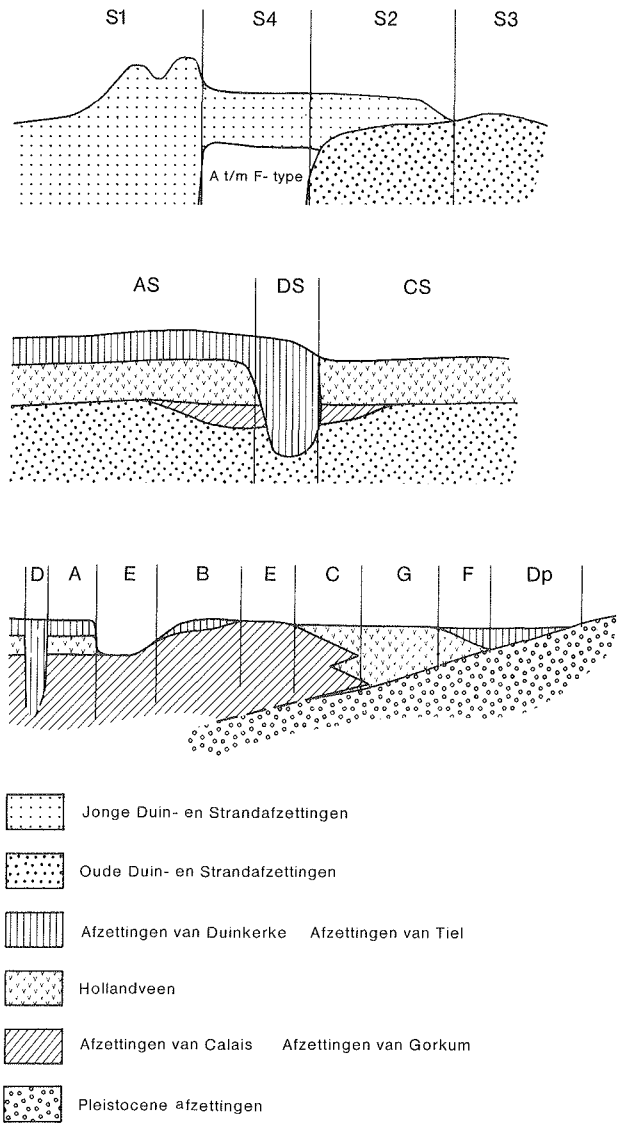


fig. 3.1.2 Profieltypen van de Westland Formatie

S1 Tot de S1-typen worden uitsluitend de Jonge Duin- en Strandafzettingen gerekend, die na 1100 n. Chr. zijn gevormd. Deze afzettingen zijn van een zodanig grote dikte dat onderliggende afzettingen niet in het profieltype zijn opgenomen. Het voorkomen van dit type is beperkt tot de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden en tot de Waddeneilanden.

De Jonge Duin- en Strandafzettingen bestaan uit matig fijn tot matig grof zand. In het zuiden zijn de afzettingen kalkrijk, in het noorden kalkarm.

S2 In het S2-type liggen Jonge Duin- en Strandafzettingen op Oude Duin- en Strandafzettingen van vóór 1100 n. Chr. Dit type komt langs het overgrote deel van de Noordzeekust voor. Lithologisch zijn de verschillen tussen de beide afzettingen gering. Zij worden soms van elkaar gescheiden door veenlagen, ontstaan in voormalige strandvlakten en soms door bodemprofielen, in hogere delen van het Oude Duinlandschap.

S3 Met het S3-type worden de Oude Duin- en Strandafzettingen aangegeven die na 1100 n. Chr. niet door jonge duinzanden werden overstoven en thans aan het oppervlak voorkomen. In het landschap zijn dit lage, langgerekte ruggen, door duinzand bedekte strandwallen, die veelal aan de landzijde van de verbreiding van de kustafzettingen worden aangetroffen; dit in tegenstelling tot de reliëfrijkere en hogere jonge duinen van de Jonge Duinafzettingen. Ten noorden van Bergen zijn deze afzettingen kalkarm, ten zuiden van Bergen kalkrijk.

S4 Het S4-type omvat Jonge Duin- en Strandafzettingen die liggen op één der profieltypen A t/m F, bestaande uit mariene, estuariene en lagunaire afzettingen, te weten: de Afzettingen van Duinkerke, Hollandveen en Afzettingen van Calais. De schaal van de kaart laat niet toe deze onderliggende profieltypen afzonderlijk weer te geven.

Het S4-type komt langs de kusten van Walcheren, Goeree en Voorne voor, alsmede in het Westland en in Noord-Holland ten noorden van Petten.

AS-, CS- en DS-typen

Met deze typen zijn profieltypen met mariene, estuariene en lagunaire afzettingen, liggend op Oude Duin- en Strandafzettingen aangegeven (zie fig.
AS 3.1.2). In het AS-type komen op de Oude Duin- en Strandafzettingen de Afzettingen van Calais, het Hollandveen en de Afzettingen van Duinkerke voor, waarbij de Afzettingen van Calais niet in alle gevallen aanwezig behoeven te zijn.

CS Het CS-type onderscheidt zich van het AS-type door het ontbreken van de Afzettingen van Duinkerke.

DS In het DS-type liggen op de Oude Duin- en Strandafzettingen uitsluitend Afzettingen van Duinkerke.

Het AS- en het DS-type komen veelal voor langs de mondingsgebieden van vroegere estuaria. Genoemd kunnen worden de mondingen van de Utrechtse Vecht, de Oude Rijn, het Oer-Y en het Rijn-Maas-estuarium. Het CS-type vinden we vooral terug in strandvlakten tussen de strandwallen.

A t/m G-typen (fig. 3.1.2):

Deze typen zijn verdeeld in twee groepen nl. een groep waarin mariene, estuariene en lagunaire afzettingen aan het oppervlak liggen en een groep waarin perimariene afzettingen aan het oppervlak voorkomen. De afzettingen van de eerste groep zijn: Afzettingen van Duinkerke, Hollandveen en Afzettingen van Calais; die van de tweede groep: Afzettingen van Tiel, Hollandveen en Afzettingen van Gorkum. De lithologische samenstelling van deze afzettingen bestaat in het algemeen uit afwisselingen van klei, veen en fijn zand, waarbij de zandige afzettingen veelal voorkomen in geulopvullingen en in de onderste delen van de Afzettingen van Calais.

Ten aanzien van het verschil tussen de Afzettingen van Duinkerke en de Afzettingen van Tiel is op de kaart slechts een onderscheid aangebracht in de codering (A tegenover At) en niet in de kleur.

De Afzettingen van Calais en de Afzettingen van Gorkum worden onderling niet onderscheiden als ze worden bedekt door jongere afzettingen. Ze worden dan aangegeven met de term 'Afzettingen van Calais/Gorkum'. In de gevallen waarbij één van beide afzettingen aan het oppervlak ligt wordt, evenals bij de Afzettingen van Duinkerke en de Afzettingen van Tiel, het onderscheid alleen door een codering weergegeven (Afzettingen van Calais — E, Afzettingen van Gorkum — Eg).

Het A–At-type is het meest volledige profieltype A–At
van de Westland Formatie (zie fig. 3.1.2). In het algemeen kan gesteld worden dat het voorkomen van dit type beperkt is tot gebieden waar erosie geen belangrijke invloed heeft gehad, zodat het aanwezige Hollandveen en de Afzettingen van Calais gespaard zijn gebleven. In de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden en in Friesland en Groningen zijn de voorkomens aanwijsbare erosieresten van de Duinkerke-transgressies. Het At-type komt vooral voor in het veel beter beschermde gebied achter de duinen en strandwallen. Het At-type is in veel minder sterke mate doorsneden door geulen.

Het B–Bt-type is een type met Afzettingen van B–Bt
Duinkerke of Tiel op de Afzettingen van Calais/Gorkum. Het Hollandveen is bij het B–Bt-type afwezig.

Er zijn twee manieren waarop een B-type kan zijn ontstaan:

a. De Afzettingen van Calais/Gorkum hebben in de eindfase van hun sedimentatie een zodanig hoge ligging verkregen dat hierop veengroei niet meer mogelijk was. De Afzettingen van Duinkerke en de Afzettingen van Tiel hebben in dit geval meestal zonder enige vorm van voorafgaande erosie de Afzettingen van Calais/Gorkum bedekt. Voorbeelden van dit B–Bt-type zijn de voorkomens op Schouwen-Duiveland en het geulsysteem bij Leerdam.
b. De Duinkerke-transgressies hebben zodanig eroderend gewerkt dat het Hollandveen werd opgeruimd terwijl de Afzettingen van Calais/Gorkum geheel of grotendeels werden gespaard. Tot deze categorie van B-typen behoort het grootste deel van de voorkomens.

Het C-type geeft het Hollandveen op de Afzettingen C
van Calais/Gorkum weer. Het type komt achter de beschermende duinenrij voor. Op de kaart zou het C-type grote, vrijwel aaneengesloten, vlakken bedekken, ware het niet dat door ontvening en latere inpoldering in Zuid- en Noord-Holland grote gebieden (droogmakerijen) zonder Hollandveen zijn ontstaan (E-typen).

Het D–Dt-type geeft de geulsystemen weer, die D–Dt
zich ingesneden hebben in de bestaande afzettingen

van het Hollandveen en/of de Afzettingen van Calais/Gorkum en die vervolgens opgevuld zijn met sediment van de Afzettingen van Duinkerke en/of Tiel. Het D-type toont de erosiegeulen van de Duinkerke-transgressies en het Dt-type de geulsystemen van de rivieren in het perimariene gebied.

Dp–Dpt Een variant van het D–Dt-type is het Dp–Dpt-type. Dit type is gebruikt daar, waar Afzettingen van Duinkerke door de hoge ligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen direct op de pleistocene afzettingen liggen. Voorbeeld hiervan is het voorkomen in Zeeuwsch-Vlaanderen, waar Afzettingen van Calais en Hollandveen nooit zijn afgezet. De grote voorkomens van dit type in de Noordoostpolder en de Flevopolders zijn het gevolg van een andere ontstaanswijze. In deze gebieden heeft aanvankelijk wel veenvorming plaats gehad maar het open water van het IJsselmeer heeft dit veen geheel of vrijwel geheel opgeruimd, waardoor ook hier het profieltype Dp, Afzettingen van Duinkerke op pleistocene afzettingen kon ontstaan.

E–Eg Het E–Eg-type geeft de Afzettingen van Calais of de Afzettingen van Gorkum aan het oppervlak weer. Het E-type komt voor waar het Hollandveen is afgegraven, waardoor de onderliggende Afzettingen van Calais aan het oppervlak liggen (droogmakerijen). Een voorbeeld van het Eg-type is het geulsysteem ten noorden van Gorinchem, waar de Afzettingen van Gorkum t.g.v. een hoge ligging nu aan het oppervlak voorkomen.

F–Ft Onder F–Ft-typen worden verstaan de combinaties van de Afzettingen van Duinkerke of Afzettingen van Tiel met het Hollandveen. Ten gevolge van de hoge ligging van het pleistocene oppervlak konden hier geen Afzettingen van Calais/Gorkum worden afgezet. Onder de daaropvolgende daarvoor gunstige omstandigheden vond veenvorming plaats, Hollandveen, gevolgd door bedekking met Afzettingen van Duinkerke of Tiel. Het voorkomen van dit type is daardoor gebonden aan die gebieden waar de pleistocene ondergrond hoog voorkomt, hoofdzakelijk langs de randen van de dagzomende pleistocene afzettingen.

G Het G-type heeft eenzelfde ontstaanswijze als het F-type met dit verschil dat de veengroei niet onderbroken is door overstromingen van Duinkerke-transgressies. De voorkomens van dit type treffen we aan in de brede zoom aan de westzijde van het pleistocene landschap in Friesland en Overijssel alsmede aan de westzijde van de Utrechtse heuvelrug.

3.1.3.2. Betuwe Formatie

De Betuwe Formatie is geïntroduceerd voor afzettingen van de grote rivieren (zie 2.1.4.1.). De formatie wordt weergegeven volgens een enkelvoudig legenda systeem (zie 3.1.2.), waarbij een onderscheid is gemaakt in:

Bs Stroomgordelafzettingen (Bs) en
Bk Komafzettingen (Bk)

Kenmerkend voor deze afzettingen zijn rivierzanden en rivierkleien waarin aaneengesloten veenvoorkomens ontbreken (zie ook 3.1.3.1.). Daarnaast komen grind en veen in restgeulen voor. Het belangrijkste voorkomen ligt in het oostelijk deel van Midden-Nederland tussen Rijn en Maas. Daarnaast zijn ook afzettingen van de IJssel, de Oude IJssel, de Maas en de Roer in deze categorie samengebracht.

3.1.3.3. Formatie van Kootwijk

In de Formatie van Kootwijk (K) zijn samengebracht de afzettingen die voorheen als stuifzand werden aangegeven en een deel van de afzettingen die vroeger als rivierduinen zijn aangeduid (zie 2.1.3.1.). K

Het stuifzand bestaat uit fijn zand dat door windwerking is ontstaan. De stuifzanden zijn veelal gebonden aan voorkomens van dekzand van de Formatie van Twente (voorbeelden: Noord-Brabant, Westelijke Veluwe en Drente). De afzettingen van de Formatie van Kootwijk, die voorheen tot de rivierduinen werden gerekend, zijn veelal gelegen langs recente en voormalige rivieren (voorbeelden: voorkomens langs de Maas in Noord-Limburg en voorkomens langs de Oude IJssel in Oost-Gelderland).

3.1.3.4. Formatie van Singraven

Tot de Formatie van Singraven zijn de holocene afzettingen in beekdalen en in andere laag gelegen gebieden van het pleistocene gebied gerekend (zie 2.1.3.2.). Daarbij is er een onderscheid gemaakt tussen beekafzettingen die voornamelijk uit klei, leem en evt. fijn zand bestaan, de zogenaamde minerogene afzettingen (Sm), en afzettingen die voornamelijk bestaan uit organogene afzettingen (So) zoals veen, dy en gyttja. Sm So

De minerogene afzettingen treffen we vooral aan in beekdalen in Zuid-Limburg, Gelderland en Overijssel en in de benedenloop van beken in Noord-Brabant.

Organogene beekafzettingen van de Formatie van Singraven komen vooral voor op het keileemplateau van Drente en Friesland en in de bovenloop van beken in Noord-Brabant.

3.1.3.5. Formatie van Griendtsveen Gr

Met de Formatie van Griendtsveen (Gr) zijn de afzettingen aangeduid die voorheen als 'hoogveen' werden betiteld (zie 2.1.3.3.). Het zijn de restanten van hoogvenen, grotendeels in ontginning, in de pleistocene gebieden van Nederland. De omtrekken van deze kaarteenheid zijn veelal hoekig, hetgeen het gevolg is van systematische afgravingen. In sommige gevallen is de grootte van het voorkomen op de kaart enigszins overdreven. Om een volledig verlies van het hoogveen te voorkomen heeft een aantal van deze veenvoorkomens inmiddels een beschermde status verkregen.

3.1.4. Kaartbeschrijving van pleistocene formaties van lokale herkomst

3.1.4.1. Formatie van Twente

De Formatie van Twente is op de kaart in de volgende vier legenda-eenheden onderverdeeld.

Dekzand: Dit bestaat uit zeer fijn tot matig fijn zand, waarin lokaal leemlaagjes en grindsnoertjes kunnen voorkomen; plaatselijk komt ook löss voor, b.v. langs de zuidoostelijke Veluwezoom bij Rheden. Het ontstaan is hoofdzakelijk aan windwerking te danken. Verschijnselen t.g.v. vorstwerking komen veelvuldig voor. 1

Dekzand komt in vrijwel het gehele pleistocene landschap in een dunne bedekking aan het oppervlak voor, vandaar de naam dekzand. Op de kaart zijn vnl.

de omvangrijke voorkomens, zoals de dekzandruggen met dikten van enkele meters aangegeven. Deze dekzandruggen hebben in veel gevallen een duidelijke zuidwest-noordoost gerichte lengterichting. De plaats van dekzandruggen is in veel gevallen gebonden aan dalsystemen waar het sediment is uitgewaaid. Daarnaast komt veel dekzand voor in de beschutting van reeds aanwezige hoogten, b.v. westelijke Veluwe en langs de Utrechtse Heuvelrug.

De dunne voorkomens komen tot uiting in de terminologie die aan de legenda-eenheden van onderliggende formaties is gegeven.

2 Fluvioperiglaciale afzettingen (zonder herkenbare dekzandbedekking): Dit zijn afzettingen met grote variatie in samenstelling, variërend van klei met plantenresten, tot fijn en matig grof zand met houtresten, veen en leem. De eenheid omvat sediment van smeltwaterbeken en riviertjes, plaatselijk gemengd met dekzand. In het sediment komen kenmerken van solifluctie (glijding langs hellingen), cryoturbatie (vorstwerking) en fijne structuren van afzettingen door beken en rivieren voor.

Het voorkomen van deze legenda-eenheid is vrijwel beperkt tot het betrekkelijk laaggelegen gebied ten noorden van Hengelo.

3 Fluvioperiglaciale afzettingen bedekt met dun dekzand: Dit is een combinatie van de eerste twee eenheden, d.w.z. dat óp de fluvioperiglaciale afzettingen meestal een dunne herkenbare bedekking van dekzand voorkomt.

Fluvioperiglaciale afzettingen bevinden zich in laaggelegen delen van het pleistocene landschap, b.v. de opvulling van de Centrale Slenk in Noord-Brabant, de Gelderse Vallei, lage gebieden van de Achterhoek en het lage gebied ten noordoosten van de Hondsrug.

- - - Löss in Zuid-Limburg: Deze vnl. uit leem en zeer
- - - fijn zand bestaande eenheid is zeer typisch voor Zuid-
Löss Limburg. De löss vormt daar de vruchtbare bedekking van oudere formaties. Om de door löss bedekte oudere formaties niet aan het kaartbeeld te onttrekken is het lössvoorkomen met rode, horizontale onderbroken lijntjes over de kleuren van de oudere formaties aangegeven.

3.1.4.2. Formatie van Asten

6 De Formatie van Asten omvat de veenvoorkomens van Eemien-ouderdom, die onder de Formatie van Twente liggen (zie 2.1.3.5.). Op de kaart is het veenvoorkomen met een dunne dekzandbedekking op de Peelhorst aangegeven. Meer geïsoleerde voorkomens aan of nabij het oppervlak elders in het land zijn vanwege de geringe afmetingen uit het kaartbeeld gelaten.

3.1.4.3. Formatie van Eindhoven

7 De Formatie van Eindhoven is qua samenstelling vrijwel identiek aan de Formatie van Twente (zie 2.1.3.6). Ook hier hebben we te maken met eolische zanden, löss en fluvioperiglaciale afzettingen. De formatie komt aan het oppervlak voor in Noord-Brabant langs de begrenzing van Peelhorst en Centrale Slenk. De formatie ligt in andere delen van Noord-Brabant onder de Formatie van Twente en is daarvan op sommige plaatsen gescheiden door de Formatie van Asten. In Noord-Nederland ligt de formatie onder de Formatie van Drente. Op slechts enkele plaatsen komt hier de formatie aan het oppervlak voor. Voor de schaal van deze kaart zijn deze voorkomens echter te gering van omvang om aan te geven.

3.1.5. Kaartbeschrijving van glacigene formaties

3.1.5.1. Formatie van Drente

In de Formatie van Drente zijn alle glacigene afzettingen, die tijdens de Saale-ijstijd zijn afgezet, samengevat. De formatie is beschreven onder 2.1.2.1.; de verschijnselen die tot het ontstaan hebben geleid, zijn besproken in 3.4.

De voornaamste component van deze formatie is grondmorene, die veelal uit keileem bestaat. Op de kaart is een onderscheid gemaakt tussen grondmorene aan het oppervlak (8) en grondmorene met 8
een dunne bedekking van de Formatie van Twente (9). Daarnaast zijn er een aantal soorten smeltwater- 9
afzettingen, in samenstelling variërend van klei tot grof grindhoudend zand. Deze smeltwaterafzettingen zijn op de kaart samengebracht onder fluvioglaciale afzettingen (10). 10

De grondmorene aan het oppervlak (8) komt uitsluitend voor in de Achterhoek.

De grondmorene met een dunne bedekking (9) komt voor in het grote Fries-Drentse grondmoreneplateau, in Twente en in de Achterhoek.

De fluvioglaciale afzettingen (10) komen vooral voor langs de randen van de grote stuwwallen, b.v. langs de stuwwallen van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. De meest noordelijke voorkomens van fluvioglaciale afzettingen liggen in Drente. Langs de stuwwal ten zuidoosten van Nijmegen liggen deze afzettingen nabij het oppervlak.

Aangezien de landijsbewegingen tijdens het Saalien ook voor stuwing van het bestaande oppervlak hebben gezorgd, zijn ook gestuwde afzettingen die in relatie staan met grondmorene, in kaart gebracht. Deze afzettingen hebben een rood gekruist raster toebedeeld gekregen.

Een onderscheid is gemaakt tussen grondmorene die op gestuwde oudere afzettingen (11) voorkomt 11
en tussen grondmorene die met de oudere afzettingen is meegestuwd (12). 12

Grondmorene op oudere gestuwde afzettingen (11) treffen we uitsluitend aan op de stuwwallen in Twente.

Gestuwde grondmorene aan het oppervlak met gestuwde oudere afzettingen (12) vinden we vooral langs de zuidrand van het Fries-Drentse keileemplateau en verder in de Noordoostpolder en het Gaasterland. Op Wieringen en op Texel komen lokaal opduikingen van gestuwde afzettingen met een grondmorenebedekking voor. Deze voorkomens gaan daar samen met grondmorenevoorkomens, waarop een dunne bedekking van de Formatie van Twente ligt.

3.1.5.2. Formatie van Peelo (zie 2.1.2.2.)

De Formatie van Peelo is een complexe eenheid, 16
bestaande uit glaciale en fluvioglaciale afzettingen. De formatie is onder te verdelen in twee lithologisch verschillende hoofdcomponenten, nl. compacte klei, de zogenaamde potklei en fijne tot grove zanden voor

de rest van de afzettingen. Het voorkomen van de formatie aan of nabij het oppervlak is beperkt tot Drente en zuidoostelijk Groningen. Ten noorden van de lijn Assen-Wildervank komt vnl. potklei voor. Ten zuiden van deze lijn liggen de zandige afzettingen (zie ook fig. 2.1.3).

3.1.6. Kaartbeschrijving van pleistocene formaties, die opgebouwd zijn door grote rivieren

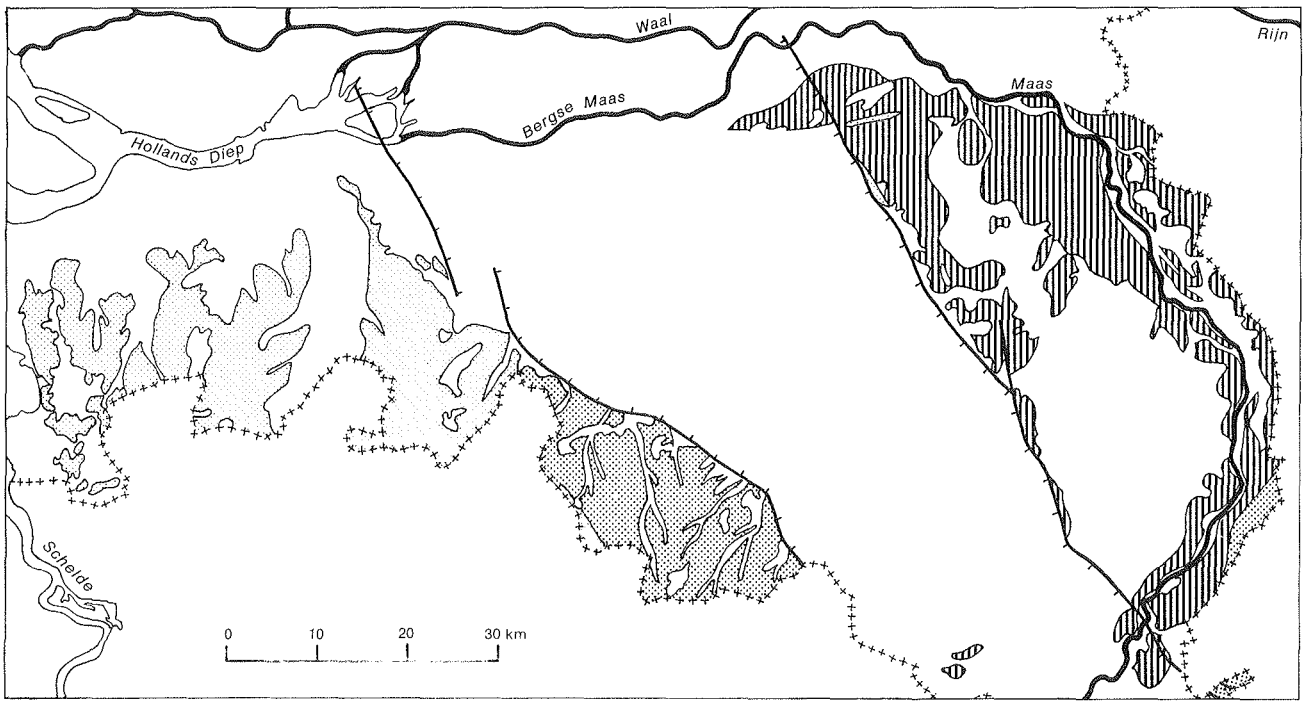
De formaties van deze categorie die op de kaart voorkomen, zijn van jong naar oud de Formatie van Kreftenheye, de Formatie van Veghel, de Formatie van Urk, de Formatie van Sterksel, de Formatie van Kedichem, de Formatie van Tegelen en de Kiezeloöliet Formatie. Deze formaties bestaan uit materiaal dat voornamelijk afkomstig is van de Rijn en in mindere mate van de Maas. Het onderscheid tussen deze formaties berust naast de verschillen in lithologie in belangrijke mate op verschillen van de zware mineraleninhoud (zie 2.1.1.).

Op de kaart liggen de genoemde formaties in Noord-Brabant en in noordelijk Limburg van west naar oost in een volgorde van afnemende ouderdom (fig. 3.1.3). Voor een deel heeft deze volgorde te maken met bewegingen in het hier aanwezige slenken- en horstensysteem, waardoor ten westen van de Centrale Slenk de oudere formaties aan het oppervlak komen. Voor een ander deel heeft de volgorde te maken met verlegging van de rivierloop van de Maas in oostelijke richting t.g.v. tektonische bewegingen in de Peelhorst.

3.1.6.1. Formatie van Kreftenheye

De rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye (4) bestaan overwegend uit grove, grindhoudende zanden van de Rijn en de Maas met ingeschakelde kleilagen (zie beschrijving 2.1.4.2.). Ook de genetisch met de rivierafzettingen samenhangende rivierduinafzettingen (5) behoren tot de formatie. De rivierduinen zijn vrij snel na de afzetting van de rivierafzettingen omstreeks het einde van het Weichselien tot in het begin van het Holoceen gevormd. Ze onderscheiden zich van stuifzanden van de Formatie van Kootwijk vnl. door het verschil in ouderdom.

Zuivere Rijnafzettingen komen op de kaart voor in het IJsseldal en het dal van de Oude IJssel. Rijn-Maasafzettingen komen op de kaart voor in het dal van de Maas. Het zuidelijkste voorkomen ligt bij Maaseik. Ten zuidwesten van Nijmegen wordt de formatie verder stroomafwaarts bedekt door de Betuwe Formatie. Langs de west- en zuidkant van het Maasdal ten noorden van Venray is het onderscheid tussen de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Veghel (respectievelijk Rijn- en Maassedimenten) erg moeilijk. Hiervoor is voor de weer-



Formaties van Tegelen en Kedichem (Tiglien t/m Waalien)

Formatie van Sterksel (Menapien en "Cromerien")

Formaties van Veghel, Urk en Kreftenheye (Elsterien t/m Weichselien)

breuken

fig. 3.1.3 Voorkomen van pleistocene formaties, opgebouwd door de grote rivieren, in Noord-Brabant en Noord-Limburg

gave op de kaart een oplossing gevonden in af-
15 wisselende vertikale banden in de twee kleuren van de beide formaties.

Rivierduinafzettingen (5) aan de oppervlakte komen vooral voor in het rivierengebied als opduikingen die door de Betuwe Formatie en de Westland Formatie heen steken. In lokale benaming worden de rivierduinen wel als 'donken' aangeduid.

3.1.6.2. Formatie van Veghel

14 De Formatie van Veghel bestaat uit grove grindhoudende zanden, afkomstig van de rivier de Maas (zie ook 2.1.4.3.).

Op de kaart komt de formatie voor op de Peelhorst in Noord-Brabant en op de lagere terrassen in Zuid-Limburg (Caberg- en Rothemterras).

3.1.6.3. Formatie van Urk

13 De Formatie van Urk is een Rijnafzetting en bestaat overwegend uit grove zanden, soms afgewisseld met fijnzandige trajecten en soms zelfs met klei- en veenlagen (zie 2.1.4.4.). De formatie komt in een groot deel van Nederland in de ondergrond voor, aan het oppervlak slechts langs de oostzijde van het Maasdal ten noorden van Venlo.

3.1.6.4. Formatie van Sterksel

17 De Formatie van Sterksel bestaat uit afzettingen van Rijn en Maas, die overwegend zijn afgezet als grove, grindhoudende zanden (zie ook 2.1.4.5.). De formatie komt op de kaart voor in drie gescheiden gebieden:

a. In het gebied aan de westzijde van de Centrale Slenk. Te beperkt weergegeven op fig. 3.1.3.
b. In de Maasterrassen aan de oostzijde van de Maas in Zuid- en Midden-Limburg (Valkenburgterras in Zuid-Limburg).
c. In de Gelderse Achterhoek. Deze afzettingen worden ondanks een afwijkende zware mineralen-inhoud nog tot de Formatie van Sterksel gerekend (zie 2.1.4.5.).

3.1.6.5. Formatie van Kedichem

18 Tot de Formatie van Kedichem behoren afzettingen van Rijn en Maas, afzettingen van lokale riviertjes en periglaciale afzettingen (zie 2.1.4.8.). Hierdoor is de samenstelling van het sediment complex, maar fijne zanden en kleipakketten overheersen.

De formatie komt op de kaart in Noord-Brabant ten westen van de Formatie van Sterksel voor. Daarnaast vinden we de formatie terug in het Sibbeterras in Zuid-Limburg. Hier bestaat het materiaal uit grove zanden.

3.1.6.6. Formatie van Tegelen

19 De Formatie van Tegelen bestaat uit Rijnafzettingen (uitgezonderd in Zuid-Limburg), die een complexe samenstelling hebben. De formatie kan in een aantal laagpakketten worden ingedeeld (van boven naar beneden): Klei van Tegelen, Grind van Tegelen, Klei van Belfeld en Grind van Belfeld (zie 2.1.4.9.).

De formatie komt op de kaart niet onderverdeeld voor in westelijk Noord-Brabant en in het terras van Simpelveld in Zuid-Limburg.

3.1.6.7. Gestuwde afzettingen ouder dan de Formatie van Drente

20 Tot de gestuwde afzettingen, ouder dan de Formatie van Drente kunnen, met uitzondering van de Formatie van Kreftenheye, alle onder 3.1.6. genoemde formaties behoren. Daarnaast komen ook formaties voor, bestaande uit rivierafzettingen van oostelijke herkomst, zoals de Formatie van Enschede en de Formatie van Harderwijk (beschreven resp. in 2.1.4.6. en 2.1.4.7.). In het algemeen komen Formaties van Urk, Veghel en Sterksel overwegend in de gestuwde afzettingen van de Utrechtse Heuvelrug voor; de Formaties van Urk, (Sterksel), Enschede, Harderwijk en Tegelen overwegend in de gestuwde afzettingen van de Veluwe.

De gestuwde pleistocene afzettingen in Midden-Overijssel bestaan overwegend uit de Formaties van Urk, Enschede en Harderwijk.

3.1.7. Kaartbeschrijving van tertiaire en oudere afzettingen

De indeling van tertiaire en oudere afzettingen is nog maar ten dele voltooid. In hoofdstuk 2.1. zijn formaties van het Boven-Tertiair beschreven, nl. de Kiezeloöliet Formatie en de Formatie van Oosterhout. Verder zijn tertiaire afzettingen en afzettingen van het Krijt van Zuid-Limburg in formaties ingedeeld (zie resp. hoofdstukken 2.2. en 2.3.). Deze indeling voor Zuid-Limburg is niet toepasbaar gebleken voor weergave op de kaart vanwege de schaal 1:600.000. Alle eenheden van deze afzettingen en de oudere afzettingen zijn ingedeeld naar de tijd, waarin ze ontstaan zijn.

3.1.7.1. Kiezeloöliet Formatie

De Kiezeloöliet Formatie kan eveneens tot de 21
pleistocene formaties, afgezet door de grote rivieren, behoren. Slechts door het feit dat de formatie voor een belangrijk deel al tijdens het Plioceen is ontstaan, is ze onder de rubriek van tertiaire afzettingen gebracht.

De formatie is een complexe eenheid waarin grind, zand, klei en veen voorkomen (zie 2.1.4.11.). Het veen is vaak zover ingekoold dat van bruinkool gesproken kan worden.

De Kiezeloöliet Formatie komt op de kaart alleen voor in Zuid-Limburg.

3.1.7.2. Formatie van Oosterhout

De Formatie van Oosterhout bestaat uit schelp- 22
houdende, plaatselijk glauconiethoudende kleien en zandige kleien (zie 2.1.5.4.). Het enige voorkomen op de kaart bij Nieuwnamen in Zeeuwsch-Vlaanderen (fig. 3.1.6) bestaat uit duidelijk gelaagd, glauconiet- en schelphoudend zand.

3.1.7.3. Miocene, oligocene en eocene afzettingen

In deze groep zijn de tertiaire afzettingen van 23
Zuid-Limburg en Oost-Nederland samengevat.

Miocene afzettingen bestaan in Zuid-Limburg in hoofdzaak uit leemhoudende zanden met enkele bruinkoollagen. De afzettingen bestaan gedeeltelijk uit mariene afzettingen (Formatie van Breda) en gedeeltelijk uit continentale afzettingen (Formatie van Heksenberg, zie hoofdstuk 2.2.).

Oligocene afzettingen in Zuid-Limburg bestaan uit glauconiethoudende zanden met ingeschakelde kleibanken.

Grofkorrelige kalken van paleocene ouderdom komen voor ten noorden van Maastricht (Formatie van Houthem, zie hoofdstuk 2.3.), maar zijn daar bedekt door jongere afzettingen en zijn om die reden niet op de kaart weergegeven.

Voor de voorkomens van de tertiaire afzettingen in Zuid-Limburg wordt verwezen naar fig. 3.1.4.

In Oost-Nederland komen hoofdzakelijk mariene afzettingen voor, bestaande uit fijne glimmer- en glauconietrijke zanden en zandige kleien. De afzettingen komen in geïsoleerde voorkomens aan of nabij het oppervlak voor. Een indeling naar ouderdom van deze afzettingen is te zien op fig. 3.1.5.

3.1.7.4. Gestuwde tertiaire afzettingen

24 In deze groep zijn tertiaire afzettingen van Oost-Nederland samengevat die in tegenstelling tot de onder 3.1.7.3. genoemde afzettingen door het landijs gestuwd zijn.

De ouderdom van deze afzettingen is aangegeven op fig. 3.1.5. Enkele kleine eenheden zijn i.v.m. de schaal van de kaart weggelaten.

3.1.7.5. Krijt

Het Krijt in Nederland komt voor als Boven-Krijt in Zuid-Limburg en als Onder-Krijt in Oost-Nederland.

Het Boven-Krijt is opgesplitst in:

25 a. afzettingen in klastische facies (25), bestaande uit fijne zanden en afwisselend fijne zanden en bonte kleien (Formaties van Vaals en Aken, zie voor beschrijving hoofdstuk 2.3.).

26 b. afzettingen, bestaande uit kalk (26) met diverse vuursteenniveaus (Formaties van Gulpen en Maastricht in hoofdstuk 2.3.).

Het Onder-Krijt (27) in Oost-Nederland is opgebouwd uit mariene en terrestrische afzettingen. De 27
mariene afzettingen bestaan hoofdzakelijk uit zandige kalksteen en schelpkalk (zie hoofdstuk 2.4.).

De terrestrische afzettingen bestaan voornamelijk uit zand, klei en mergel.

De voorkomens van het Onder-Krijt zijn aangegeven op fig. 3.1.5.

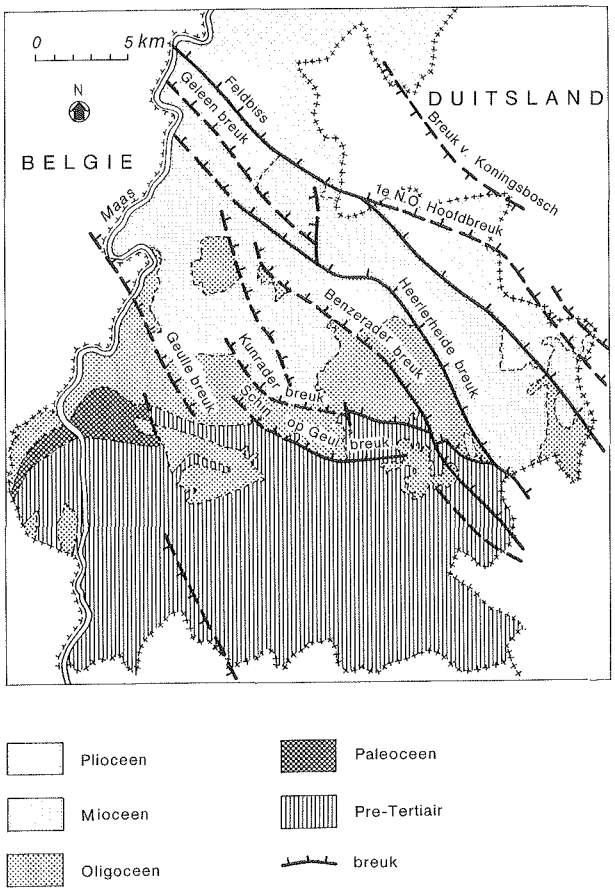


fig. 3.1.4 Tertiaire afzettingen in Zuid-Limburg

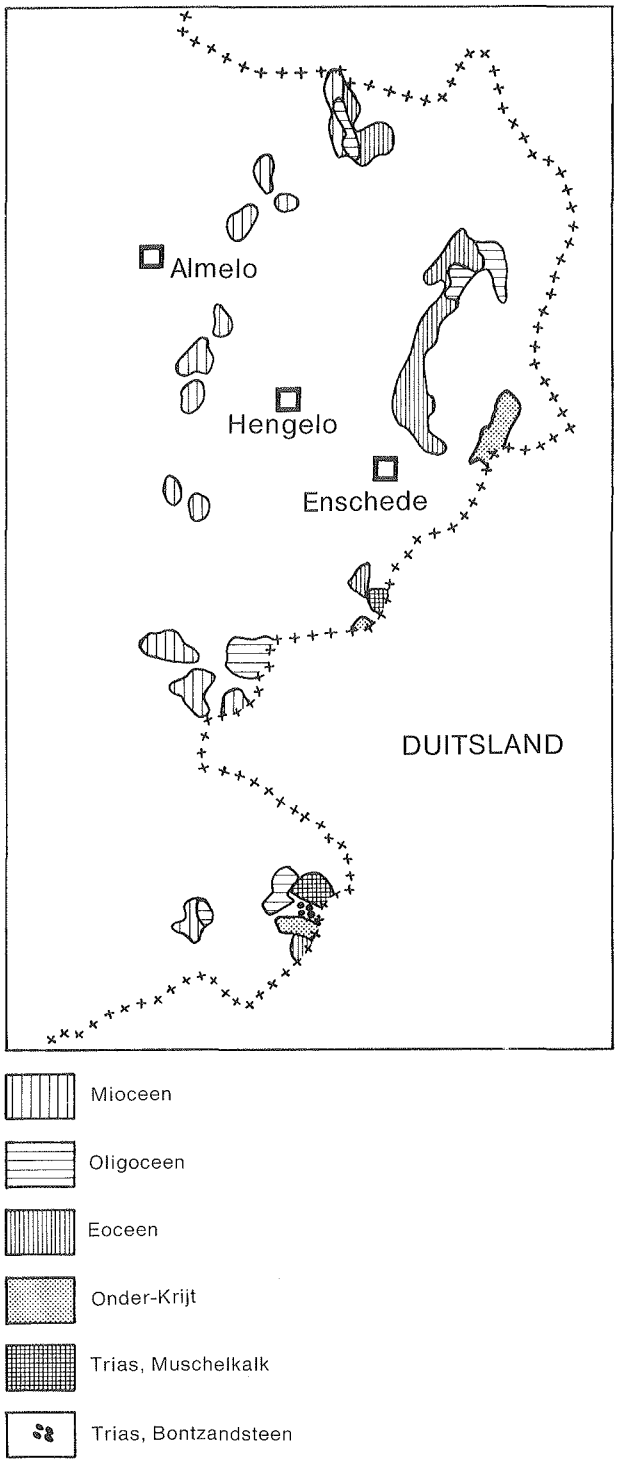


fig. 3.1.5 Tertiaire en oudere afzettingen in Oost-Nederland

3.1.7.6. Midden-Trias

28 In Oost-Nederland komen op twee plaatsen Midden-Trias afzettingen als 'Muschelkalk' aan of nabij het oppervlak. Deze voorkomens zijn in enigszins overdreven grootte op de kaart aangegeven. Ook zijn er aanwijzingen voor de aanwezigheid van 'Bontzandsteen'. Deze zijn echter te klein om op de kaart aan te geven, maar komen wel voor op fig. 3.1.5.

3.1.7.7. Boven-Carboon

29 Het Boven-Carboon komt in het Geuldal in Zuid-Limburg voor.

De afzettingen bestaan hoofdzakelijk uit schalies en kwartsietische zandstenen met plantenresten.

3.1.8. **Breuken**

Op de geologische kaart zijn voor de gebieden Noord-Brabant en Limburg een aantal breuken aangegeven die daar het geologisch patroon belangrijk hebben beïnvloed. Deze breuken zijn een selectie van de breuken die voorkomen op de 'breukenkaart' 1:600.000 (zie ook de toelichting daarop, hoofdstuk 3.5.).

De breuken in Noord-Brabant hebben een horst- en slenkensysteem doen ontstaan, waarbij de Centrale Slenk en de Peelhorst zijn gevormd (zie fig. 3.1.3). Ten westen van de Centrale Slenk liggen nu de onder- en middenpleistocene formaties aan of nabij het oppervlak. Op de Peelhorst en verder naar het oosten liggen bovenpleistocene formaties aan of nabij het oppervlak.

In de Centrale Slenk komen de onder-, midden- en bovenpleistocene afzettingen, die opgebouwd zijn door de grote rivieren eveneens voor, maar onder een aanzienlijke bedekking van periglaciale afzettingen uit het Boven-Pleistoceen.

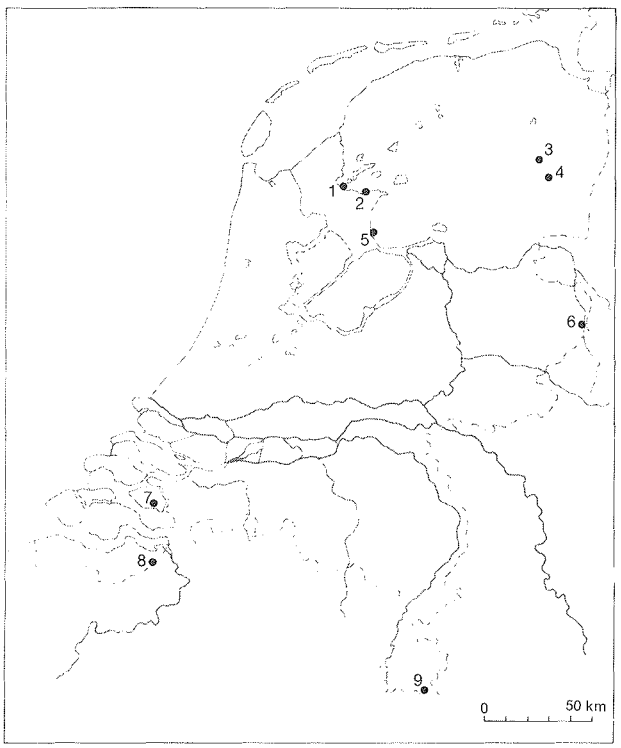


fig. 3.1.6 Lokatiekaart van geologische en geomorfologische reservaten en natuurmonumenten

In Zuid-Limburg hebben de aangegeven breuken vooral invloed gehad op het voorkomen aan of nabij het oppervlak van de tertiaire afzettingen, zie fig. 3.1.4. Ook enkele van de terrassen in Zuid-Limburg hebben hun begrenzing te danken aan het voorkomen van breuken omdat de Maas zijn loop aangepast heeft aan de ontstane verschillen in de topografie.

3.1.9. **Geologische en geomorfologische reservaten en natuurmonumenten**

Op een aantal plaatsen in Nederland worden typisch geologische fenomenen als reservaat en natuurmonument beschermd. Hieronder volgt een opsomming van de erkende geologische reservaten en natuurmonumenten met hun lokaties en hun geologische betekenis.

De ligging is op fig. 3.1.6 aangegeven.

1. Zandgroeve het Rode Klif (1 ha).
   Eigenaar: It Fryske Gea.
   Reservaat sinds: 1943.
   Beschrijving: Keileemprofiel (Formatie van Drente).
2. Het Oude Mirdumer Klif (22 ha).
   Eigenaar: Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten.
   Reservaat sinds: 1927.
   Beschrijving: Steile klifkust bestaande uit keileem (Formatie van Drente).
3. 'Gletsjerkom' ten z.w. van Gieten (1 ha).
   Eigenaar: Staat (Staatsbosbeheer).
   Reservaat sinds: ?
   Beschrijving: Pingorestant met in het centrum veenvorming.
4. 'Gletsjerkuil' in het Eeserveld (1 ha).
   Eigenaar: Staat (Staatsbosbeheer).
   Reservaat sinds: ?
   Beschrijving: Pingorestant.
5. Geologisch reservaat P. v. d. Lijn (4 ha).
   Eigenaar: Staat (Staatsbosbeheer).
   Reservaat sinds: 1954.
   Beschrijving: Marien abrasievlak in keileem met een zeer rijke zwerfstenenbestrooiing. Vindplaats van schollenkeileem (Formatie van Drente).
6. Staringmonument (1 ha).
   Eigenaar: Gemeente Losser.
   Natuurmonument sinds: 1968.
   Beschrijving: Ontsluiting in Losserse zandsteen (Hauterivien, Onder-Krijt).
7. Zuid Weihoek (1,5 ha).
   Eigenaar: Staat (Ministerie van cultuur, recreatie en maatschappelijk werk).
   Reservaat sinds: 1964.
   Beschrijving: Kalkarme zeeklei op veen, als restant van een vroeger algemeen terreintype (Westland Formatie).
8. Oud-Pleistoceen gebied te Nieuwnamen (0,3 ha).
   Eigenaar: Staat (Ministerie van cultuur, recreatie en maatschappelijk werk).
   Reservaat sinds: 1955.
   Beschrijving: Ontsluiting in pliocene strandafzettingen (Formatie van Oosterhout).
9. Heimansgroeve (0,3 ha).
   In beheer bij: Stichting Limburgs Landschap.
   Natuurmonument sinds: 1936.
   Beschrijving: Ontsluiting in het Carboon (Namurien).

Literatuur

Bisschops, J. H., 1973: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven Oost (51 O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 112 p.

Burck, H. D. M., 1947: Kleine Overzichtskaart van Nederland op schaal 1:600.000. Verklarende tekst. Geol. Stichting, Haarlem; 16 p.

Hageman, B. P., 1963: De profieltype-legenda van de nieuwe geologische kaart voor het zeeklei- en rivierengebied. Tijdschr. K.N.A.G., 80; pp. 217–229.

Hageman, B. P., 1964: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Goeree en Overflakkee. Geol. Stichting, Afd. Geol. Dienst, Haarlem; 89 p.

Hageman, B. P., z.j.: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Rotterdam West (37 W). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; in druk.

Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1: 200.000, Staatsuitg., 's-Gravenhage; 154 p.

Roeleveld, W., 1974: The Groningen coastal area. A study in Holocene geology and low-land physical geography. (Diss. Vrije Universiteit, Amsterdam); 252 p.

Rummelen, F. F. F. E. van, 1965: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Bladen Zeeuwsch-Vlaanderen West en Oost. Geol. Stichting, Haarlem; 79 p.

Rummelen, F. F. F. E. van, 1970: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Schouwen-Duiveland. Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 116 p.

Rummelen, F. F. F. E. van, 1972: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Walcheren. Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 120 p.

Stichting voor bodemkartering, 1960: Bodemkaart van Nederland 1:200.000.

Stichting voor bodemkartering, 1965: De bodem van Nederland. Toelichting bij de bodemkaart van Nederland schaal 1:200.000; 292 p.

Tesch, P., 1942: Grondslagen van de Kaart. Indeeling en gebruiksaanwijzing. In: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland, Meded. Nr. 1. De Geologische Kaart van Nederland en hare beteekenis voor verschillende doeleinden. Geol. Stichting, Haarlem; pp. 13–31.

Toorn, J. C. van den, 1967: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Venlo West (52 W). Geol. Stichting, Haarlem; 162 p.

Verbraeck, A., 1970: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem (Gorkum) Oost (38 O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 140 p.

Verbraeck, A. en J. H. Bisschops, 1971: Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Willemstad Oost (43 O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; 112 p.

Wee, M. W. ter, 1966: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Steenwijk Oost (16 O). Geol. Stichting, Haarlem; 106 p.

Wee, M. W. ter, 1975: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Sneek West en Oost (10 W + O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem; in druk.

3.2. TOELICHTING BIJ DE OVERZICHTSKAART TOEGEPASTE GEOLOGIE, 1:600.000

door E. Oele en A. P. Pruissers

Abstract

A geological map of The Netherlands and the Dutch part of the North Sea showing lithological units that are of particular interest for utilisation in prospects of engineering geology is presented.

Inhoud

3.2.1. Verantwoording
3.2.2. Inleiding
3.2.3. Oppervlakte delfstoffen te land
- 3.2.3.1. Grind
- 3.2.3.2. Industriezand
- 3.2.3.3. Ophoogzand
- 3.2.3.4. Zilverzand
- 3.2.3.5. Leem
- 3.2.3.6. Keileem
- 3.2.3.7. Klei
- 3.2.3.8. Veen
- 3.2.3.9. Kalksteen

3.2.4. Delfstoffen in de Noordzee en de overige met water bedekte gebieden
- 3.2.4.1. Ophoogzand

3.2.5. Enkele aspecten van de ondergrond m.b.t. civieltechnische werken
- 3.2.5.1. Nederland
- 3.2.5.2. Noordzee en de overige met water bedekte gebieden

3.2.1. Verantwoording

In toenemende mate wordt ingezien, dat de geologische gesteldheid in letterlijke zin van fundamenteel belang is bij elke vorm van gebruik van de ondergrond. Er is dan ook gebleken, dat er behoefte bestaat aan een overzichtskaart, die de gebruiker een redelijk inzicht geeft in de opbouw in een bepaald deel van het land of die omgekeerd in een oogopslag de begrenzing van bepaalde voorkomens toont. Hoewel de geologische kaart de gewenste informatie bevat, wordt de toegankelijkheid ervan voor de gemiddelde gebruiker bemoeilijkt door het voorkomen van vakuitdrukkingen. Teneinde aan dit bezwaar tegemoet te komen is de kaart vertaald in termen en eenheden, die voor niet-ingewijden duidelijk moeten zijn. Een toelichting bij deze gebruikerskaart blijft noodzakelijk. De overzichtskaart geeft immers een algemeen beeld, waarbij terwille van de leesbaarheid bij schaal 1:600.000 noodzakelijkerwijze bepaalde elementen moeten worden samengevoegd.

De Noordzee geniet thans zoveel aandacht, dat

gemeend is ook dit deel van de kaart te moeten weergeven in termen van bruikbaarheid.

De samenstelling van de kaart geschiedde door A. P. Pruissers en C. J. van Staalduinen.

De districten van de Hoofdafdeling Kaartering en diverse andere afdelingen droegen in belangrijke mate bij aan de totstandkoming. De volgende medewerkers moeten in dit verband worden genoemd voor hun bijdragen in hun gebied:

district Noord: M. W. ter Wee
district Oost: E. A. van de Meene en C. den Otter
district Midden: A. Verbraeck
district Noordwest: F. F. F. E. van Rummelen
district Zuidwest: R. A. Wermuth
district Zuid: J. H. Bisschops en J. P. Broertjes
district Limburg: O. S. Kuyl
Noordzee: C. Laban
IJsselmeer: S. Jelgersma en J. B. Breeuwer

3.2.2. Inleiding

Toepassing van geologische kennis is in Nederland, naast het zoeken naar diepgelegen delfstoffen, vooral verbonden met het opsporen van benodigde grondstoffen voor civiel-technische werken, het tot stand brengen van zulke werken en de grondwaterhuishouding. Voor al deze doeleinden is de diepteligging, samenstelling en verbreiding van het eerste min of meer in de diepte doorlopende zand- resp. grindpakket van belang. Het pakket is de leverancier van ophoog- en industriezand resp. grind; de bovenzijde van het pakket vormt in vele gevallen het funderingsniveau, terwijl de rol ervan voor de oppervlakte grondwaterhuishouding van bijzonder belang is. Getracht is de verschillende, genoemde aspecten in de informatie te verwerken.

3.2.3. Oppervlakte delfstoffen te land

3.2.3.1. Grind

Het voorkomen van grind in economisch winbare hoeveelheden is voornamelijk beperkt tot Zuid- en Midden-Limburg, welke gebieden voor meer dan 90% de behoefte in ons land dekken. Beperkte grindwinningen vinden elders plaats o.a. op de Hondsrug.

In Midden-Limburg ligt het grootste voorkomen in de Centrale Slenk, waar het grindpakket een dikte heeft van ongeveer 20 m. Het grind is er afgedekt door een ongeveer 10 m dikke laag fijn zand. Op de oostelijk aangrenzende Peelhorst ligt het grindpakket vrijwel aan de oppervlakte, maar heeft een beperkte dikte van ca 10 m.

In Zuid-Limburg, ten zuiden van de Feldbisstoring heeft het grindvoerend pakket een dikte van 5–15 m. Het pakket is meestal afgedekt door löss. De dikte varieert. Voorzover de lössdikte meer dan 5 m bedraagt zij verwezen naar fig. 3.2.1. Het grind in Zuid-Limburg heeft een lager zandgehalte (10–25%) dan in Midden-Limburg (20–50%) en is ook veel grover.

Elders, d.w.z. meer stroomafwaarts van Rijn en Maas zijn geen riviergrinden afgezet. Andere rivierstelsels of smeltwaterstromen hebben evenmin grind geleverd.

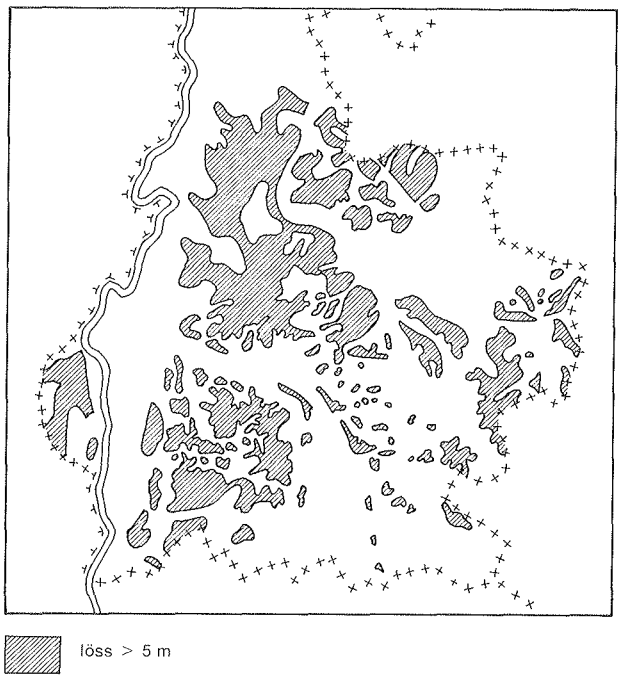


fig. 3.2.1 Löss-diktekaart van Zuid-Limburg. Löss dikker dan 5 m

3.2.3.2. Industriezand

Grofzandige afzettingen, die vooral hun weg vinden als beton- en metselzand, komen voor als nevenproduct bij de grindwinningen, daarnaast over grote oppervlakten meer stroomafwaarts langs de Maas met als westelijke begrenzing de Peelrandbreuk en in het bovenstroomse deel van de andere grote rivieren (Rijn, Waal, IJssel). Overige voorkomens zijn te vinden ten oosten van de IJssel, in het stuwwallengebied van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug en enkele beperkte gebieden in Midden-Noord-Brabant ten westen van de Centrale Slenk. Enkele voorkomens, die min of meer geïsoleerd liggen zijn vermeldenswaard. Het betreft een aantal grofzand opduikingen in Noord-Nederland. De opduikingen zijn het gevolg van stuwing door landijs of oppersing door zoutpijlers. De gewoonlijk dieper gelegen grove zanden zijn op deze wijze aan of nabij het huidige oppervlak gebracht.

In de Alblasserwaard worden fossiele rivierduinen aangetroffen, die eveneens uit grof zand zijn opgebouwd.

De zanden met een mediaanwaarde van gemiddeld meer dan 300 µm hebben een afdekkend pakket van wisselende dikte en aard. Langs de Maas ligt op het zand een dek van fijne stuifzanden, dat door de aard van hun ontstaan sterk in dikte wisselt. Ook in het gebied van Achterhoek en Overijssel bestaat de afdekkende laag uit fijn zand met een dikte tot 3 m. Rivierklei rust op de grove zanden in de omgeving van de eerder genoemde grote rivieren. De dikte ervan bedraagt 1 tot 3 m. In Midden-Noord-Brabant, ten westen van de Centrale Slenk, heeft het grove zand ten dele een geringe dikte en rust op fijn zandige afzettingen. Ook in sommige delen van de rivierlopen wordt weliswaar grof zand gevonden, echter van beperkte dikte en rustend op zeer fijnkorrelige afzettingen.

Winning van het zand vindt plaats nabij Bergen in

Noord-Limburg, waar een centrale winplaats is gesitueerd. Deze winplaats, gekozen in overleg tussen overheid en bedrijfsleven, kan de komende 40 jaar voorzien in de behoefte. Humeuze verontreinigingen beïnvloeden de kwaliteit Een belangrijk deel van het aldaar gewonnen zand wordt geëxporteerd naar België en Noord-Frankrijk.

3.2.3.3. Ophoogzand

Aan zand te gebruiken voor ophoogdoeleinden worden betrekkelijk lage eisen gesteld wat de korrelgrootteverdeling betreft. Desondanks ontbreken geschikte voorkomens geheel in grote delen van ons land, of zijn de geschikte zanden moeilijk bereikbaar. Opvallend is, dat het vinden van bruikbare zanden veelal problemen geeft in erkende zandgrondgebieden van Nederland, terwijl daarentegen zulke zanden in het typische klei/veen gebied van West-Nederland in ruime mate aanwezig zijn. In het laatste geval echter kan het dek van klei en veen ernstig lastenverzwarend werken op de winning van zand.

Leemarm fijn zand binnen het zandgrondengebied treft men aan in Zuidoost-Groningen, het oostelijk deel van het stroomgebied van de Overijsselse Vecht, langs de randen van de Gelderse Vallei en in de Achterhoek. In Brabant zijn te noemen de stuifzandvoorkomens, in Limburg is als zodanig aan te merken het zand van miocene ouderdom.

Leemarme fijne zanden met keileeminschakelingen liggen langs de westrand van het Drents/Fries keileem plateau, in Gaasterland, op Wieringen en Texel. De dikte van de ingeschakelde keileem is sterk wisselend.

Lemige fijne zanden met keileeminschakelingen liggen in Drente aan de oppervlakte. Ook deze inschakelingen zijn variërend in dikte. Oude beken hebben plaatselijk de keileem geërodeerd; de opvulling van de oude beekdalen bevat veel storende klei-, leem- en veenlagen.

Lemige fijne zanden vormen de ondergrond over grote delen van Midden- en West-Noord-Brabant. Deze zanden reiken in Brabant tot grote diepten: in de Centrale Slenk tot bijna 40 m onder maaiveld, in West-Noord-Brabant tot meer dan 60 m onder maaiveld.

Ook in Twente vormt het vinden van ophoogzand een groot probleem. In het gebied rond Hengelo, het zogenaamde Bekken van Hengelo, wordt slechts kwalitatief zeer slecht zand met een hoog leemgehalte aangetroffen.

In West-Nederland is het geschikte zand afgedekt door een klei- en veenpakket. De diepteligging van de bovenzijde van het onderliggende zandpakket is ter informatie vermeld (t.o.v. N.A.P.). In de droogmakerijen is de dikte van de bedekking lokaal veel minder dan aangegeven.

Voormalige rivierlopen en getijdegeulen, die deel uitmaken van het bedekkende pakket en verzand zijn, vormen zandbanen, die geschikt ophoogzand kunnen leveren. Deze zandbanen reiken in Zeeland tot in het onderliggende zandvoorkomen; in West-Nederland is vaak nog een klei-veenlaag tussen beide zandtypen aanwezig. Naast de zandbanen is het geschikte zand bedekt door klei en veenlagen.

In Friesland en de Kop van Overijssel is het zand onder het pakket storende klei/veenlagen nog sterk leemhoudend en van mindere kwaliteit voor gebruik als ophoogzand.

De duinstrook en oudere strandwallen bestaan uit zand, dat ook voor ophoging van terreinen goed toepasbaar is. Dit geldt niet voor de Friese en Groningse kwelder zandvoorkomens langs de Waddenzee, die te fijnkorrelig zijn.

Milieubeschermende overwegingen leiden er toe, dat de winning van zand in West-Nederland op niet al te lange termijn onmogelijk wordt en dat zeezand het alternatief moet vormen. In de overige, ophoogzandarme gebieden zal noodzakelijkerwijs met een kwalitatief minder produkt moeten worden gewerkt, omdat de transportkosten van betere produkten naar die gebieden relatief te hoog worden. Geologische detailonderzoeken kunnen overigens aldaar het plaatselijk dan nog beste beschikbare produkt opsporen.

3.2.3.4. Zilverzand

In Zuid-Limburg wordt een vrijwel zuiver kwartszand gewonnen, dat als zilverzand bekend staat. Het zand wordt toegepast bij de glasfabricage. De verbreiding is beperkt tot twee voorkomens in het genoemde gebied. Aangezien een der voorkomens gelegen is onder het natuurgebied van de Brunssummerheide, welk deel daarom niet ontgonnen zal kunnen worden, zal op betrekkelijk korte termijn de winning moeten worden beëindigd. Alternatieven zijn binnen Nederland niet te vinden.

3.2.3.5. Leem

Bijzondere leemvoorkomens in de Centrale Slenk in Midden-Noord-Brabant, vandaar de naam 'Brabantse leem', blijken bruikbaar materiaal te bevatten voor kleiverwerkende industrie. Winning ervan vindt plaats bij o.a. Eindhoven. De leem komt als lensvormige eenheden voor op wisselende diepte, in bepaalde gebieden echter aan het oppervlak.

De leem bestaat uit een fractie < 2 μm van 10–14%, fractie 2–50 μm van 50–80% en de fractie > 50 μm van 10–40%.

3.2.3.6. Keileem

In het verleden is de keileem gebruikt bij de bouw van de Afsluitdijk. De keileem kan dan ook als oppervlaktedelfstof worden beschouwd, hoewel de toepassing thans beperkt is. De keileem is meestal bedekt met fijn zand en heeft een nogal wisselende dikte. Het voorkomen is beperkt tot Noord-Nederland met het aangrenzende deel van het IJsselmeer. De samenstelling bestaat uit wisselende verhoudingen van klei, zand en grind tot steen.

3.2.3.7. Klei

Naast de kleien die vooral in het bovenstroomse rivierengebied gewonnen worden voor de baksteen- en aardewerkindustrie, worden voor dit doel ook elders kleilagen afgegraven. Genoemd kunnen worden de kleigroeven bij Tegelen en Brunssum. Ook in de Achterhoek en Twente vindt kleiwinning plaats. De verbreiding van deze kleien is op de gegeven schaal moeilijk aan te geven. In Groningen wordt klei voor verwerking geëxploiteerd langs de rand van het Drents plateau. Ook in West-Noord-Brabant zijn, naast de kleiontginningen bij Wouw, plaatselijk nog mogelijkheden voor een dergelijke exploitatie.

In Friesland en Groningen met name worden kleien aangetroffen, die bekend zijn als 'potklei'. Deze klei is

gebleken voor industriële doeleinden geschikt te zijn. De dikte, die over korte afstand sterk kan variëren, bedraagt soms tientallen meters. Hoewel deze klei ook aan de oppervlakte kan worden gevonden, wordt zij nog niet verwerkt.

De kleivoorkomens in West-Nederland vormen een afwisselend pakket met veenlagen. De bruikbaarheid van de klei voor industriële verwerking is daardoor zeer gering.

3.2.3.8. Veen

De ontginbare veenvoorkomens zijn beperkt tot Z.O.-Drente en de Peel. Lokaal vindt in het veengebied van West-Nederland nog afgraving plaats.

3.2.3.9. Kalksteen

Zowel in Zuid-Limburg als in de Achterhoek wordt kalksteen gewonnen. Toepassing is vooral voor de cementindustrie en voor meststof.

3.2.4. Delfstoffen in de Noordzee en de overige met water bedekte gebieden

3.2.4.1. Ophoogzand

Op het Nederlandse deel van het continentale plat komen grind en industriezand niet voor in economisch winbare hoeveelheden. Grind wordt weliswaar plaatselijk aangetroffen, doch in onvoldoende concentraties. Het grove zand, dat in het zuidelijk deel aanwezig is, heeft een mediaanwaarde, die juist boven de 300 μm ligt. De korrelgroottespreiding is echter zo gering, dat dit zand niet de vereiste verdeling bereikt om gebruik als industriezand mogelijk te maken. De enige toepassing, die het Noordzeezand kan vinden is voor de ophoging van terreinen.

Kwalitatief bruikbaar zand voor ophoging komt voor in de Oosterschelde en het IJsselmeer bij Muiden en Hoorn. Ook het zand van de Waddenzee wordt voor het doel van ophoging gebruikt, ondanks de betrekkelijk slechte kwaliteit.

3.2.5. Enkele aspecten van de ondergrond m.b.t. civieltechnische werken

3.2.5.1. Nederland

Voor het uitvoeren van werken is het van belang de diepteligging te kennen van de laag, waarop gefundeerd kan worden. Dit speelt vooral in West-Nederland en het rivierkleigebied, waar ook voor laagbouw reeds geheid moet worden. De dieptelijnen in de klei/veengebieden geven inzicht in de ligging van de bovenzijde van het eerste zandpakket, dat voor fundatie, ook voor hoogbouw, in de regel geschikt is. In het bovenstroomse deel van de rivieren is de kleibedekking op het zand over het algemeen ongeveer 3 m. Uiteraard zijn de plaatselijke omstandigheden nog zo variabel, dat vermelde dikten slechts een benaderingswaarde hebben: in het westen komen vele zandig opgevulde kreken en geulen voor, terwijl in het oosten kleiig opgevulde oude stroomarmen aanwezig zijn.

In de besproken gebieden vindt fundatie ook voor hoogbouw in deze zandlaag plaats. Uitzondering hierop kunnen de thans begraven dalen zijn, waar voorheen glaciale bekkens hebben gelegen (vgl. bekken van Amsterdam op de kaart Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien). In de opvulling van deze dalen immers zijn op diverse niveau's kleilagen ingeschakeld, zodat dieper gefundeerd moet worden.

In het noorden van ons land vormt de 'potklei', die er verspreid voorkomt al dan niet onder een zand/keileembedekking, een laag, die uit het oogpunt van fundatie zeer ongeschikt is.

In Zuid-Limburg veroorzaakt de löss in velerlei opzicht problemen. Ongeschikt voor fundatie van hoogbouw leidt de korrelgrootteverdeling gemakkelijk tot wateroverlast bij zware regenval en tot uiterst moeilijk te verwerken materiaal in natte toestand. Fig. 3.2.1 is een detailkaart van Zuid-Limburg, waarop de dikte van het lösspakket voor zover die meer dan 5 m bedraagt, is weergegeven.

Evenals de löss zijn in Midden-Noord-Brabant, de Gelderse Vallei, Twente en Drente de fijne, sterk leemhoudende zanden, die aan of nabij de oppervlakte voorkomen, oorzaak van wateroverlast ten tijde van grote regenval door hun geringe waterdoorlatendheid.

In West-Nederland leidt de bronbemaling in bouwputten soms tot een verdroging van het veen, dat daardoor ook in de omgeving van de bouwput inklinkt. Verzakkingen in de omgeving kunnen hiervan het gevolg zijn.

3.2.5.2. Noordzee en de overige met water bedekte gebieden

In de eerste plaats is kennis van de geologische opbouw van de Noordzeebodem interessant met het oog op de uitvoering van baggerwerken (zuidelijk deel), in de tweede plaats met het oog op fundatie van (boor)eilanden (vooral noordelijk deel). Hier komt slechts het zuidelijk deel ter sprake.

In een strook, parallel aan de kust en in het gebied ten noorden van de 53° N.B. komt fijn zand veelal met kleibandjes ingeschakeld voor. Dit fijne zand met een M50 van 150 μm is mede door het hoge slibgehalte een slecht produkt om te zuigen. De overige aangegeven zanden zijn beter zuigbaar (M50=270 μm of meer).

Voor de monding van de Nieuwe Waterweg en bij IJmuiden komen onder de bedekking van het fijne zand zware klei- en veenlagen voor op een diepte van ongeveer 20 m −N.A.P. Deze ca. 2 meter dikke storende lagen zijn moeilijk te verwijderen.

In het gebied van de Bruine Bank wordt onder de bedekking van het jonge zeezand, dat in het zuiden grof, in het noorden fijn is, een dikke kleilaag aangetroffen. Deze tot 5 meter dikke klei is zeer stug.

Sterk kleiige sedimenten vormen de opvulling van een tweetal glaciale depressies en wel een bekken ten westen van Bergen en een noord-zuidlopend dal op ongeveer 3° O.L. In de Eems is het voorkomen van een keileemopduiking tot 7 m −N.A.P. vermeldenswaard.

In het IJsselmeer en Waddengebied nabij de Afsluitdijk is het grillig voorkomen van keileem te beschouwen als storend element bij baggerwerkzaamheden.

3.3. TOELICHTING BIJ DE GEOLOGISCHE OVERZICHTSPROFIELEN DOOR NEDERLAND

door S. Jelgersma en J. B. Breeuwer

Abstract

Three east–west running sections through The Netherlands are presented. These sections demonstrate that The Netherlands are part of a basin subsiding during the Upper Tertiary and Quaternary. In the east and extreme southwest Middle and Lower Tertiary beds occur at rather shallow depths, whereas in the northwest Upper Tertiary and Quaternary beds are present in considerable thickness. A SE–NW running fault system was active during these times.

Inhoud

3.3.1. Inleiding
3.3.2. Profielbeschrijving
3.3.2.1. Profiel A–A'
3.3.2.2. Profiel B–B'
3.3.2.3. Profiel C–C'

3.3.1. Inleiding

In 1973 werd door Jelgersma en Breeuwer een oost-west doorsnede door Nederland gepubliceerd. De ligging van deze profiellijn werd mede bepaald door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, die op de lokaties van de belangrijkste pompstations de diepteligging van de pompfilters intekende. De Dienst Grondwaterverkenning TNO bracht de diepteligging van het zoet/zout grensvlak in de doorsnede aan. Op dezelfde wijze werd nog een profiel door Noord-Nederland en door Zuid-Nederland samengesteld, dat als een intern rapport beschikbaar werd gesteld.

Het tot stand komen van de nieuwe breukenkaart (zie hoofdstuk 3.5.), onderzoekingen aan spoelmonsters van olieboringen ten behoeve van de grensbepaling Kwartair/Tertiair en het voortgaande laboratoriumonderzoek aan tertiaire en kwartaire afzettingen, maakten een revisie van de bestaande profielen noodzakelijk.

Voor het kritisch doornemen van de op de profielen aangegeven formatiegrenzen is veel dank verschuldigd aan W. H. Zagwijn en J. G. Zandstra.

De boringen die op de profielen zijn aangegeven, zijn afkomstig uit het gemeenschappelijke archief van de Rijks Geologische Dienst en het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. Van deze boringen zijn de archiefnummers (kaartbladnummer Topografische kaart 1:25.000 en volgnummer) vermeld. Lithostratigrafische grenzen die ontleend zijn aan het onderzoek aan olie- en gasboringen, zijn met een aparte signatuur weergegeven. De lithologische kolom van deze boringen is niet weergegeven.

Voor de steeds groter wordende behoefte aan drink- en industriewater zijn de laatste jaren in opdracht van de verschillende waterleidingmaatschappijen vele boringen uitgevoerd, veelal ook tot op grote diepte. Dit laatste in verband met de wens een inzicht te krijgen in de diepteligging van het grensvlak tussen zoet en zout water. Dientengevolge zijn veel meer gegevens over de opbouw van de ondergrond aanwezig dan in 1958, toen J. I. S. Zonneveld zijn dwarsdoorsneden door Nederland publiceerde.

Voor de beschrijving en de verspreiding van de in de profielen voorkomende formaties wordt verwezen naar hoofdstuk 2.1. Het voornaamste doel van de drie profielen is het aangeven van de dikte en de diepteligging van de verschillende formaties en afzettingen in de profiellijn.

Voor de lokaties van de gebruikte boringen wordt verwezen naar de overzichtskaart fig. 3.3.1.

3.3.2. Profielbeschrijving

3.3.2.1. Profiel A–A'

Profiel A–A' geeft een doorsnede door Noordwest- en Noord-Nederland weer. Duidelijk komt in deze doorsnede tot uiting, dat Nederland is gelegen aan de rand van het dalende Noordzeebekken.

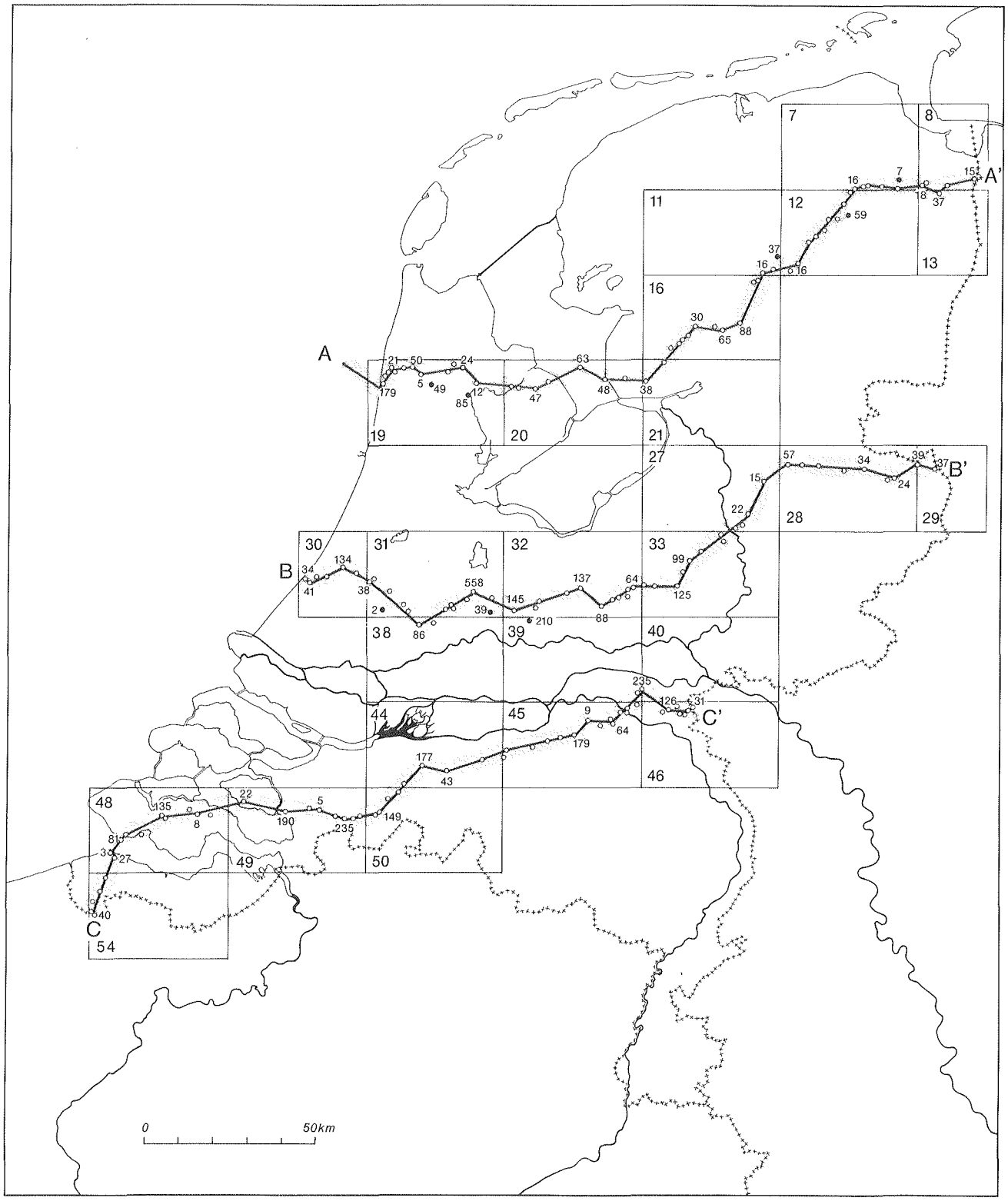
Aan de oostelijke rand van het dalingsgebied in het gebied tussen Nieuweschans en Steenwijk zijn tertiaire afzettingen op een diepte tussen 50–175 m onder maaiveld aanwezig. In het meer westelijke deel van dit gebied zijn deze tertiaire afzettingen geheel marien ontwikkeld, in oostelijke richting vindt een overgang naar continentale afzettingen plaats. De mariene Formatie van Oosterhout is hier vertand met de continentale Formatie van Scheemda. Wat de pleistocene afzettingen in dit randgebied betreft, zijn de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Harderwijk veelal aanwezig. Op het profiel komt duidelijk tot uiting, dat de Formatie van Peelo, grotendeels bestaande uit lacustroglaciale afzettingen gevormd tijdens het Elsterien, in dit gebied een grote dikte bereikt.

Als afdekkende lagen zijn de jongere pleistocene afzettingen van de Formatie van Drente, bestaande uit grondmorene gevormd tijdens het Saalien, en de Formatie van Twente in het gehele gebied aanwezig. De laatste is veelal te dun om op het profiel aan te geven.

In het gebied Steenwijk-Appelscha (16G–88, 11H–16) wiggen de mariene onder-pleistocene afzettingen op iets meer dan 150 m – N.A.P. tegen de oostelijke bekkenrand uit. Deze afzettingen, behorende tot de Formatie van Maassluis, nemen in westwaartse richting snel in diepteligging en dikte toe. In de omgeving van Hoorn is de Formatie van Maassluis ongeveer 200 m dik, terwijl in de richting Bergen/Schoorl de formatie weer hoger ligt en bovendien de dikte afneemt tot ongeveer 150 m.

De grofzandige onder- en midden-pleistocene fluviatiele afzettingen, behorende tot de Formatie van Harderwijk, de Formatie van Enschede en de Formatie van Urk, vertonen in dit noordwestelijke Nederlandse deelbekken een aanzienlijke dikte. Zoals op de doorsnede tot uiting komt heeft in het centrum van het dalingsgebied de Formatie van Harderwijk een dikte van ongeveer 150 m.

De nog hoger gelegen kwartaire lagen bestaan in het linker profielgedeelte uit de Formatie van Eindhoven, de Formatie van Drente, de Formatie van Kreftenheye, de Eem Formatie, de Formatie van Twente en de formaties van het Holoceen. Tijdens het Saalien kwam door de bedekking van het landijs in dit



• geprojecteerde boring

fig. 3.3.1 Lokatiekaart van de profielen AA¹, BB¹ en CC¹

deel van het land een wezenlijke verandering in het reliëf tot stand. Voor meer details wordt verwezen naar hoofdstuk 3.4.

3.3.2.2. Profiel B–B¹

Profiel B–B¹ geeft een dwarsdoorsnede door Nederland in de lijn Lattrop-Wassenaar. Ook dit profiel doorkruist de rand van het dalende Noordzeebekken en wel tussen Deventer en Apeldoorn. In westelijke richting doorsnijdt dit profiel de noordelijke uitlopers van de Slenk van Venlo (onder de Veluwe), de Peelhorst (bij Driebergen) en de Centrale Slenk (Utrecht, Oudewater, Boskoop).

In de bekkenrand, die zich onder het gebied

Apeldoorn-Deventer bevindt, komt de hoge ligging van het Tertiair duidelijk naar voren. Ten oosten van Deventer in de richting Lattrop gaan de mariene lagen van het hogere Tertiair (Formatie van Oosterhout) over in continentale afzettingen (Formatie van Scheemda). In het oostelijke gedeelte van het profiel komen de tertiaire lagen vrijwel aan de oppervlakte. Door het Saalien landijs is het Tertiair in de oostelijke stuwheuvels opgestuwd.

Ten westen van de bekkenrand komt de Formatie van Maassluis (mariene onder-pleistocene afzettingen) voor. Opvallend is, dat de dikte van de Formatie van Maassluis in de uitloper van de Centrale Slenk ca 150 m is en in de uitloper van de Slenk van Venlo slechts ca 50 m. Hieruit kan blijken, dat in het vroegste deel van het Pleistoceen in de beide slenkgebieden aanzienlijke verschillen in daling opgetreden zijn.

In het Midden-Pleistoceen werden de verschillen in bekkendaling geringer; tot afzetting kwamen toen de Formaties van Enschede, Sterksel en Urk.

In het nog latere Pleistoceen heeft de landijsbedekking een grote verandering in het reliëf bewerkstelligd. In Midden-Nederland werd toen door de stuwende werking van het ijsfront een aantal stuwwallen en bekkens gevormd (zie hoofdstuk 3.4.). In de profiellijn komen deze verschijnselen, daterend uit het Saalien, duidelijk tot uiting in het gebied Raalte-Deventer-Driebergen.

3.3.2.3. Profiel C–C¹

Profiel C–C¹ geeft een doorsnede door zuidelijk Nederland in de lijn Groesbeek-'s Hertogenbosch-Breda-Bergen op Zoom-Aardenburg. De belangrijke horsten en slenken in Nederland: de Slenk van Venlo, de Peelhorst en de Centrale Slenk, worden door deze doorsnede doorkruist.

In de Slenk van Venlo, die zich aan de oostelijke zijde van het profiel bevindt, kwamen vooral in het Laat-Tertiair mariene en continentale afzettingen tot stand. De mariene Formaties van Breda en Oosterhout worden hier afgedekt door de continentale afzettingen van de Kiezeloöliet Formatie.

In dit gebied waren daling en de daarmede verband houdende sedimentatiemogelijkheden in het Pleistoceen gering. Een pakket van ongeveer 50 m sediment, daterend uit het eerste en het laatste deel van het Pleistoceen, kon in deze slenk tot afzetting komen. Die uit het eerste deel van het Pleistoceen behoren in hoofdzaak tot de Formatie van Tegelen. De latere pleistocene afzettingen bestaan voornamelijk uit sedimenten, die tijdens de Saalien ijsbedekking zijn afgezet (Formatie van Drente en Formatie van Kreftenheye). Verder werden toen stuwwallen gevormd (Nijmegen).

Ten westen van de Slenk van Venlo ligt de Peelhorst, waar midden-tertiaire (miocene), mariene afzettingen van de Formatie van Breda op minder dan 50 m – N.A.P. zijn gelegen. Ook de Formatie van Oosterhout ligt hoog. De pleistocene formaties zijn op de Peelhorst zeer summier ontwikkeld. Van de onderpleistocene afzettingen ontbreekt de Formatie van Maassluis geheel. Deze kon door de hoge ligging van de Peelhorst niet tot afzetting komen. Wel komt de Formatie van Tegelen voor. De midden-pleistocene fluviatiele Formatie van Sterksel is op de Peelhorst evenmin aanwezig. Wel komt uit dit deel van het Pleistoceen de Formatie van Veghel voor. De nog jongere pleistocene afzettingen vormen op de Peelhorst slechts een dun dek.

In de ten westen van de Peelhorst gelegen Centrale Slenk, doorkruist in het profiel tussen Oss en Dongen, bereiken de laat-tertiaire en pleistocene afzettingen een grote dikte. Bovendien zijn hier de pleistocene afzettingen volledig aanwezig.

De bovenkant van de mariene Formatie van Breda is gelegen op ca 400 m. De dikte van de erop gelegen mariene Formatie van Oosterhout, daterend uit het Laat-Tertiair, is aanzienlijk: ca 200 m.

Van de onder-pleistocene formaties is de mariene Formatie van Maassluis goed ontwikkeld, evenals de continentale lagen van de Formaties van Tegelen en Kedichem. Wat het Midden-Pleistoceen betreft, valt de grote dikte van de Formatie van Sterksel (meer dan 50 m) op, temeer, waar deze op de Peelhorst geheel ontbreekt.

Dat de daling van deze slenk tot in zeer jonge tijd is doorgegaan blijkt daaruit, dat zelfs de afzettingen daterend uit het laatste deel van het Pleistoceen (Nuenen Groep) een dikte van niet minder dan 30 m bereiken.

Verder naar het westen neemt het Tertiair geleidelijk in dikte af. In het meest westelijke deel van het profiel liggen de tertiaire lagen, die bovendien tot het Onder-Tertiair (Oligoceen, Eoceen) behoren, zeer hoog. Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat zich in Zuidwest-Nederland in de ondergrond een uitloper van het Brabants Massief bevindt.

Literatuur

Breeuwer, J. B. and S. Jelgersma, 1973: An East-West geo-hydrological section across the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Vol. 29; pp. 105–106.

Zonneveld, J. I. S., 1958: Lithostratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. Meded. Geol. Stichting, N.S. 12; pp. 31–64.

3.4. TOELICHTING BIJ DE KAART GLACIALE VERSCHIJNSELEN GEDURENDE HET SAALIEN, 1:600.000

door S. Jelgersma en J. B. Breeuwer

Abstract

A map, at a scale 1:600.000, showing the Saalian glacial phenomena in The Netherlands is presented. In the central part of the area ice-pushed ridges surrounding deep glacial basins are present. To the north, plateau-like till areas occur, bounded by low ice-pushed ridges, containing ice-pushed tills. Several fluvial spill-ways are shown on the map.

Sedimentary structures of some of the basin fillings are discussed. A new reconstruction of consecutive glacial events is presented.

Inhoud

3.4.1. Inleiding

3.4.2. Afzettingen van de Formatie van Drente

3.4.3. Glaciale afzettingen en landschapsvormen op de kaart 1:600.000
3.4.3.1. Keileemafzettingen
3.4.3.2. Diepe glaciale bekkens
3.4.3.3. Stuwwallen
3.4.4. Genese

3.4.1. Inleiding

In het Saalien bedekte een landijskap een groot deel van Nederland. Gedurende deze tijd ontstonden in de noordelijke helft van Nederland sedimenten en landschapsvormen die niet anders dan door een landijsbedekking verklaard kunnen worden. Deze afzettingen en landschapsvormen zijn aanleiding geweest tot vele publikaties over de landijsbedekking in Nederland (Lorié, 1887; Brouwer, 1950; Maarleveld, 1953, 1960 en 1962; Wiggers, 1955; Thomé, 1959 en ter Wee, 1962). Een overzicht van de literatuur over de genese van de stuwwallen in Midden-Nederland gaf Teunissen (1961).

Maarleveld kwam naar aanleiding van onderzoekingen in het Middennederlandse stuwwallengebied tot belangrijke conclusies over de richting van de stuwing van het landijs en over een drietal fasen, waarin deze stuwing zou hebben plaatsgevonden. Door ter Wee (1962) werden de drie fasen van Maarleveld aangevuld met twee landijsfasen in Noord-Noordoost-Nederland, hetgeen resulteerde in een totaal van een vijftal fasen (a, b, c, d en e).

Vermeld dient te worden, dat deze indeling in vijf fasen met de daarbij gegeven reconstructie van de landijsbedekking voornamelijk berustte op afzettingen en landschapsvormen, die aan of dicht aan de oppervlakte voorkomen. De laatste jaren zijn echter vele diepe boringen beschikbaar gekomen, die door de Rijks Geologische Dienst zijn onderzocht. Hieruit bleek, dat in de ondergrond van Midden-Nederland vijf diepe glaciale bekkens voorkomen, t.w. onder Bergen, onder IJmuiden, onder Amsterdam, onder Zuidelijk Flevoland en onder de IJssel Vallei. Deze nieuwe gegevens werden met de reeds bekende gegevens (Maarleveld, 1953; ter Wee, 1962) op een kaart 1:600.000 bijeengebracht. Deze kaart moet gezien worden als een aanvulling op de reeds gepubliceerde gegevens over afzettingen en landschapsvormen. Hierna zal met deze nieuwe aanvullende gegevens een reconstructie van de landijsbedekking gedurende het Saalien gegeven worden.

Wij zijn de volgende instellingen erkentelijk voor de in deze studie gebruikte boorgegevens. Wat betreft het gebied IJmuiden: de Kon. Ned. Hoogoven- en Staalfabrieken; gebied Amsterdam: de Dienst Grondmechanica voor Gemeente Werken; gebied IJsselmeer: de Dienst der Zuiderzeewerken van de Rijkswaterstaat; gebied IJssel Vallei: de Waterleidingmaatschappij Overijssel en de Waterleidingmaatschappij Gelderland. In het laatstgenoemde gebied zijn ook de uitkomsten van het geo-elektrisch onderzoek van de Dienst Grondwaterverkenning T.N.O. verwerkt (Jeurissen, 1973).

3.4.2. Afzettingen van de Formatie van Drente

Gedurende het Saalien werd een aantal glaciale afzettingen gevormd, die behoren tot de Formatie van Drente (zie 2.1.2.1.). Deze afzettingen worden qua genese in twee groepen onderscheiden:

a. Afzettingen, die door en onder het landijs zijn afgezet: de morene en de grondmorene. Laatstgenoemde afzetting wordt in Nederland keileem genoemd.
b. Smeltwaterafzettingen, die verdeeld worden in proglaciale afzettingen en ijscontactafzettingen.

Tot de proglaciale afzettingen behoren de fluvioglaciale afzettingen, die voor het ijsfront gevormd werden door smeltwaterrivieren. Deze rivieren zetten grof zand en grind af in grote waaiervormige vlakten, zgn. 'sandr-vlakten'. In Nederland zijn deze 'sandr-vlakten' aan de rand van de maximale uitbreiding van het landijs, meer of minder bedekt door jongere afzettingen, te vinden. Voorzover aan het oppervlak gelegen, is de verbreiding aangegeven op de geologische overzichtskaart 1:600.000; op de kaart Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien 1:600.000, is zij weggelaten. Een aanwijzing over het voorkomen en de verbreiding van deze sandr is te vinden in Zagwijn (1974). Langs de ijsrand werden verder door rivieren meer of minder diepe dalen uitgeslepen, die vervolgens met grof fluvioglaciaal materiaal gevuld werden. Deze smeltwaterdalen zijn op de kaart met pijlen aangegeven. Het zijn van noord naar zuid gerekend, achtereenvolgens de oerstroomdalen van de Hunze, de Vecht en de Rijn-Maas. Verder werd bij het terugtrekken van het landijs lokaal grof fluvioglaciaal materiaal gesedimenteerd, vooral ten zuiden van de lijn Texel, Wieringen, Gaasterland en Steenwijk.

Naast de grove fluvioglaciale afzettingen werden proglaciale smeltwaterafzettingen in door het ijs afgedamde meren gesedimenteerd. Dit zijn de lacustroglaciale afzettingen, die in meer of minder grote dikte tot afzetting zijn gekomen in de diepe door het ijs gevormde bekkens. De lithologie van deze overwegend fijne afzettingen wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

IJscontactafzettingen ontstaan in direct contact met het ijs. In Nederland zijn dit met name de kameterrasafzettingen, die echter niet op bijgaande kaart 1:600.000 zijn aangegeven. Verwezen wordt naar de publikaties van Maarleveld (1955, 1962). Smeltwaterstromen kunnen onder het landijs tot grote diepte (ca 100 m), zgn. tunneldalen, eroderen. Zij zijn ook niet op de kaart aangegeven. Deze diepe geulen zijn gevonden in Oost-Nederland, o.a. bij Aalten (de Ridder et al., 1974).

3.4.3. Glaciale afzettingen en landschapsvormen, weergegeven op de kaart 1:600.000

3.4.3.1. Grondmorene (op de kaart aangegeven als keileem)

Ligging

In Noord-Nederland komt in een groot gebied *keileem* aan of dicht aan de oppervlakte voor. In delen van Friesland en in de Waddenzee is de keileem bedekt door jongere afzettingen. De dikte van de keileem varieert in deze gebieden in het algemeen van één tot enkele meters. Deze keileemafzettingen zijn ontstaan

onder het landijs; na het terugtrekken van het landijs bleef de keileem achter, waardoor een zwak golvend plateau ontstond.

Door het landijs *gestuwde keileem* komt in een veel beperkter areaal voor. Twee strookvormige gebieden zijn op de kaart aangegeven: de strook Texel, Wieringen, Gaasterland, Steenwijk en de strook Castricum, Hoorn, Urk. Deze stroken keileemvoorkomens zijn gekenmerkt door keileemafzettingen ter dikte van ca 10 m. Aangenomen wordt dat het hier om keilemen gaat, die zijn gestuwd tijdens stilstandsfasen van het landijsfront. Op de kaart wordt het voorkomen van gestuwde keileem door twee signaturen aangegeven: gestuwde keileem aan de oppervlakte en gestuwde keileem bedekt door jongere afzettingen.

In Midden-Nederland is geen keileem op de kaart aangegeven. Vermeld dient te worden, dat deze in dit gebied schaars is en in hoofdzaak voorkomt aan de randen van de diepe glaciale bekkens.

Lithologie

De grondmorene of keileem is een leem met grind en stenen. Het siltgehalte ligt tussen de 25 en 70%, meestal vindt men ongeveer 30%. In Oost-Nederland bevat de keileem veel opgenomen tertiaire klei. Voor meer details t.a.v. de korrelgrootteverdeling van de keileem in Nederland wordt verwezen naar de Ridder en Wiggers (1956).

Wat de kleur betreft onderscheidt men 3 keileemtypen: grijze, zwartgrijze en karmijnrode keileem. Laatstgenoemde keileem komt in de Noordoostpolder voor als zgn. schollenkeileem (de Waard, 1949).

Als regel is de keileem kalkrijk, aan de oppervlakte gelegen keileem kan echter verweerd en ontkalkt zijn, waardoor ook de kleur verandert.

De grindinhoud van de keileem, vooral de hoeveelheid en aard van de glaciale componenten, is aanleiding geweest voor vele publikaties. Volgens deze onderzoekingen zijn het glaciale grind en de gesteentecomponenten afkomstig uit vier gebieden in Noord-Europa: Noorwegen, Zuid- en Midden-Zweden en het Oostbaltische areaal (Hesemann, 1930, 1939). In Nederland is behalve de telling van de gesteenten volgens de methode Hesemann ook de normale grindtelling toegepast. Volgens deze methode onderscheidde Zandstra (1959, 1962, 1967, 1971, 1972 en 1974) vier glaciale grindtypen, die weer onderverdeeld kunnen worden in subtypen. Ook de verschillen in de glaciale grindtypen worden verklaard door verschillen in herkomstgebied en aanvoerrichting van het landijs. Voor meer details over het voorkomen en de verspreiding in Nederland van de verschillende keileemtypen, zoals onderscheiden door hun inhoud aan glaciale grindtypen, wordt verwezen naar bovengenoemde publikaties.

3.4.3.2. De diepe glaciale bekkens

Voorkomen

De glaciale bekkens van Bergen, IJmuiden, Amsterdam, Zuidelijk Flevoland en de IJssel Vallei komen op de kaart duidelijk tot uiting als diepe depressies in het oppervlak, gevormd tijdens de landijsbedekking van het Saalien. Zij reiken tot meer dan 125 m – N.A.P. De morfologie van de bekkens, zoals uit de contourlijnen valt af te lezen, toont komvormige depressies die, zoals hierna (3.4.4.) uiteengezet zal worden, tijdens een bepaalde fase van het landijs konden ontstaan.

De maximale diepten van de bekkens zijn in genoemde voorkomens vergelijkbaar, namelijk ca 125 m. Mogelijk kan dit verband houden met een gelijkmatige dikte van de ijskap, die deze depressies door zijn eroderende werking veroorzaakte.

Genese

Voor de mogelijke ontstaanswijze van de diepe bekkens wordt verwezen naar 3.4.4.

Lithologie van de afzettingen in de bekkens

Fig. 3.4.1 en 3.4.2 geven informatie over de lithologische opvulling van de diepe glaciale bekkens. Voorts zij verwezen naar profiel B–B[1], behorende bij hoofdstuk 3.3.

Uit een aantal boorgegevens blijkt, dat onderin de diepe glaciale bekkens een kleiopvulling van enige tientallen meters voorkomt. Aan de basis van de glaciale bekkenopvulling komt, met name aan de bekkenranden, grondmorene voor. Pollenanalytisch onderzoek van deze klei wijst op een glacigene herkomst (Zagwijn, pers. med.). De dikte van de klei is in de bekkens van IJmuiden, Amsterdam en Zuidelijk Flevoland een tiental meters, terwijl de dikte in het bekken van de IJssel Vallei 60 m kan bedragen. Deze dikteverschillen vinden waarschijnlijk hun oorzaak in lokale omstandigheden, waardoor in het glaciale bekken van de IJssel Vallei glaciale kleiopvulling langer kon doorgaan dan in de andere drie diepe bekkens. De kleien, die in door het ijs afgedamde meren als afsmeltingsproducten van het landijs zijn ontstaan, worden als proglaciale, lacustroglaciale afzettingen beschouwd.

Door de aard van de boormethoden is de sedimentaire structuur van de proglaciale kleiopvulling slechts in enkele gevallen bekend. Alleen in het bekken van Amsterdam en in dat van de Flevopolders zijn enige gestoken kernen beschikbaar, die over de aard van de sedimentatie gegevens kunnen verschaffen.

Op fig. 3.4.3 en 3.4.4 zijn foto's van steekmonsters uit de basale kleiopvulling van het bekken van Amsterdam en Flevoland weergegeven. Uit deze monsters blijkt, dat aan de basis van het kleipakket een gelaagde structuur in de klei voorkomt, die op 'warven' wijst. Warven zijn gekenmerkt door een gegradeerde gelaagdheid; dit is een gelaagdheid, waarbij per laag van onder naar boven de korrelgrootte geleidelijk afneemt. Kenmerkend is ook de abrupte overgang in korrelgrootte naar de volgende warve. De typische sedimentaire structuur van een 'warve' vindt zijn oorzaak in de verschillen in de mate van afsmelten van de ijskap in het zomer- en het winterseizoen. In lente en zomer stroomt smeltwater van de ijskap in een voor de ijskap gevormd meer. Het grove materiaal komt het eerst tot afzetting, het fijnere materiaal bezinkt pas later als in het winterseizoen het afsmelten sterk terugloopt. Het abrupte begin van de volgende warve wordt veroorzaakt door het begin van de afsmelting na het winterseizoen, waardoor weer nieuw sediment in het meer wordt gebracht. De naam 'warve' is door de Geer (1912) geïntroduceerd waarbij gesteld werd dat iedere afzonderlijke warve werd afgezet in één jaar.

Laboratoriumproeven door Kuenen (1951) hebben aangetoond, dat de gradering van de warven

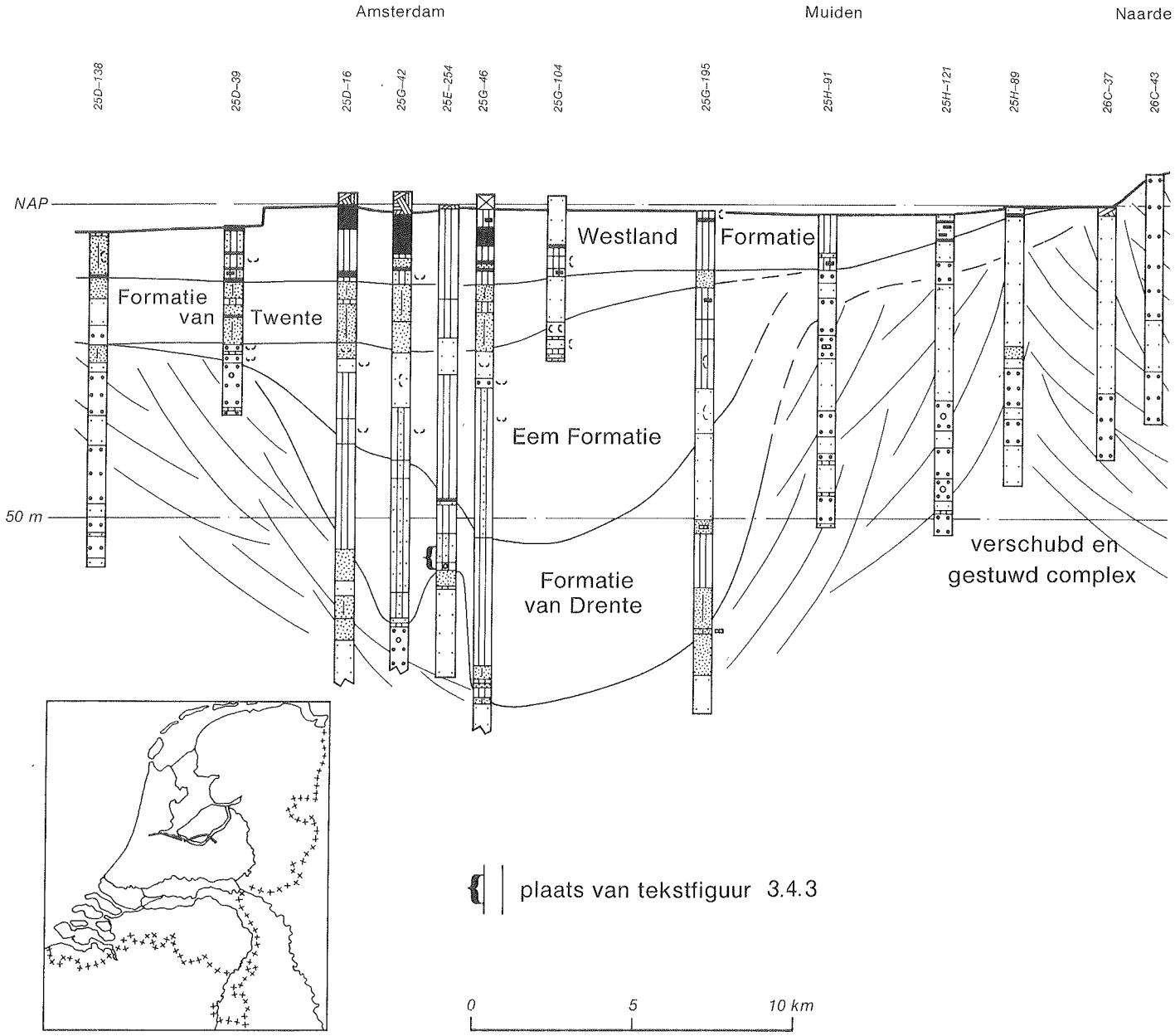


fig. 3.4.1 Profiel door het glaciale bekken van Amsterdam

door troebelingsstromen wordt veroorzaakt. Deze troebelingsstromen ontstaan door het afsmelten van gletsjerijs in de lente, waardoor een met sediment verzadigde stroom zich over de bodem van het met afsmeltingswater gevulde meer beweegt. De gradering van het sediment, dat op de bodem van het meer wordt afgezet, wordt veroorzaakt doordat het front van de troebelingsstroom het grofste materiaal heeft, dat ook het eerst tot bezinking komt. De dichtheid en de snelheid van de stroom neemt af, waardoor steeds fijner materiaal wordt afgezet. Het fijnste materiaal tenslotte, komt in suspensie en wordt pas later afgezet, namelijk in het winterseizoen wanneer het afsmelten tot staan is gekomen. Hoe verder van het ijsfront verwijderd, des te fijner is de lithologie van de warve, terwijl buiten het bereik van de troebelingsstroom slechts het fijne in suspensie gebrachte materiaal bezinkt. Het is duidelijk, dat het optreden van meerdere troebelingsstromen het sedimentatiebeeld sterk zal beïnvloeden.

Het bovenstaande geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen over de aangetroffen sedimentstructuren in de beschikbare steekmonsters (fig. 3.4.3 en 3.4.4). De gestoken monsters, afkomstig van de onderste 3 m van de glaciale kleiopvulling in het bekken onder Amsterdam (fig. 3.4.3), laten drie sedimentatiecycli zien. Beneden 57.47 m −N.A.P. is keileem aanwezig. Deze vormt de basis van de bekkenopvulling. Boven de keileem wordt van 56.72–57.47 m sedimentpakket I aangetroffen, dat zeer duidelijk uit warven bestaat. De dikte van de warven neemt naar boven toe af, hetgeen in verband gebracht kan worden met de toenemende afstand tot het afsmeltende ijsfront. Het sediment van de warven bestaat uit fijnzandige klei (lichte gedeelte), die overgaat in klei (donkere gedeelte). De fijnzandige

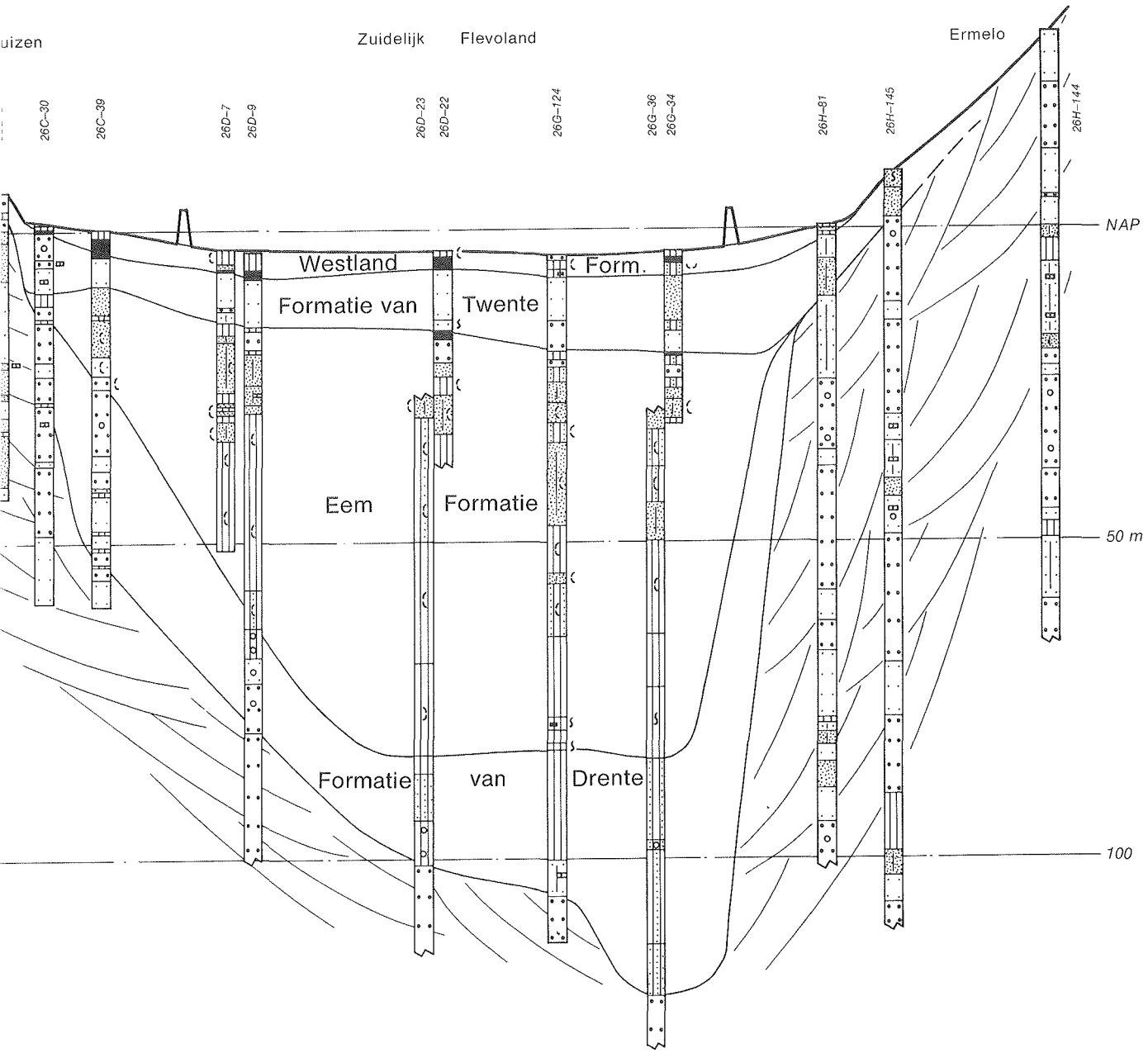


fig. 3.4.2 Profiel door het glaciale bekken van Zuidelijk Flevoland

klei, het zomergedeelte, vertoont geen gelaagdheid. Ongeveer 60 warven zijn in dit sedimentpakket aanwezig.

Sedimentpakket II, van 55.30–56.70 m – N.A.P., is niet opgebouwd uit de enkelvoudige warven, waardoor pakket I gekenmerkt wordt, maar is gecompliceerder van structuur. De zomerlagen (lichte gedeelte) vertonen een gelaagdheid, terwijl ook in de donkere afzettingen een zekere laminatie kan optreden. De 'warven' zijn dikker dan in pakket I, maar nemen naar boven toe in dikte af. Mogelijk ontstonden deze warven door meerdere troebelingsstromen (Banerjee, 1973) of door schokgolven in de troebelingsstroom (Kuenen, 1951).

Sedimentpakket III, gelegen boven 55.30 m – N.A.P., is homogeen van kleur en vertoont geen gegradeerde gelaagdheid. Het bestaat uit fijnzandige gelaagde klei. Deze glaciale klei is geen echte warvenklei en is ontstaan buiten het bereik van troebelingsstromen, afkomstig van het afsmeltende ijsfront. De vorming van deze klei is dan ook het gevolg van de bezinking van de zwevende fijne sedimentdeeltjes in het proglaciale meer.

In fig. 3.4.4 zijn enige steekmonsters afgebeeld, die door de Dienst der Zuiderzeewerken aan de Rijks Geologische Dienst zijn afgestaan voor onderzoek. Het betreft hier een boring in het diepe gedeelte van het glaciale bekken van Flevoland. Keileem werd hier aan de basis van de lacustroglaciale klei niet aangetroffen.

Evenals bij de kleiopvulling van het bekken van Amsterdam blijkt ook in deze lokatie de proglaciale klei te bestaan uit een onderste gedeelte met een typische warvenstructuur (89.60–95.75 m) en een bovenste gedeelte zonder deze gradering (87.60–87.80 m).

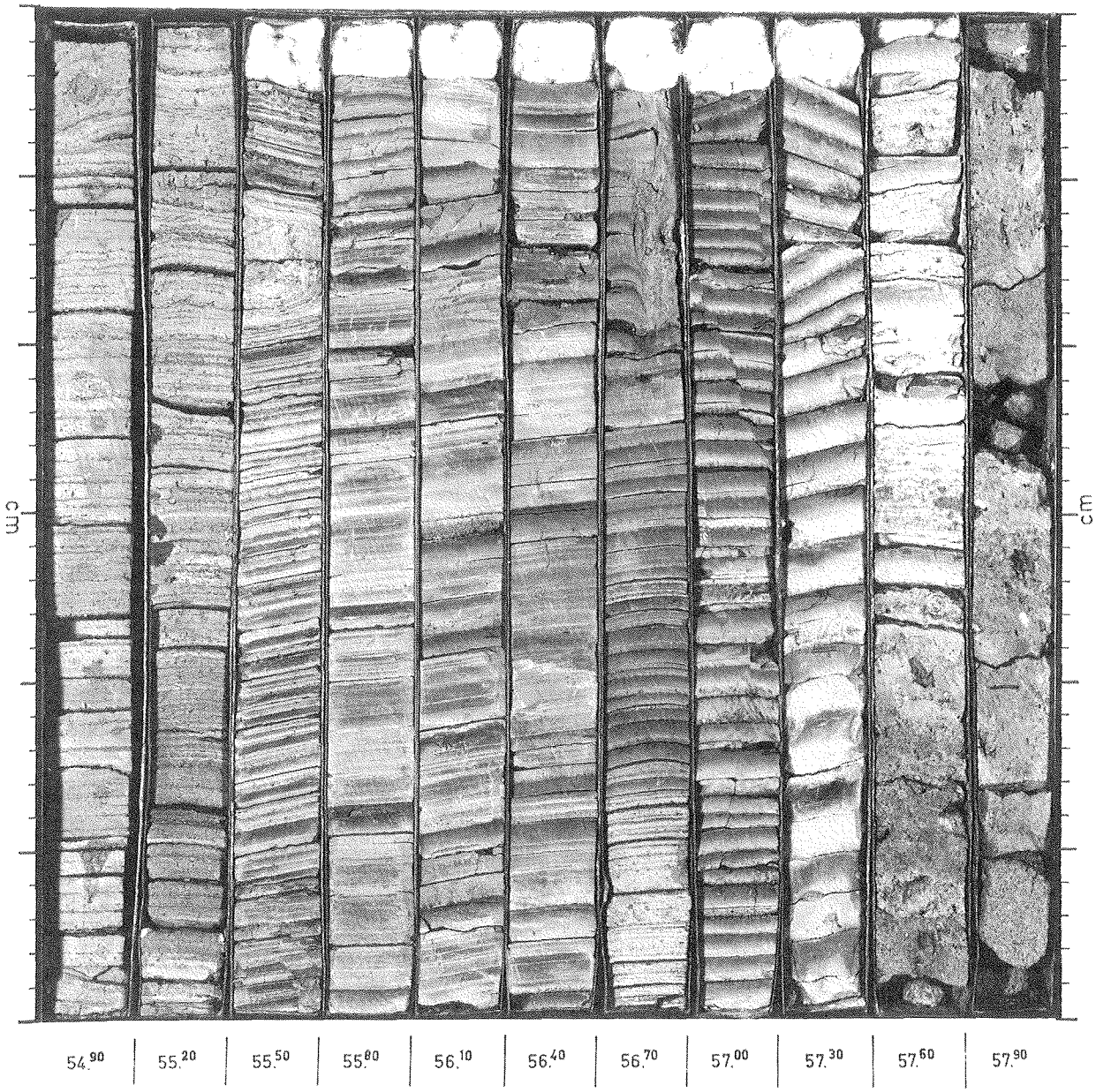


fig. 3.4.3 Keileem en lacustroglaciale afzettingen van de basale opvulling uit het bekken van Amsterdam, boring Oosterdok (25E–254)

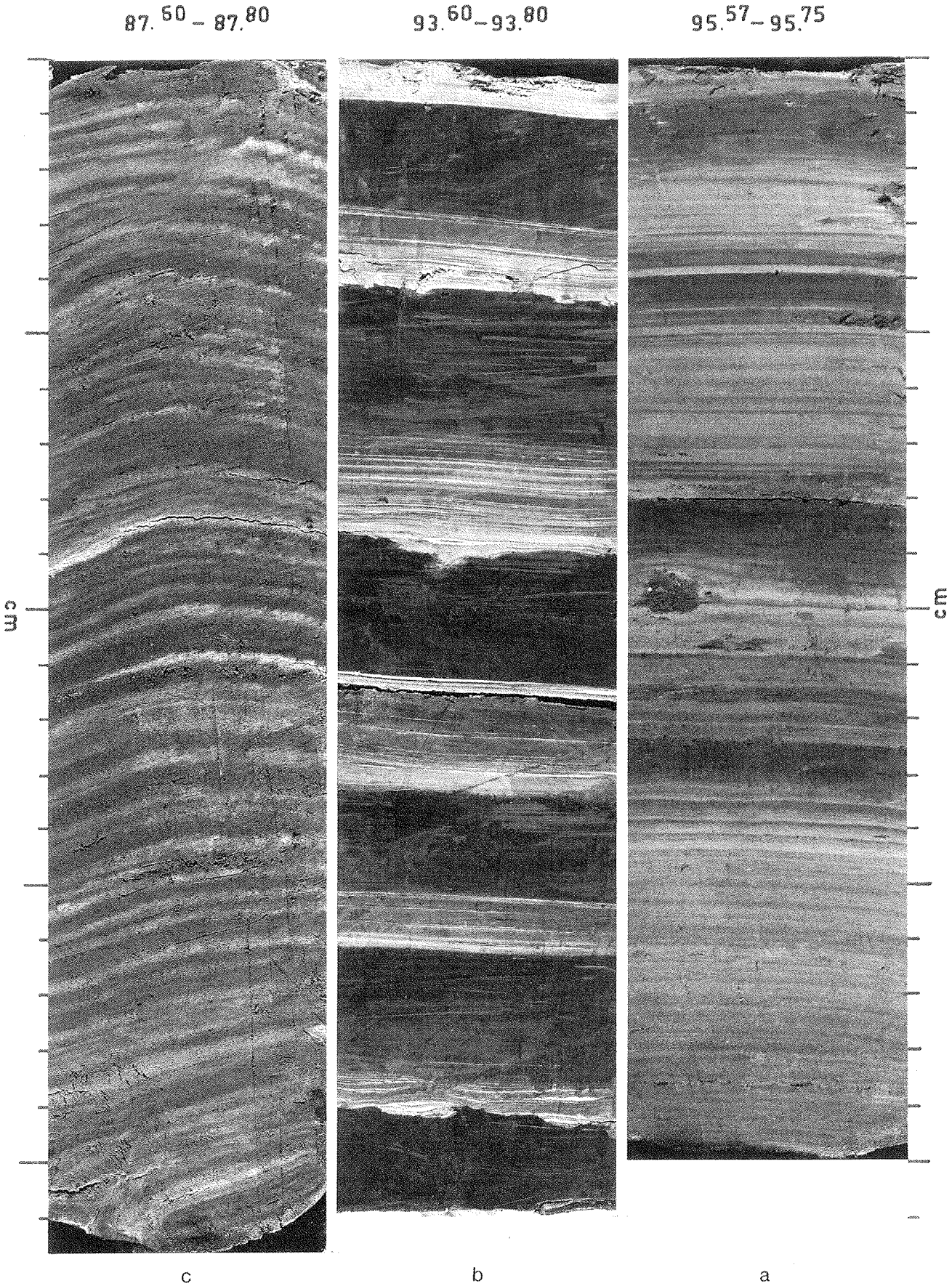


fig. 3.4.4 Structuren in de lacustroglaciale afzettingen van de basale opvulling uit het bekken van Zuidelijk Flevoland, boring 26H–124.
a en b: warvenstructuur; c: niet-gegradeerde gelaagdheid

Nader onderzoek met behulp van nieuwe steekmonsters in de diepe glaciale bekkens is in voorbereiding, waaruit mogelijk meer gegevens over de sedimentologische opbouw van de glaciale kleiopvulling bekend zullen worden.

3.4.3.3. De stuwwallen

Zoals uit de bijbehorende kaart blijkt, zijn de door het ijs gevormde bekkens omgeven door stuwheuvels. Op de kaart zijn zowel stuwwallen die aan de oppervlakte voorkomen als die bedekt zijn door jongere afzettingen weergegeven. De stuwwallen bestaan uit materiaal, dat door het ijs zijdelings en frontaal uit de bekkens werd weggedrukt.

De ouderdom en de aard van het materiaal dat in de stuwwallen is samengevoegd, vertonen van oost naar west de volgende verschillen: In Oost-Nederland, waar tertiaire afzettingen aan of dicht onder de oppervlakte liggen, zijn veel fijne zanden en kleien van tertiaire ouderdom in de stuwwallen aanwezig. In de stuwwallen van de oostelijke Veluwe is materiaal van onder- en middenpleistocene ouderdom te vinden. Dit materiaal is afkomstig uit het gebied, waar zich nu het glaciale bekken van de IJssel Vallei bevindt. In dit gebied ligt de basis van de kwartaire afzettingen veelal tussen 100–150 m −N.A.P. Door deze ondiepe ligging van de onder- en midden-pleistocene sedimenten waren deze bereikbaar voor de stuwende werking van de gletsjers. In de meer westelijk gelegen reeks stuwwallen van het Gooi en de Utrechtse Heuvelrug, daarentegen, vindt men door de grotere diepteligging van de onder-pleistocene sedimenten alleen materiaal uit het Midden-Pleistoceen in de stuwwallen. Wat de hoogten van de stuwwallen betreft moet vermeld worden dat de stuwwal van de oostelijke Veluwe, die meer dan 100 m +N.A.P. bereikt, de hoogste is.

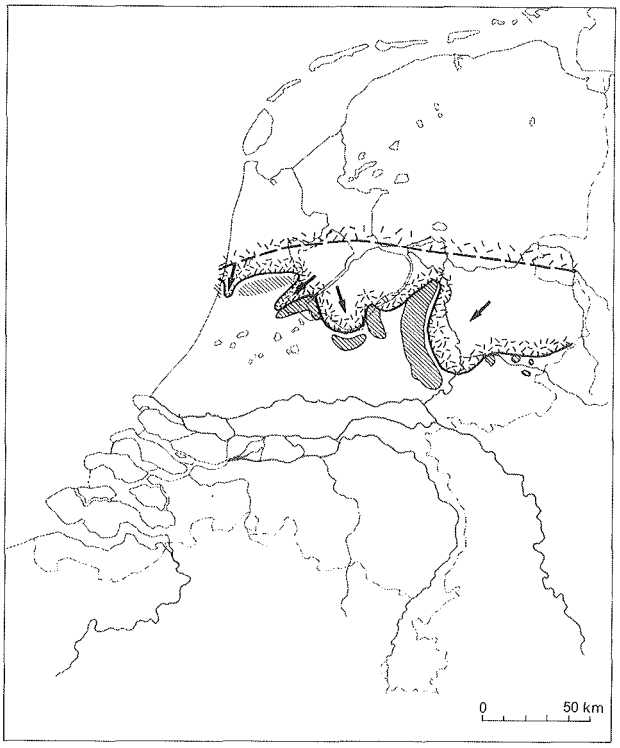
Ontsluitingen in de aan het oppervlak gelegen stuwwallen maken het mogelijk om uit de strekking van de gestuwde lagen de stuwingsrichting van het ijs te reconstrueren (Maarleveld, 1955). Het voorkomen van overschuivingsvlakken en breukvlakken in de gestuwde lagen wijst erop, dat het materiaal in bevroren toestand door het ijs moet zijn gestuwd.

Het voorkomen en de ligging van de op de kaart weergegeven begraven stuwwallen berust op interpretatie van de beschikbare boringen. Het is duidelijk, dat vorm en ligging van deze stuwwallen alleen bij benadering kunnen worden aangegeven. Zo is de constructie van de vorm van de begraven en door de Rijn geërodeerde stuwwal tussen Nijmegen en Arnhem, door Thomé (1959) Valburg-stuwwal genoemd, op de kaart een andere dan die welke recentelijk door Verbraeck (1975) werd gegeven. Deze auteur kon over meer gegevens beschikken dan op het tijdstip van het vervaardigen van de 1:600.000 kaart van de glaciale verschijnselen beschikbaar waren.

3.4.4. Genese

Zoals ook uit de bijbehorende kaart blijkt heeft de ijsbedekking gedurende het Saalien twee duidelijk verschillende typen landschapsvormen achtergelaten. In het noorden van het land zien we een zwak golvend plateau met een grondmorenebedekking, waarvan de zuidrand begrensd wordt door lage stuwwallen met gestuwde keileem, die samenhangen met ondiepe bekkens. Hiervan bedraagt de diepte slechts 10 à 20 m. In tegenstelling tot het keileemplateau in het noorden staat het landschap van Midden-Nederland, waar glaciale bekkens omringd door hoge stuwwallen voorkomen. Zagwijn (1974) verklaart deze twee glaciale landschapstypen met verschillen in het type ijsbedekking. Aangenomen wordt dat Nederland bedekt was door een landijskap, waarvan de rand in tongen uitvloeide. Dit uitvloeien in tongen wordt vergeleken met waarnemingen aan gletsjers in polaire gebieden, waaruit blijkt, dat sommige gletsjers instabiel kunnen worden en dientengevolge met grote snelheid uitvloeien (Engels: 'glacier surge'). Bij dit uitstromen van het ijs treedt tengevolge van de grote stroomsnelheid erosie op. Met dit mechanisme meent Zagwijn de krans van bekkens en stuwwallen te kunnen verklaren, die zich aan de rand van de maximale landijsverbreiding bevindt. Voortbouwend op deze nieuwe inzichten wordt hier in een aantal kaartjes een reconstructie van de Saalien landijsbedekking gegeven.

Fig. 3.4.5 geeft de situatie weer tijdens fase I van de landijsbedekking van Nederland. De rand van het landijs bevond zich ongeveer langs een lijn Castricum, Hoorn, Urk, Ootmarsum. Deze ijskap liet weinig sporen in de vorm van erosie en stuwing achter, zoals



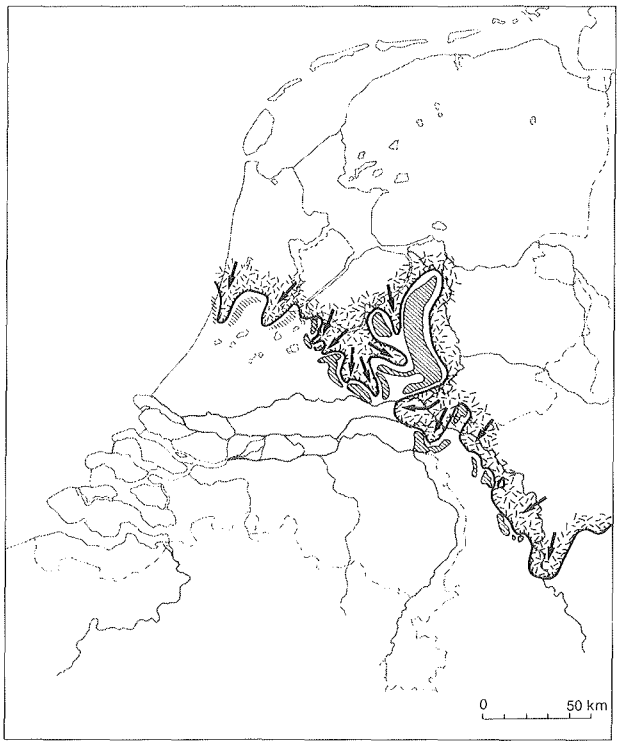
rand van de ijskap voor het uitvloeien

stuwwal

richting van de uitvloeiing

grens van het landijsfront

fig. 3.4.5 Fase I, eerste uitvloeiing van het landijsfront; vorming van vier diepe glaciale bekkens



stuwwal

richting van de uitvloeiing

grens van het landijsfront

fig. 3.4.6 Fase II, verdere uitvloeiing van het landijsfront

blijkt uit de afzettingen van het keileemplateau. De rand van deze ijskap werd echter instabiel, waardoor uitvloeiing van ijs optrad. Tijdens dit proces werden diepe glaciale bekkens gevormd en stuwwallen opgeworpen. Tijdens deze fase zijn de diepe glaciale bekkens onder IJmuiden, Amsterdam, Flevoland en de Gelderse Vallei ontstaan. In deze constructie wordt in navolging van Thomé (1959) aangenomen, dat de Oost-Veluwe stuwwal, die tijdens deze fase is gevormd, niet lateraal (Maarleveld, 1955; ter Wee, 1962), maar frontaal gestuwd is en wel vanuit het oosten.

Ter Wee (1962) laat het ijsfront in zijn eerste twee fasen uit het noorden komen, waar het in Nederland uitvloeit in de rivierdalen van de Rijn en de Maas. Het is echter gebleken, dat diepe rivierdalen voor de komst van het ijs niet aanwezig waren (Zagwijn, 1974), zodat de theorie dat het landijs via diepe rivierdalen Nederland zou zijn binnengekomen, geen steun meer heeft. Door ons wordt aangenomen, dat het ijsfront gesloten uit het noordoosten kwam.

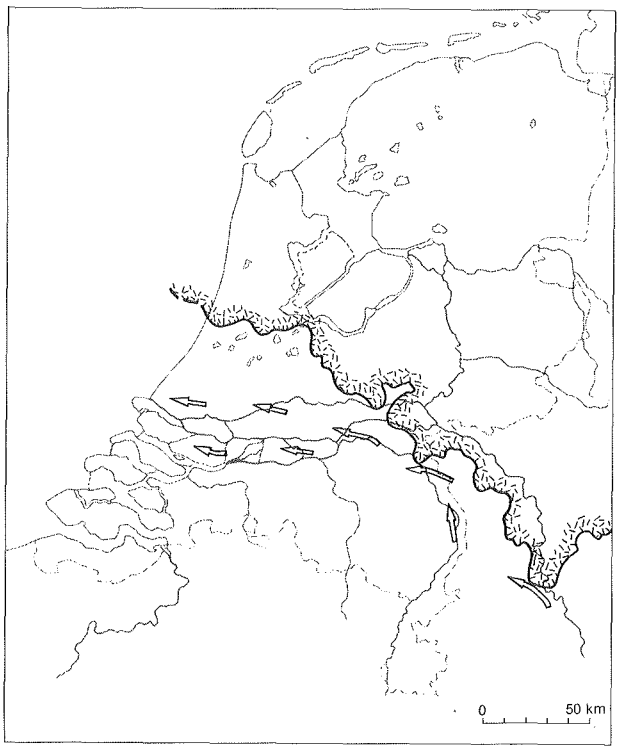
Fig. 3.4.6 geeft fase II van de landijsbedekking weer, die voortkwam uit een volgende uitvloeiingsfase van het ijs. In deze fase werden de stuwwallen van de Utrechtse Heuvelrug, de Gelderse Vallei, zuidelijke Veluwe, Nijmegen, Montferland en de stuwwallen van het Benedenrijngebied gevormd. De glaciale bekkens die in deze fase zijn ontstaan, zijn ondieper dan die van de eerste fase. De bijbehorende stuwwallen zijn eveneens lager. Men vergelijke de hoogte van de stuwwal van de oostelijke Veluwe (de enige, weinig geërodeerde stuwwal uit fase I) met die rond de Gelderse Vallei.

Bovengenoemde verschillen tussen fase I en II kunnen waarschijnlijk worden toegeschreven aan het dunner worden van de ijstongen. De dikte van het ijs in het randgebied van de ijskap was tijdens fase I in de IJssel Vallei, gezien de diepte van het bekken (125 m) en de hoogte van de stuwwal (ruim 100 m) ten minste 250 m (Thomé, 1959; Zagwijn, 1974).

Ten tijde van fase II was de dikte van het ijs in het randgebied op grond van overeenkomstige vergelijkingen, ongeveer 100 m. Met pijlen is in fig. 3.4.6 de uitvloeiingsrichting van de verschillende ijstongen weergegeven. Gedurende fase II was de uitvloeiing van het ijs vanuit de rand in het gebied tussen IJmuiden en Amsterdam slechts gering. Opgemerkt dient te worden, dat stuwwallen en glaciale afzettingen in dit gebied begraven liggen onder jongere afzettingen, zodat de reconstructie hier op (veelal schaarse) boorgegevens berust.

Fig. 3.4.7 geeft de lijn weer van de maximale ijsbedekking in Nederland. Wat het gebied in Duitsland betreft, zijn de gegevens ontleend aan Thomé (1959).

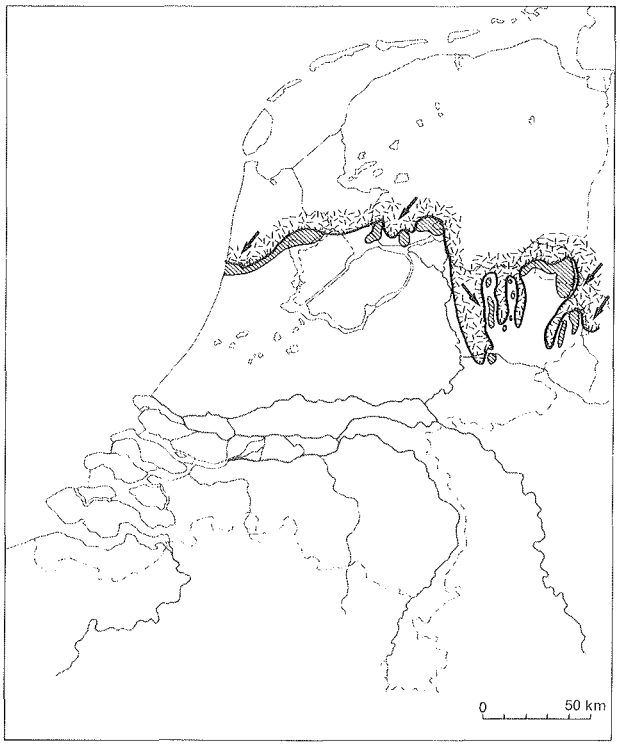
Een volgende, derde fase van de landijsbedekking is voorgesteld in fig. 3.4.8. Het landijs trok terug op de lijn Castricum, Hoorn, Urk, Vollenhoven, Ootmarsum. Tijdens het stationair blijven van de ijsrand werd grondmorene gestuwd. Tevens vond in deze fase III nog uitvloeiing van ijs plaats, waardoor o.a. het glaciale bekken onder Bergen werd gevormd en de stuwwallen in Oost-Nederland. Deze fase van de ijs-



maximale ijsbedekking

hoofdrichting van de oerstroom

fig. 3.4.7 Maximale uitbreiding van het landijs in Nederland. Oerstroom van Rijn en Maas vóór het landijsfront

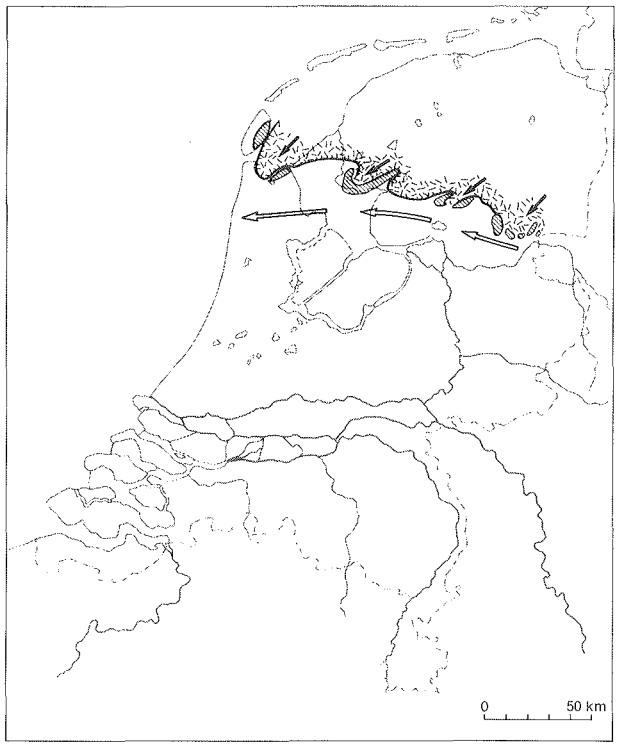


stuwwal

richting van de uitvloeiing

stilstandfase van het landijs

fig. 3.4.8 Fase III, stilstand van het landijs tijdens terugtrekking, met enkele uitvloeiingen van het landijs (Rehburger Stadium)



stuwwal

richting van de uitvloeiing

stilstandfase van het landijs

hoofdrichting van de oerstromen

fig. 3.4.9 Fase IV, verdere stilstand van het landijs tijdens terugtrekking. Oerstroom van Vecht en Rijn vóór het landijsfront

bedekking sluit aan op het Rehburger Stadium in Duitsland.

De voorstelling van fase IV van de landijsbedekking (fig. 3.4.9) is ontleend aan fase d volgens ter Wee (1962). Het landijs trok zich terug op de lijn Texel, Wieringen, Gaasterland, Steenwijk, en bleef daar enige tijd stationair. In die periode werd grondmorene gestuwd. Ook ontstonden nog enige ondiepe bekkens, omgeven door stuwwallen, zoals bij Steenwijk (ter Wee, 1966). Langs de ijsrand liep het oerstroomdal van de Vecht en Rijn. In de Noordoostpolder reikt dit dal tot een diepte van 50 m onder maaiveld (Wiggers, 1955).

Evenals fase IV is fase V (fig. 3.4.10) ook ontleend aan ter Wee (1962, fase e). Het terugtrekkend ijsfront wordt verondersteld enige tijd stationair geweest te zijn in het noordoosten van Nederland. Langs de ijsrand liep het oerstroomdal van de Hunze, dat later opgevuld werd met fluvioglaciaal en jonger materiaal.

Tenslotte nog enige opmerkingen over het tijdstip in het Saalien, waarin de ijsbedekking van Nederland plaatsvond. Pollenanalytisch onderzoek van afzettingen in Noord-Nederland gelegen tussen die van het Holstein interglaciaal en de grondmorene van het Saalien, gaf aanleiding tot de volgende conclusies (Zagwijn, 1973): Op het warme Holstein interglaciaal volgde een koude tijd (vorstwiggen), gevolgd door een fase met twee warmere interstadialen: het Hoogeveen interstadiaal en het Bantega interstadiaal.

Op deze afzettingen van het eerste deel van het Saalien ligt de grondmorene, zodat wordt aangenomen dat de ijsbedekking van Nederland pas tegen het einde van het Saalien plaatsvond. Dit is geheel in overeenstemming met pollenanalytisch onderzoek van de kleiopvulling van het glaciale bekken onder Amsterdam, waaruit is gebleken dat zich tussen het begin van het terugtrekken van het ijs uit dit bekken en het begin van het Eemien interglaciaal geen verdere klimaatschommelingen (interstadialen) hebben voorgedaan (Zagwijn, pers. med.).

Literatuur

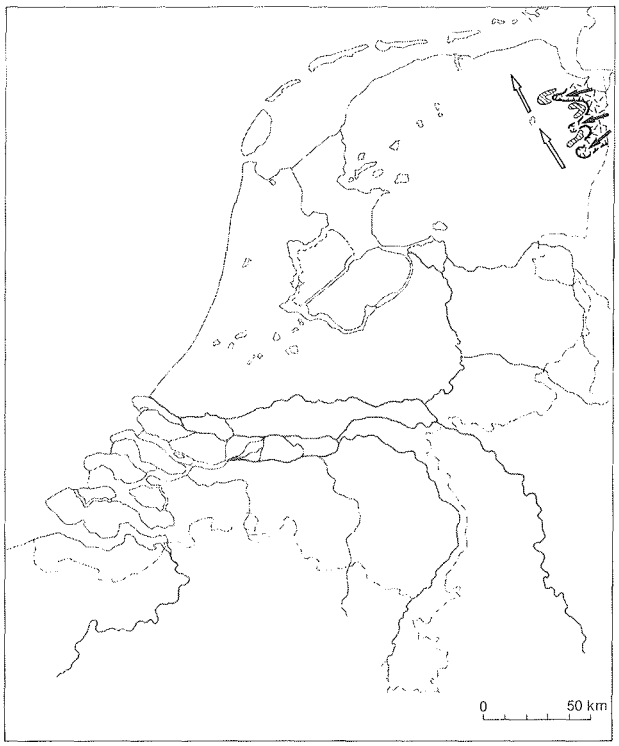
Banerjee, Indranil, 1973: Sedimentology of Pleistocene glacial varves in Ontario, Canada. Geol. Surv. of Canada, 226; pp. 1–40.

Brouwer, A., 1950: De glacigene landschapstypen in Nederland. Tijdschr. K.N.A.G., LXVII, pp. 20–32.

Geer, G. de, 1912: A geochronology of the last 12.000 years. Int. Geol. Congr., 11th, Stockholm 1910, C.R., Vol. 1; pp. 241–258.

Hesemann, J., 1930: Wie sammelt und verwertet man kristalline Geschiebe? Preuss. Geol Landesanst.; pp. 188–196.

Hesemann, J., 1939: Diluvialstratigraphische Ge-



stuwwal

richting van de uitvloeiing

stilstandfase van de ijsbedekking

richting van de oerstroom

fig. 3.4.10 Fase V, laatste stilstandsfase van het landijs in Nederland. Oerstroom van de Hunze vóór het landijsfront

schiebeuntersuchungen zwischen Elbe und Rhein. Abh. Naturw. Ver. Bremen, 31; pp. 247–259.

Jeurissen, G. F. J., 1973: Rapport inzake een geoelectrisch onderzoek in Salland. Dienst Grondwaterverkenn. TNO, rapport No. 70;

Kuenen, P. H., 1951: Mechanics of varve formation and the action of turbidity currents. Geol. Fören. Stockholm, Förhandl., 73; pp. 69–84.

Lorié, J., 1887: Beschouwingen over het Diluvium van Nederland. Tijdschr. K.N.A.G., Tweede Serie, IV; pp. 383–453.

Maarleveld, G. C., 1953: Standen van het landijs in Nederland. Boor en Spade, 6; pp. 95–105.

Maarleveld, G. C., 1955: Fluvioglaciale afzettingen in Midden-Nederland. Tijdschr. K.N.A.G., 72; pp. 344–355.

Maarleveld, G. C., 1960: Notities Jaarverslag Stichting voor Bodemkartering; 26 p.

Maarleveld, G. C., 1962: The Veluwe. Meded. Geol. Stichting, N.S. 15; pp. 49–55.

Rees Vellinga, E. van and N. A. de Ridder, 1973: Notes on the Tertiary and Pleistocene Geology of East Gelderland, the Netherlands. Eiszeitalter u. Gegenw., 23/24; pp. 26–45.

Ridder, N. A. de and A. J. Wiggers, 1956: De korrelgrootteverdeling van de keileem en het proglaciale zand. Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 289–311.

Teunissen, D., 1961: Het Middennederlandse heuvelgebied. Thesis, Nijmegen; 153 p.

Thomé, K. N., 1959: Das Inlandeis am Niederrhein. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 4; pp. 197–246.

Verbraeck, A., 1975: Ice-pushed ridges in the eastern part of The Netherlands river area. Geol. en Mijnb., 54; pp. 82–84.

Waard, D. de, 1945: Bijdrage tot de kennis van het glaciale Diluvium in Urkerland. Verh. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Geol Serie, XV; pp. 70–246.

Wee, M. W. ter, 1962: The Saalian glaciation in the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, N.S. 15; pp. 57–76.

Wee, M. W. ter, 1966: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland, 1:50.000, Blad Steenwijk Oost (16 O); 106 p.

Wiggers A. J., 1955: De wording van het Noordoostpoldergebied. Thesis, Amsterdam;

Zagwijn, W. H., 1973: Pollenanalytic studies of Holsteinian and Saalian Beds in the Northern Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 20; pp. 139–156.

Zagwijn, W. H., 1974: The palaeogeographic evolution of the Netherlands during the Quaternary. Geol. en Mijnb., 53; pp. 369–385.

Zandstra, J. G., 1959: Grindassociaties in het Pleistoceen van Noord-Nederland: een samenvatting van de voorlopige resultaten van grindonderzoek, in het bijzonder van het Onder- en Midden-Pleistoceen. Geol. en Mijnb., N.S. 21; pp. 254–272.

Zandstra, J. G., 1962: Over het fijne morenegruis van Bisschopsberg en Sint-Nicolaasga en de betekenis der gefractioneerde analyse. Grondboor en Hamer, 16; pp. 47–55.

Zandstra, J. G., 1967: Een zwerfsteentelling bij Wijldermerk (Gaasterland) en gegevens over keileem en het fijnere morainegruis. Grondboor en Hamer, 21; pp. 12–19.

Zandstra, J. G., 1971: Keileem en zwerfstenen in de Zuidwesthoek van Nederland. It Baeken, XXXIII; pp. 13–51.

Zandstra, J. G., 1972: Notities over heidegronden en hun ontginningen en twee nieuwe zwerfsteentellingen in Drente. Grondboor en Hamer, 26; pp. 7–18.

Zandstra, J. G., 1974: Over de uitkomsten van nieuwe zwerfsteentellingen en een keileemtypeindeling in Nederland. Grondboor en Hamer, 28; pp. 95–108.

3.5. TOELICHTING BIJ DE ONDIEPE BREUKENKAART MET DIEPTELIGGING VAN DE FORMATIE VAN MAASSLUIS

door H. M. van Montfrans

Abstract

A map, at a scale 1:600.000, showing the fairly recent (uppermost Tertiary and Quaternary) tectonic activity in The Netherlands is presented. The outlines of main faults and saltdomes shown, are mainly based on interpretation of seismic information and in some areas on data from drilled holes only.

Depth-contours of the top of the Lower Pleistocene marine

deposits (top Maassluis Formation) have been constructed to illustrate the structures.

Inhoud

3.5.1. Inleiding
3.5.2. Werkwijze bij de bepaling van het breukenpatroon
3.5.3. Bespreking breukenpatroon
3.5.4. Werkwijze bij de bepaling van de diepteligging Formatie van Maassluis
3.5.5. Bespreking van de diepteligging Formatie van Maassluis

3.5.1. Inleiding

Deze kaart berust voor een groot deel op exploratiegegevens van olie- en andere maatschappijen. Dit betreft seismische zowel als boorgegevens. Een aantal van deze maatschappijen: Amoco Netherlands Petroleum Company, Chevron Oil Company of the Netherlands, Continental Netherlands Oil Company, Nederlandse Aardolie Maatschappij, Petrofina, Petroland, Placid International Oil, Akzo Zout Chemie Nederland en Shell Delfstoffen Nederland, heeft aan de Rijks Geologische Dienst toestemming gegeven naar buiten te treden met interpretaties, gebaseerd op deze gegevens, tot aan de onderzijde van het Tertiair, resp. 700 meter. Deze gegevens vormen de basis voor het breukenpatroon op de kaart, en zijn ook van belang geweest bij het bepalen van de diepteligging van de bovenzijde Formatie van Maassluis.

Van de heer M. v. d. Bosch, Rijksmuseum voor Geologie en Mineralogie te Leiden, werd toestemming ontvangen voor het gebruiken van nog niet gepubliceerde gegevens uit het gebied rond Winterswijk.

Van de afdelingen Macropaleontologie, Micropaleontologie en Paleobotanie werden Dienstrapporten gebruikt om de bovenzijde van de Formatie van Maassluis te bepalen. De heren G. Spaink en B. Sliggers (R.G.D., Haarlem) verrichtten in een aantal nog niet eerder bewerkte boringen nieuwe determinaties. Van de Afdeling Matig Diepe Ondergrond werden Dienstrapporten gebruikt, waarin voor verschillende delen van Nederland interpretaties van de bovenzijde der Formatie van Maassluis in kaart- en profielvorm voorkwamen. De heer H. Zwaan (R.G.D., Haarlem) had een groot aandeel in het voorbereiden van het kaartbeeld t.a.v. de diepteligging van de Formatie van Maassluis.

Een kaart van de bovenzijde van de Formatie van Maassluis (toen nog 'Icenien') werd eerder gemaakt door Zonneveld (1958). Een breukenkaart op basis van boorgegevens werd, voor Zuid- en Midden-Nederland, vervaardigd door Zagwijn (1971).

3.5.2. Werkwijze bij de bepaling van het breukenpatroon

Het breukenpatroon op de kaart berust voor een groot deel van Nederland (het ongerasterde deel op de kaart) vrijwel uitsluitend op seismische reflectie gegevens. De techniek van seismische opname, van seismische 'processing', en van de interpretatie, is bij Kwartair-geologen weinig bekend. De kwaliteit van deze gegevens is de laatste tien jaren echter zo zeer vergroot dat de methode nu ook voor jonge afzettingen zeer goed te gebruiken is.

Seismische lijnen worden in een netwerk in het terrein opgenomen, met onderlinge afstanden die afhangen van de probleemstelling en van de gecompliceerdheid van de ondergrond. Veelal bedragen deze afstanden één tot enkele kilometers. Na interpretatie kan een nauwkeurig inzicht zijn verkregen in de lokaties van de breuken, maar ook in de sprong-hoogtes op die breuken, en in de laaghellingen, beiden in relatie tot de diepte. Het omzetten van seismische tijds- naar diepte-informatie geschiedt nu in het algemeen met een grote mate van nauwkeurigheid.

Een zekere beperking van de methode is het dieptebereik. De gegevens zijn opgenomen voor exploratie van de diepere ondergrond en geven op diepten van minder dan 300 à 200 m (bij uitzondering 150 m) geen directe informatie meer. Toch zijn ze goed bruikbaar, want van een breuk die op enkele honderden meters diepte nog een aanzienlijke spronghoogte heeft kan redelijkerwijs verwacht worden dat hij ook op geringere diepten aanwezig is. Omgekeerd kan de uitspraak nog sterker zijn: wanneer uit de seismische interpretatie blijkt dat op een diepte van enkele honderden meters geen breuk aanwezig is, dan is het hoogst onwaarschijnlijk dat er op geringe diepte breukwerking van ook maar enige betekenis zou zijn.

Ook van belang is de informatie over laaghelling. Binnen de tertiaire en kwartaire sedimentpakketten in de ondergrond van Nederland komen laaghellingen tot enkele graden voor. Dit is vaak, maar niet altijd, het geval in samenhang met de aanwezigheid van breuken. Mede vanwege het gebruik om de vertikale schaal van dwarsdoorsneden (profielen) tientallen malen tot honderd maal of meer te overdrijven is het optreden van deze tektonische hellingen vroeger lang niet altijd onderkend. Dit gaf aanleiding tot het aannemen van de aanwezigheid van breuken, alleen op basis van verschillen in diepteligging van zekere goed herkenbare stratigrafische niveaus in boringen.

Voor het samenstellen van de breukenkaart zijn seismische gegevens gebruikt van de N.A.M. (vrijwel alle lijnen), van Amoco in de provincie Utrecht, en van Chevron en Petrofina in de provincie Noord-Brabant. De gegevens waren van uiteenlopende kwaliteit en de dichtheid van opname was lang niet overal gelijk. Zeer weinig of helemaal geen gegevens waren aanwezig in de provincies Zeeland en Limburg. De schaal waarop werd geïnterpreteerd was in het algemeen 1:250.000. In enkele gebieden (omgeving Coevorden, omgeving Tubbergen) werd de schaal 1:50.000 gebruikt.

De beschikbare boorgegevens zijn bij het samenstellen van de breukenkaart in het grote gebied met voldoende seismische gegevens niet uitputtend gebruikt. In het algemeen kan gesteld worden dat deze gegevens op zichzelf een dichtheid hebben die niet voldoende is om er een breukenpatroon op te kunnen baseren. Ze zijn dan ook alleen als aanvulling op de seismische gegevens gebruikt, behalve in zuidoostelijk Nederland in de gebieden ten oosten van Asten en ten zuiden van Oss, waar (kleine) delen van de breukenkaart voornamelijk op boorgegevens berusten.

Wél is op een aantal plaatsen, waar ogenschijnlijk tegenspraken waren tussen de seismische breukenkaart en bekende boorgegevens, speciaal nagegaan in hoeverre deze verschillende gegevens toch met elkaar in overeenstemming konden worden gebracht. Dit bleek bijna steeds het geval te zijn, door redelijke schattingen te maken van de te verwachten sprong-hoogtes over geconstateerde breuken en door rekening te houden met aanwezige tektonische hellingen. In het Peelgebied steunt de breukenkaart plaatselijk mede op geohydrologische gegevens van Bon (1972).

De gebieden waarvoor de dichtheid van seismische informatie onvoldoende werd geacht om er een breukenpatroon op te baseren zijn met een raster aangegeven op de kaart.

Het omgrenzen van deze gebieden is een enigszins subjectieve zaak geweest, waarbij overwogen werd:
- de dichtheid van de beschikbare seismische informatie
- de kwaliteit van deze informatie
- het al of niet voorkomen van breuken op de seismische lijnen die wel beschikbaar waren in deze gebieden
- het al of niet verwachten van breuken in deze gebieden op basis van boorgegevens.

Van het gebied van Amsterdam en het zuidwestelijk gedeelte van het IJsselmeer is geen seismische informatie beschikbaar. Voor de stad Utrecht is dat evenmin het geval; gezien de situatie in de direkte omgeving kunnen hier wel degelijk breuken worden verwacht. Van het noordoostelijk deel van de provincie Noord-Brabant zijn er ook nauwelijks seismische gegegevens, terwijl er, getuige de schaarse gegevens ten zuiden en ten zuidwesten van Nijmegen (zie de kaart), toch tal van breuken aanwezig zijn. Dit laatste is ook zeker het geval in het gebied ten zuidwesten van Eindhoven, waar ook een aantal geïsoleerde seismische gegevens van belangrijk te achten breuken zijn. In het gebied ten zuiden van Breda en Tilburg worden eigenlijk geen breuken verwacht. Dit is evenmin het geval in de provincie Zeeland, die dan ook niet gerasterd is. Van de provincie Zuid-Limburg tenslotte zijn helemaal geen seismische gegevens beschikbaar, behalve in het gebied rond Weert.

Het breukenpatroon op de kaart kan voor deze gebieden zonder voldoende seismische informatie (zie de kaart) als volgt verantwoord worden. Ten zuidwesten van Eindhoven komen zeker belangrijke breuken voor, die waarschijnlijk met een vrij ondiep boorprogramma vervolgd zullen kunnen worden. De geïsoleerde seismische gegevens staan op de kaart. Het breukenpatroon in het gebied ten oosten van Uden en Gemert berust op een combinatie van boorgegevens en enkele seismische gegevens. De overige breuken op de bladen 45, 52, 58 en 60 (noordoostelijk deel) van de topografische kaart van Nederland, waarin de Slenk van Venlo, de Peelhorst en de Centrale Slenk (fig. 3.5.1), berusten op boringen en zijn conform Zagwijn (1971), met aanvullingen van Kimpe (pers. comm.). De breuken op de bladen 60 (zuidoostelijk deel), 61 en 62 zijn volgens Kuyl (1971), aangevuld met Kuyl (pers. comm.). Van het gebied bij Winterswijk bestaat wel enige nieuwe seismische informatie, maar deze bleek niet geschikt voor de beoogde ondiepe interpretatie. De breuken hier zijn ontleend aan v. d. Bosch (in voorbereiding)

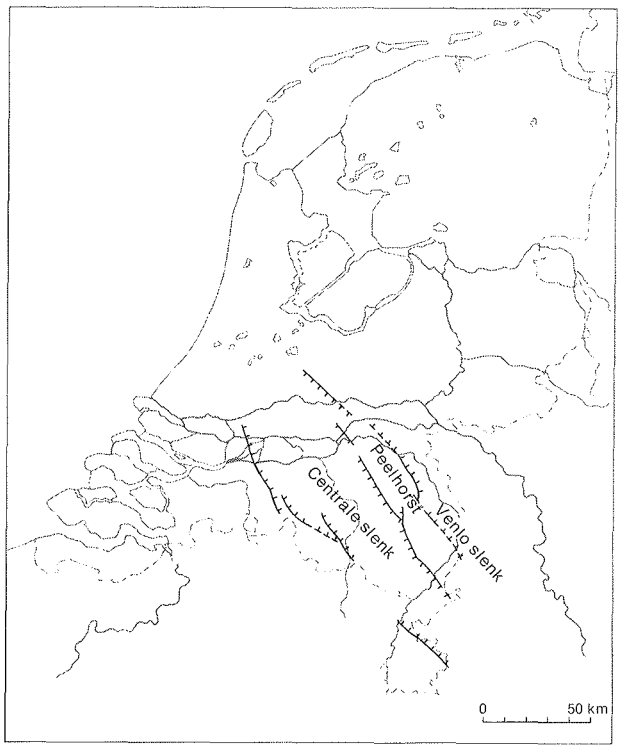


fig. 3.5.1 Grote tektonische eenheden in Nederland

en ook grotendeels in overeenstemming met Harsveldt (1963).

3.5.3. Bespreking breukenpatroon

Wat betreft de oorzaak van de ondiep optredende breuken kan Nederland in twee gedeelten worden verdeeld. Ten zuidwesten van de Rijn en het IJsselmeer treden in een vrij goed omgrensd gebied een groot aantal soms belangrijke breuken op, die niet met de aanwezigheid van zout in de ondergrond samenhangen. Ten noordoosten van deze lijn daarentegen hebben de breuken wel een zouttektonische oorsprong, of komen ze in ieder geval voor in combinatie met zouttektoniek.

De bewegingen in de ondergrond van Nederland zijn van het epirogenetische type, d.w.z. dat het betrekkelijk langzaam verlopende, grootschalige bewegingen zijn die de opheffing van grote korstgedeelten of het ontstaan van grote bekkens tot gevolg hebben. Tijdens het Boven-Krijt vond een inversie, een omkering van bewegingsrichtingen plaats: gebieden die tot dan toe 'hoog' waren werden bekkens, en omgekeerd. Vanaf het begin van het Tertiair ontstond het grote Noordzeebekken, waarvan het zuidelijk deel lag ter plaatse van het huidige Nederland. De daling van dit bekken is onregelmatig verlopen, de inversies in bewegingen zijn tot in het Mioceen doorgegaan (Heybroek, 1974).

De breukenzone in Midden- en Zuid-Nederland zet zich naar het zuidoosten voort tot het gebied rond Aken en de Benedenrijnse Bocht. Volgens Ahorner (1975) zijn er in dit laatste gebied noordoost-zuidwest gerichte rekspanningen aanwezig, die aanleiding geven tot vertikale afschuivingstektoniek langs evenwijdige, ongeveer noordwest-zuidoost gerichte,

breukvlakken. Op basis van de frequentie van het optreden van aardbevingen geeft deze auteur voor dat gebied een geschatte waarde van het bedrag van beweging van 0.2–2 mm/jaar.

De breuken in Midden- en Zuid-Nederland zijn ook veelal eenvoudige afschuivingen, die het gebied in horsten en slenken verdelen. Series afschuivingen (trapbreuken) en antithetische breuken komen voor. Breuken gaan met regelmaat over in flexuren, en eindigen dan. Laaghellingen vertonen vaak een knik op een breuk. Breuktracé's zijn minder recht en ook minder lang dan soms is aangenomen. Breuken komen nogal eens 'en échélon' voor, en nemen dan het bedrag van de beweging als het ware van elkaar over.

Zoals uit de kaart blijkt verschilt het bedrag van beweging over de verschillende breuken heen aanzienlijk van plaats tot plaats. Belangrijke breuken zijn de bekende Peelrandbreuk, met een voortzetting in de breuk ten zuidoosten van Utrecht, en de Rijenbreuk (bij Oosterhout) in Noord-Brabant. Van het geven van namen aan de verschillende breuken is overigens afgezien.

Gebaseerd op eigen vergelijkingen met eerdere breukenkaarten wordt in het algemeen een vrij aanzienlijk verschil in betrouwbaarheid verwacht tussen het seismisch bepaalde deel van de nu gepresenteerde breukenkaart en het uit andere bronnen overgenomen gedeelte (de gerasterde gebieden op de kaart).

Zoals uit de geologische kaart (R.G.D., zie 3.1.) blijkt, vallen de begrenzingen van sommige lithostratigrafische eenheden samen met belangrijke breuken. Voorbeelden hiervan zijn het voorkomen van de Formatie van Sterksel ten oosten van de Rijenbreuk en het voorkomen van de Nuenen Groep ten westen van de Peelrandbreuk. Ook de verbreiding van de Formatie van Maassluis op deze breukenkaart zelf kan hier genoemd worden. Ook op de paleogeografische kaartjes van Zagwijn (1974) kunnen verbanden tussen de breuken op deze kaart en de verbreiding van de afzettingen worden aangewezen. Dit kan verklaard worden door syngenetische, faciële verschillen aan weerszijden van belangrijke breuken aan te nemen. Tevens is er de mogelijkheid van relatieve opheffing, met als gevolg erosie.

In principe kunnen alle breuken op de kaart recent nog werkzaam zijn. In het niet door een ijsbedekking in het Kwartair beïnvloede deel van Midden- en Zuid-Nederland zijn hiervoor tal van bewijzen te vinden, zoals de wijstverschijnselen langs de westflank van de Peelhorst (Bon, 1972) en de terreintrede op de Peelrandbreuk bij bijv. Bakel. Ook de meanders van de Maas hebben een duidelijk verband met het breukenpatroon. Ook uit waterpassingen is recente activiteit van de Peelrandbreuk bekend (Waalewijn, 1966). De lichte aardschokken die van tijd tot tijd in oostelijk Noord-Brabant en in Limburg voorkomen, wijzen ook op recente breukbewegingen.

Interessant is de vraag of de inversiebewegingen uit het Boven-Krijt ook nog in het Tertiair hebben plaatsgevonden via de breuken die op de kaart staan aangegeven. De kwaliteit van de seismiek liet in veel gevallen toe dit te ontkennen. Plaatselijk echter waren er toch wel aanwijzingen voor, met name ten noordoosten en ten zuidoosten van Helmond en plaatselijk op de Rijenbreuk. Voor een beter inzicht in deze kwestie zullen isopachenkaarten voor bepaalde tertiaire en eventueel kwartaire formaties moeten worden gemaakt.

De ondiep waarneembare breuken in het noorden en in het oosten van het land treden steeds op in verband met halokinese (beweging van zout). Ze zijn in veel gevallen ontstaan als compensatie op een teveel aan ruimte, ontstaan door omhoogkomen van zoutruggen in de ondergrond, zoals door fig. 3.5.2 wordt

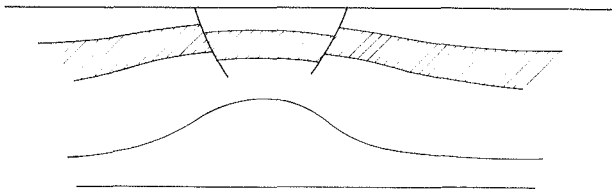


fig. 3.5.2 Compensatiebreukjes op een zoutrug (schematisch)

geïllustreerd. Bij dit type breuken kan de sprong-hoogte op de breuk afnemen met toenemende diepte. Omdat er onder het centraal gelegen slenkje in het algemeen een opwelving met een grotere breedte aanwezig is, kan de vraag of deze structuren op geringe diepte aanwezig zijn alleen door boringen die vlak bij de breuklijn zijn gemaakt, worden beantwoord. Deze slenkachtige structuren zijn overigens vaak wat betreft de sprongrootte over de breuken heen wel sterk asymmstrisch. De zoutruggen zijn mogelijk boven oudere zwaktezônes gelegen. Interessant is de waarneming dat ze soms net niet continu blijken te zijn, zoals b.v. ten oosten van de stad Groningen.

De zoutruggen waar deze slenkjes boven liggen gaan op een aantal plaatsen over in zoutopwelvingen of -dômes. Boven dergelijke structuren zijn in principe concentrische compensatiebreukjes van overigens hetzelfde type als de slenkjes te verwachten, maar deze bleken niet aantoonbaar met de ter beschikking staande seismische- en boorgegevens. Hierbij moet wel bedacht worden dat, wanneer het zout werkelijk doorbreekt en omhoog komt, er een tektonisch andere, en veelal ingewikkelde situatie ontstaat, waarbij in ieder geval het recht boven de dan ontstane zoutpijler gelegen sediment tektonisch niet laag, maar hoog komt te liggen.

Iedere tektonische structuur in verband met zoutbeweging heeft zijn eigen geschiedenis. Om deze ook voor het jongste deel van de geologische tijdschaal te bepalen moeten contourkaarten van verschillende stratigrafische niveaus worden gemaakt en daaruit afgeleide isopachenkaarten. Dit is bij het vervaardigen van deze kaart niet gebeurd. Ook over de hoogte tot welke het zout is opgedrongen, spreekt de kaart zich niet uit. Er zijn in dit opzicht aanzienlijke verschillen. Zo wordt in de zoutpijler bij Winschoten het zout aangetroffen op een diepte van slechts ongeveer 400 m, terwijl toch in het Tertiair en het Kwartair het verder omhoogkomen van het zout beperkt is gebleven (Faber, 1960). In de zoutpijler van Schoonlo is het zout tot ruim 200 m beneden maaiveld opgedrongen (Mulder, 1950), een beweging die ook in tertiaire en kwartaire tijd plaats vond. Volgens v. d. Bosch is bij Winterswijk het zout, in een breukstructuur, omhoog gekomen tot enkele tientallen meters beneden maaiveld (v. d. Bosch, in voorbereiding).

Een aantal van de bekende zoutopwelvingen kan geacht worden thans, of in ieder geval geologisch recent, werkzaam te zijn. Dit geldt, afgaande op de hoogtelijnenkaarten, voor de structuren bij Pieterburen (oude kustlijn), Zuidwending, Onstwedde, Anlo, Schoonlo, Gasselte en Hooghalen. Bij Winschoten en Veendam kan een recent werkzaam zijn niet eenvoudig uit de topografie worden afgeleid, evenmin als bij de overigens gecompliceerde breukstructuur bij Winterswijk.

Een interessant onderzoek zou verricht kunnen worden naar het mogelijke verband tussen glaciale verschijnselen en breuktektoniek in het noorden van Nederland. Zo zou de verbreiding van de potklei wellicht met het breukenpatroon in verband kunnen worden gebracht, al is het maar ten dele.

Ook de topografie bij sommige van de met halokinese in verband te brengen structuren duidt op recent actief zijn van dit type tektoniek. Voorbeelden hiervan zijn de loop van het Drostendiep ten oosten van Oosterhesselen; de westelijke begrenzing van de Dollard, overgaande in de noord-zuid gerichte waterlopen op 1,5 kilometer ten oosten van Finsterwolde; het hoogtelijnenpatroon bij de noord-zuid breuk die ten westen van Mander loopt; en de waterlopen ten noordwesten en ten zuidoosten van Winterswijk.

Het bedrag van beweging dat heeft plaatsgevonden over de met zouttektoniek in verband te brengen breuken in het noorden en oosten van Nederland kan aanzienlijk zijn. Een voorbeeld hiervan is de situatie bij de noord-zuid breuk die ten westen van Mander loopt, waar een spronghoogte voorkomt voor de onderzijde van het Tertiair van ongeveer 170 m (van ± 330 naar ± 500 m t.o.v. N.A.P.).

3.5.4. Werkwijze bij de bepaling van de diepteligging Formatie van Maassluis

Op de breukenkaart staat ook de diepteligging van een lithostratigrafisch niveau aangegeven. De aanleiding om een contourenbeeld op te nemen was in eerste instantie het verlangen om op deze manier de spronghoogtes van de verschillende breuken te kunnen adstrueren. Om deze reden mocht het gekozen niveau niet te ondiep zijn, terwijl het toch door een voldoende groot aantal boringen bereikt moest worden.

Gekozen werd de bovenzijde van de Formatie van Maassluis (het vroegere 'Icenien'). Deze formatie bestaat uit grove en fijne schelphoudende zanden met ingeschakelde, meestal zandige kleilagen of kleilenzen (zie 2.1.5.3.) en voor de bovenzijde is dan ook het eerste, bovenste, optreden van mariene schelpen of schelpgruis genomen. Soms is er ook overigens een lithologische overgang bij de bovenzijde van de Formatie van Maassluis, zoals in Brabant. Hier bevat deze formatie bovenin vrij veel matig grove zanden, terwijl de erboven liggende lagen, de Formaties van Tegelen en Kedichem, gekarakteriseerd zijn door een afwisseling van fijne zanden en kleilagen. In het midden en noordwesten van het land is de situatie anders: de Formatie van Maassluis is hier zeer fijnzandig–kleiig ontwikkeld, omdat de afzetting iets minder dicht bij de kust plaatsvond, terwijl de erboven liggende, continentale lagen van de Formaties van Tegelen en Harderwijk resp. zeer fijnzandig–kleiig en matig grof tot grofzandig zijn.

De bovenzijde van de Formatie van Maassluis valt in veel van de palynologisch onderzochte boringen binnen één subzone van het Tiglien (TC4c) en blijkt dus min of meer synchroon te zijn (Zagwijn, 1963). Alleen in het randgebied in zuidoostelijk Nederland ligt de bovenkant van de Formatie van Maassluis in een oudere zone van het Tiglien (TC3). De regressie van de zee was kennelijk snel, zoals ook blijkt uit vergelijking van de paleogeografische kaartjes nrs. 2 en 3 van Zagwijn (1974, kaartjes voor resp. Tiglien TC3 en Tiglien TC5). Andere problemen betreffende het al of niet synchroon zijn van de bovenzijde der schelphoudende lagen zijn: de mogelijkheid van remaniëring: de wetenschap dat de bovenzijde Formatie van Maassluis weliswaar in een groot deel van het land binnen subzone TC4c ligt, maar in bepaalde randgebieden ouder wordt en daalt naar de tijdsgrens Plioceen-Pleistoceen; en tenslotte het feit dat zeker in zuidwestelijk Nederland in holocene tijd geulvorming tot in de Formatie van Maassluis en nog dieper is opgetreden. Bedacht moet ook worden dat gegevens van boringen, uitgevoerd met zeer verschillende boorsystemen zijn gebruikt.

De werkwijze bij het opstellen van het contourenbeeld is als volgt geweest. De gegevens uit boringen (700 à 800 stuks) werden op de breukenkaart gezet. Hierna werden de dieptelijnen getrokken. Alleen in die gebieden waar dit problemen gaf werden de seismische gegevens er bij betrokken, voor gegevens omtrent de spronggrootte over breuken heen en vooral ook voor gegevens over laaghellingen. Er is dus niet een seismische contourenkaart gemaakt voor de bovenzijde Formatie van Maassluis.

Als contourinterval werd gekozen 20 m. Dit was in het algemeen wel gerechtvaardigd, hoewel voor het IJsselmeer en het Waddenzeegebied slechts vrij weinig gegevens beschikbaar waren.

3.5.5. Bespreking diepteligging Formatie van Maassluis

Het contourenbeeld van de bovenzijde Formatie van Maassluis vertoont wat betreft het algemene beeld een hoge mate van overeenkomst met de diepteligging van de onderzijde van het Tertiair (Heybroek, 1974). en de diepteligging van de basis van het Kwartair (Blad Tektoniek II-4, R.G.D., in de Wetenschappelijke Atlas van Nederland). De as van het dalende Noordzeebekken loopt van Vlieland/Terschelling door het IJsselmeer/Noord-Holland over de zuidelijke Veluwe naar de Benedenrijnse Laagvlakte. Gebieden met een relatief hoge snelheid van daling in de periode na afzetting van de Formatie van Maassluis zijn, voor zover is af te leiden uit de kaart, de Centrale Slenk in het oosten van Noord-Brabant, de Veluwe met Zuidelijk Flevoland, het gebied ten noorden van Hoorn, en het gebied bij Terschelling. Het Maasbommel-hoog (ten westen van Nijmegen) en de Peelhorst komen als relatief hoge gebieden tot uiting, evenals het gebied bij Bergen. Het hoog bij Kijkduin (Heybroek, 1974) is ook in lichte mate op de kaart herkenbaar. Een mogelijke aanwijzing in deze richting is ook de situatie bij Den Haag, waar in een aantal boringen alleen het

onderste deel van de Formatie van Maassluis (zone MOL B volgens Spaink, zie 4.3.4.) aanwezig blijkt te zijn, maar niet het bovenste deel (zone MOL A). Er kan hier sprake zijn van non-depositie of van erosie. Een en ander moet palynologisch nog nader worden onderzocht. Het gebied daalt nu nog relatief langzaam (Faber, 1960, blz. 157).

Uit het kaartbeeld blijkt dat de diepteverschillen in de bovenzijde Formatie van Maassluis in veel gevallen zonder breukvorming optreden. Bij de grote breuken echter (Peelrandbreuk, grote breuken ten zuidoosten van de stad Utrecht, Rijenbreuk) zijn de bedragen van beweging op het breukvlak ook aanzienlijk geweest.

De omgrenzing van het gebied waarbinnen de bovenzijde van de Formatie van Maassluis voor zover bekend synchroon is, staat met een streep-punt op de kaart aangegeven. De situatie is schematisch weergegeven in fig. 3.5.3. Deze figuur toont de re- en de transgressies van de zee in het Tertiair en Onder-Pleistoceen (tot pollenzone TC4c) gevolgd door een periode van regressie in het grootste deel van het land. Het is duidelijk dat het tekenen van contourlijnen in de randgebieden in principe weinig zin heeft, een opmerking die bij het bespreken van deze kaart vooral geldt voor het randgebied op de grens van Friesland en Groningen. In het gebied van de Centrale Slenk waren nl. een aantal palynologische gegevens beschikbaar en om deze reden is in dit gebied overgestapt van contouren op het niveau van bovenzijde Formatie van Maassluis naar contouren op het niveau van Tiglien TC4c. In het Zeeuwse deel van dit randgebied is wel weer een poging gedaan tot het weergeven van de diepteligging van de bovenzijde Formatie van Maassluis. Hier ligt echter een probleem door geulvorming in holocene tijd, waardoor de oorspronkelijk wel aanwezige afzettingen van de Formatie van Maassluis nu deels zijn geërodeerd. De situatie is (volgens van Rummelen, pers. comm.) in dit deel van Nederland dan ook sterk vereenvoudigd weergegeven.

De buitenbegrenzing van het voorkomen van de Formatie van Maassluis (zie 2.1.5.3.) tenslotte, staat ook op de kaart aangegeven. Deze begrenzing is in de meeste gebieden vrij nauwkeurig bekend.

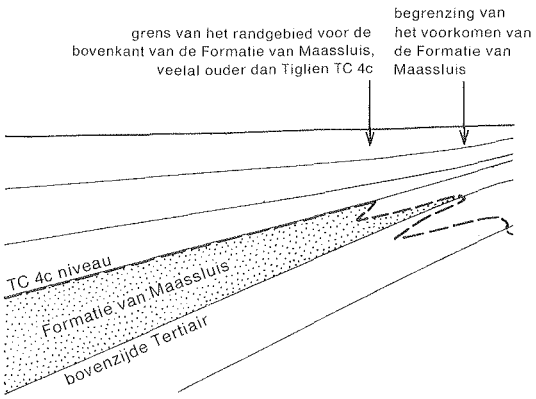


fig. 3.5.3 Schematisch noord–zuidprofiel van Midden-Nederland naar de Belgische grens met de wijze waarop de bovenzijde van de mariene Formatie van Maassluis (onderbroken lijn) de tijd snijdt

Literatuur

Ahorner, L., 1975: Seismizität und Neotektonik des Rheingraben-Systems. Ein Beispiel für Intra-Plattentektonik. Congress Deutsche Geol. Vereinigung; pp. 1–3.

Bon, J., 1972: Hydrologische veldkenmerken langs de westflank van de Peelhorst. I.C.W. Meded. No. 142.

Bosch, M. van de (in voorbereiding): Het Tertiair van het gebied rond Winterswijk.

Faber, F. J., 1960: Geologie van Nederland. Deel IV. J. Noorduijn & Zoon N.V., Gorinchem; 607 p.

Harsveldt, H. M., 1963: Older conceptions and present view regarding the Mesozoic of the Achterhoek, with special mention of the Triassic limestones. Verh. Kon. Ned. Geol. en Mijnbouwk. Gen., Geol. Serie, 21–2; pp. 109–130.

Heybroek, P., 1974: Explanation to tectonic maps of the Netherlands. Geol. en Mijnb., 53; pp. 43–50.

Kuyl, O. S., 1971: Geologische overzichtskaart van Zuid-Limburg, schaal 1:100.000. Rijks Geol. Dienst (Geol. Bureau).

Mulder, A. J., 1950: De zoutpijler van Schoonlo. Geol. en Mijnb., 12; pp. 169–176.

Waalewijn, A., 1966: Investigations into coastal movements in the Netherlands. Ann. Acad. Scient. Fenn. A, III; pp. 401–412.

Zagwijn, W. H., 1963: Pollen-analytic investigations in the Tiglian of the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, N.S. 16; pp. 49–71.

Zagwijn, W. H., 1971: Breuken in het Kwartair van Zuid- en Midden-Nederland (met toelichting), schaal 1:250.000. Rijks Geol. Dienst, rapport DR 1336;

Zagwijn, W. H., 1974: Palaeogeographic evolution of The Netherlands during the Quaternary. Geol. en Mijnb., 53; pp. 369–385.

Zonneveld, J. I. S., 1958: Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. Meded. Geol. Stichting, N.S. 12; pp. 31–64.

4. Chronostratigrafie en biostratigrafie

4.1. INDELING VAN HET KWARTAIR OP GROND VAN VERANDERINGEN IN VEGETATIE EN KLIMAAT

door W. H. Zagwijn

Abstract

A number of tables is presented, summarizing the subdivision of the Quaternary of The Netherlands on the basis of changes in vegetation and climate.

Inhoud

4.1.1. Inleiding
4.1.2. Indeling van het Kwartair in Nederland
4.1.3. Het Holoceen
4.1.4. Het Laat-Pleistoceen
4.1.5. Het latere deel van het Midden-Pleistoceen
4.1.6. Het Vroeg-Pleistoceen

4.1.1. Inleiding

Binnen het Kwartair hebben zich in Nederland talrijke veranderingen in de samenstelling van het plantenkleed voorgedaan, zoals is gebleken uit vele pollenanalytische onderzoekingen.

De buitenwand van stuifmeel (pollen) bestaat uit een stof, die mits onttrokken aan de oxyderende werking van de lucht, uitstekend bewaard blijft. Stuifmeel en sporen opgesloten in afzettingen als veen en klei kunnen, zelfs als deze afzettingen bijzonder hoge ouderdommen van vele tientallen miljoenen jaren hebben, nog uitstekend herkend en gedetermineerd worden. Voor de jongere, kwartaire afzettingen geldt dan bovendien nog, dat van vele van de voorkomende vormen bepaald kan worden van welke planten het stuifmeel afkomstig was. Zo kan het pollenanalytische onderzoek uit de percentuele samenstelling van het fossiele stuifmeel uitsluitsel geven over de samenstelling van de vegetatie, die tijdens de vorming van de afzettingen in de omgeving groeide. Voor verdere details wordt verwezen naar de inleiding van Janssen (1974).

Een deel van de vegetatie-veranderingen in het Kwartair kan worden toegeschreven aan veranderingen in het klimaat, meer in het bijzonder aan veranderingen van de temperatuur. Daarbij moet dan worden opgemerkt, dat veranderingen in de gemiddelde temperatuur van de warmste maand (bij ons juli) zich het duidelijkst met behulp van veranderingen in de samenstelling van de vegetatie laten reconstrueren. Slechts in bijzondere gevallen kan iets gezegd worden over het verloop van de gemiddelde temperatuur van de koudste maand en over veranderingen in de neerslag. Behalve veranderingen van de vegetatie kunnen ook andere verschijnselen bij het reconstrueren van het klimaat in het verleden, gebruikt worden. Als voorbeelden kunnen worden genoemd structuren als vorstwiggen, die op de aanwezigheid van een blijvend bevroren ondergrond (permafrost) wijzen, en sporen van vroegere landijsbedekkingen.

Binnen het Kwartair kunnen onderscheiden worden, fasen met een overwegend gematigd warm klimaat (warme tijden of *Interglacialen*) en fasen met een overwegend koud klimaat (koude tijden of *Glacialen*). Beiden kunnen weer door kleinere klimaatschommelingen onderverdeeld zijn. Vooral in de Interglacialen van het Vroeg-Kwartair komen koelere fasen voor, zodat men hier zou kunnen spreken van interglaciale complexen. Binnen vele, zo niet alle Glacialen komen relatief warmere subfasen voor, die als *Interstadialen* worden aangeduid. De relatief koudere fasen van een Glaciaal kunnen met de term *Stadiaal* worden aangeduid.

Voor Nederland geldt, dat in de koude fasen van het Kwartair open, boomarme tot boomloze vegetaties overheersten. In de relatief warmere interstadialen kunnen bosvegetaties optreden, maar noodzakelijk is dit niet. In de warme, interglaciale fasen daarentegen bestond het plantendek uit bos, uitgezonderd daar, waar locale omstandigheden het bestaan van bos niet toelieten (bijv. in hoogvenen of op kwelders aan de kust).

Zoals uit de bespreking van de tabellen zal blijken, is de indeling van het Kwartair op de hier geschetste grondslag nog onvolledig. Met name in het onderste deel van het Midden-Kwartair (z.g. 'Cromerien-complex') zijn voor pollenanalytisch onderzoek geschikte afzettingen schaars. Het is zeer wel mogelijk, dat zich in dit tijdsbestek nog meer interglacialen en glacialen hebben voorgedaan, dan tot nu toe herkend zijn (zie ook Zagwijn, 1975).

Absolute dateringen, dit zijn ouderdomsbepalingen uitgedrukt in jaren (in de regel met een flinke onnauwkeurigheidsmarge), zijn voor het Nederlandse Kwartair beschikbaar op grond van voornamelijk twee methoden: a. paleomagnetisch onderzoek (vooral 700.000 jaar en ouder) en b. C14 bepalingen (tot ca 70.000 jaar).

4.1.2. Indeling van het Kwartair van Nederland (fig. 4.1.1)

De weergegeven indeling berust in aanzienlijke mate op pollenanalytisch onderzoek en de daaruit afgeleide veranderingen in het klimaatsverloop. De curve aan de rechterkant van de tabel geeft de geschatte waarden weer van de gemiddelde temperatuur in de maand juli. Een van de veronderstellingen hierbij is, dat de boomgrens in het verleden, evenals dit nu het geval is, in Europa samenviel met de isotherm van 10° C gemiddelde juli-temperatuur. De klimaatscurve en de stratigrafische kolom zijn samengesteld aan de hand van vele, elkaar ten dele verticaal overlappende secties, die pollenanalytisch onderzocht zijn. Het opstellen van een dergelijke stratigrafie doet dan ook in hoge mate denken aan het maken van een legpuzzle. Vooral in die delen van de stratigrafische opeen-

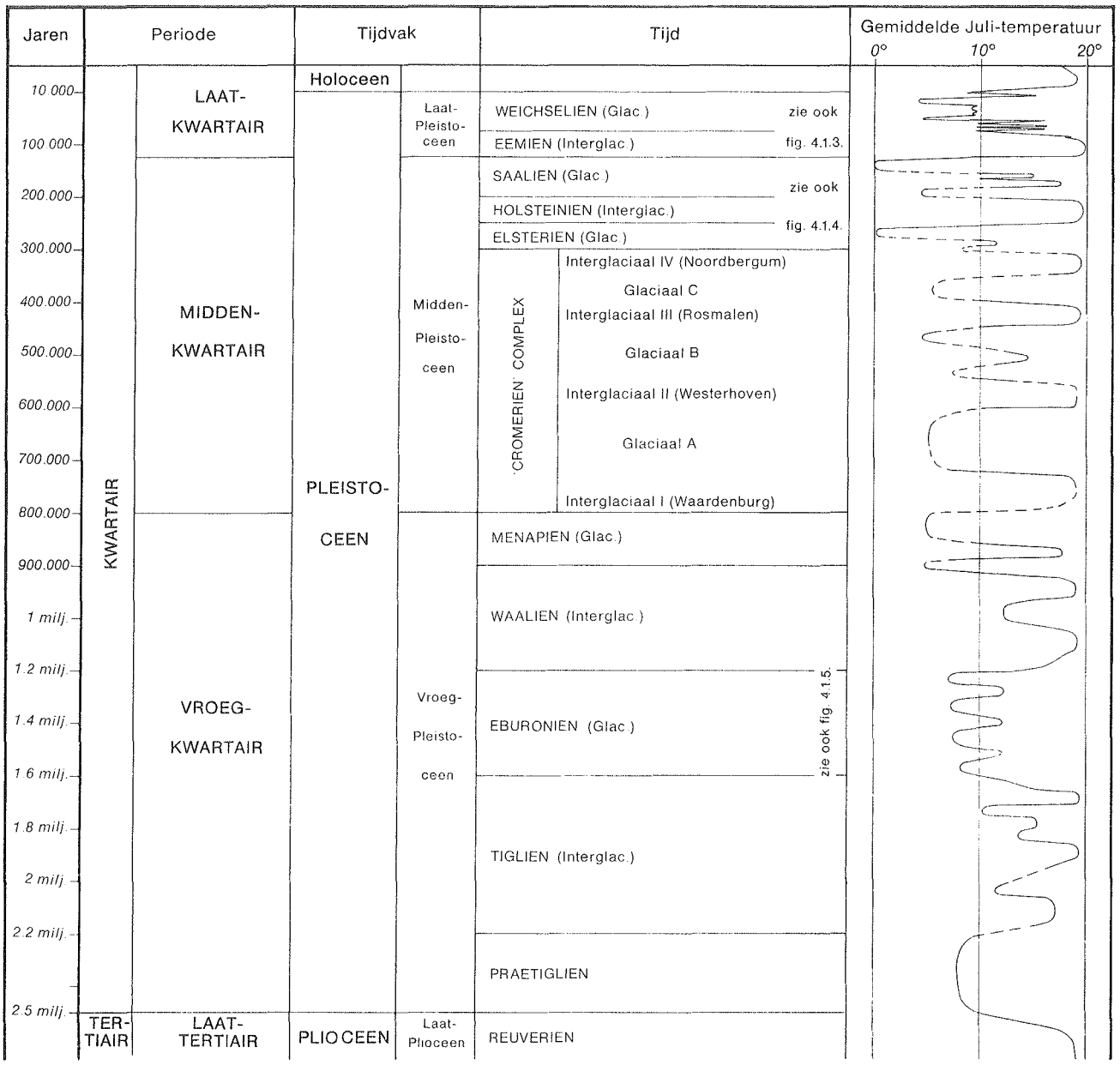


fig. 4.1.1 Chronostratigrafie en klimaatscurve van het Kwartair

volging waar aanmerkelijke hiaten in de pollenanalytische waarnemingen bestaan, kan verwacht worden, dat het toch reeds gecompliceerde beeld van het klimaatsverloop, nog ingewikkelder zal blijken. Dergelijke hiaten kunnen van tweeërlei aard zijn: ten eerste hiaten in de overlevering van afzettingen (discordanties), ten tweede hiaten in de pollenanalytische overlevering, doordat geschikte afzettingen (klei, veen) ontbreken. Als voorbeeld van het eerste geval zij genoemd de overgang Praetiglien–Tiglien, die vermoedelijk nog nergens continu werd gevonden; als voorbeeld van het tweede geval het 'Cromerien-complex' aan de basis van het Midden-Pleistoceen. Hierin overwegen grove zanden, kleilagen zijn schaars. Aanvankelijk werd verondersteld (Zagwijn en Zonneveld, 1956, Zagwijn, 1960), dat zich daarin slechts één interglaciale fase aftekende, later bleken dit er tenminste drie te zijn (Zagwijn et al. 1971); thans zijn er aanwijzingen, dat het om tenminste vier verschillende Interglacialen gaat (Zagwijn, 1974a).

Het inpassen van de hier gegeven indeling in een absolute tijdsschaal (zie jaartallen aan linkerkant van de tabel) vond plaats aan de hand van de gegevens van paleomagnetisch onderzoek (Van Montfrans, 1971a, b).

4.1.3. **Het Holoceen** (fig. 4.1.2)

Behalve de onderverdeling van het Holoceen, de pollenzones en hun korte karakteristiek, zijn de C14 ouderdommen van deze zones aangegeven. Verder de ouderdom van de verschillende transgressiefasen van de Calais- en Duinkerke-Afzettingen. In het Nederlandse kustgebied wisselen op veel plaatsen kleiige en zandige afzettingen af met veenlagen. Het C14 onderzoek heeft aangetoond (o.a. Jelgersma, 1961; Brand et al., 1965; Hageman, 1963; Riezebos en Du Saar, 1969; Pons en Wiggers, 1959, 1960; Ente et al., 1975), dat deze veenlagen

	Tijd	Pollenzone	Pollenanalytische kenmerken		Ouderdom	Mariene transgressiefasen en dateringen	Fasering rivierklei-afzettingen
HOLOCEEN	SUBATLANTICUM	Vb2	Beuk meer dan 5%	Uitbreiding van rogge	700 n. Chr.	Duinkerke III (800 n. Chr. en later)	Tiel III
		Vb1		Haagbeuk meer dan 1%	0	Duinkerke II (250–600 n. Chr.)	Tiel II
		Va		Haagbeuk minder dan 1%	900 v. Chr.	Duinkerke I (500–200 v. Chr.)	Tiel I
	SUBBOREAAL	IVb	Beuk meer dan 1%		1500 v. Chr.	Duinkerke 0 (1500–1000 v. Chr.)	Tiel 0
		IVa	Iep in lage waarden; landbouw		3000 v. Chr.	Calais IV (2700–1800 v. Chr.)	Gorkum IV
	ATLANTICUM	III	Iep meer dan 5% Els en eik belangrijk, den laag		6000 v. Chr.	Calais III (3300–2700 v. Chr.) Calais II (4300–3300 v. Chr.) Calais I (6000–4300 v. Chr.)	Gorkum III Gorkum II Gorkum I
	BOREAAL	II	Els zeer laag, den dominant Eik, iep enz. belangrijk		7000 v. Chr.		
	PRAEBOREAAL	I	Den, berk dominant Hazelaar, eik enz. zeer laag		8000 v. Chr.		

fig. 4.1.2 Chronostratigrafie en pollenzonering van het Holoceen

op vele plaatsen synchroon zijn, en dat de afzetting van de mariene lagen volgens een cyclisch proces verliep, dat gebonden was aan bepaalde overstromingsfasen (transgressiefasen) van de zee. Eerder was dit verband, o.a. op grond van historische dateringen van de jongere transgressiefasen reeds gelegd door o.a. Bakker (1953) en Bennema (1954). Parallel aan de transgressiefasen in het mariene gebied, vindt men een onderverdeling van de afzettingen in het perimariene gebied (Afzettingen van Tiel en Gorkum). Dit wijst erop, dat toename van het seizoenhoogwater in de benedenrivieren met overstroming door de zee in verband staat. Gedacht kan worden aan een klimatologisch verband, namelijk toename van de hoeveelheid neerslag in het achterland, waardoor de benedenrivieren veel seizoenhoogwater voerden, de riviermonden verwijd werden en de zee gemakkelijker toegang kreeg tot de kustgordel. Bovendien kan er een verband bestaan tussen de toename van de hoeveelheid neerslag en die van stormfrequenties.

4.1.4. **Het Laat-Pleistoceen** (fig. 4.1.3)

In deze tabel is opgenomen de onderverdeling van het Eemien en Weichselien, zoals deze opgesteld kon worden op grond van pollenanalytische gegevens, aangevuld met gegevens die inzicht geven in het vroegere klimaat (bijv. kryoturbate structuren tengevolge van de aanwezigheid van permafrost) en de beschikbare C14 dateringen (van der Hammen, 1951; Zagwijn, 1961; Zagwijn, 1974b; van der Hammen et al., 1971).

Aan de linkerkant van de tabel is de verdeling van het Weichselien op grond van klimaatsveranderingen in het verleden te vinden, waarbij de C14 ouderdommen van belangrijke horizons zijn aangegeven. Vervolgens een curve van de geschatte gemiddelde juli-temperatuur, en tenslotte de symbolen van de pollenzones en een korte karakteristiek van de vegetatie.

Opgemerkt kan worden, dat het Odderade Interstadiaal van het Vroeg-Weichselien (pollenzone EW VI), oorspronkelijk aangetoond in Noord-West Duitsland (Averdieck, 1967), kort geleden ook in Nederland werd herkend (ongepubl.).

4.1.5. **Het latere deel van het Midden-Pleistoceen** (fig. 4.1.4)

Gezien de onvolledigheid van de pollenanalytische gegevens, is het nog niet mogelijk om voor het oudere deel van het Midden-Pleistoceen een aaneensluitende zonering op te stellen. Wel is dit mogelijk voor het Elsterien (Laat-Elsterien) tot en met het Saalien.

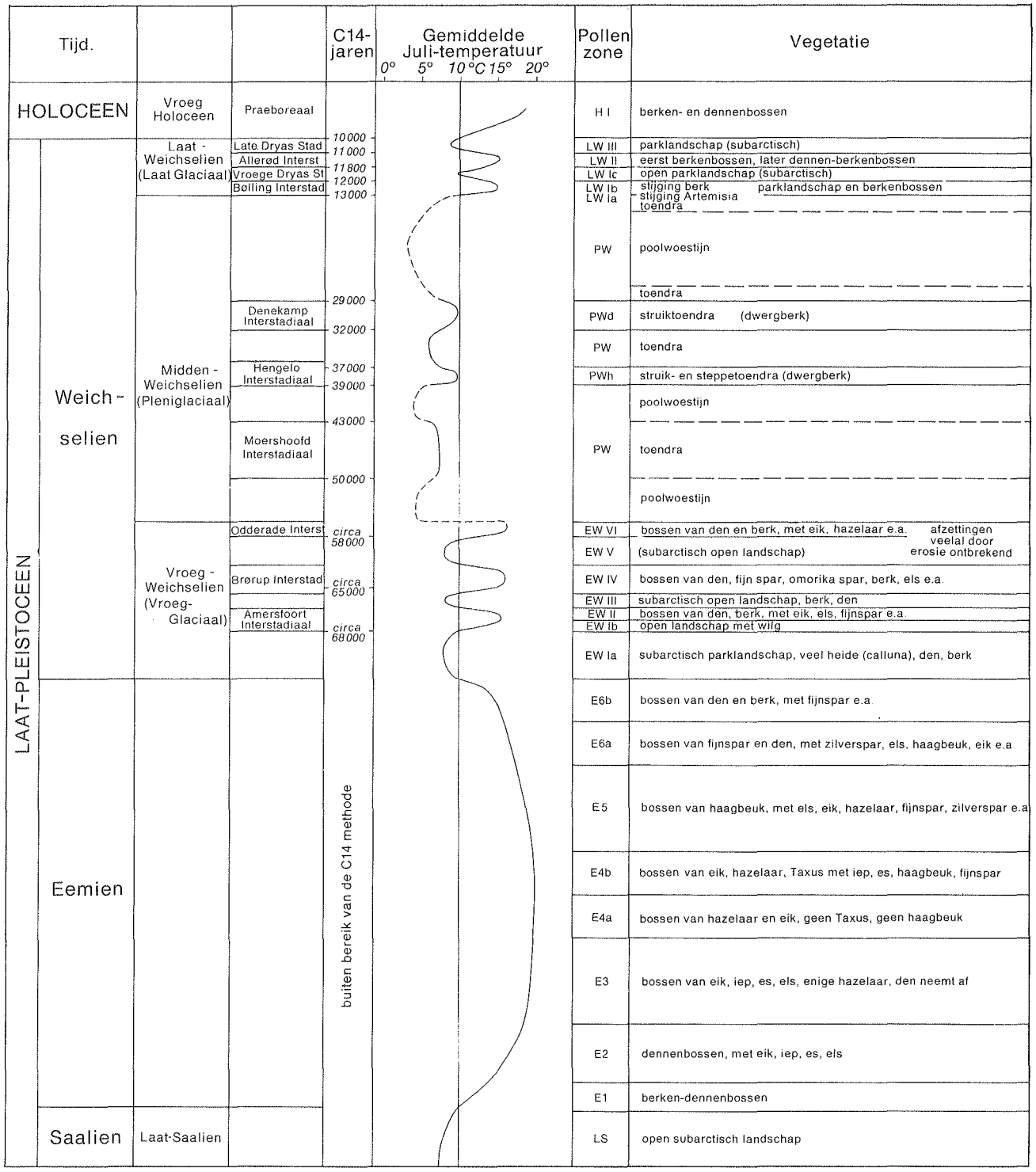


fig. 4.1.3 Chronostratigrafie, pollenzonering en klimaatscurve van het Laat-Pleistoceen

In deze tabel zijn opgenomen de benamingen van de glaciale en interglaciale tijden, de symbolen van de pollenzones en een korte karakteristiek van de vegetatie, zoals deze uit de pollenanalytische gegevens kon worden afgeleid.

Een enkel woord over het Hoogeveen Interstadiaal is hier op zijn plaats. De vegetatieontwikkeling in deze fase gelijkt zeer sterk op die van een interglaciaal, al zijn er bepaalde verschillen te constateren. De gemiddelde temperatuur in juli evenaarde evenwel naar alle waarschijnlijkheid de huidige, en van dit gezichtspunt bezien zou een classificatie als interglaciaal zeker te verdedigen zijn. Het feit, dat de afzettingen van dit interstadiaal van veel geringere betekenis zijn dan die van het voorgaande Holsteinien Interglaciaal, naast interstadiale kenmerken van de vegetatie (overheersen van de den) hebben ertoe geleid, dat deze fase toch wordt beschouwd als een (warm) interstadiaal binnen het Saalien (Zagwijn, 1973).

4.1.6. **Het Vroeg-Pleistoceen** (fig. 4.1.5)

In deze tabel zijn opgenomen de benamingen van de glaciale en interglaciale tijden van het Vroeg-

Tijd			Pollenzone	Vegetatie
Saalien	Laat		LS	subarctisch parklandschap
	Midden	Stadiaal III	PS	open vegetatie en bedekking door landijs van de noordelijke helft van Nederland
	Vroeg	Bantega interstadiaal	S VI	bos; berk, den, els, eik, hazelaar
		Stadiaal II	S V	open vegetatie
		Hoogeveen interstadiaal	S IV S III S II	bos { den, els, fijnspar, haagbeuk den, berk, eik, hazelaar, els berk, jeneverbes
		Stadiaal I	S I	open vegetatie
Holsteinien			Ho 4 Ho 3 Ho 2 Ho 1	bos { berk, den, weinig els els, den, haagbeuk, zilverspar, fijnspar, minder eik els, den, eik, fijnspar, weinig iep den
Elsterien		Laat	LE	subarctisch parklandschap (den, jeneverbes)
		Midden	PE	open vegetatie en omwerking door landijs

fig. 4.1.4 Chronostratigrafie en pollenzonering van het Elsterien tot en met het Saalien

	Tijd	Pollenzonering Hoofdindeling	Pollenzonering Onderindeling	Vegetatie
Vroeg-Pleistoceen	Menapien	M	M III	open, koude vegetatie
			M II	bos, gematigd warm met enige exoten (*Pterocarya, Tsuga* e.a.)
			M I	open, koude vegetatie
	Waalien	W–C W–B W–A		bos { max. perc. gematigd warme vormen min. perc. gematigd warme vormen max. perc. gematigd warme vormen } met exoten o.a. *Tsuga Pterocarya, Ostrya Celtis, Eucommia, Parthenocissus*
	Eburonien	EB	EB VII EB VI EB V EB IV EB III EB II EB I	{ open, koude vegetatie bos, koel type (den) open, koude vegetatie bos, koel type (den) open, koude vegetatie bos, koel type (den) open, koude vegetatie
	Tiglien	TC	TC 6 TC 5 TC 4 c TC 4 a, b TC 3 TC 2 TC 1	bos, zonder beuk { afname gematigd warme vormen max. gematigd warme vormen koel, min. gematigd warme vormen afname gematigd warme vormen max. gematigd warme vormen toename gematigd warme vormen els overheersend } met exoten, o.a. *Tsuga, Pterocarya, Carya, Ostrya, Celtis, Eucommia, Phellodendron Parthenocissus*
		TB		bos, koel
		TA		bos, gematigd warm, met beuk
	Praetiglien	Pt	Pt 2 Pt 1	maximum van kruiden; open, koude vegetatie sterke toename kruiden, verdwijnen van warme bomen

fig. 4.1.5 Chronostratigrafie en pollenzonering van het Vroeg-Pleistoceen

Pleistoceen, de symbolen van de tot dusverre onderscheiden pollen-zones en een korte karakteristiek van de vegetatie, zoals deze uit de pollenanalytische gegevens van deze pollen-zones kan worden afgeleid.

Naamlijst van enige planten

berk	*Betula*	jeneverbes	*Juniperus*
beuk	*Fagus*	haagbeuk	*Carpinus*
den	*Pinus*	hazelaar	*Corylus*
duindoorn	*Hippophaë*	linde	*Tilia*
eik	*Quercus*	rogge	*Secale*
els	*Alnus*	wilg	*Salix*
es	*Fraxinus*	zilverspar	*Abies*
fijnspar	*Picea*		

Literatuur

Averdieck, F. R., 1967: Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm Interstadiale von Odderade-Schleswig Holstein. Fundamenta, 2; pp. 101–125.

Bakker, J. P., 1953: Zijn de bijzonder hoge vloeden in ons land in vroeghistorische en historische tijd aan bepaalde perioden gebonden? Folia civitatis, maart 1953.

Bennema, J., 1954: Bodem- en zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied. Boor en Spade, 7; pp. 1–96.

Brand, G., B. P. Hageman, S. Jelgersma en K. H. Sindovski, 1965: Die lithostratigraphische Unterteilung des marinen Holozäns an der Nordseeküste. Geol. Jahrb., 82; pp. 365–384.

Ente, P. J., W. H. Zagwijn en W. G. Mook, 1975: The Calais deposits in the vicinity of Wieringen and the geogenesis of Northern North Holland. Geol. en Mijnb., 54; pp. 1–14.

Hageman, B. P., 1963: Profieltypelegenda van de nieuwe geologische kaart van het zeeklei- en rivierkleigebied. Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen., 80; pp. 217–229.

Hammen, T. van der, 1951: Late Glacial Flora and Periglacial Phenomena in the Netherlands. Leidse Geol. Meded., 17; pp. 71–83.

Hammen, T. van der, G. C. Maarleveld, J. C. Vogel en W. H. Zagwijn, 1967: Stratigraphy, Climatic Succession and radiocarbon Dating of the Last Glacial in the Netherlands. Geol. en Mijnb., 46; pp. 79–95.

Hammen, T. van der and T. A. Wijmstra, ed., 1971: The Upper Quaternary of the Dinkel Valley. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 22; pp. 55–213.

Janssen, C. R., 1974: Verkenningen in de palynologie. Oosthoek, Utrecht; 176 p.

Jelgersma, S., 1961: Holocene Sealevel changes in The Netherlands. Meded. Geol. Stichting, Ser. C-VI-7; 50 p.

Montfrans, H. M. van, 1971a: Palaeomagnetic dating in the North Sea basin. Dissertatie Amsterdam, 133 p.

Montfrans, H. M. van, 1971b: Palaeomagnetic dating in the North Sea basin. Earth and Planetary Science Letters, 11; pp. 226–236.

Pons, L. J. en A. J. Wiggers, 1959/60: De holocene wordingsgeschiedenis van Noord-Holland en het Zuiderzeegebied. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 76; pp. 104–152, 77; pp. 3–37.

Riezebos, P. A. en A. du Saar, 1969: Een dwarsdoorsnede door de mariene holocene afzettingen tussen Vijfhuizen en Vinkeveen. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 20; pp. 85–92.

Vogel, J. C. en W. H. Zagwijn, 1967: Groningen Radiocarbon Dates VI. Radiocarbon Yale 9; pp. 63–106.

Zagwijn, W. H., 1960: Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, Ser. C-III-1-5; 78 p.

Zagwijn, W. H., 1961: Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part I: Eemian and Early Weichselien. Meded. Geol. Stichting 14; pp. 15–45.

Zagwijn, W. H., 1963: Pollen-analytic investigations in the Tiglian of the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, 16; pp. 49–71.

Zagwijn, W. H., 1973: Pollen-analytic studies of Holsteinian and Saalian Beds in The Northern Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 25; pp. 139–156.

Zagwijn, W. H., 1974a: The Palaeogeographic Evolution of The Netherlands during the Quaternary. Geol. en Mijnb., 53; pp. 369–385.

Zagwijn, W. H., 1974b: Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of The Netherlands. Part II: Middle Weichselian. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 25; pp. 101–111.

Zagwijn, W. H., 1975: Variations in climate as shown by Pollen-analysis, especially in the Lower Pleistocene of Europe. In: Wright, A. E. and F. Moseley (Eds): Ice ages: ancient and modern. Geol. Journ., Spec. iss. 6, Seel House Press, Liverpool; pp. 137–152.

Zagwijn, W. H., H. M. van Montfrans en J. G. Zandstra, 1971: Subdivision of the 'Cromerian' in The Netherlands; pollen-analysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology. Geol. en Mijnb., 50; pp. 41–58.

Zagwijn, W. H. en J. I. S. Zonneveld, 1956: The Interglacial of Westerhoven. Geol. en Mijnb., N.S. 18; pp. 37–46.

4.2. FORAMINIFERENZONERING VAN HET NEDERLANDSE ONDER-KWARTAIR EN TERTIAIR

door J. W. Chr. Doppert

Abstract

A biozonation based on changes in foraminiferal assemblages in the Lower Quaternary and Tertiary sequence of strata in The Netherlands is presented.

Inhoud

4.2.1. Inleiding
4.2.2. Foraminiferenzonering
4.2.3. FA Zone
4.2.3.1. FA1 Subzone
4.2.3.2. FA2 Subzone
4.2.4. FB Zone
4.2.5. FC Zone

4.2.6. FD Zone
4.2.7. FE Zone
4.2.7.1. FE1 Subzone
4.2.7.2. FE2 Subzone
4.2.7.3. FE3 Subzone
4.2.8. FF Zone
4.2.9. FG Zone
4.2.10. FH Zone
4.2.10.1. FH1 Subzone
4.2.10.2. FH2 Subzone
4.2.11. FI Zone
4.2.12. FJ Zone

4.2.1. Inleiding

In het Micropaleontologisch Laboratorium van de Rijks Geologische Dienst te Haarlem zijn in de afgelopen 30 jaar zeer veel gegevens verzameld betreffende de stratigrafische verbreiding van fossiele foraminiferen soorten in afzettingen van onderkwartaire en tertiaire ouderdom in Nederland. Bestudering van deze omvangrijke hoeveelheid paleontologische gegevens, die voornamelijk afkomstig zijn van boormonsteronderzoek, heeft een onderverdeling van het Tertiair in biostratigrafische zones i.c. foraminiferenzones mogelijk gemaakt. Enige zones konden worden onderverdeeld in subzones, terwijl een tweetal zonules werden vastgesteld die een nadere plaatsbepaling in de stratigrafische opeenvolging geven.

4.2.2. Foraminiferenzonering

Op de tabel is de foraminiferenzonering van het Onder-Kwartair en het Tertiair weergegeven. Bij de onderverdeling in zones, subzones en zonules is gebruik gemaakt van letter- en cijfersymbolen. De letter F duidt aan dat de zonering is gebaseerd op *Foraminifera*. De 10 tertiaire biozones zijn aangeduid met de symbolen FA tot en met FJ. De letter A is gekozen voor de zone die de jongste tertiaire foraminiferenassociatie bevat. In de FJ-zone komt, voor zover

Zone		Subzone		Zonule		Tijdvak
FA	*Elphidiella hannai – Cribrononion excavatum*	FA 1	*Ammonia – Quinqueloculina*			Onder-Pleistoceen
				F I	*Elphidium oregonense*	
		FA 2	*Buccella – Cassidulina*			Boven-Plioceen
FB	*Textularia decrescens – Bulimina aculeata*			F II	*Oolina seminuda*	Onder-Plioceen
FC	*Siphotextularia sculpturata – Uvigerina hosiusi*					Boven-Mioceen
FD	*Asterigerina staeschei – Uvigerina tenuipustulata*					Midden-Mioceen
FE	*Stainforthia schreibersiana – Sigmomorphina regularis*	FE 1	*Rotalia – Sphaeroidina*			Onder-Mioceen en Boven-Oligoceen
		FE 2	*Almaena – Cribrononion*			Boven-Oligoceen
		FE 3	*Asterigerina*			
FF	*Rotaliatina bulimoides – Cibicides ungerianus*					Midden-Oligoceen
FG	*Scutuloris oblongus – Asterigerina bartoniana*					Onder-Oligoceen
FH	*Vaginulinopsis decorata – Hastigerina micra*	FH 1	*Nummulites – Eponides*			Boven-Eoceen
		FH 2	*Planulina – Cibicides*			Midden-Eoceen
FI	*Anomalina ypresiensis – Gaudryina hiltermanni*					Onder-Eoceen
FJ	*Bulimina trigonalis – Haplophragmoides eggeri*					Paleoceen

fig. 4.2.1 Overzicht van de foraminiferenzonering van het Nederlandse Onder-Kwartair en Tertiair

thans bekend, de oudste tertiaire foraminiferen-associatie voor. Aan iedere zone is bovendien de naam gegeven van twee van de meest kenmerkende soorten in de zone-associatie. Enige zones zijn onderverdeeld in subzones die behalve met het betreffende zone-lettersymbool, zijn aangeduid met de cijfers 1, 2 en eventueel 3, waarbij met het lagere cijfer de jongere subzone wordt bedoeld. Subzones zijn verder genoemd naar genera waarvan de soorten het meest karakteristiek zijn voor de subzone associatie. Romeinse cijfers (I, II) zijn gebruikt om zonules, die genoemd zijn naar een kenmerkende soort, aan te duiden.

Zoals in fig. 4.2.1 is waar te nemen zijn de grenzen tussen de tijdvakken gelegd bij zone of subzone grenzen. Het betekent dat de in de tabel voorkomende tijdvakken, strikt genomen, niet meer zijn dan biostratigrafische eenheden. De grenzen tussen deze eenheden zijn in een tamelijk beperkt gebied als Nederland dat deel uitmaakt van het Noordzeebekken toch op te vatten als tijdgrenzen. Echter, deze grenzen vallen niet noodzakelijk samen met tijdgrenzen, bepaald met behulp van andere groepen van fossielen dan de bij dit onderzoek gebruikte fossiele foraminiferen. Immers, het is niet noodzakelijk dat een verandering in de samenstelling van een foraminiferengezelschap ter zelfder tijd optreedt als een verandering in de samenstelling van andere groepen van organismen of van een vegetatie. Om bovengenoemde redenen zijn de grenzen tussen de tijdvakken in de tabel aangegeven met onvolledige gebroken lijnen. Verder is uit het voorgaande duidelijk dat bij een ouderdomsbepaling uitsluitend met behulp van foraminiferenassociaties behalve het tijdvak ook het lettersymbool van de overeenkomstige biostratigrafische eenheid, bijv. Boven-Plioceen (FA2) of Midden-Oligoceen (FF), dient te worden vermeld, opdat direct te begrijpen is dat de vaststelling van de ouderdom gebaseerd is op resultaten van foraminiferenonderzoek.

In de hieronder volgende lijsten zijn voor iedere biostratigrafische eenheid, zone, subzone of zonule, de kenmerkende soorten genoteerd. De foraminiferen soorten die in de lijsten zijn opgenomen kunnen, om één van de volgende redenen kenmerkend zijn voor een zone of subzone:

1. Het voorkomen is beperkt tot een zone of subzone.
2. Zij komen niet voor in één van de aangrenzende zones of subzones.
3. De soorten komen in duidelijk grotere hoeveelheden of regelmatiger voor in de betreffende zone of subzone dan in de aangrenzende zones of subzones.
4. Zij zijn in één van de aangrenzende zones of subzones in opvallend geringere aantallen of minder regelmatig aanwezig.

Foraminiferen soorten die karakteristiek worden geacht voor zonules komen buiten de zonule niet of in geringere hoeveelheden voor.

4.2.3. FA of Elphidiella hannai – Cribrononion excavatum Zone; Onder-Pleistoceen – Boven-Plioceen (FA)

Ammonia batava (Hofker)
Buccella frigida (Cushman)
Bulimina aculeata d'Orbigny
Cassidulina laevigata d'Orbigny
Cibicides spec. div.
Cribrononion excavatum (Terquem)
Cribrononion haagense (van Voorthuysen)
Elphidiella hannai (Cushman & Grant)
Quinqueloculina seminulum Linnaeus

4.2.3.1. FA1 of Ammonia – Quinqueloculina Subzone; Onder-Pleistoceen (FA1)

Ammonia batava (Hofker)
Elphidium ustulatum Todd
Quinqueloculina seminulum Linnaeus

4.2.3.2. FA2 of Buccella – Cassidulina Subzone; Boven-Plioceen (FA2)

Buccella frigida (Cushman)
Brizalina catanensis (Seguenza)
Bulimina aculeata d'Orbigny
Cassidulina laevigata d'Orbigny
Cibicides lobatulus (Walker & Jacob)
Cibicides spec. div.
Cribrononion haagense (van Voorthuysen)
Elphidium pseudolessonii ten Dam & Reinhold
Faujasina subrotunda ten Dam & Reinhold
Globulina gibba d'Orbigny
Nonion crassesuturatum van Voorthuysen
Pararotalia serrata (ten Dam & Reinhold)
Planularia pannekoeki van Voorthuysen

F I of Elphidium oregonense Zonule
Elphidium oregonense Cushman & Grant

F II of Oolina seminuda Zonule
Discorbitura spec. div.
Fissurina spec. div.
Globulina spec. div.
Neoconorbina spec. div.
Oolina seminuda (Brady)
Oolina spec. div.

4.2.4. FB of Textularia decrescens – Bulimina aculeata Zone; Onder-Plioceen (FB)

Bulimina aculeata d'Orbigny
Cassidulina laevigata d'Orbigny
Cassidulina carinata (Cushman)
Cibicides lobatulus (Walker & Jacob)
Cibicides spec. div.
Cribroelphidium arcticum Tappan
Eponides repandus (Fichtel & Moll)
Heterolepa dutemplei (d'Orbigny)
Heterolepa pseudoungeriana (Cushman)
Lagena costairregularis Toering & van Voorthuysen
Loxostomum lammersi Cushman & ten Dam
Melonis affine (Reuss)
Monspeliensina pseudotepida (van Voorthuysen)
Nonionella globospirolata Toering & van Voorthuysen
Sagrina subspinescens (Cushman)
Textularia decrescens Cushman & ten Dam
Textularia pseudotrochus Cushman
Textularia sagittula Defrance
Textularia truncata Höglund

4.2.5. **FC of Siphotextularia sculpturata – Uvigerina hosiusi Zone; Boven-Mioceen (FC)**

Bigenerina nodosaria d'Orbigny
Bolboforma metzmacheri (Clodius)
Cancris auriculus (Fichtel & Moll)
Cassidulina carinata (Cushman)
Ceratobulimina haueri (d'Orbigny)
Dentalina konincki Reuss
Dentalina mucronata Neugeboren
Ehrenbergina serrata Reuss
Elphidium antoninum (d'Orbigny)
Eponides umbonatus (Reuss)
Florilus boueanus (d'Orbigny)
Frondicularia dumontana Reuss
Glandulina morsumensis van Voorthuysen
Globigerina pachyderma (Ehrenberg)
Globobulimina auriculata (Bailey)
Heterolepa pseudoungeriana (Cushman)
Höglundina elegans (d'Orbigny)
Lagena costairregularis Toering & van Voorthuysen
Lagena elongata Ehrenberg
Martinottiella communis (d'Orbigny)
Melonis affine (Reuss)
Pseudopolymorphina subcylindrica (Hantken)
Pullenia bulloides (d'Orbigny)
Quinqueloculina agglutinans d'Orbigny
Sagrina subspinescens (Cushman)
Siphotextularia sculpturata (Cushman & ten Dam)
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny
Uvigerina hosiusi deurnensis de Meuter
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

4.2.6. **FD of Asterigerina staeschei – Uvigerina tenuipustulata Zone; Midden-Mioceen (FD)**

Asterigerina staeschei ten Dam & Reinhold
Bulimina elongata d'Orbigny
Ceratobulimina haueri (d' Orbigny)
Cribrononion inflatum (Reuss)
Elphidium minutum (Reuss)
Spiroplectammina carinata (d'Orbigny)
Uvigerina tenuipustulata van Voorthuysen

4.2.7. **FE of Stainforthia schreibersiana – Sigmomorphina regularis Zone; Onder-Mioceen – Boven-Oligoceen (FE)**

Asterigerina gürichi (Franke)
Bulimina elongata d'Orbigny
Cibicidina boueana (d'Orbigny)
Cibicides tenellus (Reuss)
Cribrononion hiltermanni (Hagn)
Florilus boueanus (d'Orbigny)
Heterolepa spec. div.
Melonis affine (Reuss)
Nonion granosum (d'Orbigny)
Rotalia canui Cushman
Sigmomorphina regularis (v. Münster)
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny
Stainforthia schreibersiana (Czjzek)
Trifarina gracilis (Reuss)
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

4.2.7.1. FE1 of Rotalia-Sphaeroidina Subzone; Onder-Mioceen – Boven-Oligoceen (FE1)
Asterigerina gürichi (Franke)
Florilus boueanus (d'Orbigny)
Nonion roemeri Cushman
Rotalia canui Cushman
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny

4.2.7.2. FE2 of Almaena – Cribrononion Subzone; Boven-Oligoceen (FE2)
Almaena osnabrugensis (Roemer)
Brizalina antiqua (d'Orbigny)
Bulimina kasselensis Batjes
Ceratobulimina contraria (Reuss)
Cibicides tenellus (Reuss)
Cribrononion hiltermanni (Hagn)
Cribrononion subnodosum (Roemer)
Ehrenbergina serrata Reuss
Frondicularia oblonga (Roemer)
Heterolepa spec. div.
Nodosaria intermittens Roemer
Nonion granosum (d'Orbigny)
Nonion roemeri Cushman
Rotalia canui Cushman
Sigmomorphina regularis (Roemer)
Trifarina gracilis (Reuss)

4.2.7.3. FE3 of Asterigerina Subzone; Boven-Oligoceen (FE3)
Asterigerina gürichi (Franke)
Cribrononion subnodosum (Roemer)
Sigmomorphina regularis (v. Münster)

4.2.8. **FF of Rotaliatina bulimoides – Cibicides ungerianus Zone; Midden-Oligoceen (FF)**

Ceratobulimina contraria (Reuss)
Chilostomella cylindroides Reuss
Cibicides sulzensis (Herrmann)
Cibicides ungerianus (d'Orbigny)
Cyclammina placenta (Reuss)
Dentalina acuticauda Reuss
Gyroidina girardana (Reuss)
Haplophragmoides latidorsatus (Bornemann)
Höglundina elegans (d'Orbigny)
Karreriella siphonella (Reuss)
Nodosaria emaciata (Reuss) en variëteiten
Nodosaria intermittens Roemer
Nodosaria spinescens (Reuss)
Rotaliatina bulimoides (Reuss)
Spiroplectammina carinata (d'Orbigny)
Trifarina gracilis (Reuss)
Turrilina alsatica Andreae

4.2.9. **FG of Scutuloris oblongus – Asterigerina bartoniana Zone; Onder-Oligoceen (FG)**

Articulina oligocenica Cuvillier & Szakall
Asterigerina bartoniana (ten Dam)
Bolivina beyrichi Reuss var. *carinata* Hantken
Gyroidina soldanii d'Orbigny

Heterolepa dutemplei (d'Orbigny)
Pullenia bulloides (d'Orbigny)
Quinqueloculina grosserugosa Gullentops
Quinqueloculina impressa Reuss
Quinqueloculina juleana d'Orbigny
Quinqueloculina ludwigi Reuss
Rosalina globularis d'Orbigny
Rotalia canui Cushman
Rotalia kiliani (Andreae)
Scutuloris oblongus (Montagu)

4.2.10. FH of Vaginulinopsis decorata – Hastigerina micra Zone; Boven-Midden-Eoceen (FH)

Anomalina acuta Plummer
Anomalina grosserugosa (Gümbel)
Asterigerina bartoniana (ten Dam)
Cibicides carinatus (Terquem)
Cibicides proprius (Brotzen)
Cibicides westi Howe
Elphidium laeve (d'Orbigny)
Eponides polygonus Y. le Calvez
Eponides schreibersi (d'Orbigny)
Eponides toulmini Brotzen
Hanzawaia producta (Terquem)
Hastigerina micra (Cole)
Lenticulina cultrata (Montfort)
Nodosaria latejugata Gümbel
Nodosaria minor Hantken
Siphonina lamarckana Cushman
Spiroplectammina deperdita (d'Orbigny)
Trifarina muralis (Terquem)
Vaginulinopsis decorata (Reuss)

4.2.10.1. FH1 of Nummulites – Eponides Subzone; Boven-Eoceen (FH1)

Bifarina selseyense (Heron-Allen & Earland)
Cibicides pygmeus (Hantken)
Eponides candidulus (Schwager)
Eponides schreibersi (d'Orbigny)
Heterolepa dutemplei (d'Orbigny)
Loxostomum teretum Cushman
Nodosaria ludwigi (Reuss)
Nummulites germanicus (Bornemann)
Spiroplectammina deperdita (d'Orbigny)
Stichoporina reussi Stoliczka; Bryozoa

4.2.10.2. FH2 of Planulina – Cibicides Subzone; Midden-Eoceen (FH2)

Anomalina acuta Plummer
Anomalina grosserugosa (Gümbel)
Cibicides proprius (Brotzen)
Cibicides westi Howe
Discorbis quadrata (Terquem)
Elphidium laeve (d'Orbigny)
Planulina burlingtonensis (Jennings)
Cenosphaera spec. 1; Radiolaria

4.2.11. FI of Anomalina ypresiensis – Gaudryina hiltermanni Zone; Onder-Eoceen (FI)

Ammodiscus incertus (d'Orbigny)
Anomalina ypresiensis (ten Dam)
Bathysiphon spec. div.
Cribrostomoides spec. div.
Dentalina megapolitana Reuss
Epistominella cultra (Parker & Jones)
Gaudryina hiltermanni Meisl
Globigerina cf. *varianta* (Subbotina)
Glomospira charoides (Jones & Parker)
Haplophragmoides spec. div.
Karreria fallax Rhezak
Karreriella danica Cushman
Marginulinopsis enbornensis (Bowen)
Nodosaria torsicostata ten Dam
Pseudoclavulina anglica Cushman
Spiroplectammina adamsi Lalicker
Spiroplectammina spectabilis Grzybovski
Thurammina papillata Brady
Trochammina inflata (Montagu)
Turrilina brevispira ten Dam
Uvigerina batjesi Kaasschieter

4.2.12. FJ of Bulimina trigonalis – Haplophragmoides eggeri Zone; Paleoceen (FJ)

Alabamina midwayensis Brotzen
Allomorphina trigona Reuss
Ammolagena clavata (Parker & Jones)
Bulimina trigonalis ten Dam
Eponides lunatus Brotzen
Globigerina triloculinoides Plummer
Globorotalia pseudobulloides (Plummer)
Glomospira gordialis (Jones & Parker)
Gyroidina angustiumbilicata ten Dam
Haplophragmoides eggeri Cushman
Haplophragmoides walteri Grzybovski
Lenticulina multiformis (Franke)
Nodosaria torsicostata ten Dam
Pullenia quaternaria Reuss
Spiroplectammina spectabilis Grzybovski
Textulariella varians Glaessner
Trochammina inflata (Montagu)

4.3. ZONERING VAN HET MARIENE ONDER-PLEISTOCEEN EN PLIOCEEN OP GROND VAN MOLLUSKEN-FAUNA'S

door G. Spaink

Abstract

A biozonation based on changes in the composition of mollusc faunas during the Lower Pleistocene and Pliocene in The Netherlands is presented.

Inhoud

4.3.1. Inleiding
4.3.2. Molluskenzonering
4.3.3. Zone MOL.A
4.3.4. Zone MOL.B
4.3.5. Zone MOL.C
4.3.6. Zone MOL.D
4.3.6.1. Subzone MOL.D[1]

4.3.6.2. Subzone MOL.D²
4.3.7. Zone MOL.E

4.3.1. Inleiding

De afdeling Macropalaeontologie Kaenozoicum van de Rijks Geologische Dienst te Haarlem heeft zich in de afgelopen 20 jaar intensief met het onderzoek van de molluskenfauna's van het Kwartair en Tertiair, vooral het Neogeen, bezig gehouden. Het onderzoek vindt in hoofdzaak plaats aan boringen. Binnen het Tertiair valt voornamelijk het Plioceen in het routineonderzoek en wordt het overige Tertiair meer incidenteel onderzocht. Het onderzoek van de fossiele molluskenfauna's werd in de loop der jaren steeds meer verfijnd, waardoor het tenslotte mogelijk werd ook sterk vergruisd en zelfs verweerd schelpmateriaal in de regel tot op de soort te determineren door bestudering van breuk, slijtage, verwering enz. De schalen van elk geslacht en vaak zelfs elke soort blijken op hun eigen karakteristieke wijze op vergruizing te reageren. Door het meer verfijnde onderzoek werden steeds uitgebreidere faunabeelden verkregen, waardoor ook een beter inzicht in samenstelling van en veranderingen in de diverse faunabeelden werd verkregen.

Het nu beschikbare omvangrijke materiaal maakt het opstellen mogelijk van een biostratigrafische zonering voor het Plioceen en het Onder-Pleistoceen. Voor het Holoceen en het Boven-Pleistoceen bestaat nog geen behoefte aan een meer verfijnde biozonering. Het Tertiair, ouder dan het Plioceen, is nog te weinig en te lokaal onderzocht om een betrouwbare biostratigrafische zonering op grond van de molluskenfauna's te kunnen opstellen. In de toekomst zal dit echter zeker mogelijk zijn. Het onderzoek wordt thans in deze richting voortgezet.

4.3.2. Molluskenzonering (fig. 4.3.1)

De biozonering met behulp van de fossiele molluskenfauna's is gebaseerd op gegevens, verkregen uit ruim 250 boringen, voornamelijk gemaakt ten behoeve van de drink- en industriewatervoorziening. De oudste door deze boringen bereikte afzettingen zijn schelparme tot schelploze donkere glauconietzanden, die hier als de overgangslagen tussen het Mioceen en het Plioceen beschouwd worden. Vele boringen echter bereiken deze lagen niet en eindigen reeds in lagen, die op grond van de molluskenfauna tot het Onder-Pleistoceen gerekend worden.

De zonering omvat lagen, die tot het Onder-Pleistoceen, het Plioceen en het Mioceen-Plioceen behoren. Op de mariene afzettingen van het Onder-Pleistoceen volgen niet-mariene afzettingen van het Onder-Pleistoceen, uiting van het feit dat de zee zich uit Nederland terugtrok, om pas in het Boven-Pleistoceen en Holoceen tijdelijk weer terug te komen.

Het genoemde traject is ingedeeld in 5 biozones. Deze biozones zijn aangeduid met het symbool MOL van MOLlusca met aansluitend een letter van A tot E, terwijl de biozone MOL.D is onderverdeeld in 2 subzones, aangeduid door een nummer, resp. MOL.D¹ en MOL.D². Bovendien is elke zone benoemd naar twee van de meest karakteristieke soorten uit de zone. In de regel zijn de grenzen tussen de biozones tamelijk scherp, behalve de grens tussen Zone MOL.E en Subzone MOL.D², die meestal vaag is.

In de bespreking wordt van elke biozone een algemene karakteristiek gegeven, het sediment wordt globaal beschreven en waar mogelijk wordt aan de hand van de fauna een beknopte milieu-analyse gegeven. Vervolgens worden de gebieden vermeld, waar de betreffende biozones het duidelijkst ontwikkeld zijn en tenslotte worden de meest typerende soorten genoemd met hun gemiddelde frequentie.

Bij alle zones is het algemene milieu volmarien tot litoraal. De zones worden van jong naar oud (van boven naar beneden) besproken.

4.3.3. Zone van Mya arenaria en Hydrobia ulvae (MOL.A)

Deze zone bevat een soortenarme molluskenfauna die ook in de huidige zuidelijke Noordzeekom voorkomt. De meeste soorten hiervan komen in oudere zones niet voor, met uitzondering van enkele doorlopers uit het Tertiair. Enkele andere soorten treden voor het eerst in de oudere Zone MOL.B op, zoals *Chrysallida* spec. nov., *Divaricella juttingae*, *Macoma*

Tijdvak		Associatiezone (Assemblage Zone)			Zone-symbool
Onder-Pleistoceen	Interglaciaal	Zone van *Mya arenaria* en *Hydrobia ulvae*			MOL. A
	Glaciaal	Zone van *Serripes groenlandicus* en *Yoldia lanceolata*			MOL. B
Plioceen	Boven	Zone van *Nassarius propinquus* en *Lentidium complanatum*			MOL. C
	Onder	Zone van *Turritella triplicata* en *Yoldia semistriata*	MOL. D	Subzone van *Nassarius reticosus* en *Chlamys opercularis*	MOL. D¹
				Subzone van *Chlamys gerardi* en *Astarte trigonata*	MOL. D²
Mio-Plioceen		Zone van *Arcoperna sericea* en *Chlamys tigerina*			MOL. E
Mioceen	Boven	Nog geen duidelijke zonering op grond van mollusca mogelijk			

fig. 4.3.1 Overzicht van de biozonering van het mariene Onder-Pleistoceen en het mariene Plioceen op grond van molluskenfauna's

praetenuis en *Mya arenaria*. Deze soorten ontbreken in jongere lagen dan die van Zone MOL.A en ook in de huidige Noordzee, *Mya arenaria* uitgezonderd. Laatstgenoemde soort is door de mens opnieuw ingevoerd vanuit zijn oorsprongsgebied, de kusten van Amerika. Vanaf de 16e eeuw werd namelijk *Mya arenaria* als voedsel op schepen gebruikt en is hier thans weer zeer algemeen.

In de regel vindt men vele soorten, die uit afzettingen van oudere zones ingespoeld moeten zijn, vooral uit lagen van Zone MOL.B en soms van Subzone MOL.D[1]. Deze ingespoelde soorten kunnen het beeld van Zone MOL.A sterk vertroebelen. Een goed kenmerk van de Zone MOL.A is echter het regelmatig optreden van land- en zoetwatermollusken, een verschijnsel dat in de overige molluskenzones niet of hoogst zelden voorkomt. Deze continentale molluskenfauna is dan die van het Tiglien met vooral *Viviparus glacialis*, *Valvata goldfussiana* en *Valvata piscinalis*, *Pisidium*klepjes en vrijwel altijd resten van *Trichia hispida* en *Arianta arbustorum*. De laatste twee zijn landslakken, de overige zoetwatersoorten.

Het sediment bestaat veelal uit bruingrijze, matig grove, matig tot sterk kleiige zanden en plaatselijk bruingrijze zandige kleilagen. Het faunabeeld wijst op het milieu van een waddengebied en het ondiepe, kustnabije gebied van de open zee met sterke getijdestromingen. Zone MOL.A is in de ondergrond van grote delen van West- en Midden-Nederland aangetroffen. Het fraaist is de fauna ontwikkeld in het gebied van Deventer, doordat hier geen inspoeling van oudere vormen heeft plaatsgevonden.

Karakteristieke soorten van de Zone MOL.A:*
+ *Chrysallida spec. nov.*,** vrij algemeen
Hydrobia ulvae (Pennant), zeer algemeen
Littorina littorea (Linné), algemeen
Nucella lapillus (Linné), vrij algemeen
Polinices polianus (Chiaje), algemeen
Retusa obtusa (Montagu), algemeen
Abra alba (Wood), algemeen
Astarte montagui (Dillwyn), algemeen
Cardium edule Linné, zeer algemeen
+ *Divaricella juttingae* Spaink, vrij algemeen
Donax vittatus (da Costa), algemeen
+ *Macoma praetenuis* (Sowerby), algemeen
Mactra corallina (Linné), vrij algemeen
Mya arenaria (Linné), zeer algemeen tot dominant
Scrobicularia plana (da Costa), algemeen

4.3.4. Zone van Serripes groenlandicus en Yoldia lanceolata (MOL.B)

Deze zone representeert de eerste pleistocene glaciale fase. Een glaciale molluskenfauna zoals deze thans uit de Poolzee bekend is, komt dan in het Noordzeebekken voor, waardoor deze zone duidelijk te karakteriseren is. Meestal komen er veel molluskenresten in voor, die ingespoeld zijn uit lagen van oudere zones. Aangenomen mag worden, dat de betreffende glaciale periode gepaard ging met een zeespiegeldaling, waardoor de drooggevallen afzettingen van het Boven-Plioceen geërodeerd konden worden en de daarin voorkomende molluskenschalen zeewaarts werden afgevoerd. Als bron van deze sterke inspoeling kunnen afzettingen van Zone MOL.C en ook Subzone MOL.D[1] worden aangewezen. In een aantal boringen domineert de ingespoelde tertiaire fauna boven de autochtone arctische fauna. Op zijn beurt is ook de fauna van de Zone MOL.B weer plaatselijk verspoeld tijdens de transgressie van de zee in Zone MOL.A-tijd, zoals hierboven werd vermeld.

De sedimenten bestaan over het algemeen uit fijne kleiige bruingrijze zanden en grijze tot bruingrijze stugge leemlagen.

De molluskenfauna wijst op een koude open zee, ondiep tot matig diep (5–60 m). De fauna is minder kustgebonden dan die van Zone MOL.A. Het duidelijkst is de fauna van Zone MOL.B ontwikkeld in het gebied van Amsterdam-Eemnes-Utrecht.

Karakteristieke soorten:
Amauropsis islandica (Gmelin), vrij zeldzaam
Chrysallida spec. nov., vrij algemeen
Menestho candida (Möller), niet algemeen
Neptunea antiqua despecta (Linné), niet algemeen
Natica clausa Broderip & Sowerby, niet algemeen
Lora harpa (Dall), niet algemeen
Lora turricula (Montagu) met variaties, niet algemeen
Polinices pallidus (Broderip & Sowerby), niet algemeen
Cardium ciliatum Fabricius, vrij algemeen
Crenella decussata (Montagu), algemeen
Cyprina islandica (Linné), algemeen
Divaricella juttingae Spaink, vrij algemeen
Leda pernula (Müller), vrij algemeen
Macoma calcarea (Gmelin), algemeen
Mya arenaria Linné, vrij algemeen
× *Nucula cobboldiae* Sowerby,* zeer algemeen tot dominant
Nucula tenuis (Montagu), zeer algemeen
Portlandia arctica (Gray), niet algemeen
Serripes groenlandicus (Bruguière), zeer algemeen tot dominant
× *Yoldia lanceolata* (Sowerby), zeer algemeen tot dominant
Yoldia myalis (Couthouy), algemeen

4.3.5. Zone van Nassarius propinquus en Lentidium complanatum (MOL.C)

De fauna in deze zone is zeer karakteristiek en bevat soorten, die algemeen tot zeer algemeen uitsluitend in deze zone optreden. Deze zone is als regel scherp begrensd, vooral aan de bovenkant. Het aantal soorten dat ook in de onderliggende zone voorkomt, is vrij gering. Deze soorten zijn, gezien de conservatietoestand, vermoedelijk ingespoeld uit oudere lagen. Vaak zijn de afzettingen slechts enkele meters dik.

Het sediment bestaat veelal uit matig fijn lichtgrijs weinig kleiig en vaak glimmerrijk zand. Aangezien de

* De nomenclatuur, zoals gebruikt door Beets (1946) en Heering (1950) wordt hier gevolgd, hoewel deze als regel herziening behoeft. Alleen foutief gebruikte nomenclatuur is gewijzigd. Waar nodig is dit nader vermeld.
** + = uitgestorven na de Zone MOL.A.

* × = uitgestorven na de Zone MOL.B.

meeste soorten thans uitgestorven zijn, is een milieubepaling moeilijk. Afgaande op de enkele nog recent voorkomende soorten en genera moet het milieu volmarien tot litoraal zijn geweest, waarschijnlijk ondiep, maar met diepe getijdegeulen.

De fauna van Zone MOL.C is op vele plaatsen in Zuid-, West- en Midden-Nederland gevonden. Het fraaist ontwikkeld is deze fauna in de ondergrond van Deventer en omgeving.

Karakteristieke soorten:
Bittium robustum Harmer, algemeen
Eula terebellata (Nyst),* zeer algemeen
Gibbula gelriana Beets, algemeen
Gibbula solarium (Nyst), algemeen
Lacuna suboperta (Sowerby), algemeen
Melampus pyramidalis (Sowerby), vrij algemeen
Nassarius lamellilabrus (Nyst), vrij algemeen
Nassarius kennardi (Harmer), zeldzaam
Nassarius propinquus (Sowerby), zeer algemeen tot dominant
Nucella tetragona (Sowerby), niet algemeen
Polinices catenoides (Wood), niet algemeen
Potamides tricinctus (Brocchi), algemeen
Turbonilla internodula (Wood), algemeen
Barnea cylindrica (Linné), vrij algemeen
Cardium belgicum hostiei Chavan,** zeer algemeen tot dominant
Dosinia exoleta (Linné), zeer algemeen
Ensis complanatus Sowerby,*** vrij algemeen
Laevicardium parkinsoni (Sowerby), algemeen
Lentidium complanatum (Sowerby), zeer algemeen tot dominant
Spisula arcuata (Sowerby), vrij algemeen
Spisula inaequilatera (Nyst),**** zeer algemeen tot dominant
Venerupis rhomboides (Pennant), algemeen

4.3.6. Zone van Turritella triplicata en Yoldia semistriata (MOL.D)

De fauna van deze zone is zeer soortenrijk. Er zijn echter in verhouding betrekkelijk weinig soorten, die in de gehele zone doorlopen. De zone valt duidelijk in twee subzones uiteen door het domineren van bepaalde soorten in de betreffende subzones. De algemene tendens is, dat het glauconietgehalte naar beneden toe geleidelijk toeneemt en de kalkrijkdom geleidelijk afneemt.

De volgende soorten zijn karakteristiek voor de gehele Zone MOL.D:
Aporrhais scaldenis van Regteren Altena, vrij algemeen
Epitonium frondiculum (Wood), algemeen
Mangelia keepingi (Etheridge & Bell), vrij algemeen
Nassarius labiosus (Sowerby), zeer algemeen
Pyrene scaldensis van Regteren Altena, vrij algemeen
Terebra inversa Nyst, vrij algemeen
Turritella triplicata (Brocchi), algemeen
Vermetus intortus (Lamarck), algemeen
Astarte digitaria (Linné), algemeen
Astarte obliquata Sowerby, zeer algemeen
Cardita corbis Philippi, niet algemeen
Cardita chamaeformis/orbicularis Sowerby, algemeen
Chlamys radians (Nyst), algemeen
Cyrtodaria angusta Nyst & Westendorp, vrij algemeen
Gastrana laminosa (Sowerby), vrij algemeen
Laevicardium decorticatum (Wood), zeer algemeen
Pinna spec., algemeen
Spisula triangulata (Wood), algemeen
Venus ovata Pennant, zeer algemeen
Yoldia semistriata (Wood), zeer algemeen

4.3.6.1. Subzone van Nassarius reticosus en Chlamys opercularis (MOL.D¹)

Het sediment van deze subzone is over het algemeen lichtgrijs tot grijswit van kleur en zeer kalrijk. De kalkrijkdom kan zo groot zijn dat door verkitting schelpbanken kunnen ontstaan. Althans in zuidwestelijk Nederland komen schelpbanken voor ter dikte van 20 tot 40 cm, waartussen fijn- tot grofzandige kalkrijke afzettingen met veel fijn schelpdebris. De lagen in deze subzone zijn meestal rijk aan bryozoa, waaronder solitaire soorten en soorten die op molluskenschalen zijn vastgegroeid.

De fauna van Subzone MOL.D¹ is vooral goed ontwikkeld in de ondergrond van Zeeland en west Noord-Brabant. De molluskenfauna bevat vele karakteristieke soorten, waaruit hier een keuze wordt gegeven.
Gibbula beetsi van Regteren Altena, vrij algemeen
Gibbula nehalenniae van Regteren Altena, algemeen
Nassarius consociatus (Wood), algemeen
Nasarius reticosus (Sowerby), zeer algemeen
Neptunea contraria (Linné), vrij algemeen
Rissoa obsoleta Wood, algemeen
Tornus belgicus Glibert, vrij algemeen
Trivia spec., vrij algemeen
Turritella tricarinata (Brocchi), algemeen
Voluta lamberti Sowerby, algemeen
Angulus benedeni (Nyst), algemeen
Astarte basteroti de la Jonkaire, zeer algemeen
Astarte incerta Wood, zeer algemeen
Chlamys opercularis (Linné), dominant
Glycymeris variabilis (Sowerby), algemeen
Macoma obliqua (Sowerby), algemeen
Mytilus edulis Linné (eerste optreden), zeer algemeen

4.3.6.2. Subzone van Chlamys gerardi en Astarte trigonata (MOL.D²)

Ook de fauna in deze subzone is soortenrijk, doch in het algemeen minder dan die van Subzone MOL.D¹. Bovendien neemt naar beneden toe de schelp- en soortenrijkdom sterk af en gaat de fauna van deze subzone geleidelijk over in die van Zone MOL.E. Het glauconietgehalte van de afzettingen neemt naar beneden toe. Het sediment wordt daardoor van boven naar beneden steeds donkerder van kleur. In zuidwestelijk Nederland komen in de afzettingen van deze subzone minder schelpbanken voor dan in de erboven gelegen lagen. Opvallend is

* *Eulimene terebellata* (Nyst), in Beets (1946).
** *Cardium edule* Linné, var. *edulinum* Wood non Sowerby, in Heering (1950).
*** *Ensis siliqua* (Linné) var. *gladiolus* Gray, in Heering (1950).
**** *Mesodesma deaurata* (Turton), in Heering (1950).

de grote rijkdom aan het kleine wormbuisje *Ditrupa subulata*. Deze buisjes worden naar beneden toe steeds talrijker en kunnen plaatselijk bijna sedimentvormend worden door het massale optreden. Opvallend is ook de vaak sterke dominantie van *Chlamys gerardi*, veelal in de vorm van talrijke platte, dunne, gladde, grijze tot bruine, vaak iets transparante fragmenten.

De fauna van Subzone MOL.D² is goed ontwikkeld op vele uiteenlopende plaatsen, in vele boringen van West-Noord-Brabant over Midden-Nederland tot in Noord-Nederland. Als voorbeelden kunnen genoemd worden de boringen Rijsbergen in Noord-Brabant, Beuningen bij Arnhem, Deventer en omgeving, Tietjerksteradeel.

Karakteristiek voor deze subzone zijn de volgende soorten:
Philbertia linearis (Montagu), vrij algemeen
Spirotropis modiola (Jan), niet algemeen
Arca pectunculoides Scacchi, vrij algemeen
Astarte burtinea de la Jonkaire, algemeen
Astarte corbuloides de la Jonkaire, vrij algemeen
Astarte galeotti Nyst, algemeen
Astarte trigonata Nyst, algemeen tot dominant
Chlamys gerardi (Nyst), algemeen tot dominant
Leda pygmaea von Münster, algemeen
Phacoides decoratus (Wood), vrij algemeen
Propeamussium simile (Laskey), vrij algemeen
Thyasira flexuosa (Montagu), vrij algemeen

Opmerkelijk is de verspreiding van *Astarte trigonata* in deze subzone. Deze soort is in het zuiden van Nederland vrij zeldzaam, wordt naar het noorden toe steeds algemener en domineert in de fauna van de noordelijke provincies.

4.3.7. Zone van Arcoperna sericea en Chlamys tigerinus (MOL.E)

Het typerende van de fauna van deze zone is het feit, dat zij geen 'eigen' soorten heeft, maar een overgangsfauna bevat van lagen die tot het Mioceen gerekend worden, naar lagen van Zone MOL.D (Plioceen). In Zone MOL.E zijn echter vele soorten uit genoemde stellig miocene lagen verdwenen, terwijl typische pliocene (MOL.D) soorten nog niet voorkomen. Opvallend is ook het vrijwel geheel ontbreken van gastropoden. De fauna is meestal arm, chemisch verweerd en fragmentair. Het sediment bestaat meestal uit een donkergroen tot bijna zwart glauconietzand, dat echter in verweerde toestand bruingroen tot bruin kan zijn. Soms komen er zandsteenachtige verkittingen in voor.

Lagen die tot Zone MOL.E behoren, zijn op meerdere plaatsen aangeboord, vooral weer in Deventer en omgeving en verder in Noord-, Midden- en Zuidwest-Nederland.

De volgende karakteristieke soorten mollusken komen voor:
Turritella triplicata (Brocchi), zeldzaam
Chlamys radians Nyst, algemeen
Chlamys tigerina (Müller), algemeen
Arcoperna sericea (Bronn), algemeen
Cardita orbicularis Sowerby, niet algemeen
Nucula nucleus (Linné), algemeen
Cyprina islandica (Linné), algemeen
Glycymeris spec., niet algemeen
Lima sulcata Bronn, niet algemeen
Phacoides borealis (Linné), algemeen
Pinna spec., algemeen
Pycnodonta cochlear (Poli), niet algemeen
Thracia spec., algemeen

Naast de mollusken zijn ook nog de volgende niet-mollusken karakteristiek:
Cupuladria haidingeri (Reuss), algemeen
Cupuladria canariensis (Busk), algemeen
Ditrupa subulata (Deshayes), algemeen
Cidaris belgica Cotteau, algemeen
Terebratula spec., algemeen
Lingula dumortieri Nyst, zeer algemeen
Vis-otolieten en -tandjes, niet algemeen

Literatuur

Beets, C., 1946: The pliocene and lower pleistocene Gastropods in the collections of the Geological Foundation in the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-1-No. 6; 166 p.

Heering, J., 1950: Pelecypoda (and Scaphopoda) of the Pliocene and Older-Plistocene deposits of the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-1-No. 9; 225 p.

Zagwijn, W. H., 1974: The Pliocene-Pleistocene boundary in western and southern Europe. Boreas, 3; pp. 75–97.

4.4. CORRELATIES VAN LAAT-TERTIAIRE EN KWARTAIRE AFZETTINGEN IN DE GEBIEDEN ROND DE NOORDZEE

door W. H. Zagwijn

Abstract

A correlation-table of Late Tertiary and Quaternary beds occurring in areas surrounding the North Sea is presented.

Op bijgaande tabel (fig. 4.4.1) worden de chronostratigrafie, lithostratigrafie en mariene biostratigrafie van het Laat-Tertiair en Kwartair van Nederland (hoofdstukken 2.1, 4.1, 4.2 en 4.3) vergeleken met indelingen in Engeland (Mitchell et al., 1973), België, voorzover het de mariene afzettingen van het Laat-Tertiair betreft (Laga, 1972) en Denemarken en Noord-Duitsland, voor wat de daar bekend geworden interglaciale afzettingen van het Midden- en Laat-Kwartair betreft (Andersen, 1965; Grüger, 1967; Menke en Behre, 1973). De correlatie van de plio-pleistocene afzettingen in de tabel is gebaseerd op Zagwijn (1974a), die van de midden-pleistocene afzettingen op Zagwijn (1974b).

Literatuur

Andersen, S. Th., 1965: Interglacialer og interstadialer i Danmarks Kwartaer. Medd. Dansk Geol. Foren, 15; pp. 486–506.

Grüger, E., 1967: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an cromerzeitlichen Ablagerungen im

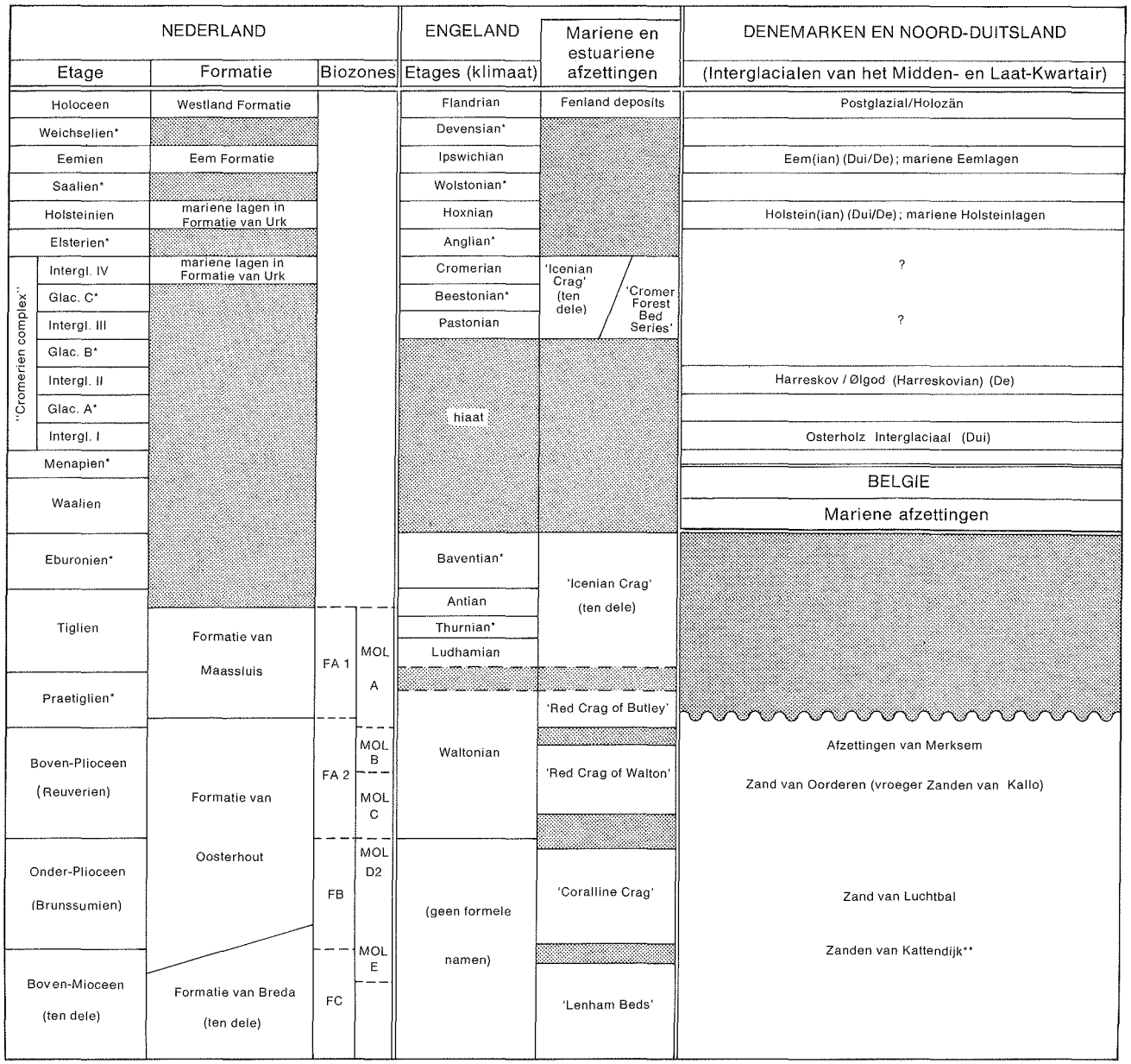


fig. 4.4.1 Correlatietabel voor het Boven-Tertiair en Kwartair van Nederland en naburige gebieden

nördlichen Randgebiet der deutschen Mittelgebirge. Eiszeitalter und Gegenwart 18; pp. 204–235.

Laga, P. G., 1972: Stratigrafie van de mariene Plio-Pleistocene afzettingen uit de omgeving van Antwerpen met een bijzondere studie van de foraminifera. Diss. Leuven; 252 p. en 299 p.

Menke, B. en K. E. Behre, 1973: History of Vegetation and Biostratigraphy. Eiszeitalter u. Gegenwart, 23/24; pp. 251–267.

Mitchell, G. F., L. F. Penny, F. W. Shotton en R. G. West, 1973: A correlation of Quaternary deposits in the British Isles. Geol. Soc. London, Spec. report 11; 99 p.

Zagwijn, W. H., 1974a: The Pliocene-Pleistocene boundary in Western and Southern Europe. Boreas, 3; pp. 75–97.

Zagwijn, W. H., 1974b: The Paleogeographic Evolution of The Netherlands during the Quaternary. Geol. en Mijnb., 53; pp. 369–385.

4.5. BIOSTRATIGRAFIE VAN HET CARBOON IN NEDERLAND

door H. W. J. van Amerom

Abstract

A short review of the biostratigraphy of the Carboniferous in The Netherlands is presented. Several groups of fossils are discussed: macroflora, miospores, non-marine lamellibranchs, ostracods and the faunas of the marine beds found in the colliery district of southern Limburg (The Netherlands).

Inhoud

4.5.1. Inleiding
4.5.2. Flora
4.5.3. De niet-mariene lamellibranchiaten
4.5.4. Ostracodenfauna's
4.5.5. Miosporen
4.5.6. Fauna's van de mariene niveaus

4.5.1. Inleiding

Dank zij de koolwinning in ondergrondse mijnen, die ruwweg in het begin van de 20e eeuw in Zuid-Limburg begon, bezitten wij thans een grote hoeveelheid gegevens over de geologie en stratigrafie van het Carboon in dit gebied. In dit hoofdstuk worden enkele onderdelen van de biostratigrafie van het Carboon nader belicht.

Belangrijke studies over macroflora van het zich voorheen in ontginning bevindende mijngebied werden door Jongmans al tussen de beide wereldoorlogen en daarna gepubliceerd. Over de macrofauna leverden van der Heide (1943a, 1943b, 1951), Dorsman (1945) en van Oyen (1956) belangrijke bijdragen. Op vele punten zijn hun werken onovertroffen en nog steeds onmisbaar bij de bestudering van fossiele vondsten van vissen, lamellibranchiaten en arthropoden in het Zuid-Limburgse Carboon.

Bijdragen op het gebied van de micropaleontologie leverde Dijkstra (1946, 1955, 1956, 1960) na de Tweede Wereldoorlog met zijn studies over carbonische megasporen.

Nog steeds neemt de kennis van het Carboon in Zuid-Limburg in combinatie met gegevens uit het omringende Duitse en Belgische mijngebied, als uitgangspunt voor overig Nederland en het Nederlandse deel van het continentale plat, een vooraanstaande plaats in bij het vergelijkend biostratigrafisch onderzoek van boorkernen uit de diepere ondergrond. Ondanks het vele verdienstelijke werk dat bovengenoemden verrichtten, bleef nog veel onderzoek ongedaan. Vooral na de Tweede Wereldoorlog ontwikkelden zich in een snel tempo nieuwe technieken en verplaatste zich de belangstelling van paleontologen in het buitenland naar het gebied van de micropaleontologie. Studies over micro-organismen, zoals conodonten en foraminiferen, werden echter in Zuid-Limburg nooit gerealiseerd.

Ook het microsporenonderzoek werd niet direct ter hand genomen. Pas op een tijdstip, dat de koolwinning zou worden stopgezet, werd met het onderzoek van ostracoden, microsporen en foraminiferen begonnen (Bless, 1967).

In de laatste jaren is de belangstelling steeds meer naar oecologische problemen, en daarmee verband houdend naar het reconstrueren van paleolandschappen, de paleogeografie, uitgegaan. Ook het moderne onderzoek, zoals in de paleontologische afdeling van de Rijks Geologische Dienst (Geologisch Bureau) plaatsvindt, heeft zich meer dan in het verleden gericht op de paleoecologie en de paleogeografie. Onderzoek in die richting werd verricht door Bless (1970, 1971, 1973), Bless & Winkler Prins (1972), Bless & Pollard (1973) en van Amerom (1973), die de microfaunistische associaties van het mariene niveau Aegir, de paleogeografie gedurende de afzetting van de laag GB 25 en de associaties van de niet-mariene lamellibranchiaten van laag GB 25 nader bestudeerden. Tot welke interessante reconstructies van paleomilieus tijdens het Carboon deze onderzoekingen hebben geleid, toont fig. 4.5.6.

In een wijder, internationaal verband werd een deel van de huidige stand van onze kennis vergelijkenderwijs samengevat in het rapport aan de Subcommissie van Carboonstratigrafie tijdens het Carboongcongres in Krefeld, uitgebracht door Bless, Calver & Josten (1972).

Het gehele Boven-Carboon (Namurien, Westfalien, Stephanien) kan worden beschouwd als een overgangsfacies tussen het mariene Onder-Carboon (Dinantien), dat in het buitenland met dikke kalkbanken aan de oppervlakte is te bestuderen, en het continentale Perm, dat door zandstenen die grijs of rood gekleurd kunnen zijn, gekenmerkt is. Noch het Dinantien, noch het Perm is in Nederland ontsloten. Het Dinantien (Viséen) werd in Nederland slechts in de diepboringen Woensdrecht, Houthem, Gulpen, Mesch en Cadier aangetroffen (Thiadens, 1963).

Het enige geval, waarin gemeend was dat Rotliegend paleontologisch kon worden aangetoond (Wanneperveen 1), bleek later van boven-carbonische (Westfalien A) ouderdom te zijn (van Amerom, 1972a). Het Rotliegend is thans echter, gedateerd op overwegend lithologische gronden, in een aantal andere boringen vastgesteld (Brouwer, 1972).

In Zuid-Limburg is slechts een gedeelte van het Boven-Carboon aanwezig. Een deel van het Westfalien C, het Westfalien D en het Stephanien ontbreken hier. Deze etages zijn echter in diepboringen elders in Nederland aangetoond.

In fig. 4.5.1 wordt de tot 1975 bijgewerkte parallellisatietabel van de koollagen en mariene niveaus in dit gebied gegeven. Hierin is een aantal koollagen, zandstenen en schalies, gelegen tussen mariene niveaus, aangeduid met de term 'groep'. De term moet los gezien worden van de speciale betekenis die het woord in de lithostratigrafie heeft. Vervanging door de term formatie stuit op bezwaren, aangezien onderdelen van het gehele faciespakket van in het bijzonder het Westfalien en Stephanien onmogelijk op lithologische gronden van elkaar onderscheiden kunnen worden. Daarom werd voorlopig de term groep hier tussen aanhalingstekens geplaatst.

De veranderde condities waaronder gesedimenteerd werd tijdens het verloop van het Boven-Carboon, nl. een geleidelijke verlanding, waren niet alleen het gevolg van plooiing in het achterland en een minder snelle daling van het geosynclinale sedimentatiegebied, maar ook van een langzame verandering van klimaat. Zoals te verwachten komen deze factoren tot uiting in de flora en fauna uit die tijd.

4.5.2. Flora

In het Dinantien vinden we in hoofdzaak een mariene fauna; slechts eenmaal werd in boring Houthem *Sphenopteridium* sp. gevonden (Jongmans & van Rummelen, 1937). In het Namurien wordt dit anders, planten en terrestrische fauna treden steeds meer op de voorgrond.

In fig. 4.5.2 werden enkele stratigrafisch belangrijke plantenfossielen bijeengebracht. Een drietal gegevens is hierin verwerkt. In de eerste plaats is op grond van ongepubliceerde gegevens van Jongmans de vertikale verspreiding van de plantenfossielen met een getrokken lijn aangegeven. Hiernaast werd ter vergelijking de verspreiding volgens Gothan & Remy (1957) gezet. Beide gegevens zijn voor zover mogelijk in gearceerde kolommen geplaatst, die de verspreiding aangeven naar gegevens

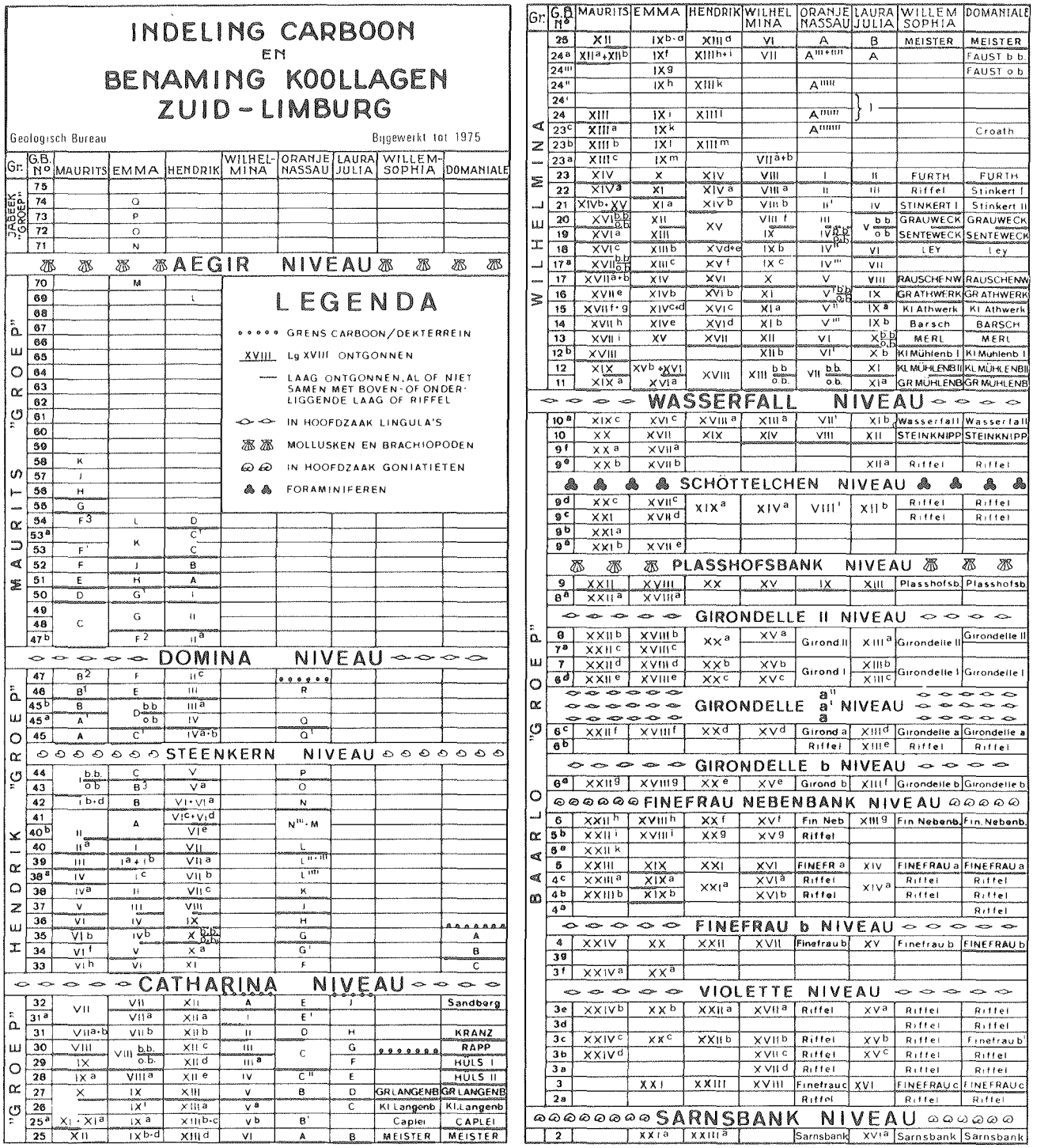


fig. 4.5.1 Indeling van het Carboon en benaming van koollagen in Zuid-Limburg

uit een door Boersma (Laboratorium voor Paleobotanie en Palynologie, Univ. Utrecht) voorlopig nog als randponskaartsysteem (RPS) ontwikkelde 'data bank'. Vergelijking van deze gegevens toont aan, dat grote verschillen bij diverse opgevoerde soorten kunnen optreden.

Het RPS is voor wat de gegevens over het Westfalien D en het Stephanien betreft, vrij volledig, maar zal voor de oudere stratigrafische eenheden in de toekomst nog verder worden uitgebreid. Toch kan worden geconstateerd, dat de verspreiding van vele soorten ruimer is geweest dan door bijv. Gothan & Remy (1957) werd aangegeven. Vele soorten blijken in jongere lagen nog lang niet uitgestorven en naar het zich laat aanzien, blijken ze vaak ook nog eerder dan was aangenomen aanwezig te zijn. Ongetwijfeld spelen lokale factoren een rol. Het is nodig in de toekomst in deze richting verder onderzoek te verrichten, teneinde meer inzicht in de stratigrafie van de fossiele planten te verkrijgen. Voor wat de jongere carbonische afzettingen betreft is Zuid-Limburg daarvoor niet geschikt. Immers, een deel van het Boven-Westfalien C (cf. van Amerom, 1972b), Westfalien D en Stephanien ontbreken hier, zoals hierboven werd geconstateerd.

Interessante plantenassociaties werden door

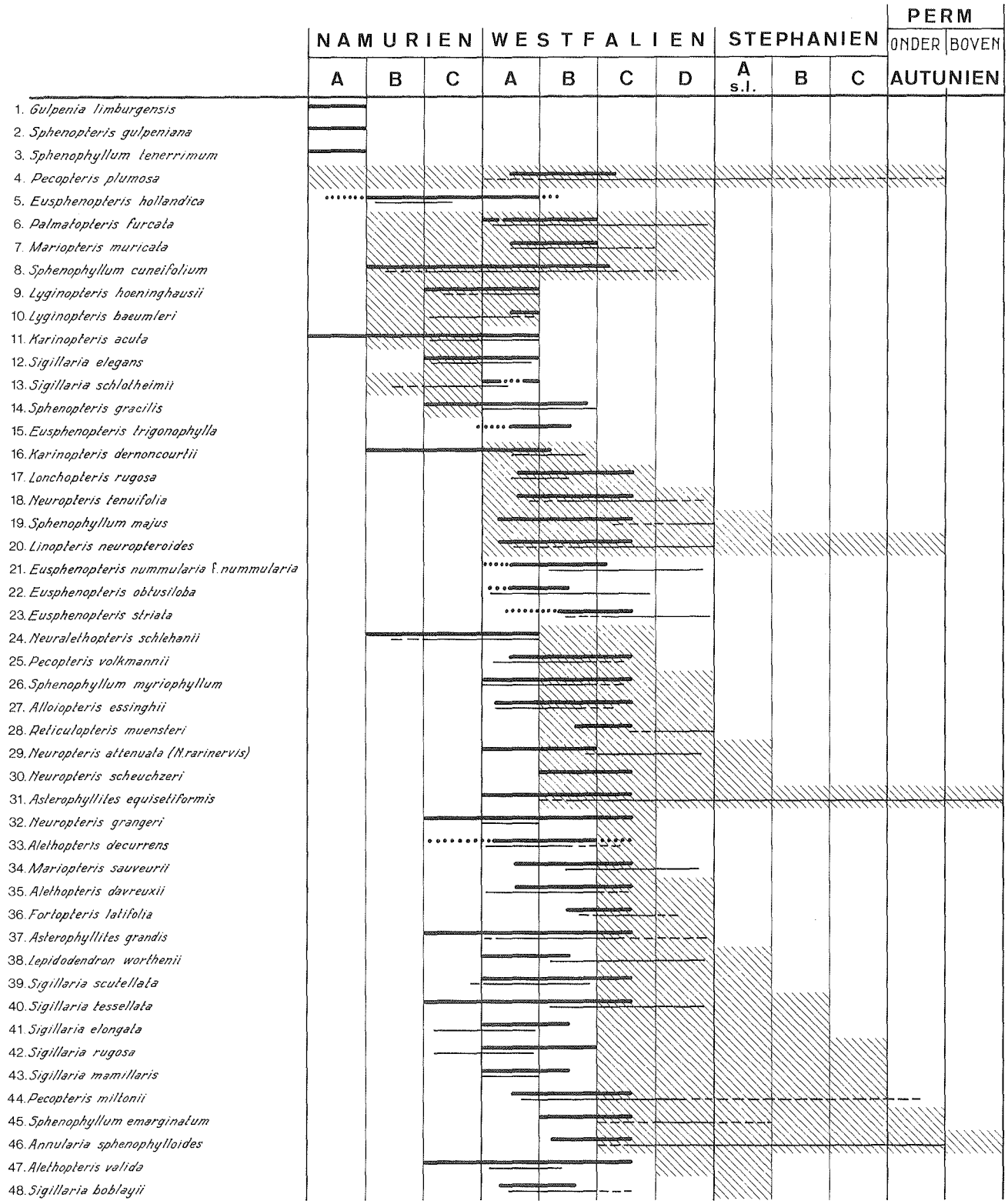


fig. 4.5.2 Stratigrafie van enkele plantenfossielen uit het Carboon

Jongmans (1928) uit het Namurien van boring Gulpen beschreven. Uit het onderste Namurien (Gulpen-'groep') zijn bekend: *Sphenophyllum tenerrimum* Ett., *Gulpenia limburgensis* Gothan & Jongmans en *Sphenopteris gulpeniana* Gothan & Jongmans. *Eusphenopteris hollandica* (Gothan & Jongmans) van Amerom komt behalve in het Midden- en Boven-Namurien (Epen- en Ubaghsberg-'groep'), ook nog voor in het Westfalien A en uiterst zelden (één vondst) in het Onder-Westfalien B (van Amerom, 1975).

Een grote ontwikkeling maakten in het Namurien de Lyginopteriden door, waarbij *Lyginopteris hoeninghausii* zijn grootste ontplooiing in het Westfalien A had. Uitstekende gidsfossielen voor het bovenste Namurien en het Westfalien A in Zuid-Limburg zijn gebleken: *Neuralethopteris schlehanii* (Stur) Laveine, *Sigillaria elegans* Brgt. en *Karinopteris acuta* (Brgt.) Boersma. Deze ontwikkelden zich in het Midden- en Boven-Namurien en weten zich in het Westfalien A te handhaven. Kenmerkend voor het Namurien is tevens het genus *Mesocalamites*. Bij het dateren met behulp van plantenfossielen moet ook hier, evenals bij andere fossielen, gelet worden op een liefst zo volledig mogelijke plantenassociatie. Dateren met slechts één enkel plantaardig fossiel is een hachelijke onderneming.

In het Westfalien A komen naast bovengenoemde soorten voor: *Alethopteris lonchitica* Schlot., *Pseudadiantites sessilis* Pot. en *Mesocalamites cistiformis* Stur (niet opgenomen in fig. 4.5.2). In het Boven-Westfalien A treden op: *Neuropteris heterophylla* Brgt., *N. gigantea* Stbg., *Mariopteris muricata* Schlot. en *Lonchopteris rugosa* Brgt.

In het Westfalien B komen *Neuropteris obliqua* (Brgt.) Goeppert en *Neuropteris tenuifolia* Schlot. tot grote ontplooiing. Frequenter worden ook *N. scheuchzeri* Hoffm., *N. pseudogigantea* Pot. en *Alethopteris davreuxii* Brgt. naarmate de sedimenten jonger worden.

De flora van het Westfalien C ondergaat geen grote verandering. *Reticulopteris muensteri* (Eichwald) Gothan en *Sphenophyllum emarginatum* Brgt. treden nu meer op de voorgrond.

Westfalien D- en Stephanienelementen zijn uit enkele diepboringen in oostelijk en zuidelijk Nederland en het continentale plat te voorschijn gekomen.

4.5.3. De niet-mariene lamellibranchiaten

Gepaard aan de toenemende verlandingstendenzen gedurende het Boven-Carboon ontwikkelden zich de niet-mariene lamellibranchiaten tot steeds rijkere en wisselende associaties om tenslotte in het Stephanien en Perm weer sterk te verarmen.

De niet-mariene lamellibranchiaten hebben goede gidsfossielen geleverd. De positie van het Nederlandse mijngebied tussen het Engelse en Belgische mijngebied en het Duitse Ruhrgebied, weerspiegelt zich in de kwaliteit en soortenrijkdom van de niet-mariene lamellibranchiaten. Zij zijn zeer goed vergelijkbaar met die soorten, welke uit Engeland in het standaardwerk van Trueman & Weir (1946–1968) werden beschreven.

Het levenswerk van Pastiels, dat hij helaas niet meer zelf heeft kunnen afsluiten, laat zien dat de Belgische soorten eveneens zeer goed vergelijkbaar zijn met vormen die in het Nederlandse gebied voorkomen.

Niet-mariene lamellibranchiaten zijn niet alleen uit het Zuidlimburgse mijngebied te voorschijn gekomen, maar ook uit talloze diepboringen verspreid over geheel Nederland.

De classificatie ingevoerd door Trueman & Weir (loc. cit.) is algemeen aanvaard. Zij werd binnen de Rijks Geologische Dienst (Geologisch Bureau) voor het eerst door Romein ingevoerd en gebruikt en door de auteur verder voortgezet. In Zuid-Limburg, evenals in overig Nederland, kunnen dezelfde biozones worden herkend, die door Trueman & Weir (1946–1968), Calver (1956), Paproth (1962) en anderen gehanteerd werden.

In fig. 4.5.3 is de biozonering op grond van de verspreiding van enkele karakteristieke niet-mariene lamellibranchiaten met stratigrafische waarde naar ongepubliceerde gegevens van Romein en de auteur bijeengezet. De tabel is geldig voor Zuid-Limburg. Gegevens uit het Westfalien C zijn hier schaars en suggereren een te sterke achteruitgang van de niet-mariene lamellibranchiatenfauna's in dit traject.

4.5.4. Ostracodenfauna's

In het Viséen (V 3 b γ) van boring Houthem werden door Becker & Bless (1974) de volgende ostracoden aangetroffen: *Gliptopleura* aff. *costata*, *Cyprella chrisalidea*, *Cypridella koninckiana* en *C. edwardsiana*.

De afname van de mariene invloed gedurende het Westfalien A en B komt eveneens tot uiting in het ostracodenonderzoek dat door Bless sedert 1967 in Zuid-Limburg wordt verricht. Zo komt in grotere hoeveelheden de brakwaterostracode *Geisina arcuata* in Zuid-Limburg slechts in een gedeelte van het Westfalien A voor (Bless, 1970, p. 510). Dit fossiel wordt vooral in een zone ongeveer 40 m onder het Catharinaniveau frequent aangetroffen. *Carbonita*, een zoetwaterostracode, is daarentegen tot in het Westfalien C aangetoond.

Als gidsfossiel doet *Geisina* uitstekende diensten. In combinatie met niet-mariene lamellibranchiaten speelde zij bijv. een beslissende rol bij de parallellisatie van de lagen, aangetroffen in diepboringen van het Peelgebied (Romein, in Peelrapport, 1963, p. 77). Ook met behulp van *Carbonita* kunnen in secties van het Westfalien C, waarin in Zuid-Limburg geen mariene horizonten met bijv. foraminiferen meer voorkomen, parallellisaties worden doorgevoerd (Bless, 1973, p. 6, Taf. II).

Het systematisch ostracodenonderzoek leverde twee nieuwe genera en soorten op (Bless, 1971a, 1974). Deze genera werden *Cypridelliforma* en *Croftsendella* genoemd. Uit het Aegir- en Finefrau Nebenbankniveau zijn rijke ostracodenfauna's beschreven, waarop bij de behandeling van de mariene niveaus wordt ingegaan.

4.5.5. Miosporen

Het miosporenonderzoek van het Nederlandse Carboon knoopt sterk aan bij wat reeds in het buiten-

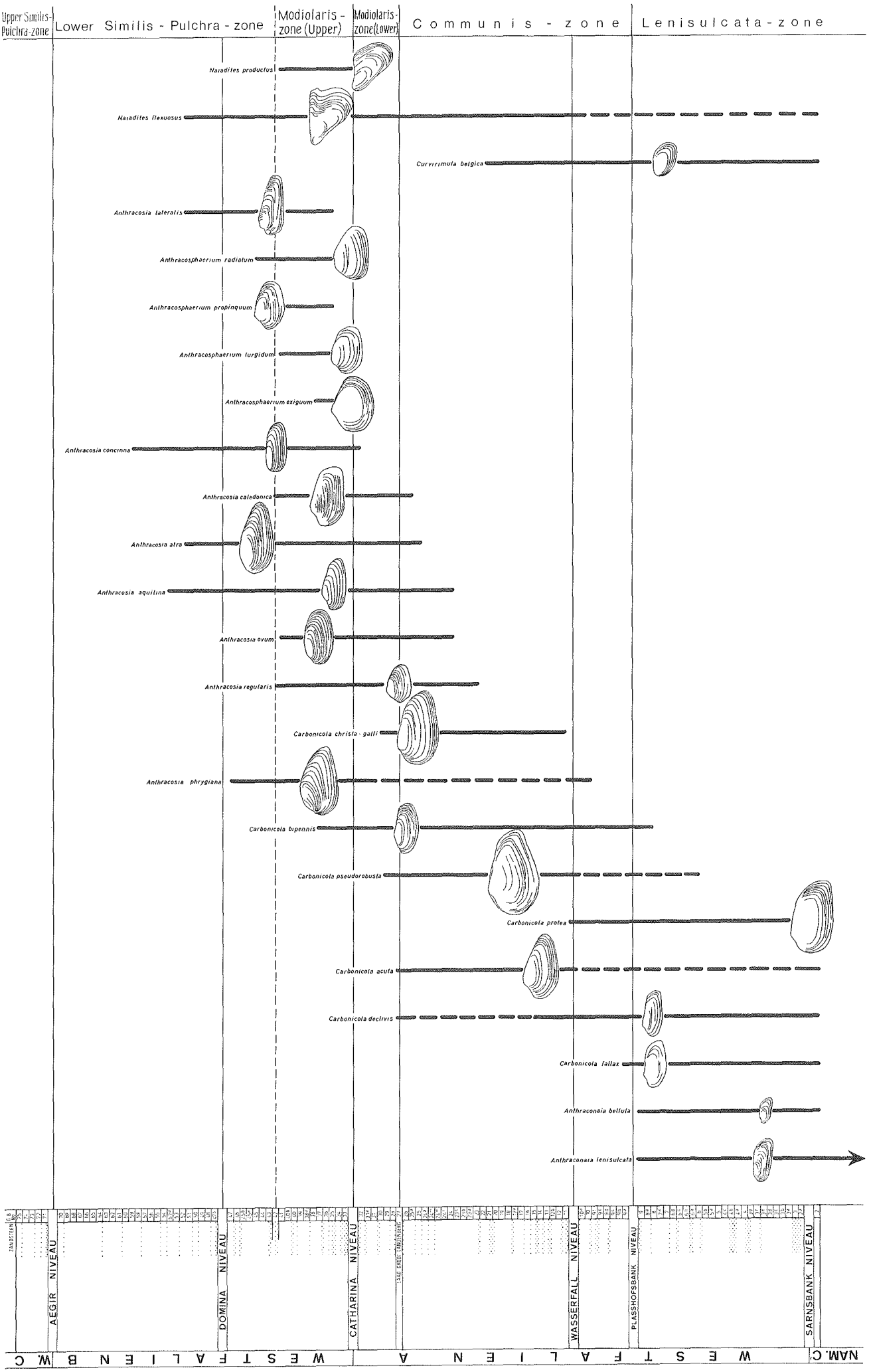


fig. 4.5.3 Stratigrafie van enkele niet-mariene lamellibranchiaten in Zuid-Limburg

land was verricht. De biostratigrafie van de miosporen in Nederland komt in grote trekken overeen met die in het omringende gebied. Belemmerde vroeger de sterke inkolingsgraad van bepaalde monsters (minder dan 25% vluchtige bestanddelen) in het Zuidlimburgse mijngebied het systematische miosporenonderzoek, door het invoeren van een gewijzigde methode om de miosporen uit de monsters te prepareren (Bless & Meessen, 1973) kunnen ook deze hoog ingekoolde monsters voor het onderzoek worden gebruikt.

De in de loop van de tijd verkregen kennis van de biostratigrafie van de miosporen, veelal toegepast bij ouderdomsbepalingen van lagen in diepboringen, vond tenslotte zijn weerslag in de overzichtelijke tabellen van de verspreiding van de voornaamste miosporen in Zuid-Limburg, zoals deze gepubliceerd werden door van Wijhe & Bless (1974).

4.5.6. Fauna's van de mariene niveaus

In fig. 4.5.4 wordt een algemeen overzicht gegeven van de mariene en andere niveaus voorzover thans bekend. Hierbij valt op, dat een groot aantal niveaus geen volledige mariene ontwikkeling heeft doorgemaakt. Volledig marien ontwikkeld zijn in Zuid-Limburg: het Aegirniveau, Girondelle II, Girondelle a, het Finefrau Nebenbank-, het Sarnsbankniveau en de niveaus uit het Namurien, waarvan wij hier alleen noemen het Schieferbank- en het Hauptflözniveau, die in ondergrondse kern- en beitelboringen in de Staatsmijn Emma-Hendrik met een groot aantal Goniatieten (*Reticuloceras superbibigue*, *Anthracoceras* sp. en *Dunbarella* sp.) werden aangetoond (rapport No. 1001 en 1011, van Amerom, 1966a, b). Het verband tussen saliniteit en fauna is in fig. 4.5.5 schematisch weergegeven.

Brakwatertolerantie heeft *Curvirimula*. De ostracode *Geisina* leeft vooral in brakwatermilieu. Goniatieten en *Dunbarella* daarentegen behoren reeds in een duidelijk marien aflands milieu. Vergelijk hierbij tevens fig. 4.5.6 naar Bless (1973).

De foraminiferen die in diverse mariene niveaus werden aangetroffen, behoren tot de genera *Ammodiscus* en *Endothyra*. Beide komen waarschijnlijk uit verschillende ecomilieus, waarbij *Endothyra* in milieus met een hogere saliniteit te verwachten is. In het mariene Aegirniveau werd geconstateerd (van Amerom & Bless, 1969), dat *Ammodiscus* samen met *Hyperammina* voorkomt. Daarnaast treedt de combinatie *Endothyra* met de ostracode *Hollinella* (*Hollinella)* in een ander, vermoedelijk hoger salien ecomilieu op.

Het Lanklaarniveau is alleen in Staatsmijn Maurits op drie plaatsen in steengangen en in één boring aangetroffen. Het wordt gekenmerkt door *Lingula mytilloides*. Hoewel in de jaren 1968–1969 onder-

Mariene- en andere niveaus	Korte karakteristiek van de Fauna's van de niveaus			
Lanklaar	*Lingula*			
Aegir		Grote Goniatieten en Nautiliden	Foraminiferen	Trilobieten, rijke mariene fauna, naar soorten en aantal: lamellibranchiaten, gastropoden, brachiopoden, conodonten, *Sphenothallus*
Domina	Rijk aan grote *Lingula's*			Vaak ver (enkele meters) boven de riffel of laag gelegen
Steenkern				Rijk aan steenkernen van niet mariene Lamellibranchiaten
Wijshagen				*Leaia*
Catharina	Sporadisch *Lingula*			Meestal alleen ontwikkeld als bitumineuze schalie met enkele visresten of ostracoden
Wasserfall	Weinig kleine *Lingula's*		Veel foraminiferen	Ostracode *Geisina* regelmatig
Schöttelchen			Foraminiferen	
Plasshofsbank		*Dunbarella*		Opvallend lang traject *Planolites ophthalmoides*? Het niveau is alleen in SM Emma marien ontwikkeld
Girondelle II	Weinig *Lingula's*	Een enkele maal *Dunbarella*	Veel foraminiferen	Zeer rijk aan gepyritiseerde wormsporen
Girondelle a''			Foraminiferen	Waarschijnlijk kunnen in alle Girondelle a niveaus van tijd tot tijd *Bucaniopsis* en *Bellerophon* voorkomen
Girondelle a'			Foraminiferen	
Girondelle a	*Lingula*	Zelden *Ortoceras*	Foraminiferen	
Girondelle b	Grote *Lingula's* (tot 1 cm)		Foraminiferen	
Finefrau Nebenbank	*Lingula*	Goniatieten *Dunbarella*	Opvallend: foraminiferen ontbreken in het algemeen	Lamellibranchiaten: *Sanguinolites* type, *Nucula*, *Nuculopsis*, soms *Sphenothallus*, Conodonten
Finefrau b	*Lingula*		Foraminiferen	
Violette	*Lingula*		Soms foraminiferen	Ontbreekt vaak
Sarnsbank	*Lingula*	Veel Goniatieten veel *Dunbarella*		Vooral ook gepyritiseerde Microlamellibranchiaten en Gastropoden; Conodonten
Hauptflöz		Veel Goniatieten *Dunbarella*		Gepyritiseerde wormsporen

fig. 4.5.4 Algemeen overzicht van de mariene en andere niveaus van het Boven-Carboon in Zuid-Limburg

Zoet	Brak	Zout
● *Curvirimula* ● ▲ Niet mariene Lamellibranchiaten o.a.: ▲ (soms ●?) *Carbonicola* ● *Naiadites*	● *Curvirimula* ● *Geisina arcuata* ▲ *Sphenothallus stubblefieldi* ▲ *Planolites ophthalmoides*	● Articulate Brachiopoden ▲ *Sanguinolites* ● Nuculiden ● *Endothyra* ● *Bucaniopsis* ● *Bellerophon* ● (■) *Dunbarella* ■ Goniatieten ● *Hollinella (Hollinella)* spp. ▲ *Lingula mytilloides* ● *Paraparchites* ● *Ammodiscus*

▲ endo benthonisch
● bentonisch (vagiel of sessiel)
■ nektonisch

fig. 4.5.5 Fauna en saliniteit

zoek hiernaar werd gedaan, zijn geen nieuwe gegevens over dit niveau aan het licht gekomen.

Had Dorsman (1945) reeds vroeger de fauna van het Aegirniveau bestudeerd, Bless, Jordan & Michel (1969), van Amerom & Bless (1969, intern rapport nr. 1129) en Bless & Winkler-Prins (1972) onderzochten uit boorkernmateriaal van de collectie van de Rijks Geologische Dienst (Geol. Bureau) en uit nieuwe vondsten dit niveau opnieuw. Een rijke micro- en macrofauna werd gevonden. Deze bestaat uit:

Foraminiferen:
Ammodiscus sp.
Hyperammina sp.
Endothyra bowmanni sensu Demanet

Ostracoden:
Paraparchites sp.
Hollinella (Hollinella) ulrichi
H. (H.) spinulosa
Jordanites cristinae
Kirkbya sp.
Amphissites cf. *centronotus/rugosus*
Roundyella simplicissima
Moorites sp.
Cornigella tuberculospinosa
Pseudoparaparchites sp.
Coryellites cf. *parallela*
Healdia sp. A
Healdia sp. B
Healdia sp. D
Asturiella limburgensis
Acratia garrisonensis
Croftsendella giffordensis

Brachiopoden:
Lingula mytilloides
Orbiculoidea missourensis
Schizophoria sp.
Derbyia hindi
Tornquistia diminuta
Globosochonetes aff. *waldschmidtii*
Rugosochonetes acutus
Rugosochonetes ? skipseyi
cf. *Kozlowskia azerbaidensis*
Productus sp.
Linoproductus aff. *cora*
cf. *Cancrinella craigmarkensis*
C. retiformis
Crurithyris carbonaria
Levipustula rimberti
Tolmatchoffia demaneti
Dictyoclostus scholvenensis

Goniatieten:
Orthoceras sp.
Anthracoceras aegiranum
A. hindi
Metacoceras costatum
M. perelegans
Donaldina sp.
Parametacoceras levicostatum
P. jongmansi
Paradomatoceras applanatum
Ephippioceras clitellarium

Lamellibranchiaten (vgl. Dorsman, 1956):
Nucula sp.
Nuculopsis gibbosa
N. undulata
Nuculana bellistriata var. *attenuata*
Grammatodon reticulatus
G. semicostatus
Schizodus antiquus
Solenopsis cf. *parallela*
Sanguinolites cf. *senilis*
Solenomya primaeva
Allorisma sulcata
Leiopteria sp.
Posidonomya sp.
P. cf. *insignis*
Posidoniella laevis
P. sulcata
Aviculopecten delepini
A. aff. *gentilis*
Pterinopecten cf. *dumontianus*
P. carbonarius
P. rhythmicus

Lamellibranchiaten (vlg. Bless & Winkler Prins, 1972):
Dunbarella sp.
Amusium ? sp.
Myalina sp.
Pseudamusium sp.

Dorsman (1956) noemt uit dit niveau het koraal
Zaphrentis aff. *postuma*

Gastropoden (vgl. Yen, 1965):
Euphemites urei

Trepospira radians
Shansiella carbonaria
Euomphalus planorboides
Limburgia heerlensis
Strobeus primogenius
Platyostomella limburgensis
Gastropoden (vgl. Dorsman, 1956):
Bellerophon anthracophilus
Bucaniopsis sp.
Raphistoma radians
Pleurotomaria cf. *carbonaria*
Pleurotomaria sp.
Naticopsis crassaconcha
Soleniscus primogenius
Loxonema sp.
Verder werden aangetroffen Conodonten, Crinoiden, Echinodermen- en Holothuroide fragmenten, koprolieten en visschubben.

Het Domina niveau is rijk aan grote exemplaren van *Lingula mytilloides* (Dorsman, 1956).

Geen niveau in de eigenlijke zin van het woord is het Steenkernniveau en vermoedelijk ook niet het Wijshagenniveau. Het Steenkernniveau is een lamellibranchiatenhorizont waarin de schelpen als steenkernen werden gefossiliseerd.

Het Catharinaniveau bevat weinig *Lingula mytilloides*. Ook enkele *Goniatites* fragmenten worden vermeld (Dorsman, 1956).

Het Wasserfallniveau bevat behalve *Lingula mytilloides* en foraminiferen ook *Geisina arcuata*.

Een zwak ontwikkeld niveau is het Schöttelchenniveau, dat enkele jaren geleden in Zuid-Limburg kon worden getraceerd (van Amerom, 1969a). Het kenmerkt zich door het voorkomen van *Planolites ophthalmoides* en foraminiferen (*Ammodiscus* sp.).

In het Plasshofsbankniveau en het Girondelle b-niveau werden conodonten aangetroffen.

Het Wijshagenniveau, dat hierboven reeds genoemd werd, is in het Ruhrgebied meer als een zone, waarin zich steeds weer foraminiferen horizonten konden ontwikkelen, te beschouwen. In Zuid-Limburg is dit niveau gekenmerkt door de aanwezigheid van *Leaia* sp. die in de staatsmijn Maurits boven laag GB. 41-40b-40 kon worden aangetoond (van Amerom, 1969b). In dit traject is tevens *Geisina arcuata* aangetroffen.

Een interessante studie over het Finefrau Nebenbankniveau werd door Bless, met medewerking van Meessen en Ritzerfeld (1973c) gepubliceerd. Hierin werd de sedimentologische, paleoecologische en paleogeografische ontwikkeling van het niveau onderzocht.

De fauna bestaat uit:
Foraminiferen:
Hyperammina sp.
Ammodiscus sp.
Agathamminoides cf. *milioloides*
Ostracoden:
Carbonita sp.
Geisina arcuata
Paraparchites sp.
Hollinella (*Hollinella*) *cristinae*
Conodonten:
Hindeodella sp.
Ozarkadina sp.
Gnathodus sp.
Coelenteraten:
Sphenothallus stubblefieldi
Brachiopoden:
Lingula mytilloides
Cephalopoden:
Gastrioceras listeri
G. circumnodosum
G. crenulatum
Agastrioceras subcrenatum
Anthracoceras arcuatilobatum
A. glabrum
Orthoceras sp.
Lamellibranchiaten:
Dunbarella cf. *papyracea*
Posidonia sp.
Posidoniella sp.
Anthraconeilo sp.
Nuculopsis sp.
Polideucia sp.
Modiolus sp.
Solemya (*Janeia*) *primaeva*
Gastropoden:
Bucaniopsis moravicus
Euphemus cf. *urei*
Verder komen voor wormsporen: *Planolites ophthalmoides*; koprolieten; visresten: *Rhabdoderma elegans*, *R. tingleyensis*, *Elongchthys aitkeni*, *E. deuticulatus*, *Rhadinychthys renieri*, *R. lerichi*, *Cheirodus striatus*, *Calloprisstodus* sp., *Rhizodopsis sauroides*.

Miosporen uit mariene en niet-mariene sedimenten van het Finefrau Nebenbankniveau zijn in bovengeciteerde publicatie in tabelvorm gepubliceerd.

Bless (1973) onderscheidde bij de ontwikkeling van het Finefrau Nebenbankniveau een vijftal faunistische ecofasen (fig. 4.5.6):
1. Carbonita fase
2. Geisina fase
3. Lingula fase
4. Nucula fase
5. Goniatiet-pteroide fase

Deze fasen worden bepaald door een samenspel van saliniteit, sediment, temperatuur en diepte.

Het Sarnsbankniveau is wederom een *Lingula* niveau, tevens met vele Goniatieten o.a. *Gastrioceras subcrenatum*, *Dunbarella* sp., Microlamellibranchiaten, Gastropoden en Conodonten.

De mariene niveaus van het Namurien zijn in de ondergrond slecht bekend. Slechts een enkele olieboring heeft het Namurien bereikt.

Dorsman (1945) beschreef uit de Ubaghsberg-'groep' (onder Gastrioceras zone) de volgende mariene fauna:
Lingula mytilloides
Lingula squamiformis
Edmondia aff. *josepha*
Posidoniella variabilis
Anthracoceras arcuatilobatum
Posidonomya corrugata
Posidoniella spec. div.
Anthracoceras glabrum
Gastrioceras cancellatum
Gastrioceras crenulatum
Agastrioceras carinatum
Rizodopsis sauroides
Elonichthys aitkeni
Elonichthys denticulatus

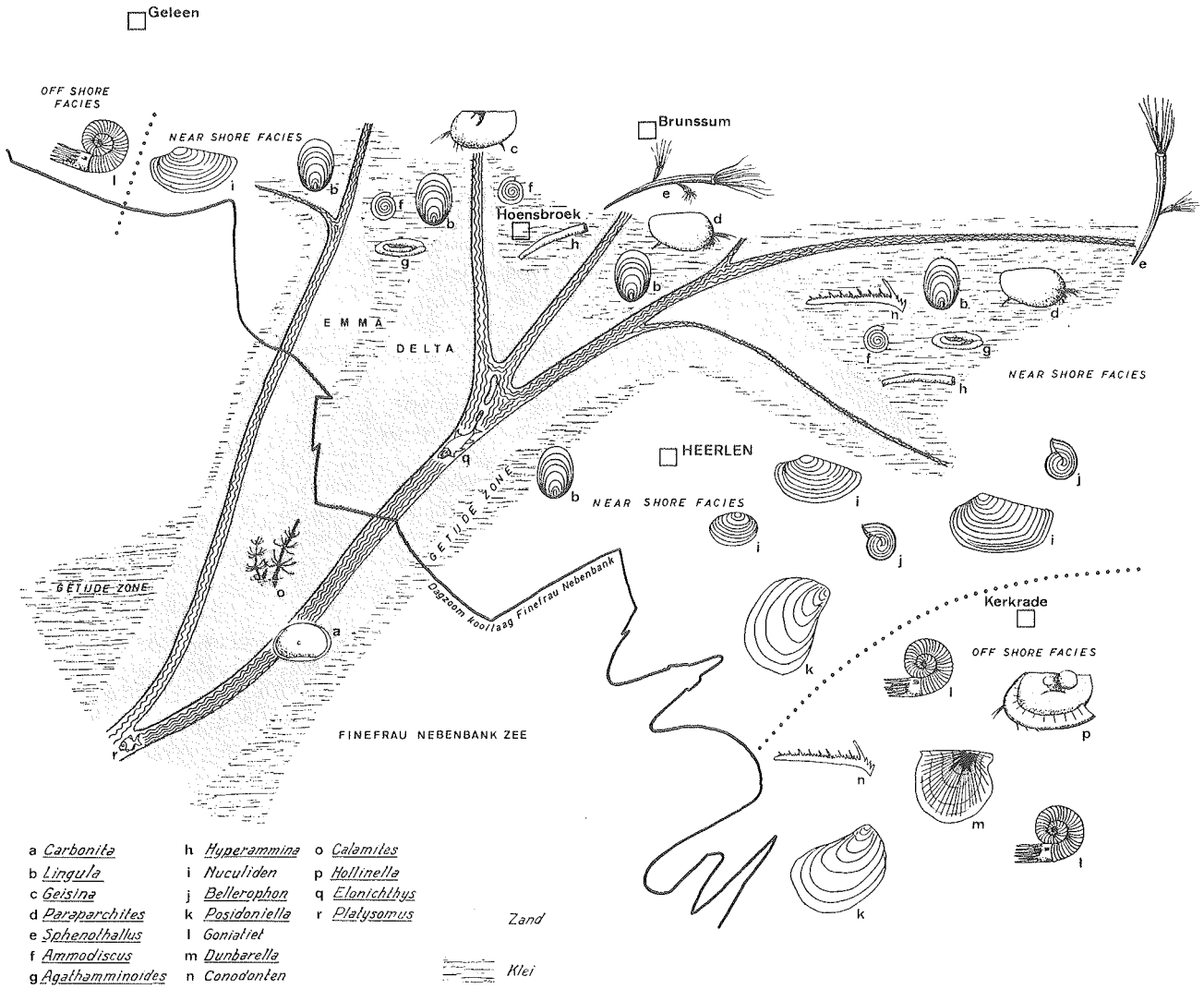


fig. 4.5.6 Reconstructie van de Emma Delta en de Finefrau Nebenbankzee ten tijde van het Onder-Westfalien A volgens Bless (1973)

Afkomstig uit de boringen 104, 106, 107, 110, LIII, LVIII, LIX, LXIII en het ontsloten Carboon bij Epen is de volgende mariene fauna (Dorsman, 1945):
Lingula mytilloides
Lingula spec. div.
Lingula squamiformis
Orbiculoidea spec. div.
Sanguinolites cf. *clavatus*
Sanguinolites plicatus
Posidonomya corrugata
Posidoniella laevis
Posidoniella cf. *minor*
Posidoniella variabilis
Dunbarella speciosus
Aviculopecten aff. *gentilis*
Modiola cf. *transversa*
Anthracoceras arcuatilobatum
Homoceratoides divaricatum
Reticuloceras bilingue
Reticuloceras superbilingue
Reticuloceras reticulatum
Reticuloceras inconstans
Gastrioceras sigma
Agastrioceras carinatum
Elonichthys denticulatus
Elonichthys aitkeni
Rhizodopsis sauroides
Megalichthys hibberti
Rhabdoderma elegans
Rhabdoderma tingleyense

Boring Gulpen (106) doorboorde zowel de *Homoceras* zone met Linguliden, Orbiculiden, *Cypricardella parallela*, *Posidoniella laevis* en *Homoceras subglobosum*, als de *Eumorphoceras* zone (onder Gulpen-'groep') met de volgende fauna (Dorsman, 1945):
Posidoniella laevis
Pseudamusium ellipicum
Nuculoceras nuculum
Anthracoceras glabrum
Anthracoceras tenuispirale
Eumorphoceras cf. *bisulcatum*
Acrolepis hopkinsi
Elonichthys denticulatus
Acanthodes sp.
Ctenacanthus sp.

Ook na 1963 (Thiadens, p. 11) zijn geen

boringen gezet, die het Onder-Carboon hebben bereikt. De enige boringen die Dinantien hebben bereikt zijn: Houthem, Woensdrecht, Gulpen, Mesch en Cadier.

De huidige kennis van de mariene fauna's uit het Boven-Viséen berusten eveneens, evenals voor het Namurien, nog steeds op het werk van Dorsman (1945). Uit boring Houthem (105) noemt Dorsman de volgende fossielen:

Orthotetes sp.
Schizophoria resupinata
Chonetes (Plicochonetes) interstriatus
Chonetipustula carringtonia
Productus (Echinoconchus) elegans
Productus (Echinoconchus) punctatus
Productus (Thomasina) aff. *margaritaceus*
Productus (Buxtonia) scabriculus
Productus (Linoproductus) cf. *striatus*
Productus (Dictyoclostus) cf. *concinnus*
Crurithyris urei
Martina aff. *glabra*
Posidonomya beckeri
Aviculopecten interstitialis
Cyprella chrysalidea

Volgens een mondelinge mededeling heeft Bless eveneens Brachiopoden aangetroffen en als nieuw element ook Conodonten.

Gesteente, ouder dan Boven-Viséen, werd in Nederland tot nu toe nergens met boringen bereikt.

Literatuur

Amerom, H. W. J. van, 1966a: Beschrijving en stratigrafische interpretatie van de kernboringen 1280, 1287 en 1292, B.ZW. Steengang, 325 m Verdieping, Staatsmijn Emma-Hendrik, Rapport Geol. Bureau nr. 1001.

Amerom, H. W. J. van, 1966b: Beschrijving en stratigrafische interpretatie van de kern- en beitelboring 1294, B.ZW. Steengang, 325 m Verdieping, Staatsmijn Emma-Hendrik, Rapport Geol. Bureau nr. 1011.

Amerom, H. W. J. van, 1969a: Über das Vorkommen des Schöttelchen Niveaus im Westfal A (Obere Baarlo-Gruppe) im Niederländischen Kohlenbezirk. Paläontologisch-stratigraphische Notizen I, Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 20; pp. 9–12.

Amerom, H. W. J. van, 1969b: Neue Funde des Wijshagen-Niveaus aus dem unteren Westfal B (Hendrik-Gruppe) im Süd-Limburger Karbonrevier. Paläontologisch-stratigraphische Notizen II. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 20; pp. 13–17.

Amerom, H. W. J. van, 1972a: Das karbonische Alter der Tiefbohrung Wanneperveen I, eine Revision. Geol. en Mijnb., 51; pp. 491–495.

Amerom, H. W. J. van, 1972b: Einige Bemerkungen über die Neuropteriden und Sphenopteriden der Bohrungen Jabeek (XLV), Bingelrade (XL) und Oirsbeek (LI) im Südlimburger Karbon (Niederlande). C.R. 7e Congres Inter. Strat. Geol. Carb., Krefeld (I); pp. 5–9.

Amerom, H. W. J. van, 1973: Ein Beitrag zur Karbon-Fauna und über eine Fossil-Falle im Hangenden des Flözes Meister (GB. 25) des Westfal A in Süd-Limburg. Paläontologisch-stratigraphische Notizen IV. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S., 24; pp. 9–19.

Amerom, H. W. J. van, 1975: Die Eusphenopteridischen Pteridophyllen aus der Sammlung des Geologischen Bureaus in Heerlen, unter besonderer Berücksichtigung ihrer Stratigraphie bezüglich des Südlimburger Kohlenreviers. Meded. Rijks Geol. Dienst, Serie C-III-1-no. 7; 208 p.

Amerom, H. W. J. van & M. J. M. Bless, 1969: Upward Boring 829 HK in Aegir Marine Band Hendrik Colliery (abandoned), at 636 m floor in cross-cut 3rd NE at 1181,20 m. Intern rapport Geol. Bureau, no. 1129.

Becker, G. & M. J. M. Bless, 1974: Ostracode stratigraphy of the Ardenno-Rhenisch Devonian and Dinantian (with special reference of the Eifelian/Givetian boundary in the Eifel region and to the Famennian/Tournaisian fauna in the Dinant Basin. International Symposium on Belgian micropalaeontological limits from Emsian to Visean, Namur, Sept. 1st–10th, Publ. no. 1; pp. 1–52.

Bless, M. J. M., 1967: Ostracoden aus dem Limburgkarbon (Niederlande). Freiberger Forschungsheft C 213; pp. 159–170.

Bless, M. J. M., 1970: Environments of some upper carboniferous coal-basins (Asturian, Spain; Limburg, Netherlands), C.R. 6e Congr. Int. Strat. Geol. Carbonif., Sheffield (1967), II; pp. 503–516.

Bless, M. J. M., 1971a: On a new genus and species of Cypridinacea (Ostracoda) from the upper Carboniferous of the Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 22; pp. 21–25.

Bless, M. J. M., 1971b: Palökologische Untersuchungen im Westfal von Nordspanien und Nordwesteuropa unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden. Freib. Forschungsheft C 2 67; pp. 113–121.

Bless, M. J. M., 1973a: De Mijnstreek 300 miljoen jaar geleden, Oranje Nassaupost 33, no. 3.

Bless, M. J. M., 1973b: Derzeitiger Stand der Kenntnisse über die Ostracodenstratigraphie im Karbon Westeuropas. Freib. Forschungsheft C 282; pp. 5–21.

Bless, M. J. M., 1973c: The History of the Finefrau Nebenbank Marine Band (Lower Westphalian A) in South Limburg (The Netherlands). A case of Interaction between Paleogeography, Paleotectonics and Paleoecology. In cooperation with J. P. M. Th. Meesen and W. Ritzerfeld. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 24; pp. 57–103.

Bless, M. J. M., 1973d: Paleoecologisch onderzoek in het Karboon van Zuid-Limburg. TH Aken, uitgave Sticht. behartiging belangen Ned. afgestudeerden en studenten TH Aken, 15; pp. 210–218.

Bless, M. J. M., 1974: Ostracods from Croft's End Marine Band (base of Westphalian C) of the Bristol district. Bull. Geol. Surv. Gr.-Br., 17; pp. 39–53.

Bless, M. J. M., M. A. Calver & K. H. Josten, 1972: Report of the working group on the Westphalian C in N.W. Europe. C.R. 7e Congr. Int. Strat. Geol. Carb.; pp. 223–230.

Bless, M. J. M., H. Jordan & M. Ph. Michel, 1969: Ostracods from the Aegir Marine Band (basis Westphalien C) of South Limburg (Netherlands). Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 20; pp. 3–17.

Bless, M. J. M. & J. P. M. Th. Meessen, 1973: Preparation of Miospores from Carboniferous Rocks. Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S. 24; pp. 55–57.

Bless, M. J. M. & J. E. Pollard, 1973: Paleoecology and Ostracods Faunas of Westphalian Ostracode Bands from Limburg, The Netherlands and Lancashire, Great Britain. Meded. Rijks Geol. Dienst, 24; pp. 21–53.

Bless, M. J. M. & C. F. Winkler Prins, 1972: Paleoecology and Paleogeography of the Aegir Marine Band and its equivalents in North-western Europe. C.R. 7e Congr. Int. Strat. Géol. Carbonif., Krefeld 1971, I; pp. 231–239.

Boersma, M., (in druk), Reflections on the Cantabrian Stage. Carboniferous Strat. Symposium 1973, Tsjechoslowakije.

Brouwer, G. C., 1972: The Rotliegend in the Netherlands in: Rotliegend, essays on European Lower Permian ed. by H. Falke, uitg. Brill, Leiden. Int. Sed. Petrogr. Series 15; pp. 34–42.

Calver, A., 1956: Die stratigraphische Verbreitung der nicht-marinen Muscheln in den penninischen Kohlenfeldern Englands. Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch. 107; pp. 26–39.

Dorsman, L., 1945: The marine fauna of the Carboniferous in the Netherlands. Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-3-no. 3; 101 p.

Dijkstra, S. J., 1946: Eine monographische Bearbeitung der karbonischen Megasporen. Meded. Geol. Stichting, Serie C-III-1-no. 1; 101 p.

Dijkstra, S. J., 1955: The Megaspores of the Westphalien D and C. Meded. Geol. Stichting, N.S. 8; pp. 5–12.

Dijkstra, S. J., 1956: Lower Carboniferous Megaspores. Meded. Geol. Stichting, N.S. 10, pp. 5–18.

Dijkstra, S. J., 1960: Megasporen uit het Carboon en hun betekenis voor de mijnbouw. Natuurh. Mndbld. 49; pp. 153–158.

Gothan, W. & W. Remy, 1957: Steinkohlenpflanzen. Leitfaden zum Bestimmen der wichtigsten pflanzlichen Fossilien des Paläozoikums im rheinisch-westfälischen Steinkohlengebiet. Verlag Glückauf, Essen; 248 p.

Heide, S. van der, 1943a: Les Lamellibranches limniques du terrain houiller du Limbourg du Sud (Pays-Bas). Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-3-no. 1; 94 p.

Heide, S. van der, 1943b: La faune ichthyologique du Carbonifère supérieur des Pays-Bas. Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-3-no. 2; 65 p.

Heide, S. van der, 1951: Les Arthropodes du terrain houiller du Limbourg méridional (excepté les scorpions et les insectes). Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-3-no. 5; 81 p.

Jongmans, W. J. & F. H. van Rummelen, 1937: De bodem van Zuid-Limburg, Zeist. Uitg. De Torentrans; 79 p.

Oyen, F. H. van, 1956: Contribution à la connaissance du genre *Adelophthalmus* Jordan et Meyer 1854. Meded. Geol. Stichting, Serie C-IV-3-no. 7; 98 p.

Pannekoek, A. J. (red.), 1956: Geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1: 200.000. Staatsuitg. 's-Gravenhage; 154 p.

Paproth, E. 1962: Die stratigraphische Verbreitung der nichtmarinen Muscheln im Westfal Nordwestdeutschlands. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. 3, 2: pp. 787–794.

Rapport van de Peelcommissie 1952, 1963: Deel II. Eindverslag van de Geologisch-Mijnbouwkundige subcommissie. Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf, Den Haag 1962; 133 p.

Romein, B. J., 1963: Stratigrafie van het Carboon van het Peelgebied in: Rapport van de Peelcommissie, Verhandelingen M.G., Mijnbouwkundige serie, dl. 5; pp. 76–78.

Romein, B. J., 1966: Ons Krijtland Zuid-Limburg II, Geologische Geschiedenis van Zuid-Limburg. Wetensch. Ned. Kon. Ned. Nath. Ver. 61; 70 p.

Thiadens, A. A., 1963: The palaeozoic of the Netherlands. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen., Geol. Serie 21–1; pp. 9–28.

Trueman, A. & J. Weir, 1946–1968: A monograph of British Carboniferous non-marine Lamellibranchs, Parts I–IX by Trueman & Weir, parts X–XIII by Weir, Palaeont. Soc. London; 449 p.

Wijhe, D. H. van & M. J. M. Bless, 1974: The Westphalian of the Netherlands with special reference with appendix by Dijkstra to miospore assemblages. Geol. en Mijnb. 53; pp. 295–329.

Yen, J. T. C., 1965: Additional Account of Upper Carboniferous Gastropods from South-Limburg (Netherlands). Meded. Geol. Stichting, N. S. 17; pp. 77–82.