

TNO-rapport
NITG 00-95-A

De lithostratigrafische indeling van Nederland – Formaties uit het Tertiair en Kwartair

Versie 2000

Datum

April 2000

Auteur(s)

H.J.T. Weerts
P. Cleveringa
J.H.J. Ebbing
F.D. de Lang
W.E. Westerhoff

Terrein University College Utrecht
Gebouw U en W
Prins Hendriklaan
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

Projectnummer

005.30181/01.06

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Opdrachtgever

Directie NITG-TNO

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor
onderzoeksopdrachten aan TNO', dan
wel de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1998 TNO

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
is gevestigd in Delft en Utrecht en heeft nevenvestigingen in
Heerlen, Nuenen en Zwolle.

Het instituut is het centrale geowetenschappelijke informatie-
en onderzoeksinstituut van Nederland, ten behoeve van het
duurzaam beheer en gebruik van de ondergrond en de
ondergrondse natuurlijke bestaansbronnen.

Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Voorwoord

In juli 1997 is door het NITG-TNO een Werkgroep Lithostratigrafie ingesteld met de opdracht de bestaande lithostratigrafische indeling van de formaties uit het Tertiair en Kwartair zoals die is gepubliceerd in Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975) te herzien. Als leden van de werkgroep werden benoemd: P. Cleveringa, J.H.J. Ebbing (voorzitter), F.D. de Lang, H.J.T. Weerts (secretaris) en W.E. Westerhoff, allen werkzaam bij de Afdeling Geo-Kartering van het NITG-TNO. In oktober 1997 verscheen de Startnotitie Werkgroep Lithostratigrafie (Ebbing *et al.*, 1997) waarin de uitgangspunten en de werkwijze van de werkgroep werden aangegeven. De werkgroep publiceerde het eerste concept van de lithostratigrafische indeling van de formaties uit het Tertiair en Kwartair in juli 1998 (Ebbing *et al.*, 1998). Naar aanleiding van de concept-indeling uit 1998 is binnen de Afdeling Geo-Kartering van het NITG-TNO een discussie gevoerd over de indeling, die leidde tot een aantal aanvullingen op en wijzigingen van de indeling. In juli 1999 verscheen de aangepaste lithostratigrafische indeling van de formaties uit het Tertiair en Kwartair (Ebbing *et al.*, 1999) die binnen alle afdelingen van het NITG-TNO is verspreid. Daarnaast is de publicatie verzonden aan een aantal medewerkers van Nederlandse en Duitse universiteiten die onderzoek doen dat samenhangt met de lithostratigrafie van het Kwartair. Ook is Prof. Dr. W.H. Zagwijn om een reactie verzocht, op grond van zijn grote ervaring met en verdiensten voor de lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair en Kwartair van Nederland.

In het najaar van 1999 en het voorjaar van 2000 heeft de werkgroep overlegd met vertegenwoordigers van de afdelingen Geo-Energie, Diepe Ondergrond, en Grondwater van het NITG-TNO. Tevens heeft de werkgroep reacties ontvangen van een aantal onderzoekers aan universiteiten:

- Dr. H.J.A. Berendsen (Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht),
- Prof. Dr. W. Boenigk (Geologisches Institut, Universität zu Köln),
- Prof. Dr. E.A. Koster (Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht),
- Prof. Dr. J.Vandenberghe (Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit).

Tenslotte heeft de werkgroep overleg gevoerd met Prof. Dr. W.H. Zagwijn (emeritus hoogleraar Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit; voormalig Hoofd van de Wetenschappelijke Laboratoria van de Rijks Geologische Dienst).

Naar aanleiding van de gevoerde discussies en ontvangen reacties heeft de Werkgroep Lithostratigrafie de indeling en de toelichting daarop op onderdelen aangepast. Dit rapport presenteert de Lithostratigrafische indeling van Nederland - Formaties uit het Kwartair en Tertiair zoals die binnen de Afdeling Geo-Kartering sinds 1 januari 2000 wordt gebruikt, met daarop een uitgebreide toelichting. Voor

de formaties uit het Kwartair wordt de indeling door middel van dit rapport vastgesteld. De indeling van de formaties uit het Tertiair wordt hier slechts voorgesteld, daar het overleg met de afdelingen Geo-Energie en Diepe Ondergrond van het NITG-TNO nog niet is afgerond. Vaststelling van de eenheden uit het Tertiair vindt plaats in 2001. In de komende jaren vindt een verdere invulling van de indeling plaats. De Werkgroep Lithostratigrafie stelt de aanvullingen en wijzigingen op de indeling jaarlijks vast.

Het voornemen tot wijziging van de bestaande lithostratigrafische indeling van Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975) heeft sinds 1997 tot veel discussie geleid, zowel binnen als buiten het NITG-TNO. De leden van de Werkgroep Lithostratigrafie willen langs deze weg iedereen bedanken die, formeel of informeel, aan de discussie heeft bijgedragen. Zonder hun inbreng was de grondige herziening van de lithostratigrafische indeling op deze korte termijn niet mogelijk geweest.

Inhoud

| | |
|---|----|
| Voorwoord..... | i |
| Lijst van figuren | v |
| Lijst van tabellen | vi |
| 1 Inleiding..... | 1 |
| 2 Probleem- en doelstelling..... | 3 |
| 2.1 Probleemstelling | 3 |
| 2.2 Doelstelling..... | 3 |
| 3 Uitgangspunten, criteria, en achtergronden bij de lithostratigrafische indeling..... | 5 |
| 3.1 Uitgangspunten | 5 |
| 3.2 Criteria | 6 |
| 3.3 Hiërarchische opbouw van de indeling..... | 8 |
| 3.3.1 Inleiding..... | 8 |
| 3.3.2 Groep | 9 |
| 3.3.3 Subgroep..... | 9 |
| 3.3.4 Formatie..... | 9 |
| 3.3.5 Laagpakket..... | 10 |
| 3.3.6 Laag | 10 |
| 3.4 Genetische categorieën van de indeling..... | 11 |
| 3.4.1 Mariene afzettingen | 11 |
| 3.4.2 Fluviatiele afzettingen | 12 |
| 3.4.3 Glacigene afzettingen | 13 |
| 3.4.4 Overige afzettingen..... | 13 |
| 3.5 Gebruik van aanvullende informatie bij de lithostratigrafische indeling | 14 |
| 3.5.1 Ondersteunende biologische, geofysische en geochemische informatie..... | 15 |
| 3.5.2 Foutief gebruik van aanvullende informatie..... | 16 |
| 4 De nieuwe lithostratigrafische indeling van afzettingen uit het Tertiaireen Kwartair in Nederland | 18 |
| 4.1 Inleiding..... | 18 |
| 4.2 Mariene afzettingen | 18 |
| 4.3 Fluviatiele afzettingen | 24 |
| 4.3.1 Baltische Groep | 24 |
| 4.3.2 Rijn Groep | 25 |

| | | |
|-------|-----------------------------|-----|
| 4.3.3 | Maas Groep..... | 29 |
| 4.3.4 | Glacigene afzettingen | 31 |
| 4.3.5 | Overige afzettingen..... | 32 |
| | Literatuurlijst..... | 356 |

Bijlagen

| | |
|---|--|
| A | Geschiedenis van de stratigrafie in Nederland |
| B | Voorbeeld van een beschrijving van een lithostratigrafische eenheid |
| C | Lithologische samenstelling en afzettingsmilieu van de lithostratigrafische eenheden |
| D | Lithostratigrafische tabellen |
| E | Geologische overzichtskaart van Nederland |
| F | Legenda bij de geologische overzichtskaart van Nederland |

Lijst van figuren

| | | |
|------------|---|----|
| Figuur 3.1 | Voorbeeld van een niet volledig onderverdeelde formatie. Formatie C bevat de Laagpakketten α en β . Binnen laagpakket β wordt laag y onderscheiden. Laag z valt direct binnen Formatie C. | 7 |
| Figuur 3.2 | Voorbeeld van een laag (x) die in twee formaties (A en B) voorkomt. | 10 |
| Figuur 3.3 | Herkomst van de fluviatiele afzettingen. | 13 |
| Figuur 3.4 | Positie van de stratigrafische grenzen die zijn gebaseerd op verschillende gesteente eigenschappen (lithostratigrafie, biostratigrafie, chronostratigrafie en geofysica) in een stratigrafische kolom (naar Salvador, ed., 1994)..... | 14 |

Lijst van tabellen

| | | |
|-----------|-------------------------------|----|
| Tabel 4.1 | Mariene afzettingen | 22 |
| Tabel 4.2 | Fluviatiele afzettingen | 30 |
| Tabel 4.3 | Glacigene afzettingen | 32 |
| Tabel 4.4 | Overige afzettingen..... | 34 |

1 Inleiding

Ter gelegenheid van het afscheid van dr. A.A. Thiadens als directeur van de Rijks Geologische Dienst werd de "Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland" (Zagwijn & Van Staalduinen, red., 1975) uitgegeven, waarin de lithostratigrafische indeling van de formaties van het Boven-Tertiair en Kwartair is opgenomen. Sindsdien is deze formeel vastgestelde indeling gebruikt bij de systematische geologische kartering van Nederland op schaal 1:50.000. Met behulp hiervan worden de sedimentpakketten in de boringen en/of ontsluitingen tot een lithostratigrafische eenheid gerekend.

Gebruikers van de ondergrond zijn geïnteresseerd in sedimentpakketten in de ondergrond waarbinnen eigenschappen eenduidig zijn en waarvan de horizontale en verticale verbreiding bekend is. Het blijkt dat vragen vanuit de praktijk, die samenhangen met de verbreiding en eigenschappen van de sedimentpakketten, met de boven genoemde indeling vaak onvoldoende kunnen worden beantwoord. Hoewel de indeling is opgezet als een lithostratigrafische classificatie, steunt zij sterk op bio- en chronostratigrafische informatie en op de uitkomsten van sediment-petrologisch onderzoek dat in het laboratorium wordt uitgevoerd. Het toewijzen van een sedimentpakket aan een bepaalde lithostratigrafische eenheid is daardoor niet alleen gebaseerd op in het veld en in boringen herkenbare (macroscopische) eigenschappen van het sediment. In de huidige praktijk levert dat problemen op. Om die reden wordt de bestaande lithostratigrafische indeling herzien.

Het NITG-TNO heeft als taak gegevens met betrekking tot de Nederlandse ondergrond toegankelijk te maken voor gebruikers van die ondergrond. Dit gebeurt onder andere door de ontwikkeling van een ruimtelijk lagenmodel van de Nederlandse ondergrond (Westerhoff & Van Bracht, 1997), dat de klassieke systematische geologische kartering van de ondergrond 1:50.000 vervangt. De verbreiding van lithostratigrafisch geïnterpreteerde sedimentpakketten in boringen vormt de basis van dit model. De lithostratigrafische indeling ordent sedimentpakketten in de ondergrond met eenduidige eigenschappen en een bekende verbreiding tot lithostratigrafische eenheden. De eigenschappen van de eenheden zijn daarmee nog niet verklaard. Daarvoor is naast inzicht in het afzettingsmilieu van het sediment ook kennis nodig over de processen die tijdens en na de sedimentatie een rol hebben gespeeld. Hierbij is sedimentologische, geologische, geochemische en biologische veld- en laboratoriumkennis een vereiste. Zij vergroten het inzicht in de ruimtelijke variatie, zowel binnen als tussen de diverse lithostratigrafische eenheden. Omdat steeds nieuwe data beschikbaar komen en de kennis over de ondergrond toeneemt wordt de nieuwe lithostratigrafische indeling zo opgezet dat aanvulling en bijstelling van de indeling op elk moment mogelijk is. De nieuwe gegevens worden in het lagenmodel verwerkt, waardoor het model up to date blijft.

De indeling van dit rapport is als volgt. In hoofdstuk 2, de probleem- en doelstelling, wordt uitgelegd waarom de indeling van Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975) wordt herzien. In hoofdstuk 3 worden de uitgangspunten, criteria en achtergronden van de nieuwe lithostratigrafische indeling toegelicht. Tevens wordt toegelicht waarom de internationale stratigrafische richtlijnen volgens Salvador (ed., 1994) worden gevolgd. In hoofdstuk 4 wordt de nieuwe lithostratigrafische indeling beschreven. De wijzigingen ten opzichte van de indeling volgens Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975) zijn per formatie weergegeven. Bijlage A beschrijft de historische ontwikkeling van de stratigrafie in Nederland. Ze laat zien hoe de kennis over de geologische opbouw en van de lithostratigrafische classificatie in Nederland tot stand is gekomen. Bijlage B geeft een voorbeeld van een volledig beschreven lithostratigrafische eenheid. Bijlage C bevat een aantal lithostratigrafische tabellen. Bijlage D geeft een zeer korte beschrijving van de lithostratigrafische eenheden. Bijlage E en F geven de geologische overzichtskaart van Nederland weer met de bijbehorende legenda.

2 Probleem- en doelstelling

2.1 Probleemstelling

In de uitgangspunten van de nota “De geologische kartering van Nederland; Zo verder” (Westerhoff & Van Bracht, 1997) wordt vastgesteld dat de (kaart)produkten van het NITG-TNO geproduceerd moeten kunnen worden vanuit een te ontwikkelen lagenmodel. De lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair en Kwartair dient hierop toegesneden te zijn. Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat die indeling geschikt moet zijn voor toepassingsgerichte geowetenschappelijke studies. De praktijkgerichte vragen zijn met de stratigrafische indeling van Zagwijn & Van Staaldunin (red., 1975) onvoldoende te beantwoorden omdat:

Hoewel de bestaande indeling is opgezet als een zuiver lithostratigrafische indeling, zijn bij de toepassing ervan zowel litho-, bio- als chronostratigrafische criteria gebruikt. Hierbij is in sterke mate gesteund op gegevens van (microscopisch) laboratorium onderzoek (zware mineralen, palynologie, radiometrie etc.). Een verklaring voor deze werkwijze is te vinden in het genetisch (herkomstgebied en afzettingsmilieu betreffend) en biostratigrafisch georiënteerde denken in het geologisch onderzoek aan de Tertiaire en Kwartaire geologie van Nederland. Daarnaast speelt de op klimatologische veranderingen gebaseerde indeling van het Kwartair, die een sterk chronologisch karakter heeft, daarbij een grote rol (zie Bijlage A). Door deze benadering is inzicht verkregen in de geologische opbouw van de Nederlandse ondergrond tijdens het Tertiair en Kwartair. De lithologische karakterisering van de sedimentpakketten is daarbij op de achtergrond geraakt;

De thans gebruikte indeling niet voldoet aan de internationaal afgesproken stratigrafische richtlijnen. Volgens de International Stratigraphic Guide (Hedberg, ed., 1976; Salvador, ed., 1994) dienen sedimentpakketten op basis van fysische en macroscopisch waarneembare gesteentekennmerken lithostratigrafisch te worden ingedeeld;

Sinds 1975 zijn, als gevolg van de toegenomen kennis uit karteringen en onderzoek, veel lokaal of regionaal voorkomende, herkenbare, lithostratigrafische eenheden in publicaties beschreven en op geologische kaarten uit de 1:50.000 serie weergegeven. Voor zover ze zijn beschreven, is de beschrijving van de eenheden niet uniform. Deze eenheden zijn nooit formeel als lithostratigrafische eenheden ingevoerd.

2.2 Doelstelling

Het doel van stratigrafie in het algemeen is de ordening van sedimentpakketten in de ondergrond zodat inzicht wordt verkregen in de verbreiding, eigenschappen en ouderdom van de afzettingen en daarmee van de geschiedenis van de aarde. Doyle

& Bennett (1999) omschrijven dit als volgt: “Stratigraphy is the key to understanding the earth, its materials, structure and past life”. De stratigrafie vormt het referentiekader voor toegepaste aardwetenschappelijke studies: “...it provides a sound basis for the understanding of the properties and extent of geological units in civil engineering” (Doyle & Bennett, 1999). Stratigrafie kan op vele verschillende manieren worden bedreven. Gesteenten kunnen onder andere geordend worden op grond van hun ouderdom (chronostratigrafie), fossielinhoud (biostratigrafie), geofysische eigenschappen (seismostratigrafie, log-stratigrafie) of hun lithologische eigenschappen en stratigrafische positie (lithostratigrafie). Het doel van een lithostratigrafische indeling is de ordening van sedimentpakketten in de ondergrond op grond van hun macroscopisch waarneembare lithologische eigenschappen en stratigrafische positie. Onder stratigrafische positie wordt de ruimtelijke positie verstaan die een sedimentpakket ten opzichte van andere sedimentpakketten inneemt. De op deze wijze vastgestelde grenzen tussen sedimentpakketten hoeven niet samen te vallen met grenzen die op een andere wijze zijn bepaald. In verticale zin is de stratigrafische positie rechtstreeks aan boormonsters of in ontsluitingen vast te stellen. In horizontale zin vormt de laterale verbreiding van het sedimentpakket de stratigrafische positie.

In Nederland beschikt het NITG-TNO over een database van de ondergrond waarin ruim 400.000 boorbeschrijvingen aanwezig zijn waaraan grotendeels nog geen lithostratigrafische interpretatie is toegekend. Het doel van de nieuwe lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair en Kwartair in Nederland is de ordening van sedimentpakketten in de boorbeschrijvingen tot lithostratigrafische eenheden, op grond van hun macroscopisch waarneembare lithologische eigenschappen en hun stratigrafische positie. De lithostratigrafische eenheden worden vastgelegd in de geologische database van de Nederlandse ondergrond, die ten grondslag ligt aan het lagenmodel van de Nederlandse ondergrond.

De lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair en Kwartair in Nederland sluit aan bij de internationaal geldende richtlijnen (Hedberg, ed., 1976, Salvador, ed., 1994). De indeling geldt voor heel Nederland. De indeling wordt flexibel opgezet, zodat aanpassingen snel en adequaat kunnen worden doorgevoerd. De indeling wordt voor alle gebruikers eenvoudig toegankelijk gemaakt door publicatie op de home-page van het NITG-TNO.

3 Uitgangspunten, criteria, en achtergronden bij de lithostratigrafische indeling

3.1 Uitgangspunten

De lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair en Kwartair in Nederland volgt de internationaal geldende richtlijnen die zijn gepubliceerd door Hedberg (ed., 1976) en Salvador (ed., 1994). Zij bevelen een hiërarchische indeling op vier niveaus aan: groep, formatie, laagpakket en laag. De formatie is het centrale niveau van een lithostratigrafische indeling. Volgens Hedberg (ed., 1976, p. 32) en Salvador (ed., 1994, p. 33) moeten sedimentpakketten altijd op formatieniveau worden ingedeeld. In Nederland is dat in bepaalde gebieden voor een beperkt aantal sedimentpakketten, die lithologisch sterk op elkaar lijken, niet mogelijk. Om voor die sedimentpakketten lithostratigrafische classificatie toch mogelijk te maken wordt het begrip subgroep ingevoerd.

Met de nieuwe lithostratigrafische indeling kan een boring, op een willekeurige plek in Nederland, te allen tijde lithostratigrafisch worden geïnterpreteerd aan de hand van de macroscopisch waarneembare lithologische eigenschappen van de boormonsters en hun stratigrafische positie. De nieuwe lithostratigrafische indeling is, gezien de doelstelling, geschikt om snel vragen over verbreiding en eigenschappen van sedimentpakketten te kunnen beantwoorden. Lithologie en stratigrafische positie alleen leveren geen afdoende verklaring voor de eigenschappen. Eigenschappen van de sedimentpakketten zoals draagkracht en doorlatendheid, interne variabiliteit en de ruimtelijke verbreiding worden mede bepaald door syn- en postgenetische processen.

Om deze redenen spelen naast macroscopisch herkenbare lithologische eigenschappen en stratigrafische positie de genese en herkomst van de afzettingen in de nieuwe indeling eveneens een rol. Randvoorwaarde is dat dit in het veld of in boringen door duidelijk waarneembare verschillen in lithologische kenmerken en/of stratigrafische positie tot uiting komt. Sedimentpakketten met een zelfde genese en herkomstgebied hebben veelal een aaneengesloten verbreidingsgebied. Later kan de aanvankelijke samenhang door erosie en/of tectoniek gedeeltelijk verloren zijn gegaan.

Op de achtergrond speelt, dat Nederland in het Tertiair en Kwartair deel uit maakt van het Noordzee bekken. Dit bekken wordt geleidelijk vanuit verschillende richtingen met sediment opgevuld. Dit sediment wordt grotendeels aangevoerd vanuit zee, en door de grote rivieren die het in de vorm van zand en klei afzetten in uitbouwende delta's (zie bv. Zagwijn, 1975, Zagwijn & Doppert 1978, en Funnell, 1996). Deze processen spelen zich op een grote ruimtelijke schaal af. Lokaal vindt veenvorming en kleinschalige fluviatiele sedimentatie plaats. Verder wordt door het landijs materiaal uit Scandinavië en het Baltisch gebied naar Nederland aangevoerd. Ook worden tijdens de ijstijden door periglaciaire processen oudere

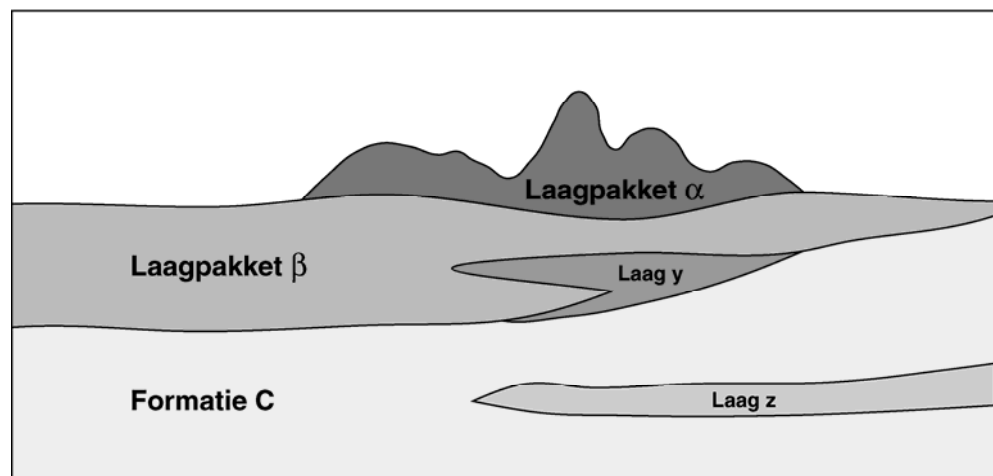
afzettingen gedeeltelijk geërodeerd en/of omgewerkt en kan op grote schaal eolische sedimentatie plaatsvinden.

Op grond van hun genese worden in Nederland vier categorieën afzettingen onderscheiden: mariene, fluviaatiele, en glaciogene sedimentpakketten met daarop gesuperponeerd eolische afzettingen, lokaal tot regionaal afgezette fluviaatiele sedimentpakketten en veen. Binnen de fluviaatiele afzettingen worden op grond van herkomst van de afzettingen drie groepen onderscheiden.

3.2 Criteria

Uitgaande van de aanbevelingen en de uitgangspunten van Hedberg (ed., 1976) en Salvador (ed., 1994) en de doelstelling die is opgesteld voor de herziening van de lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair en Kwartair in Nederland zijn de volgende criteria voor de te onderscheiden lithostratigrafische eenheden opgesteld:

- Lithostratigrafische eenheden worden onderscheiden op grond van met het oog aan boormonsters en boorbeschrijvingen herkenbare (= macroscopische) gesteente-eigenschappen, gecombineerd met hun stratigrafische positie. Gemeten weergaven van eigenschappen (fysische of elektrische weerstand, gammastraling, radarreflectie, seismische reflectie, akoestische reflectie) kunnen hierbij een hulpmiddel zijn, maar de indeling mag niet uitsluitend hierop gebaseerd zijn. De macroscopisch herkenbare gesteente-eigenschappen zijn beschreven volgens SBB5 (Bosch 1999) en hebben betrekking op:
 - lithologie,
 - korrelgrootte en korrelgrootteverdeling volgens NEN 5104 (Nederlands Normalisatie Instituut 1989),
 - sedimentaire structuur en sedimentaire sequenties,
 - type laagovergang,
 - macroscopisch waarneembare mineralenfractie,
 - nevenbestanddelen (inclusief schelpen en grind),
 - consistentie,
 - kalkgehalte,
 - kleur, kwantitatief beschreven volgens de Revised Soil Color Charts (Oyama & Takehara, 1967);
- Lithostratigrafische eenheden worden alleen onderscheiden indien ze karteerbaar zijn. Ze hoeven niet landsdekkend te zijn;
- Een sedimentpakket wordt zo mogelijk altijd op het niveau van de formatie ingedeeld. Indien dit niet kan worden de afzettingen op het niveau van de subgroep ingedeeld;
- Een formatie hoeft niet noodzakelijkerwijs geheel in laagpakketten en/of lagen te worden opgedeeld (figuur 3.1).



Figuur 3.1 Voorbeeld van een niet volledig onderverdeelde formatie. Formatie C bevat de Laagpakketten α en β . Binnen laagpakket β wordt laag y onderscheiden. Laag z valt direct binnen Formatie C.

- Een naam van een eenheid bestaat uit twee componenten; de rang van de eenheid en de geografische component, die aangeeft waar zich de typelocatie bevindt of die een relatie met het verbreidingsgebied aangeeft. Hieruit volgt dat namen als “Klei van Bergen” niet langer worden gehanteerd; dit wordt de Laag van Bergen. Een uitzondering kan hierbij worden gemaakt voor ingeburgerde eenheden die uit de omringende landen worden overgenomen;
- Een naam die feitelijk onjuist is, maar die sterk is ingeburgerd blijft bestaan indien de inhoud van die eenheid niet verandert (bv Kiezeloöliet Formatie);
- Een nieuwe geografische component van de naam van de eenheid mag niet “erfelijk belast” zijn; dus geen namen die in het verleden al eens ergens anders voor zijn gebruikt, of die elders in gebruik zijn. Om verwarring met de chronostratigrafische eenheden Eemien en Tiglien te voorkomen zullen de namen van de Eem Formatie en de Formatie van Tegelen moeten worden veranderd;
- Een nieuwe typelocatie heeft niet noodzakelijkerwijs een andere naamgeving van de eenheid tot gevolg. Indien de nieuwe typelocatie slechts dient ter vervanging van een oude niet adequate of verdwenen type sectie terwijl de inhoud van de eenheid niet substantieel verandert blijft de oude naam van kracht. Voorbeeld: de Formatie van Breda krijgt een nieuwe typelocatie bij Venlo, waar de formatie vollediger is ontwikkeld dan op de huidige typelocatie. De naam Breda blijft echter gehandhaafd omdat de inhoud van de formatie niet wezenlijk verandert;
- Bij wijziging van rang van een eenheid zonder dat de inhoud ervan verandert blijft de geografische component van de naam ongewijzigd (bv: Formatie van Kootwijk wordt Laagpakket van Kootwijk);
- Indien de inhoud van een eenheid substantieel verandert, verandert ook de naam van de eenheid om verwarring met de oude lading van de naam te voorkomen. Zo wordt het veen dat tot nu toe tot de Betuwe Formatie werd

gerekend opgenomen in de Formatie van Nieuwkoop. Daarnaast wordt de formatie uitgebreid met de voormalige Afzettingen van Gorkum en Afzettingen van Tiel. Hierdoor is de oude lading van de Betuwe Formatie zodanig veranderd dat deze formatie de naam van zijn nieuwe typelocatie krijgt: de Formatie van Echteld.

3.3 Hiërarchische opbouw van de indeling

3.3.1 Inleiding

Hedberg (ed., 1976) en Salvador (ed., 1994) geven geen richtlijnen met betrekking tot het hiërarchisch niveau waarop een bepaald herkenbaar sedimentpakket moet worden ingedeeld. Cox & Sumbler (1998) laten zien dat het niet verstandig is om ieder sedimentpakket dat kan worden herkend en gekarteerd op formatie-niveau vast te stellen. Hierdoor ontstaat niet alleen een wildgroei aan formaties, maar gaat ook de onderlinge samenhang van bepaalde sedimentpakketten verloren. Dit probleem wordt duidelijk geïllustreerd in Bowen (ed., 1999).

Voor een solide hiërarchische indeling is een goed begrip van het sedimentatie-milieu en de paleogeografie wenselijk. Bij geologische kartering van een maagdelijk gebied veroorzaakt dit een lastig probleem: kartering van herkenbare sedimentpakketten moet leiden tot een paleogeografische reconstructie en een goed begrip van de sedimentatie-milieus. Kennis daarvan is op zijn beurt nodig om de te karteren sedimentpakketten hiërarchisch goed in te delen. In Nederland beschikt het NITG-TNO over een database met circa 400.000 boringen. Een deel daarvan is lithostratigrafisch geïnterpreteerd, veelal op grond van gespecialiseerd onderzoek aan de boringen. Hierbij is onder andere gebruik gemaakt van absolute dateringstechnieken (o.a. ^{14}C) en paleomagnetisme wat een "absolute" ouderdom van de afzettingen oplevert. Daarnaast is gebruik gemaakt van een aantal biostratigrafische technieken, waaronder palynologie, mollusken-onderzoek, foraminiferen-onderzoek en dinoflagellaten-onderzoek. Ook is gebruik gemaakt van ondiep en diep seismisch onderzoek. Combinatie van de resultaten van deze verschillende methoden heeft het mogelijk gemaakt vele "litho"stratigrafische eenheden te onderscheiden die bovendien in de tijd geplaatst konden worden (zie Bijlage A). Hoewel een groot nadeel van de gevolgde werkwijze is dat de sedimentpakketten niet werden gedefinieerd op grond van hun lithologische kenmerken en stratigrafische positie maar op grond van bio-en chronostratigrafische eigenschappen, heeft ze geleid tot een goed begrip van de paleografische ontwikkeling van Nederland gedurende het Tertiair en het Kwartair (zie bijvoorbeeld Zagwijn (1975, 1986) en Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) Section I). Ook heeft het veel kennis van de sedimentatie-milieus opgeleverd. Deze kennis is gebruikt bij de hiërarchische indeling van de sedimentpakketten in de Nederlandse ondergrond. In Nederland worden

lithostratigrafische eenheden op vijf niveaus onderscheiden; groep, subgroep, formatie, laagpakket en laag.

3.3.2 Groep

Een groep is de formele lithostratigrafische eenheid boven de formatie. Over het algemeen bestaat een groep uit een sequentie van twee of meer ten minste gedeeltelijk aangrenzende of op elkaar liggende formaties met sterk op elkaar lijkende significante en karakteristieke lithologische eigenschappen (Salvador, ed., 1994).

In Nederland worden alle fluviatiele afzettingen uit een zelfde herkomstgebied tot een groep gerekend. Alle afzettingen die door de Rijn zijn aangevoerd worden derhalve tot de Rijn Groep gerekend.

3.3.3 Subgroep

Een subgroep omvat formaties die in bepaalde regio's zo sterk overeenkomen qua lithologie en stratigrafische positie dat ze niet afzonderlijk kunnen worden onderscheiden, terwijl dat onderscheid in andere delen van het land wel mogelijk is. De subgroep wordt slechts incidenteel toegepast. Een voorbeeld hiervan is de Nuenen Subgroep, die in delen van Noord-Brabant en aangrenzend Limburg een aantal Formaties omvat die elders afzonderlijk kunnen worden onderscheiden.

3.3.4 Formatie

Een formatie bestaat uit afzettingen met aan elkaar verwante significante en karakteristieke lithologische eigenschappen. Zij zijn het gevolg van een samenhang in genese en herkomst. Een formatie is vaak lithologisch heterogeen. Over het algemeen is een formatie duidelijk van de begrenzende formaties te onderscheiden. De boven- en ondergrens van een formatie worden veelal gekenmerkt door een erosievlak of een hiaat in sedimentatie. De dikte ervan varieert van minder dan 1 meter tot enkele honderden meters. Een formatie heeft, over het algemeen, een groter verbreidingsgebied dan laagpakketten en lagen.

In Nederland wordt een karteerbaar geheel van samenhangende afzettingen qua genese, herkomst en stratigrafische positie op het niveau van de formatie onderscheiden. Zo worden bijvoorbeeld alle afzettingen die samenhangen met de verbreiding van het landijs in Nederland tijdens het Saalien tot de Formatie van Drente gerekend en worden alle klastische mariene afzettingen die zijn gevormd tijdens de "highstand" in het Eemien tot de Eem Formatie gerekend.

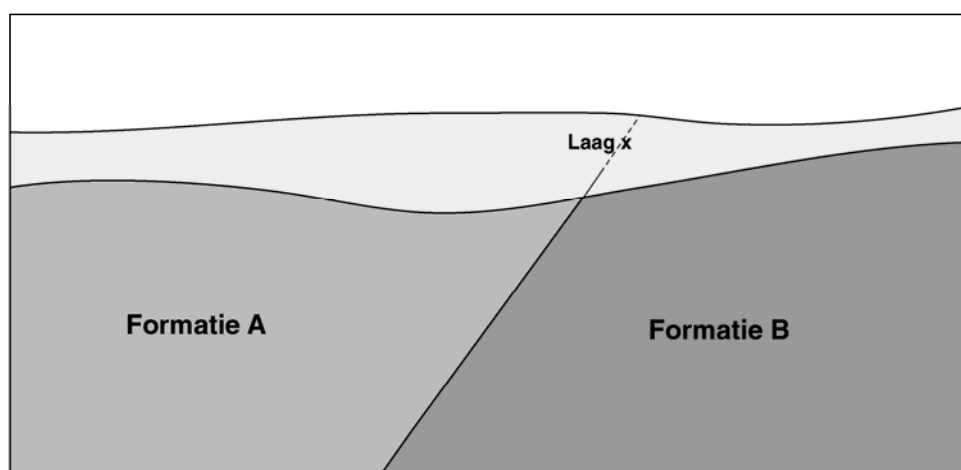
3.3.5 Laagpakket

Een laagpakket bestaat uit een sedimentpakket dat op grond van zijn lithologische samenstelling en/of stratigrafische positie duidelijk te onderscheiden is van overige sedimentpakketten uit een zelfde formatie. Een laagpakket is lithologisch homogener dan een formatie. Een laagpakket kent, normaal gesproken, een beperktere verbreiding dan een formatie. De dikte ervan varieert van minder dan 1 meter tot enkele tientallen meters. Incidenteel kan een laagpakket in meerdere formaties voorkomen. In het verleden werd het laagpakket als “afzettingen van” of “member” aangeduid.

Binnen de Formatie van Drente bijvoorbeeld worden op grond van hun lithologische samenstelling en stratigrafische positie drie laagpakketten onderscheiden. Elk van de drie laagpakketten is lithologisch homogener dan de formatie als geheel en ze verschillen in lithologische samenstelling van elkaar. Ze nemen een eigen stratigrafische positie boven, en ten dele naast, elkaar in. Ze hebben elk een eigen verbreidingsgebied, dat kleiner is dan dat van de hele formatie.

3.3.6 Laag

Een laag is een enkele centimeters tot enkele meters dikke eenheid die lithologisch duidelijk verschilt van de onder- en bovenliggende afzettingen. Een laag wordt benoemd ten bate van een stratigrafisch doel, zoals correlatie, of vanwege zijn nut voor bepaalde toepassingen. Over het algemeen is een laag lithologisch homogeen. Een laag heeft over het algemeen een beperkte lokale tot regionale verbreiding. Incidenteel kan een laag in meerdere formaties voorkomen (figuur 3.2).



Figuur 3.2 Voorbeeld van een laag (x) die in twee formaties (A en B) voorkomt.

Een voorbeeld van een Laag in Nederland is de Laag van Wijchen. Zij vormt qua stratigrafische positie de top van de formaties van Kreftenheije en Beegden en is als zodanig een belangrijke eenheid voor correlatie. Bovendien wijkt ze lithologisch sterk af van de onderliggende afzettingen van de formaties van

Kreftenhije en Beegden; ze bestaat overwegend uit klei en fijn zand terwijl de onderliggende afzettingen uit grof zand en grind bestaan.

3.4 Genetische categorieën van de indeling

In de sedimentpakketten uit het Tertiair en Kwartair worden op grond van genese en herkomst vier categorieën van afzettingen onderscheiden:

- **mariene afzettingen**, die zijn afgezet in het overwegend dalende Noordzee bekken. Deze worden in noordwestelijke richting dikker en zijn daar meer continu ontwikkeld. Strand-, duin- en kustvlakte-afzettingen worden eveneens tot de mariene afzettingen gerekend.
- **fluviatiele afzettingen** gevormd door Rijn en Maas en hun voorlopers alsmede door een Baltisch riviersysteem.
- **glacigene afzettingen** die afgezet zijn in samenhang met de voornamelijk in Noord- en Midden-Nederland opgetreden landijsbedekking.
- **overige afzettingen**. Het betreft eolische afzettingen, veen en lokaal tot regionaal afgezette fluviatiele sedimentpakketten die gesuperponeerd voorkomen op de grootschalige mariene, fluviatiele en glacigene afzettingen.

3.4.1 Mariene afzettingen

Na de vorming van carbonaten tijdens het Laat-Krijt en het Vroeg-Paleoceen gaat de silica-klastische sedimentatie in het Noordzee-bekken overheersen. Gedurende het Tertiair en een deel van het Onder-Pleistoceen wordt over vrijwel geheel Nederland en het aangrenzende deel van het continentale plat een opeenvolging van klastische mariene sedimenten gevormd (Formatie van Landen tot en met Formatie van Maassluis). De dikte van deze sequentie van mariene afzettingen varieert van slechts enkele meters in Zuid-Limburg tot meer dan 2000 m in het noordelijke offshore gebied. De sedimentatie van deze afzettingen is daarbij gestuurd door grootschalige wereldwijde zeespiegelbewegingen die aan de randen van de continenten feitelijk het afzettingmilieu bepaalden (vol marien, diep, weinig sediment beschikbaar tegenover kustnabij, ondiep, wisselend aanbod van sediment). In de kustnabije gebieden van de Noordzee werd de sedimentatie mede bepaald door de situatie in het continentale achterland.

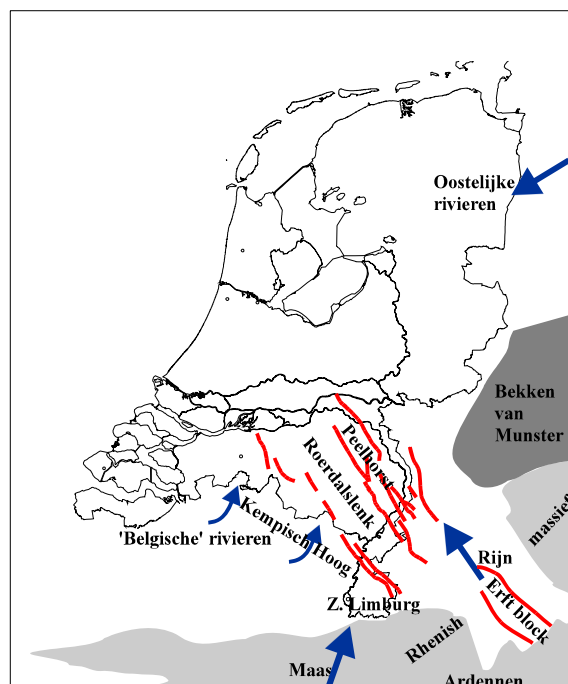
Op grond van de lithologische eigenschappen, zoals de aanwezigheid van glauconiet, schelpen en schelpgruis van mariene oorsprong, zijn deze klastische mariene afzettingen over het algemeen relatief gemakkelijk te herkennen. De afwisseling van zand- en kleipakketten vormt de basis voor indeling van de sedimentpakketten in formaties en laagpakketten. De stratigrafische positie van de sedimentpakketten speelt hierbij een belangrijke rol. De mariene afzettingen uit het Tertiair bevinden zich over het algemeen op enige diepte in de ondergrond. In het gehele sedimentatiebekken waarneembare (seismische) grenzen hebben geleid tot een indeling in formaties door Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997). Bij

de verdere indeling in laagpakketten en lagen in dit rapport is onder andere gebruik gemaakt van de lithostratigrafische indelingen die zijn beschreven door Kuyl (1975, 1980) en Van den Bosch *et al.* (1975).

Aan het begin van het Kwartair valt het deel van de Noordzee waar Nederland zich bevindt grotendeels droog door de steeds verder aangroeiende ijskappen op de Zuid- en Noordpool. Gedurende het grootste deel van het Pleistoceen overheerst fluviatiele sedimentatie. Deze reikt tot ver in de Noordzee. Pas vanaf het Eemien (Laat Pleistoceen) en het Holoceen worden op grote schaal weer mariene sedimenten binnen de huidige kustlijn afgezet. Aaneengesloten karteerbare mariene afzettingen uit het Kwartair komen in Nederland op twee herkenbare stratigrafische niveaus voor. De afzettingen op deze niveaus worden als formatie onderscheiden (Eem Formatie en Formatie van Naaldwijk). Nadere indeling in laagpakketten en lagen binnen beide formaties is mogelijk indien de sedimentpakketten herkenbaar zijn op grond van hun lithologische samenstelling en stratigrafische positie.

3.4.2 Fluviatiele afzettingen

Na het Midden-Mioceen komen aan de oostelijke rand van het Noordzee bekken twee delta systemen tot ontwikkeling, waarin rivieren zand, grind en klei afzetten. Eén systeem breidt zich vanuit het noordoosten in westelijke richting over Nederland en het aangrenzende deel van het Noordzee bekken uit. Dit systeem voert sediment aan vanuit de Noord-Duitse laagvlakte en het Baltisch gebied. Een tweede systeem ontwikkelt zich vanuit de Nederrijnse Laagvlakte in noordwestelijke richting. In het Laat-Mioceen en Pliocene voert dit systeem sediment aan via voorlopers van Rijn en Maas uit het omhoogkomende Rhenish-massief. Vanaf het Laat Pliocene vindt via de Rijn ook aanvoer van sediment vanuit Zuid Duitsland plaats en kunnen de afzettingen van de Rijn en de Maas van elkaar worden onderscheiden op grond van hun verschillende herkomstgebieden. De fluviatiele afzettingen zijn ondergebracht in drie Groepen: de Baltische Groep, de Rijn Groep en de Maas Groep.



Figuur 3.3 Herkomst van de fluviatiele afzettingen.

3.4.3 Glacigene afzettingen

Gedurende een deel van het Midden en Laat Pleistoceen werd een deel van Nederland door het landijs bedekt. De belangrijkste sedimenten die tijdens de landijsbedekking in Nederland zijn afgezet zijn grondmorene; een mengsel van klei, leem, fijn en grof zand met grind en stenen (keileem), glaciofluviale afzettingen; grove grindhoudende zanden die nabij het ijsfront zijn gevormd, en glaciolacustriene afzettingen; fijnkorrelige sedimenten die ontstaan zijn samenhangend met het afsmelten van het landijs (onder andere potklei).

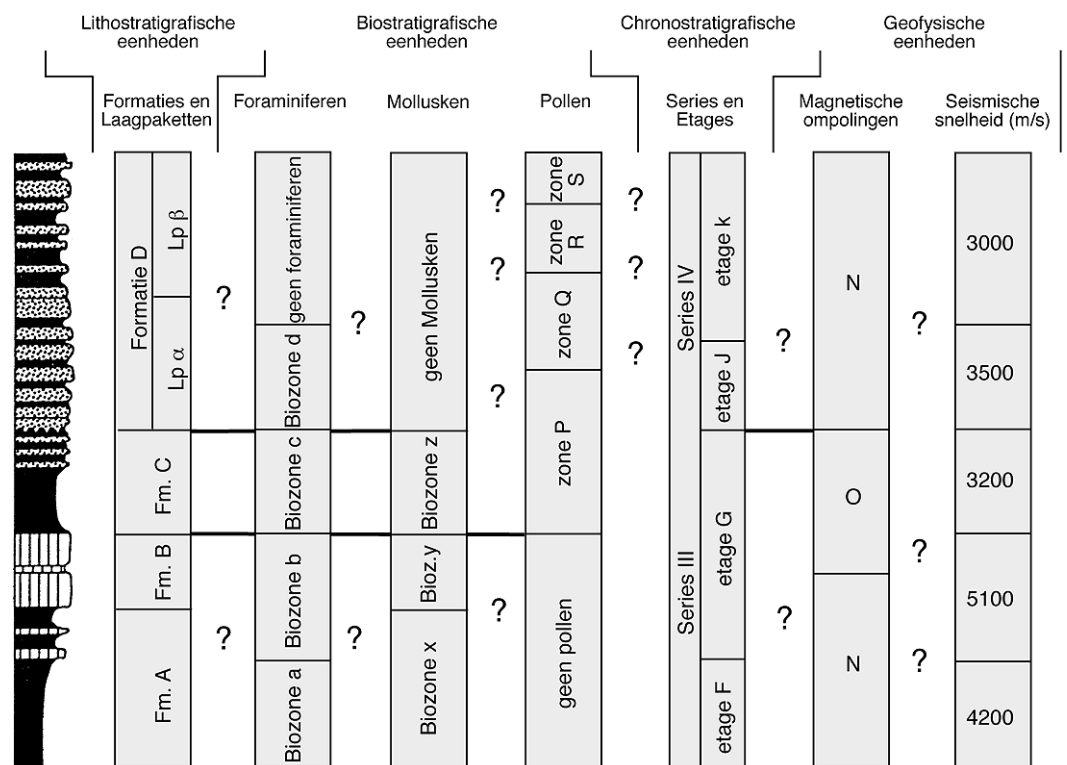
3.4.4 Overige afzettingen

Tot de overige afzettingen worden de eolische, lokaal tot regionaal afgezette fluviatiele sedimentpakketten en veen/bruinkool gerekend.

Een belangrijk deel van deze afzettingen is gevormd onder periglaciale omstandigheden. Duidelijke voorbeelden hiervan zijn de door de wind gevormde löss afzettingen in Zuid-Limburg en de dekzanden. Ook sedimenten die ontstaan zijn in kleinschalige fluviatiele systemen (zoals bijvoorbeeld de Dommel, Overijsselse Vecht, Hunze), die zowel onder koude als meer warme klimatologische omstandigheden actief waren, worden tot de overige afzettingen gerekend. Tenslotte worden de sedimenten (veen en moeraskalk) hiertoe gerekend.

3.5 Gebruik van aanvullende informatie bij de lithostratigrafische indeling

In de indeling van Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975) werden “litho”stratigrafische eenheden op één of meerdere stratigrafische gronden gedefinieerd, waarbij impliciet werd aangenomen dat de litho-, bio-, en chronostratigrafische grenzen samen vallen. In een aantal gevallen is dat ook zo: bijvoorbeeld de grenzen tussen Formatie B en Formatie C, Biozone b en Biozone c, Biozone y en Biozone z in figuur 3.4. In die gevallen kan de biostratigrafische informatie een hulpmiddel zijn bij de lithostratigrafische indeling van sedimentpakketten. Hetzelfde geldt voor geofysische en geochemische informatie. In de eerste plaats kan de aanvullende informatie wijzen op karakteristieke subtiele met het oog waarneembare gesteentekennmerken die lithostratigrafische indeling mogelijk maken. In de tweede plaats kan zij behulpzaam zijn bij het bepalen van de lithostratigrafische positie van de gesteentepakketten. Paragraaf 3.5.1 geeft hiervan enkele voorbeelden.



Figuur 3.4 Positie van de stratigrafische grenzen die zijn gebaseerd op verschillende gesteente eigenschappen (lithostratigrafie, biostratigrafie, chronostratigrafie en geofysica) in een stratigrafische kolom (naar Salvador, ed., 1994)

In even zo vele gevallen gaat het samenvallen van grenzen niet op. De vraagtekens in figuur 3.4 illustreren dit. Gebruik van bio- en chronostratigrafische en geofysische en -chemische grenzen bij een “litho”stratigrafische classificatie leidt dan tot problemen. In paragraaf 3.5.2. worden ook daarvan enkele voorbeelden gegeven.

3.5.1 Ondersteunende biologische, geofysische en geochemische informatie

Biologische, geofysische en geochemische informatie kan ondersteuning bieden bij de lithostratigrafische interpretatie van boringen. Strikte voorwaarde hierbij is dat deze informatie gekoppeld is aan, mogelijk subtiele, macroscopisch waarneembare kenmerken. In onderstaande voorbeelden wordt dit verduidelijkt.

In het oostelijk deel van de Roerdalslenk komen in fijn zand ingeschakelde leemlagen voor. Plaatselijk komt hier boven een opvallende sterk humeuze leem-/veenlaag voor. Ze heeft een relatief grote verbreiding en is karteerbaar. Palynologische informatie heeft aangetoond dat deze laag een kenmerkend “Eemien” pollenbeeld heeft. Op grond van de stratigrafische positie, de karteerbaarheid (habitus) en de palynologische data wordt deze laag tot de Formatie van Asten gerekend. Daarmee wordt duidelijk dat de leemlagen onder deze laag op grond van hun stratigrafische positie tot de Formatie van Eindhoven moet worden gerekend.

In delen van Nederland liggen groengrijze glauconiethoudende fijne zanden van de Formatie van Oosterhout op groengrijze glauconiethoudende fijne zanden van de Formatie van Breda. Op grond van macroscopische kenmerken is de grens tussen beide formaties vaak moeilijk vast te stellen. Gamma logs bieden dan een uitkomst; op de grens van de Formatie van Oosterhout en de Formatie van Breda verandert de uitslag. Nadere beschouwing van de boorkern leert dan vaak dat ter plekke van de veranderende uitslag een subtiel macroscopisch waarneembaar verschijnsel aanwezig is, bijvoorbeeld een licht kleurverschil. Dit kleurverschil kan vervolgens gebruikt worden om de grens tussen afzettingen van de Formatie van Oosterhout en de Formatie van Breda vast te stellen in boringen in de nabijheid waar geen gamma log beschikbaar is.

In Zuid-Nederland komen gebleekte lichtgrijze tot lichtbruine fijne tot matig grove zanden voor, die in goed beschreven boringen op grond van hun macroscopische kenmerken als gesteentepakket te herkennen zijn. Uit onderzoek aan zware mineralen blijkt, dat dit pakket een karakteristieke mineralen-associatie heeft. In boringen van minder goede kwaliteit, waarin het pakket niet kan worden onderscheiden op grond van zijn macroscopische kenmerken, worden, indien beschikbaar, de uitkomsten van zware mineralenonderzoek gebruikt om het pakket te herkennen. Indien dergelijke gegevens niet beschikbaar zijn wordt de stratigrafische positie van het pakket in combinatie met macroscopische kenmerken

van goed beschreven boringen in de omgeving gebruikt om het pakket lithostratigrafisch te onderscheiden.

3.5.2 Foutief gebruik van aanvullende informatie

Foutief gebruik van bio- en chronostratigrafische en geofysische en -chemische grenzen bij een "litho"stratigrafische classificatie leidt tot problemen. Dit kan zich onder andere voordoen, als biostratigrafische interpretatie van kleilagen lithostratigrafisch wordt gebruikt. Kleilagen lenen zich over het algemeen voor palynologisch onderzoek. De samenstelling van het stuifmeel levert een beeld van de vegetatie tijdens de sedimentatie van de kleilaag op. De vegetatieontwikkeling van het Tertiair en Kwartair is door het palynologisch onderzoek, dat in de afgelopen decennia aan klei- en veenlagen en bodems is uitgevoerd, op hoofdlijnen bekend. Hierdoor is een "pollenbeeld" in de tijd te plaatsen. De ouderdom van een kleilaag wordt met behulp van de palynologie vastgesteld. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot de uitspraak: "De klei uit de Formatie van Harderwijk vertoont een "Tiglien" pollenbeeld". De op deze wijze verkregen kennis over de ouderdom van de klei uit de Formatie van Harderwijk is een goede zaak. Het gaat mis, als zij er toe leidt dat de kleilaag bij de Formatie van Tegelen wordt ingedeeld; dan treedt namelijk een ongewenste vermenging van biostratigrafische, chronostratigrafische en lithostratigrafische criteria op.

Een ander voorbeeld is de indeling van de Maasterrassen in Zuid Limburg op grond van hun veronderstelde ouderdom in zes formaties door Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975). Een palynologische analyse van klei uit het terras van Simpelveld, één van de hoogst gelegen terrassen, gaf een "Tiglien" pollenbeeld. Op grond hiervan is dit terras tot de Formatie van Tegelen gerekend. De recente afzettingen van de Maas worden bij de Betuwe Formatie ingedeeld. De overige terrassen, waarvan de ouderdom niet bekend is, zijn op grond van hun hoogteligging (morfostratigrafische positie) toebedeeld aan de verschillende formaties die qua ouderdom tussen de Formatie van Tegelen en de Betuwe Formatie liggen, waarbij impliciet een correlatie tussen hoogteligging en ouderdom is aangenomen. Lithostratigrafische criteria zijn bij de indeling niet gebruikt. Lithologisch lijken de afzettingen in de terrassen sterk op elkaar. Alleen de samenstelling van het grind verandert van de hoog gelegen naar de laag gelegen terrassen. Alle terrassen hebben dezelfde genese en herkomst; ze zijn afgezet door de Maas. Een zuivere lithostratigrafische classificatie leidt er toe dat alle terrassen tot één formatie worden gerekend, waarbij de individuele terrassen eventueel op grond van hun stratigrafische positie (hoogteligging) apart worden onderscheiden als lagen of laagpakketten. Bij zo'n indeling speelt alleen de hoogteligging van de terrassen een rol, en niet de (veronderstelde) ouderdom van de terrassen. Wanneer er geen verschil in hoogteligging tussen rivierterrassen van verschillende ouderdom aanwezig is kunnen deze terrassen lithostratigrafisch niet onderscheiden worden. Bowen (1978) beschrijft wat er mis kan gaan als in zo'n geval

veronderstelde chrono- of biostratigrafische correlatie in “litho”stratigrafische zin onjuist wordt gebruikt. Grind van het Laagterras bij Ostrava (Tsjechië) is jarenlang op grond van zijn stratigrafische positie gekarteerd als grind van Würm-ouderdom. Nadat de Tsjechische kwartairgeoloog Tyracek een roestig fietsstuur aantrof in het verder intacte grind, werd dit voortaan gekarteerd als holoceen alluvium. Op deze wijze werd een conflict met bestaande stratigrafische schema’s voorkomen; Würm-ouderdom strookte immers niet met roestige fietssturen. Niemand trok echter de logische conclusie dat grind van het Laagterras per definitie “Würm” grind is, of er nu fietsen of Romeinse bakstenen in zitten of niet. Het “Würm” grindterras is een morfostratigrafische eenheid en geen chronostratigrafische.

Verdichting van sedimentpakketten die het gevolg is van een landijsbedekking kan met behulp van sonderingen worden vastgesteld. De mate van verdichting is afhankelijk van de samenstelling van het sediment, de duur van de landijsbedekking en de dikte van het ijs. Dit betekent dat de verdichting lokaal sterk varieert. De verdichting kan dus over het algemeen niet worden gebruikt om grenzen tussen lithostratigrafische eenheden vast te stellen.

Een ander nauw aan ijstijden gerelateerd verschijnsel is permafrost. Periglaciale verschijnselen, zoals vorstwiggen en cryoturbatie, die het gevolg zijn van het opvriezen en dooien van de bodem, worden opgeschaald tot “IJstijd”. Hierbij wordt dan uit het oog verloren, dat deze verschijnselen, inclusief fossilisatie, in relatief korte tijd (10 tot 1000 jaar) kunnen ontstaan. Dit soort verschijnselen en de hierbij veronderstelde landschappen spreken tot de verbeelding, maar de dimensies ervan in ruimte en tijd mogen niet uit het oog worden verloren. Pas als een verschijnsel een aantal malen in een zelfde stratigrafische positie en een zekere ruimte wordt waargenomen mag opschaling tot een regionale of supraregionale schaal plaatsvinden.

De wijze, waarop verschijnselen, zoals veenvorming, het ontstaan van meren, het zich verleggen van rivierlopen of geulen etc., die niets met de grootschalige sedimentatie van rivieren en/of de zee te maken hoeven te hebben, worden ingekaderd, kan ook problemen opleveren. Ze geven een signaal af (bijvoorbeeld fossielinhoud), dat kan interfereren met het grootschalig milieu, maar dat ook volstrekt lokaal kan zijn. Het overheersende milieu kan bijvoorbeeld een rivier zijn, die haar evenwichtsprofiel heeft bereikt. In zo’n milieu gebeurt op grote tijd- en ruimteschaal eigenlijk niets. Op kleinere schaal treden wel veranderingen op, bijvoorbeeld het langzaam verleggen van een rivierloop, waardoor afgesneden meanders kunnen ontstaan. De fossilisatiekansen van afzettingen uit dit afwijkende, in wezen lokale, milieu met een eigen tijd- en ruimteschaal binnen het grootschalig riviergedrag is relatief groot. Ook hier geldt, dat bij onjuiste opschaling van afzettingen, die een bepaalde plaats in de tijd en ruimte innemen, problemen ontstaan in de “litho”stratigrafie.

4 De nieuwe lithostratigrafische indeling van afzettingen uit het Tertiairen Kwartair in Nederland

4.1 Inleiding

De nieuwe, op lithologie en stratigrafische positie gebaseerde, lithostratigrafische indeling van afzettingen uit het Tertiair en het Kwartair wordt vanaf de Chalk Group cf. Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) toegepast. Beschrijving en naamgeving van de eenheden vindt plaats in navolging van Hedberg (ed., 1976) en Salvador (ed., 1994). In dit hoofdstuk worden de wijzigingen op de niveaus van de Formatie en het Laagpakket ten opzichte van de indelingen van Doppert *et al.* (1975) en Kuyl (1975), beiden in Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975), Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) en Long *et al.* (1988) aangegeven.

Voor de afzettingen uit het Tertiair wordt nog ten dele de indeling van Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) gevolgd. Die indeling is vooral gebaseerd op seismische data, boorlogs en boringen die ten behoeve van exploratie van de diepere ondergrond van Nederland en het continentale plat zijn verzameld. Voor de exploratie van koolwaterstoffen beantwoordt de relatief grofschalige indeling van Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) aan haar doel. Vanwege het gevraagde detail en het grote aantal boringen is de indeling minder geschikt voor een lithostratigrafische indeling van ondiepere afzettingen. Momenteel vindt binnen het NITG-TNO overleg plaats met betrekking tot de (litho)stratigrafische indeling van de afzettingen uit het Tertiair. De beschrijvingen en verdere onderverdeling van de mariene formaties (Landen tot en met Maassluis) hebben derhalve de status van voorstel. Deze eenheden dienen, al dan niet in gewijzigde vorm, definitief vastgesteld te worden in 2001.

Bij de beschrijving van de formaties is de verhouding tot de veelal seismostratigrafische indeling van de Noordzee (Long *et al.*, 1988) gemaakt. In de nabije toekomst worden de indelingen van het land en de Noordzee verder geïntegreerd.

Bijlage C geeft een overzicht van de lithologische samenstelling en het afzettingsmilieu van elke lithostratigrafische eenheid. Bijlage D geeft hun stratigrafische positie weer. Bijlage E presenteert de nieuwe geologische overzichtskaart van Nederland, die is gebaseerd op de nieuwe lithostratigrafische indeling. Bijlage F bevat de legenda bij de geologische overzichtskaart van Nederland.

4.2 Mariene afzettingen

De mariene afzettingen uit het Tertiair bestaan uit een afwisseling van klei- en zandpakketten die zich over het algemeen op enige diepte in de ondergrond

bevinden. In het gehele sedimentatiebekken waarneembare (seismische) grenzen hebben geleid tot een indeling in formaties door Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997). In dit rapport is bij de verdere indeling in laagpakketten en lagen op grond van lithologische eigenschappen (zand-klei contrast, schelpengehalte, glauconietgehalte) gebruik gemaakt van de lithostratigrafische indelingen van Kuyl (1975, 1980) en van Van den Bosch *et al.* (1975). In tabel 4.1 wordt een overzicht gegeven van alle onderscheiden klastische mariene formaties met een beknopte algemene beschrijving en de eventuele onderverdeling in laagpakketten. Ten opzichte van de indelingen in Zagwijn & Van Staalduinen (red., 1975), Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) en Long *et al.* (1988) is de indeling van de mariene afzettingen op een aantal plaatsen gewijzigd en/of aangevuld. Deze wijzigingen en aanvullingen worden hieronder per formatie toegelicht.

- De onderverdeling van de Formatie van Landen wijkt licht af van die van Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997). Hun Heers Member wordt in navolging van Maréchal & Laga (red., 1988) benoemd als Laagpakket van Orp. De Landen Clay Member wordt om puur nomenclatorische redenen Laagpakket van Liessel. Binnen de Formatie van Landen omvat het Laagpakket van Swalmen de afzettingen van de Formatie van Maasmechelen cf. Felder & Bosch (1984).
- De onderverdeling van de Formatie van Dongen wijkt licht af van die volgens Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997). Om puur nomenclatorische redenen wordt hun Basal Dongen Sand Member herbenoemd als het Laagpakket van Oosteind. Hun Basal Dongen Tuffite Member wordt onder de voorlopige naam “Basaal Dongen Tuffiet” als Laag binnen het Oosteind Laagpakket onderscheiden.
- De Formatie van Tongeren cf. Kuyl (1975) wordt uitgebreid met het Laagpakket van Zelzate, dat op grond van zijn stratigrafische positie tot deze formatie wordt gerekend (zie Wouters & Vandenberghe, 1994). Jacobs (1975) en Maréchal & Laga (red., 1988) onderscheiden deze eenheid als formatie. Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) rekenen de afzettingen van het Laagpakket van Zelzate tot het Vessem Member van de Formatie van Rupel. Binnen de Formatie van Tongeren worden verder de Laagpakketten van Klimmen en Goudsberg onderscheiden. Het Laagpakket van Klimmen komt overeen met de Formatie van Sint-Huibrechts cf. Maréchal & Laga (red., 1988). Het Laagpakket van Goudsberg komt overeen met de Formatie van Borgloon cf. Maréchal & Laga (red., 1988).
- Binnen de Formatie van Rupel wordt een groot aantal laagpakketten onderscheiden. Het Laagpakket van Bilzen wordt nieuw ingevoerd in navolging van Maréchal & Laga (red., 1988), die de eenheid weliswaar de rang van formatie geven. Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) rekenen de afzettingen van dit laagpakket tot het Vessem Member van de Formatie van Rupel. Door Kuyl (1975) worden de afzettingen van dit laagpakket informeel als Zanden van Berg en Nucula-klei aangeduid. Het Laagpakket van Boom wordt in navolging van Maréchal & Laga (red., 1988), die de eenheid als formatie onderscheiden, nieuw ingevoerd. Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds.,

1997) rekenen de afzettingen van dit laagpakket tot het Rupel Clay Member van de Formatie van Rupel. Door Kuyl (1975) zijn de afzettingen van dit laagpakket informeel als Klei van Boom aangeduid. Het Laagpakket van Eigenbilzen wordt in navolging van Maréchal & Laga (red., 1988), die ook deze eenheid als formatie onderscheiden, nieuw ingevoerd. Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) rekenen de afzettingen van dit laagpakket tot het Steensel Member van de Formatie van Rupel. Het Laagpakket van Ratum wordt nieuw ingevoerd. Zij omvat de Afzettingen van Ratum cf. Van den Berg & Gaemers (1993) die door hen als Afzettingen (Laagpakket) binnen de Formatie van Rupel zijn onderscheiden.

- In navolging van Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) wordt de Formatie van Veldhoven ingevoerd. Om nomenclatorische redenen wordt de naamgeving van de laagpakketten veranderd in Laagpakket van Voort, Laagpakket van Wintelre (Veldhoven Clay Member cf. Van Adrichem Boogaert & Kouwe, eds., 1997) en Laagpakket van Someren.
- De Formatie van Breda wordt naar boven toe uitgebreid met sterk glauconiethoudende afzettingen die voorheen tot de Formatie van Oosterhout cf. Doppert *et al.* (1975) zijn gerekend. Op grond van een afnemend glauconietgehalte, een overgang in kleur van groen naar grijs, en een verandering van de schelp-inhoud wordt de grens met de Formatie van Oosterhout / Brielle Ground getrokken. Het klastisch deel van de voormalige Formatie van Heksenberg cf. Kuyl (1975) wordt als Laagpakket in de Formatie van Breda opgenomen. De bruinkoollagen van de voormalige Formatie van Heksenberg cf. Kuyl (1975) worden conform Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) tot de Ville Formatie gerekend (4.5). In Oost Nederland wordt de indeling in Laagpakketten en Lagen cf. Van den Bosch *et al.* (1975) gevolgd. De Formatie van Breda omvat thans ook het onderste deel van de voormalige Formatie van Scheemda in noordoost Nederland (een deel van de Formatie van Scheemda c2e cf. Doppert *et al.* (1975)).
- Het onderste, glauconietrijke, deel van de afzettingen van de Formatie van Oosterhout cf. Doppert *et al.* (1975) wordt tot de Formatie van Breda gerekend. De Formatie van Oosterhout komt overeen met een deel van de Brielle Ground Formatie cf. Long *et al.* (1988). Binnen de Formatie van Oosterhout worden in Zuidwest Nederland twee nieuwe laagpakketten ingevoerd; het Laagpakket van Sprundel (Coralline Crag cf. Zagwijn & Doppert, 1978) en het Laagpakket van Wouw, dat de klei aan de top van de formatie omvat. Zagwijn & Doppert (1978, p. 581) geven een korte beschrijving van deze eenheden zonder ze formeel te benoemen. In Oost-Nederland wordt het Laagpakket van Lieveelde cf. Van den Bosch *et al.* (1975) tot de Formatie van Oosterhout gerekend. Van den Berg & Gaemers rekenden dit laagpakket tot de Formatie van Scheemda. Dit laagpakket bevat lichtgroene, grijze en witte zeer fijne tot matig grove zanden, die in een kustnabij milieu zijn afgezet. Omdat een geschikte typelocatie nog ontbreekt wordt het laagpakket voorlopig als “Lieveelde” aangeduid.

- De afzettingen van de Formatie van Maassluis komen overeen met een deel van de Westkapelle Ground Formatie cf. Long *et al.* (1988) en met de Formatie van Maassluis cf. Doppert *et al.* (1975). De problematiek van de vertandingen met afzettingen van de Formatie van Waalre en de Formatie van Peize alsmede een nadere onderverdeling van deze formatie in laagpakketten is onderwerp van een promotie-onderzoek. De uitkomsten van deze studie worden te zijner tijd verwerkt.
- De Eem Formatie zal in de nabije toekomst herbenoemd worden. Dit wordt gedaan om verwarring met de chronostratigrafische eenheid Eemien te voorkomen. In afwijking van Doppert *et al.* (1975) worden de veenlagen aan de randen van de glaciële bekkens ('continentaal Eem') als Laagpakket van Woudenberg tot de Formatie van Twente (4.5) gerekend. De Afzettingen van Schouwen cf. Doppert *et al.* (1975) worden voorsnog niet als laagpakket onderscheiden. De afzettingen van de Eem Formatie zijn momenteel in studie. De resultaten hiervan worden te zijner tijd in de indeling verwerkt. Dan wordt ook de naam van de Eem Formatie gewijzigd. Buiten de kust worden de afzettingen van de Eem Formatie tot de Eem Formatie cf. Long *et al.* (1988) gerekend.
- De Formatie van Naaldwijk omvat de klastische mariene afzettingen uit de Westland Formatie cf. Doppert *et al.* (1975). De tijdgebonden indeling wordt vervangen door een puur lithostratigrafische indeling. De Oude en Jonge Duin Afzettingen cf. Doppert *et al.* (1975) worden, op grond van hun lithologische samenstelling, samen tot het Laagpakket van Schoorl gerekend. De strandafzettingen worden als Laagpakket van Zandvoort benoemd. De indeling in Laagpakketten en Lagen in Noord-Nederland, West-Nederland, Zuid-Nederland en het IJsselmeergebied is bekken-afhankelijk. In West- en Zuid-Nederland komen de laagpakketten van Wormer resp. Walcheren grotendeels overeen met de voormalige afzettingen van Calais resp. Duinkerke cf. Doppert *et al.* (1975). In Noord-Nederland wordt slechts één klastisch pakket onderscheiden; het Fivel Laagpakket. Voor het IJsselmeergebied wordt de indeling van Ente *et al.* (1986) grotendeels overgenomen. De verschillende lagen vormen samen het nieuw ingevoerde Laagpakket van Lelystad. Het veen uit de Westland Formatie cf. Doppert *et al.* (1975) wordt cf. Roeleveld (1974) thans tot de Formatie van Nieuwkoop (4.5) gerekend. De "perimariene" afzettingen van de Rijn (Afzettingen van Gorkum en Tiel cf. Doppert *et al.*, 1975) worden cf. Berendsen (1984) ondergebracht in de Formatie van Echteld (4.3). In de Noordzee worden delen van de afzettingen van de Westland Formatie tot verschillende formaties cf. Long *et al.* (1988) gerekend. Nader onderzoek moet aantonen wat de relatie is tussen de Formatie van Naaldwijk en de Elbow -, Buitenbanken -, Banjaard -, Bligh Bank - en Nieuw Zeeland Gronden Formatie.

Tabel 4.1 Mariene afzettingen

| <i>Subgroep / Formatie</i> | algemene omschrijving | Laagpakketten |
|--------------------------------|---|---|
| Landen | Kalkrijke donkergrijze kleien, kalksteen en tussengeschakelde zandige afzettingen die voornamelijk in het zuiden van de provincie Noord-Brabant en Limburg voorkomen. In noordelijke richting gaande neemt het kleigehalte van de afzettingen geleidelijk toe. | Reusel Liessel Gelinden Orp Swalmen |
| Dongen | Afwisseling van zandlagen met, veelal zeer dik ontwikkelde, kleipakketten. Met uitzondering van het zuidoostelijk deel van Nederland komen de afzettingen van de formatie in vrijwel het gehele Nederlandse deel van het Noordzee bekken voor. | Asse Brussel Ieper Oosteind |
| Tongeren | De afzettingen van de Formatie van Tongeren in Zuidwest Nederland bestaan uit een afwisseling van zand en kleipakketten die in een ondiep marien milieu gevormd zijn. Deze afzettingen worden tot het Laagpakket van Zelzate gerekend. In Zuid-Limburg wordt de klei, grijs en groen-grijs met schelpen en bruinkool- en zandlagen aan de bovenkant, met aan de veelal een laag platte, afgeronde, vuurstenen van de Formatie van Tongeren tot het Laagpakket van Goudsberg gerekend. Hieronder komt zand, zeer fijn (105-150 µm), glimmer houdend, met weinig glauconiet, grijs en groen-grijs van kleur, met aan de basis een laag platte, gerolde, vuurstenen voor, dat tot het Laagpakket van Klimmen wordt gerekend. | Zelzate Goudsberg Klimmen |

| <i>Subgroep /</i> Formatie | algemene omschrijving | Laagpakketten |
|-------------------------------|--|--|
| Rupel | Voor het overgrote deel bestaat deze eenheid uit dikke donker gekleurde bruin-grijze tot groene kleilagen met zandige voornamelijk aan de rand van het voormalige sedimentatiebekken ingeschakelde zandige lagen Laagpakket van Boom). Hierboven komt een afwisseling van donkergroene, kleiige zeer fijne tot matig fijne zanden en zandige klei voor, met in het bovenste deel donkergroene glauconietrijke fijne zanden (Laagpakket van Eigenbilzen). Onder het Laagpakket van Boom bevindt zich het Laagpakket van Bilzen, waarbinnen van boven naar beneden een driedeling aanwezig is die op het niveau van de Laag wordt onderscheiden: Geelwitte zwak glauconiethoudende zeer fijne tot matig fijne zanden; bruin-, groen- en geliggrijze kleiige zanden met dikwijls kalkhoudende kleilagen; witte tot geelwitte, groengrijze en bruine fijne tot matig grove zanden met een afwisseling van min of meer kleiige lagen en sporadische glimmers en glauconiet. In Oost-Nederland wordt de basis van de Rupel Formatie gevormd door zand, zeer fijn tot uiterst grof (100-500 μ m), donker grauw-grijs; (groe) glauconiet, siltige klei en leem dat tot het Laagpakket van Ratum wordt gerekend. De dominante lithologie varieert met de geografische positie: zeer fijn – tot uiterst grof zand langs de verbreidings grens, bekkenwaards overgaand in siltige klei. | Eigenbilzen Boom Bilzen Ratum |
| Veldhoven | Het onderste deel van deze eenheid bestaat uit zandige afzettingen. Deze worden bedekt door een grijze kleilaag waarop een naar boven toe grover wordend zandpakket ligt. De formatie is vooral in de Roerdalslenk goed ontwikkeld. | Someren Wintelre Voort |
| Breda | Een sequentie van overwegend glauconiethoudende zanden, zandige kleien en kleilagen. Aan de randen van het sedimentatiegebied komen glauconietarme tot glauconietloze zanden voor die in een kustnabij milieu gevormd zijn. In het zuidoosten komen tussengeschatelde bruinkoollagen van de Ville Formatie voor. | Rucphen Vrijherenberg Heksenberg Kakert Delden Zenderen Eibergen Aalten |
| Oosterhout | Schelphoudende weinig glauconiet bevattende zanden en kleien en plaatselijk zeer schelprijke lagen. Aan de zuid- en ooststrand van het verbreidingsgebied komen schelploze lichtgroene, grijze en witte zeer fijne tot matig grove zanden voor die in een kustnabij milieu zijn afgezet. Aan de zuidrand van het verbreidingsgebied vertanden deze afzettingen met de afzettingen van de Kiezeloöliet Formatie | Wouw Sprundel "Lieveelde" |

| <i>Subgroep /</i> Formatie | algemene omschrijving | Laagpakketten |
|-------------------------------|---|--|
| Maassluis | Matig fijne tot grove schelphoudende zanden en kleilagen. Aan de zuid- en oostrand van het verbreidingsgebied vertanden deze afzettingen met de afzettingen van de Formatie van Waalre resp. de Formatie van Peize. | |
| Eem | Matig fijne zanden en kleilagen die plaatselijk schelphoudend zijn. De afzettingen zijn gevormd in of langs de kustzone of in een ondiep marien milieu. In de normale opeenvolging liggen de afzettingen op de glaciële afzettingen van de Formatie van Drente. | |
| Naaldwijk | Een complexe opeenvolging van veelal schelphoudende fijne en matig fijne zanden en kleilagen die in de kustvlakte en in de kustzone gevormd zijn. | Walcheren Lelystad Fivel Schoorl Zandvoort Wormer |

4.3 Fluviatiele afzettingen

Binnen de fluviatiele afzettingen worden op grond van hun herkomst drie Groepen onderscheiden; de Baltische Groep, de Rijn Groep en de Maas Groep. Indien afzettingen van de Schelde in Nederland als karteerbare eenheid voorkomen, zullen deze alsnog in een nog in te voeren Schelde Groep worden ondergebracht.

4.3.1 Baltische Groep

De afzettingen van de Baltische Groep bestaan uit zeer lichtgekleurde tot witte zanden die gekenmerkt zijn door een zeer hoog kwartsgehalte. Het grind bestaat voor het overgrote deel uit doorschijnende kwarts en een laag gehalte aan melkkwarts. Binnen de Baltische Groep worden de Formatie van Peize en de Formatie van Appelscha onderscheiden (tabel 4.2). Ten opzichte van de indelingen van Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997), Long *et al.* (1988) en Doppert *et al.* (1975) is het volgende gewijzigd:

- De Formatie van Peize omvat de afzettingen van de Formatie van Harderwijk cf. Doppert *et al.* (1975) Daarnaast omvat deze formatie het fluviatiele deel van de voormalige Formatie van Scheemda (Formatie van Scheemda a., b., en c1e. cf. Doppert *et al.*, 1975). De glauconietarme tot -loze witte zanden die in een littorale of kust facies van de onderliggende mariene eenheden zijn afgezet, zijn macroscopisch niet te onderscheiden van de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Peize. Het zandpakket tot en met de bovenste grindlaag van de Hattem lagen uit de Formatie van Enschede cf. Doppert *et al.* (1975) vormt de bovenkant van de Formatie van Peize. Het zand onder de Hattem lagen is

namelijk lithologisch niet van de overige afzettingen van de Formatie van Peize te onderscheiden. In westelijke richting zetten de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Peize zich als delta-lobben voort in de formaties van IJmuiden Ground en Yarmouth Roads. De Rijn (voormalige formaties van Tegelen en Kedichem (Bunnik Rijn) cf. Doppert *et al.*, 1975) voegt zich in midden Nederland bij het Baltisch systeem. Hierdoor komen de afzettingen gedeeltelijk vertand met elkaar voor. Ze kunnen op grond van hun lithologische eigenschappen als aparte lithostratigrafische eenheden worden onderscheiden. Stroomafwaarts van het confluëtiëpunt zijn gemengde afzettingen van het Baltische systeem en de Rijn in het verleden op grond van het voorkomen van Rijn- en Maasgrind tot de Formatie van Kedichem gerekend. Het hoofdbestanddeel van deze afzettingen is materiaal van oostelijke herkomst. Derhalve worden ze in de nieuwe indeling tot de Formatie van Peize gerekend. Mogelijk worden in de toekomst één of meerdere sedimentpakketten als Laagpakket binnen de Formatie van Peize onderscheiden.

- De Formatie van Appelscha omvat grotendeels de afzettingen van de Formatie van Enschede cf. Doppert *et al.* (1975). Het onderste deel van deze voormalige formatie wordt tot de Formatie van Peize wordt gerekend (zie boven). De afzettingen van de “mengzone van de Formatie van Urk” (Urk b.cf. Zagwijn & Van Staalduinen, red., 1975), die in noordoostelijk Nederland voorkomen, worden voortaan op grond van hun lithologische samenstelling, stratigrafische positie en herkomst (oostelijk volgens Skupin *et al.*, 1993) als Laagpakket van Weerdinge tot de Formatie van Appelscha gerekend. De afzettingen van de Formatie van Appelscha zetten zich in westelijke richting voort in de Yarmouth Roads Formatie cf. Long *et al.* (1988).

4.3.2 Rijn Groep

De fluviatiele afzettingen die in het Laat-Mioceen en Pliocene in de Nederrijnse Laagvlakte worden gevormd bestaan uit zeer kwartsrijke witte tot lichtbruine sedimenten. Deze afzettingen worden tot de Kiezeloëliet Formatie gerekend. In de overwegend zandige afzettingen van deze formatie komen enkele kleipakketten voor met ingeschakelde bruinkoollagen.

De lithologische samenstelling van de riviersedimenten verandert tegen het einde van het Pliocene, doordat het contact met het huidige stroomgebied van de Rijn ontstaat. De door de Rijn aangevoerde sedimenten hebben een duidelijk bont karakter. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van grind en grof zand met veel witte, roodgekleurde en grijze kwarts, grijze en rode zandsteen en zwarte lydiet. Gedurende grote delen van het Kwartair is de Maas een zijrivier van de Rijn. Stroomafwaarts van het confluëtiëpunt treedt er menging van Rijn en Maas sedimenten op. In het gemengd sediment overheerst de Rijn component, doordat de Rijn qua grootte en sediment aanvoer duidelijk van een hogere orde is dan de Maas. Stroomafwaarts van het confluëtiëpunt worden de afzettingen van beide

rivieren tot de Rijn Groep gerekend. De Rijn Groep omvat de Kiezeloëliet Formatie tot en met de Formatie van Echteld (tabel 4.2). In vergelijking met de indelingen van Doppert *et al.* (1975), Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) en Long *et al.* (1988) komen een groot aantal wijzigingen voor:

- De tot dusverre informeel gebruikte namen voor de diverse kleilagen binnen de Kiezeloëliet Formatie worden, met een beperkte aanpassing, formeel ingevoerd. Het Laagpakket van Brunssum (Klei van Brunssum cf. Doppert *et al.*, 1975) bestaat overwegend uit kleilagen, waarin veelvuldig bruinkoollagen voorkomen maar plaatselijk ook zandlagen zijn ingeschakeld. De Laag van Venlo (Klei van Venlo cf. Doppert *et al.*, 1975) komt voor in Noord-Limburg. De Laag van Reuver (Klei van Reuver cf. Doppert *et al.*, 1975) komt in Noord-Limburg en in de Roerdalslenk voor. Ook wordt het Laagpakket van Waubach officieel ingevoerd (Grind van Waubach cf. Doppert *et al.*, 1975), dat in Zuid-Limburg voorkomt. Het Terras van Kosberg, dat door de Maas is afgezet en door Doppert *et al.* (1975) tot de Kiezeloëliet Formatie en door Felder & Bosch (1989) tot de Formatie van Tegelen werd gerekend, wordt nu tot de Formatie van Beegden gerekend. In de Nederrijnse Bocht worden de afzettingen van de Kiezeloëliet Formatie tot de Kieseloolith-Schichten gerekend (zie Klostermann, 1992, voor een uitgebreide correlatie).
- De Formatie van Waalre omvat de afzettingen van de Formatie van Tegelen cf. Doppert *et al.* (1975), uitgebreid met het “Rijn-deel” van de voormalige Formatie van Kedichem (Formatie van Kedichem a., b., en c. cf. Doppert *et al.*, 1975). Lithologisch en sedimentologisch bestaan er geen verschillen tussen deze afzettingen en de oudere Rijn afzettingen, die door Doppert *et al.* (1975) tot de Formatie van Tegelen worden gerekend. Binnen de Formatie van Waalre worden drie laagpakketten onderscheiden. De Laagpakketten van Woensdrecht en Hoogerheide zijn cf. Kasse (1988) ingevoerd. Zij omvatten de estuariene zanden en kleien in West-Brabant. Het Laagpakket van Tegelen omvat de afzettingen van de Formatie van Tegelen cf. Doppert *et al.* (1975) in het oorspronkelijke type-gebied tussen Venlo en Roermond (Zagwijn, 1960) en op het Venlo-Blok. De grove sedimentpakketten binnen de Formatie van Waalre worden (nog) niet verder onderverdeeld. Doppert *et al.* (1975) rekenden op grond van stratigrafische positie en, deels veronderstelde, ouderdom de Maas terrassen van Simpelveld en Sibbe tot de formaties van Tegelen en Kedichem. Door Felder & Bosch (1989) zijn deze terrassen verder onderverdeeld in de Afzettingen van Kosberg, Crapoel, Noorbeek, Simpelveld, Margraten, Sibbe en Valkenburg. De afzettingen van deze terrassen worden thans tot de Formatie van Beegden gerekend. In westelijke richting zetten de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Waalre zich voort in de IJmuiden Ground Formatie cf. Long *et al.* (1988). Mogelijk zetten de afzettingen zich ook voort in de Yarmouth Roads en Egmond Ground Formaties cf. Long *et al.* (1988) voor de Hollandse kust. In de Nederrijnse Bocht correleren de afzettingen van de Formatie van Waalre met de Ältere Hauptterrassen, het “Rijn-deel” van de Tegelen Schichten en de Jüngere Hauptterrasse 1 cf. Klostermann (1992).

- De Formatie van Sterksel zoals beschreven door Doppert *et al.* (1975) wordt overgenomen met uitzondering van de afzettingen van het Terras van Valkenburg (Afzettingen van St. Geertruid en St. Pietersberg cf. Felder & Bosch, 1989). Deze terrassen worden nu tot de Formatie van Beegden gerekend. Voor de kust van Noord-Holland zetten de afzettingen zich waarschijnlijk voort in de Yarmouth Roads en Egmond Ground Formaties cf. Long *et al.* (1988). De afzettingen van de Formatie van Sterksel correleren met de afzettingen van de Jüngere Hauptterrassen 2-4 in de Nederrijnse Bocht (Boenigk, 1978; Klostermann, 1992; Zagwijn, 1985).
- In midden en West Nederland wordt de Lopik Subgroep ingevoerd voor de afzettingen van de Formatie van Urk en de Formatie van Kreftenheye die hier op elkaar liggen en veelal niet op grond van macroscopische criteria of stratigrafische positie van elkaar zijn te onderscheiden. Elders in het land zijn de afzettingen van beide formaties wel goed van elkaar te onderscheiden.
- Binnen de Formatie van Urk worden twee nieuwe laagpakketten ingevoerd; de Laagpakketten van Tynje en Veenhuizen. De Zanden van Lingsfort (Zonneveld 1956, 1958) worden als Laag van Lingsfort aan de basis van de formatie onderscheiden. Doppert *et al.* (1975) beschreven deze afzettingen als Urk d. De afzettingen van de mengzone van de Formatie van Urk (Urk b. cf. Doppert *et al.*, 1975) in noordoostelijk Nederland worden voortaan op grond van hun lithologische samenstelling, stratigrafische positie en herkomst (oostelijk volgens Skupin *et al.*, 1993) als Laagpakket van Weerdinge tot de Formatie van Appelscha gerekend. De afzettingen van de Formatie van Urk zetten zich in noordelijke en westelijke richting grotendeels voort in de Egmond Ground Formatie cf. Long *et al.* (1988). Boven in de Yarmouth Roads Formatie cf. Long *et al.* (1988) komen de afzettingen eveneens voor. Mariene inschakelingen die lokaal in de afzettingen van de Formatie van Urk in Noord-Nederland zijn aangetroffen worden voorlopig ongedifferentieerd tot de Formatie van Urk gerekend. Indien blijkt dat zij karteerbaar zijn, worden ze ondergebracht in een nog nieuw te benoemen mariene formatie. De afzettingen van de Formatie van Urk correleren volgens Klostermann (1992) in de Nederrijnse Bocht met de afzettingen van de Untere Mittelterrassen. Gezien de stratigrafische positie van de Formatie van Urk worden de afzettingen ervan in dit rapport opgevat als het equivalent van zowel de Untere als de Obere Mittelterrasse, een opvatting die ook door Zagwijn (1985) wordt gedeeld. De top van de Untere Mittelterrasse 4 cf. Klostermann (1992); Mittelterrasse IV b? cf. Brunnacker *et al.* (1978) correleert mogelijk met de basis van de Formatie van Kreftenheye (zie ook Zagwijn, 1985).
- De Formatie van Kreftenheye cf. Doppert *et al.* (1975) wordt op een aantal punten gewijzigd:
 - Binnen de Formatie van Kreftenheye worden de Laagpakketten van Zutphen, Twello en Well en de Laag van Wijchen (Wijchen Member cf. Törnqvist *et al.*, 1994) onderscheiden. Het Laagpakket van Zutphen bestaat uit zand, klei en veen dat hoofdzakelijk onder rustige en warme omstandigheden tijdens het Eemien door de Rijn is afgezet in het dal van

de Gelderse IJssel. Het Laagpakket van Twello omvat de deltaïsche afzettingen van de Rijn zij in het meer dat zich in het glaciale bekken van de Gelderse IJssel bevond. Het Laagpakket van Well bestaat uit zand en grind dat in Noord-Limburg en het meest oostelijke deel van Noord-Brabant is afgezet toen de Rijn tijdens de maximale landijs-uitbreiding van het Saalien op enkele plaatsen door hoger gelegen, oudere, rivierterrassen, brak. Westelijk van de terrassen is sediment uit de Rijn samen met het opgenomen materiaal uit de oudere rivierterrassen afgezet.

- De rivierduinen (Formatie van Kreftenheye d. cf. Doppert *et al.*, 1975) worden, op grond van hun lithologische samenstelling en stratigrafische positie, als Laagpakket van Delwijnen (Delwijnen Member cf. Törnqvist *et al.*, 1994) ondergebracht in de Formatie van Twente (4.5).
- Afzettingen in het dal van de Maas stroomopwaarts van Gennep (Formatie van Kreftenheye c. cf. Doppert *et al.*, 1975), worden op grond van hun lithologische samenstelling en stratigrafische positie tot de Formatie van Beegden gerekend.

De Afzettingen van Gronsveld en Oost-Maarland die door Felder & Bosch (1989) ten dele tot de Formatie van Kreftenheye zijn gerekend worden thans tot de Formatie van Beegden gerekend. Buiten de Hollandse kust worden de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye door Long *et al.* (1988) deels tot de Formatie van Kreftenheye, de Eem Formatie en de Bruine Bank Formatie gerekend. Het overgrote deel van de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye correleert met de afzettingen van de Niederterrassen in de Nederrijnse Bocht (Zagwijn, 1985; Klostermann, 1992). De basis van de Formatie van Kreftenheye correleert mogelijk met de top van de Untere Mittelterrasse 4 cf. Klostermann (1992);

Mittelterrasse IV b? cf. Brunnacker *et al.* (1978) (zie ook Zagwijn, 1985).

- De Formatie van Echteld bestaat uit alle klastische fluviaïele afzettingen van de Rijn en de gemengde afzettingen ervan met die van de Maas die zich stratigrafisch boven de Formatie van Kreftenheye bevinden. Zij vervangt het klastische deel van de Betuwe Formatie cf. Doppert *et al.* (1975), uitgebreid met de “perimariene” afzettingen uit de Westland formatie cf. Doppert *et al.* (1975) en komt overeen met de Betuwe Formatie cf. Berendsen (1984). Buiten de kust van Zuid-Holland worden de afzettingen van de Formatie van Echteld tot de Elbow Formatie cf. Long *et al.* (1988) gerekend. De afzettingen van de Formatie van Echteld correleren met de afzettingen van het Alt- Mittel- en Jungholozän cf. Klostermann (1992). Ten opzichte van de Betuwe Formatie cf. Doppert *et al.* (1975) treden de volgende wijzigingen op:

- De fluviatiele klastische afzettingen uit het “perimariene gebied” (Afzettingen van Gorkum en Tiel van de Westland Formatie) maken, in navolging van Berendsen (1984), nu deel uit van de Formatie van Echteld.
- Het veen uit de Betuwe Formatie cf. Doppert *et al.* (1975) wordt, conform Berendsen (1984) tot de Formatie van Nieuwkoop gerekend.
- De afzettingen van de Maas stroomopwaarts van Gennep worden tot de Formatie van Beegden gerekend.

Binnen de Formatie van Echteld vindt geen lithostratigrafische onderverdeling plaats.

4.3.3 Maas Groep

Afzettingen van de Maas hebben vaak een enigszins grauwgrijze tint omdat de roodgekleurde componenten, die typisch zijn voor Rijn afzettingen, ontbreken. Naast melkkwarts hebben Maas afzettingen veelal een behoorlijk aandeel grijze, zwarte en groen getinte componenten. Vuursteen komt veel voor in de Maas afzettingen. Tevens bevatten ze zeer veel grof grind en stenen tot blokgruotte. Binnen de Maas Groep wordt slechts één formatie onderscheiden; de Formatie van Beegden (tabel 4.2). In vergelijking met de indelingen van Doppert *et al.* (1975), Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) en Long *et al.* (1988) betekent dat een groot aantal wijzigingen:

- De nieuw ingevoerde Formatie van Beegden omvat alle afzettingen van de Maas in Nederland. Door Doppert *et al.* (1975) werden deze afzettingen voor het grootste deel tot de formaties van Veghel en Kreftenheye en tot de Betuwe Formatie gerekend. De Maasterrassen in Zuid-Limburg zijn door hen op grond van hun, deels veronderstelde, ouderdom tot de Betuwe Formatie en de formaties van Veghel, Sterksel, Kedichem en Tegelen gerekend. Binnen de Formatie van Beegden worden de laagpakketten van Oost-Maarland en Eijsden ingevoerd. Het Laagpakket van Eijsden omvat alle terrassen van de Maas. Op grond van hun stratigrafische positie en lithologische samenstelling is elk terras afzonderlijk als Laag ondergebracht in deze formatie. Hierbij is de indeling van Felder & Bosch (1989) gevolgd met uitzondering van de Afzettingen van Oost Maarland, die als afzonderlijk Laagpakket tot de Formatie van Beegden worden gerekend. Daarnaast worden binnen de Formatie van Beegden de lagen van Rosmalen (klei) en Wijchen (klei); Wijchen Member cf. Törnqvist *et al.* (1994) onderscheiden. In de Nederrijnse Bocht correleren de afzettingen van de Formatie van Beegden met het “Maas-deel” van de Tegelen Schichten cf. Klostermann (1992); de noordoostelijke voortzetting van de afzettingen van Kosberg, Crapoel, Noorbeek en Simpelveld cf. Felder & Bosch (1989). De verdere onderverdeling van de formatie in Nederland is momenteel in studie.

Tabel 4.2 *Fluviatiele afzettingen*

| <i>Groep / Formatie</i> | Algemene omschrijving | Laagpakketten |
|---|---|---------------------------------------|
| <i>Baltische Groep</i> | | |
| Peize | Grijswitte plaatselijk grindhoudende grove zanden. Lokaal komen kleilagen voor, met name aan de basis van de formatie. Aan de top komen veelal grind- of stenenlagen voor (Hattem lagen cf. Zandstra 1971). De afzettingen komen in de noordelijke helft van Nederland voor en kunnen dikten van meer dan 150 m bereiken. | |
| Appelscha | Grijswitte grove grindhoudende zanden. De dikte bedraagt 5 tot 50 m. De afzettingen komen in de noordelijke helft van Nederland voor. | Weerdinge |
| <i>Rijn Groep</i> | | |
| Kiezeloëliet | Een complexe eenheid van licht gekleurde kwartsrijke matig fijne tot zeer grove zanden, plaatselijk sterk grindhoudend (Laagpakket van Waubach) en met kleilagen die veelal bruinkoollagen bevatten (Laagpakket van Brunssum, Laag van Venlo en Laag van Reuver). De afzettingen komen voornamelijk voor in het zuidoostelijk en oostelijk deel van Nederland en bereiken in de Roerdalslenk dikten van meer dan 200 m. | Brunssum Waubach |
| Waalre | Een opeenvolging van grijze matig fijne tot grove zanden die met name in het onderste deel grindhoudend zijn. De veelal glimmerhoudende zanden worden zeer regelmatig afgewisseld met kleilagen, die soms bruinkool bevatten. De afzettingen komen in de gehele zuidelijke helft van Nederland voor. In West-Brabant zijn de afzettingen deels estuarien ontwikkeld. De dikte loopt uiteen van minder dan 1 m. in Limburg tot ca. 150 m in de Roerdalslenk. | Woensdrecht Hoogerheide Tegelen |
| Sterksel | Bontgekleurde matig grove tot grove grindhoudende zanden. Plaatselijk kunnen kleilagen voorkomen, met name in West Nederland. De afzettingen komen in Zuid en West Nederland voor. De dikte loopt uiteen van 10 tot 60 m. | |
| <i>Lopik Subgroep / Urk</i> | Bontgekleurde matig fijne tot zeer grove zanden, plaatselijk grindhoudend. Plaatselijk komen kleilagen voor. De afzettingen komen vooral in Midden- en Noord-Nederland voor. De dikte varieert van 10 tot 50 m. | Tynje Veenhuizen |
| <i>Lopik Subgroep / Kreftenheye</i> | Bontgekleurde matig fijne tot zeer grove grindhoudende zanden. Plaatselijk komen dunne veen- en kleilagen voor. Aan de bovenkant komt veelal een afdekkende leem of kleilaag voor (Laag van Wijchen). De dikte bedraagt 10 tot 25 m. | Zutphen Twello Well |
| Echteld | Complexe opeenvolging van fijn tot uiterst grof soms grindhoudend zand en kleilagen. De dikte varieert van minder dan 1 tot 15 m. | |

| <i>Groep / Formatie</i> | Algemene omschrijving | Laagpakketten |
|-----------------------------|---|--------------------------|
| <i>Maas Groep</i> | | |
| Beegden | Grijswit en donker gekleurde grove grindhoudende zanden en grind. Plaatselijk komen kleilagen voor. De afzettingen van deze formatie komen in zuidoostelijk Nederland voor. De dikte van de afzettingen varieert van minder dan 1 m tot 40m in de Roerdalslenk. De afzonderlijke terrassen van de Maas in Zuid-Limburg zijn op grond van hun stratigrafische positie als lagen in het Laagpakket van Eijsden onderscheiden. | Oost-Maarland Eijsden |

4.3.4 Glacigene afzettingen

De glacigene afzettingen in Noord- en Midden-Nederland worden op grond van hun stratigrafische positie in een tweetal formaties onderscheiden. Van onder naar boven betreft dit de Formatie van Peelo en de Formatie van Drente. Afzettingen van beide formaties worden gescheiden door afzettingen van de Formatie van Urk of afzettingen van de Formatie van Drachten (4.5).

Ten opzichte van de indeling Doppert *et al.* (1975) is de indeling licht gewijzigd:

- Binnen de Formatie van Peelo wordt de kenmerkende potklei (Formatie van Peelo a. cf. Doppert *et al.*, 1975) op grond van zijn lithologische samenstelling als Laagpakket van Nieuwolda ingevoerd. De overige afzettingen van deze formatie worden ongedifferentieerd in de Formatie van Peelo opgenomen. De afzettingen van de Formatie van Peelo zetten zich buiten de kust voort in de Swarte Bank Formatie (Laban, 1995). De daarmee gerelateerde grondmorene die op de Noordzee is aangetroffen wordt door Laban (1995) tot de Juisterrif Formatie gerekend.
- De Formatie van Drente wordt onderverdeeld in drie laagpakketten:
 - Het Laagpakket van Gieten omvat de grondmorene (Formatie van Drente a. en d. cf Doppert *et al.*, 1975) en Borkumriff Formatie cf. Laban, 1995). Residuaire grondmorene (“keizand”) wordt binnen dit laagpakket als Laag van Gasselte onderscheiden.
 - Het Laagpakket van Schaarsbergen omvat de veelal grofzandige fluvioglaciale afzettingen (Formatie van Drente b. cf. Doppert *et al.*, 1975, en Molengat Formatie cf. Laban, 1995).
 - De veelal kleiige tot fijnzandige glaciolacustriene afzettingen vormen samen met zandige afzettingen die door afglijdingen van steile oevers in de smeltwatermeren zijn gegleden het Laagpakket van Uitdam. De warven(achtige) kleien worden binnen dit laagpakket als Laag van Oosterdok onderscheiden (Formatie van Drente c. cf. Doppert *et al.*, 1975) en Cleaver Bank Formatie cf. Laban, 1995).

Tabel 4.3 Glacigene afzettingen

| Formatie | Algemene omschrijving | Laagpakketten |
|----------|--|-----------------------------------|
| Peelo | Een complexe eenheid bestaand uit compacte donkergekleurde klei, fijne tot matig grove zanden met lokaal dunne kleilaagjes. De afzettingen komen in Noord-Nederland en het noordelijk deel van de Noordzee voor en zijn veelal afgezet in zeer diepe noord-zuid gerichte geulsystemen. De dikte kan oplopen van 10 m tot meer dan 300 m. | Nieuwolda |
| Drente | Complexe eenheid die ten dele bestaat uit klei en leem met grind en een enkele steen (keileem). Daarnaast komen grove grindhoudende zanden voor die onder glaciofluviale condities gevormd zijn. Een derde type afzettingen bestaat uit fijne zanden en kleilagen die gevormd zijn onder glaciolacustriene omstandigheden. De afzettingen komen in Noord-, West- en Midden-Nederland voor alsmede in de Noordzee. De dikte kan oplopen tot meer dan 100 m. | Uitdam Schaarsbergen Gieten |

4.3.5 Overige afzettingen

Tot de overige afzettingen worden de eolische, lokaal tot regionaal afgezette fluviatiele sedimentpakketten en veen/bruinkool gerekend. Ten opzichte van de indeling van Doppert *et al.* (1975) is de huidige indeling sterk gewijzigd:

- De Ville Formatie bevat de bruinkoollagen die door Van Adrichem Boogaert & Kouwe (eds., 1997) tot de Formatie van Heksenberg cf. Kuyl (1975) worden gerekend.
- De Formatie van Stramproy wordt nieuw ingevoerd. Zij omvat de eolische en kleinschalige fluviatiele afzettingen en daarin ingeschakelde veenlaagjes van de voormalige Formatie van Kedichem d., e., en f cf. Doppert *et al.* (1975). Op grond van hun lithologische samenstelling, stratigrafische positie en locale herkomst worden deze afzettingen nu tot de Formatie van Stramproy gerekend. In Zuid-Limburg worden de afzettingen van voorlopers van de zijrivieren van de Maas buiten de huidige beekdalen en het “fluvioperiglaciale vuursteengrind” tesamen als Laagpakket van Hoogcruts binnen de Formatie van Stramproy onderscheiden. Dit laagpakket komt overeen met de Afzettingen van Hoogcruts cf. Kuyl (1980).
- Bisschops (1973) voerde voor de afzettingen van de formaties van Eindhoven en Twente in de Roerdalslenk de Nuenen Groep in. Reden hiervoor is dat de afzettingen van beide formaties in dit gebied niet of nauwelijks op grond van hun lithologische samenstelling zijn te onderscheiden. Thans wordt de Nuenen Groep op het niveau van de Subgroep onderscheiden. Naast de afzettingen van de formaties van Twente en Eindhoven worden ook de afzettingen van de Formatie van Stramproy in de Roerdalslenk daartoe gerekend. De Nuenen

Subgroep is momenteel onderwerp van een studie. Te zijner tijd worden de resultaten van deze studie in de lithostratigrafische indeling verwerkt.

- De Formatie van Drachten bevat de eolische en kleinschalige fluviaatiele afzettingen en daarin ingeschakelde veenlaagjes in Noord Nederland die door Doppert *et al.* (1975) tot de van de Formatie van Eindhoven zijn gerekend. Op grond van hun stratigrafische positie en lithologische samenstelling worden deze afzettingen in de Formatie van Drachten ondergebracht. Deze formatie correleert met de Tea Kettle Hole Formatie cf. Laban (1995).
- De Formatie van Asten cf. Doppert *et al.* (1975) blijft ongewijzigd.
- De Formatie van Schimmert wordt nieuw ingevoerd. Deze bevat de löss-leem die Doppert *et al.* (1975) tot de formaties van Eindhoven en Twente werd gerekend.
- De Formatie van Twente cf. Doppert *et al.* (1975) wordt ten dele uitgebreid, ten dele ingeperkt:
 - Het Wierden Member cf. Van der Hammen (1951) wordt als Laagpakket van Wierden ingevoerd. Het laagpakket wordt niet verder onderverdeeld.
 - Alle rivierduinen worden als Laagpakket van Delwijnen cf. Törnqvist *et al.* (1994) in de Formatie van Twente opgenomen. Dit laagpakket omvat onder andere de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye d. cf. Doppert *et al.* (1975).
 - De voormalige Formatie van Kootwijk cf. Doppert *et al.* (1975) wordt als Laagpakket in de Formatie van Twente opgenomen.
 - De voormalige Formatie van Singraven cf. Doppert *et al.* (1975) wordt voor het overgrote deel als Laagpakket in de Formatie van Twente opgenomen. Vanuit de kustvlakte, riviervlakte en waterscheidingen doorlopende veenlagen in de beekdalen worden tot de Formatie van Nieuwkoop gerekend.
 - Locale leem- en veenlagen binnen de Formatie van Twente in Noord en Oost Nederland worden als Laagpakket van Tilligte onderscheiden. Het betreft grotendeels lacustriene afzettingen.
 - De “continentale Eemlagen”, bestaand uit veen, in Midden- en Noord-Nederland worden als Laagpakket van Woudenberg in de Formatie van Twente ondergebracht.
 - De loess-leem van de Formatie van Twente cf. Doppert *et al.* (1975) wordt niet langer tot de Formatie van Twente gerekend.
- De Formatie van Nieuwkoop wordt nieuw ingevoerd. Deze bevat al het veen in de recente kustvlakte (Hollandveen en Basisveen van de Westland Formatie cf. Doppert *et al.* (1975), de riviervlakte (veen uit de Betuwe Formatie cf. Doppert *et al.* (1975) en het veen op de waterscheidingen (Formatie van Griendtsveen cf. Doppert *et al.* (1975). De formatie komt grotendeels overeen met de Wold Formatie cf. Roeleveld (1974) en de Broek Formatie cf. Berendsen (1984). Vanuit de kustvlakte, riviervlakte en waterscheidingen doorlopende veenlagen in de beekdalen worden eveneens tot de Formatie van Nieuwkoop gerekend. Binnen de Formatie van Nieuwkoop worden het Laagpakket van Griendtsveen en het Hollandveen Laagpakket onderscheiden. Het Basisveen is als Laag in de Formatie van Nieuwkoop opgenomen.

Tabel 4.4 Overige afzettingen

| Subgroep / Formatie | Algemene omschrijving | Laagpakketten |
|------------------------|--|---------------|
| Ville | Bruin tot zwart gekleurde bruinkool met plaatselijk inschakelingen van zand en soms wat fijn grind. Het betreft veen dat in een kustvlakte ontstaan is. In de Nederrijnse Laagvlakte kan de dikte van deze afzettingen meer dan 100 m bedragen. Uitlopers van dit bruinkoolpakket komen in het zuidoosten van Nederland voor en hebben daar maximale dikten van ca. 10 m. De formatie vertandt met de kustafzettingen van de Formatie van Breda. | |
| Nuenen / Stramproy | Lichtgekleurde fijne tot matig grove zanden die plaatselijk grofzandig kunnen zijn. Het betreft eolische en kleinschalige fluviatiele afzettingen. Klei- en veenlagen komen algemeen voor. Kenmerkend is tevens het voorkomen van bodems. Het belangrijkste verbreidingsgebied bevindt zich in het zuiden van Nederland langs de grens met België. De dikte varieert van enkele meters tot meer dan 100 m in de Roerdal Slenk. | |
| Schimmert | Bruingekleurde leem die lokaal zandig en of kleihoudend kan zijn. Regelmatig zijn bodems in de afzettingen ontwikkeld. De afzettingen komen voornamelijk in Zuid-Limburg voor. De dikte kan oplopen tot ca. 25 m. Het betreft eolische afzettingen die onder relatief koude omstandigheden zijn gevormd. | |
| Drachten | Fijne tot matig grove geel tot grijsgekleurde zanden met plaatselijk een klei-, veen of leemlaag. Het betreft eolische en kleinschalige fluviatiele afzettingen met ingeschakelde veenlaagjes in Noord-Nederland die onder de Formatie van Drente liggen. De afzettingen zijn vaak onder periglaciale omstandigheden ontstaan. De dikte kan oplopen tot ca. 10 m. | |
| Nuenen / Eindhoven | Fijne tot matig grove lichtgekleurde zanden met plaatselijk een klei-, veen of leemlaag. Het betreft eolische en kleinschalige fluviatiele afzettingen met ingeschakelde veenlaagjes die voornamelijk in de Roerdal Slenk en op de Peelhorst voorkomen. De afzettingen zijn vaak onder periglaciale omstandigheden ontstaan. De dikte varieert van ca. 1 m tot ca. 25 m. | |
| Asten | Licht- tot donkerbruin veen dat hoofdzakelijk tijdens het voorlaatste interglaciaal op grote schaal is gevormd op de waterscheidingen. Het veelal compacte veen is op grond van zijn lithologische eigenschappen en stratigrafische positie, ingeschakeld tussen de klastische afzettingen van de formaties van Twente en Eindhoven of Drente, goed herkenbaar. De dikte varieert van minder dan 1 tot enkele meters. | |

| <i>Subgroep / Formatie</i> | Algemene omschrijving | Laagpakketten |
|--------------------------------|---|---|
| <i>Nuenen / Twente</i> | Fijne tot matig grove lichtgekleurde zanden. Klei- en leem- en komen algemeen voor evenals lokale veenlaagjes. De afzettingen komen in geheel Nederland voor en zijn voornamelijk onder periglaciale omstandigheden gevormd. De dikte kan oplopen tot 25 m. | Kootwijk Delwijnen Wierden Singraven Tilligte Woudenberg |
| Nieuwkoop | Licht- tot donkerbruin veen gevormd in de kust- en riviervlakte en op de waterscheidingen. Het veen kan ingeschakeld zijn tussen de klastische afzettingen van de Westland Formatie en de Formatie van Echteld of ligt op afzettingen van deze formaties. De dikte varieert van 1 tot een tiental meters. | Hollandveen Griendtsveen |

Literatuurlijst

- Berendsen, H.J.A., 1984, Problems of lithostratigraphic classification of Holocene deposits in the perimarine area of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 63: 351-354.
- Bisschops, J.H., 1973, Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland. Blad Eindhoven Oost (510). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Boenigk, W., 1978, Gliederung der altquartären Ablagerungen in der Niederrheinischen Bucht. *Fortschritte in der Geologie van Rheinland und Westfalen* 28: 135-212.
- Bosch, J.H.A., 1999, Standaard Boor Beschrijvingsmethode. Versie 5. NITG-TNO rapport 98-205-A. NITG-TNO, Zwolle.
- Bowen, D.Q., 1978, Quaternary Geology. A Stratigraphic Framework for Multidisciplinary Work. Pergamon Press, Oxford.
- Bowen, D.Q., (ed.), 1999, A revised correlation of Quaternary deposits in the British Isles. The Geological Society Special Report 23, Bath.
- Brunnacker, K., W. Boenigk, B. Dolezalek, E.K. Kempf, A. Kocl. H. Mentzen, M. Razi Rad & K.-P. Winter, 1978, Die Mittelterrassen am Niederrhein zwischen Köln und Mönchengladbach. *Fortschritte in der Geologie van Rheinland und Westfalen* 28: 277-333.
- Cox, B.M. & M.G. Sumbler, 1998, Lithostratigraphy: Principles and Practice. In: Doyle, P. & M.R. Bennett, (eds.), *Unlocking the Stratigraphical Record. Advances in Modern Stratigraphy*. John Wiley & Sons, Chichester: 11-28.
- Doppert, J.W.Chr., G.H.J. Ruegg, C.J. van Staalduinen, W.H. Zagwijn & J.G. Zandstra, 1975, Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: Zagwijn, W.H. & C.J. Van Staalduinen, (red.), *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Doyle, P. & M.R. Bennett, (eds.), 1998, *Unlocking the Stratigraphical Record. Advances in Modern Stratigraphy*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Ebbing, J.H.J., H.J.T. Weerts, P. Cleveringa, F.D. de Lang & W.E. Westerhoff, 1997, Startnotitie Werkgroep Lithostratigrafie. NITG-TNO rapport 97-220-B. NITG-TNO, Haarlem.
- Ebbing, J.H.J., P. Cleveringa, F.D. de Lang, H.J.T. Weerts & W.E. Westerhoff, 1998, De lithostratigrafische indeling van Nederland. Formaties uit het Tertiair en Kwartair. Concept 23 juli 1998. NITG-TNO rapport 98-127-B. NITG-TNO, Haarlem.
- Ebbing, J.H.J., H.J.T. Weerts, W.E. Westerhoff, P. Cleveringa & F.D. de Lang, 1999, De lithostratigrafische indeling van Nederland. Formaties uit het Tertiair en Kwartair. NITG-TNO rapport 99-141-B. NITG-TNO, Utrecht.
- Ente, P.J., J. Konings & R. Koopstra, 1986, De bodem van Oostelijk Flevoland. Flevobericht nr. 258, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Felder W.M., & P.W. Bosch, 1984, Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving. Pre-Kwartair. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

- Felder W.M., & P.W. Bosch, 1989, Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving. Afzettingen van de Maas. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Funnell, B.M., 1996, Plio-Pleistocene palaeogeography of the southern North Sea Basin (3.75-0.60 Ma). *Quaternary Science Reviews* 15: 391-405.
- Hedberg, H.D., (ed.), 1976, International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. John Wiley, New York.
- Jacobs, P., 1975, Bijdrage tot de lithostratigrafie van het Boven-Eoceen en van het Onder-Oligoceen in Noordwest België. Proefschrift Rijksuniversiteit Gent.
- Kasse, C., 1988, Early-Pleistocene tidal and fluvial environments in the Southern Netherlands and Northern Belgium. Proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Klostermann, J., 1992, Das Quartär der Niederrheischen Bucht. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- Kuyl, O.S., 1975, Lithostratigrafie van de mio-oligocene afzettingen in Zuid-Limburg. In: Zagwijn, W.H. & C.J. Van Staalduinen, (red.), Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Kuyl, O.S., 1980, Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Heerlen (62W oostelijke helft, 62O westelijke helft). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Laban, C., 1995, The Pleistocene glaciations in the Dutch sector of the North Sea. A synthesis of sedimentary and seismic data. Ph.D. Thesis, University of Amsterdam.
- Long, D., C. Laban, H. Streif, T.D.J. Cameron & R.T.E. Schüttenhelm, 1988, The sedimentary record of climatic variation in the southern North Sea. *Phil. Trans. Of the Royal Soc. Lond.* 318B: 523-537.
- Maréchal, R. & P. Laga (red.), 1988, Voorstel lithostratigrafische indeling van het Paleogeen. Nationale Commissies voor stratigrafie, commissie: Tertiair. Nederlands Normalisatie Instituut, 1989, NEN 5104. Geotechniek. Classificatie van onverharde grondmonsters. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- Oyama, M. & H. Takehara, 1967, Revised soil color charts. Ministry of Agriculture and Forestry, Japan.
- Roeleveld, W., 1974, The Holocene Evolution of the Groningen Marine-Clay District. *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Supplement / jaargang 24*: 1-132.
- Salvador, A. (ed.), 1994, International Stratigraphic Guide. A Guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. Second Edition. International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy, International Union of Geological Sciences/Geological Society of America, Trondheim/Boulder.
- Skupin, K., E. Speetzen & J.G. Zandstra, 1993, Die Eiszeit in Nordwestdeutschland. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.

- Törnqvist, T.E., H.J.T. Weerts & H.J.A. Berendsen, 1994, Definition of two new members in the upper Kreftenheye and Twente Formations (Quaternary, the Netherlands): a final solution to persistent confusion? *Geologie & Mijnbouw* 72: 251-264.
- Van Adrichem Boogaert, H.A. & W.F.P. Kouwe (eds.), 1997, Stratigraphic nomenclature of the Netherlands, revision and update by RGD and NOGPA. Mededelingen Rijks Geologische Dienst 50.
- Van den Berg, M.W. & P.A.M. Gaemers, 1993, Tertiair. In: Van den Berg, M.W. & C. den Otter, Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Almelo Oost / Denekamp (280/29). Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 35-86.
- Van den Bosch, M., M.C. Cadée & A.W. Janssen, 1975, Lithostratigraphical and biostratigraphical subdivision of Tertiary deposits (Oligocene – Pliocene) in the Winterswijk – Almelo region (eastern part of the Netherlands). *Scripta Geologica* 29: 1-167.
- Van der Hammen, T., 1951, Late-glacial flora and periglacial phenomena in The Netherlands. *Leidse Geologische Mededelingen XVII*: 71-184.
- Westerhoff, W.E. & M.J. Van Bracht, 1997, De geologische kartering van Nederland - ZO verder. NITG-TNO rapport 97-205-B. NITG-TNO, Haarlem.
- Wouters, L. & N. Vandenberghe, 1994, *Geologie van de Kempen. Een synthese*. NIRAS, NIROND-94-11, Brussel.
- Zagwijn, W., 1960, Aspects of the Pliocene and Early-Pleistocene vegetation in the Netherlands. Proefschrift, Leiden / Mededelingen Geologische Stichting Serie C-III-1-N.6: 1-18.
- Zagwijn, W.H., 1975, De paleogeografische ontwikkeling van Nederland in de laatste 3 miljoen jaar. Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap *Geografisch Tijdschrift, Nieuwe Reeks* 9: 181-201.
- Zagwijn, W.H., 1985, An outline of the Quaternary stratigraphy of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 64: 17-24.
- Zagwijn, W.H., 1986, The Pleistocene of the Netherlands with special reference to glaciation and terrace formation. *Quaternary Science reviews* 5: 341-345.
- Zagwijn, W.H. & J.W.C. Doppert, 1978, Upper Cenozoic of the southern North Sea Basin: palaeoclimatic and palaeogeographic evolution. *Geologie en Mijnbouw* 57: 577-588.
- Zagwijn, W.H. & Van Staaldouin, C.J. (red.), 1975, Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Zandstra, 1971, Geologisch onderzoek in de stuwwal van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Serie 22: 215-259.
- Zonneveld, J.I.S., 1956, Das Quartär der südöstlichen Niederlande. *Geologie en Mijnbouw (nw. ser.)* 18: 379-385.
- Zonneveld, J.I.S., 1958, Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. Mededelingen van de Geologische Stichting, nieuwe serie 12: 31-64.

Bijlage A Geschiedenis van de stratigrafie in Nederland

A.1 Inleiding

Deze appendix geeft een overzicht van de geschiedenis van de stratigrafie in Nederland. Uit deze geschiedenis wordt duidelijk hoe het concept van de lithostratigrafische indeling die is vastgelegd in de “Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland” onder redactie van W.H. Zagwijn en C.J. van Staalduinen tot stand is gekomen. Bij deze lithostratigrafische indeling, die sinds 1975 in Nederland wordt toegepast, spelen naast lithostratigrafische criteria ook chronostratigrafische, biostratigrafische en genetische criteria een rol. Dit leidt in een aantal gevallen tot knelpunten. Om deze knelpunten zichtbaar te maken en te kunnen begrijpen, is het noodzakelijk om uitvoeriger in te gaan op de historische ontwikkelingen

A.2 Een historisch overzicht

Nieuwe (meet)gegevens en onderzoeksresultaten vergroten het inzicht in de opbouw van de ondergrond en de geologische processen die daarbij een rol spelen. Hierdoor wordt de kennis van dat moment bijgesteld. Gewijzigde inzichten leiden tot nieuwe schema's, die op vereenvoudigde wijze de opvattingen van die tijd weergeven. Schema's en tabellen, die als illustratie en onderbouwing van hand- en tekstboeken en geologische kaarten hebben gediend laten dat proces zien. Bij W.C.H. Staring (2de helft vorige eeuw) ligt het accent op de kennis van de grondsoorten. Dit houdt verband met de toepassing in de land- en bosbouw.

Aan het eind van de vorige eeuw en het begin van deze eeuw verschuift het accent in de richting van de ontstaansgeschiedenis en ouderdom van de afzettingen. Onder andere de exploratie van delfstoffen (b.v. steenkool en olie) zorgt voor deze verschuiving. Daarnaast hebben de gewijzigde inzichten over het ontstaan en de ontwikkeling van het leven op aarde (evolutietheorie), over de herkomst van de gesteenten (zwerfstenen etc.) en over de rol van het klimaat (ijstijden) bij het ontstaan van bijzondere landschapsvormen, tussen ruwweg 1850 en 1950 geleid tot de nodige bijstellingen in de wordingsgeschiedenis van de aarde en de tijd die daarmee gemoeid is. In de geologische kaarten, bijbehorende toelichtingen (en schema's) en beschrijvingen van de gesteenten is deze gang van zaken terug te vinden.

Deze ontwikkelingen, die zich grotendeels buiten Nederland afspelen, zijn voor de geologie als wetenschap van groot belang geweest.

De eerste geologische kaart van Nederland wordt gemaakt door Staring. (1860). Bij het maken van zijn kaart denkt hij bij het nut ervan vooral aan land- en bosbouw en het voorkomen van delfstoffen (leem, klei, steenkool, etc.) in de boven- en de ondergrond van Nederland.

Voor wat betreft de ontstaansgeschiedenis van de gesteenten volstaat hij met het overnemen van de toentertijd bestaande opvattingen. In tabel A.1 zijn die opvattingen duidelijk terug te vinden. De ideeënwereld van Staring wordt bepaald door zijn in Duitsland (Universiteit van Freiberg) verworven praktische geologische kennis betreffende de grondsoorten en de mijnbouw.

In de tweede helft van de vorige eeuw wordt de invloed van geleerden uit Frankrijk (Buffon, Lamarck, Cuvier, etc.), en Engeland (Smith, Sedgwick, Lyell, Darwin, Geikie, etc.) in Nederland

merkbaar. De indeling van gesteenten met behulp van gidsfossielen (dus naar ouderdom) neemt een hoge vlucht, mede onder invloed van de evolutietheorie en de afstammingsleer. In het verlengde hiervan worden herkomst, migratie, klimaat, etc. belangrijk. De fossielinhoud van de gesteenten valt daardoor beter te begrijpen.

De nieuwe inzichten krijgen langzaam voet aan de grond. Schelpen en plantenresten komen bij de indeling van de gesteenten als eersten in de belangstelling te staan. Dat is niet zo verwonderlijk als men bedenkt dat eerstgenoemde bekend zijn uit de “Quartaire en Tertiaire vormingen” (Staring, tabel A.1). De tweede kent men onder andere van de gesteenten van “het Primaire tijdvak” uit Limburg (steenkol). Bij de schelpen speelt verder dat deze met name in de jongere afzettingen grote gelijkenis vertonen met de nog levende soorten.

Tabel A.1 Geologische indeling volgens W.C.H. Staring (1860)

NEPTUNISCHE VORMINGEN.

| | |
|--|-----------------------|
| Kainozoïsch tijdvak. | |
| HEDENDAAGSCHE OF POSTTERTIAIRE VORMING. | |
| Alluvium, <i>over het geheele land aanwezig.</i> |] Quartaire vormingen |
| TERTIAIRE GROEP. | |
| Pleistocenische vorming. |] Tertiaire vormingen |
| Diluvium, <i>over het geheele land</i> | |
| Pliocenische vorming. | |
| Crag van Antwerpen. ?..... | |
| Gronden van Diest. ?..... | |
| Miocenische vorming. | |
| Gronden der Beneden-Elbe, <i>Overijssel en Gelderland, Boekholt in Munsterland</i> | |
| Bolderberger gronden, <i>Limburg</i> | |
| Oligocenische vorming. | |
| Sternberger gronden, <i>Overijssel, de Rijn en diluv.</i> | |
| Gronden van de Rupel, <i>Limburg</i> | |
| Gronden van Klein Spauwen, <i>Limburg en diluv.</i> | |
| Neder-Rijnsche Bruinkoolvorming, <i>Limb. en diluv.</i> | |
| Gronden van Lethen, <i>Limburg</i> | |
| Mesozoïsch of secundair tijdvak. | |
| KRIJTGROEP. | |
| Bovenste afdeling. | |
| Maastrichtsche steen, <i>Limburg.</i> | |
| Senonische vorming, <i>Limburg en diluv.</i> | |
| Turonische vorming, <i>Limburg en diluv.?</i> | |
| Onderste afdeling. | |
| Neocomische vorming, <i>Lossen en diluv.</i> | |
| JURAGROEP. | |
| Waeldevorming, <i>Winterswijk en diluv.</i> | |
| Opper-juravorming, <i>diluv.</i> | |
| Liasvorming, <i>diluv.</i> | |
| TRIASGROEP. | |
| Keupervorming, <i>diluv.?</i> | |
| Muschelkalkvorming, <i>diluv.?</i> | |
| Bonte zandsteen vorming, <i>diluv.</i> | |
| Palaeozoïsch of primair tijdvak. | |
| PERMSCHEGROEP, <i>diluv.?</i> | |
| STEENKOOLVORMING. | |
| Steenkoolvorming, <i>Limburg en diluv.</i> | |
| DEVONISCHE VORMING. | |
| Devonische vorming, <i>diluv.</i> | |
| SILURISCHE GROEP. | |
| Opper-Silurische vorming, <i>diluv.</i> | |
| Onder-Silurische vorming, <i>diluv.</i> | |
| Azoïsch tijdvak of Grondvormingen. | |
| Glimmerschiefer, <i>diluv.</i> | |
| Gneis, <i>diluv.</i> | |
| PLUTONISCHE VORMINGEN. | |
| Vulkanische steensoorten, <i>diluv.?</i> | |
| Bazalt, <i>diluv.</i> | |
| Trachyt, <i>diluv.</i> | |
| Melaphyr, <i>diluv.?</i> | |
| Porphyren, <i>diluv.</i> | |
| Diorieten, <i>diluv.</i> | |
| Syenieten, <i>diluv.</i> | |
| Granieten, <i>diluv.</i> | |

Tabel A.2 Biostratigrafische indeling van mariene afzettingen op grond van molluskeninhoud (naar Van der Vlerk & Florschütz 1950)

| | Mollusken | |
|---|-------------|------------|
| | noordelijke | zuidelijke |
| CROMER FOREST BEDS (fluviatiel-estuariene afzettingen) | | |
| WEYBOURN CRAG (fluviatiel-estuariene afzettingen) zone van <i>Macoma balthica</i> | 33% | - |
| CHILLESFORD BEDS (fluviatiel-estuariene afzettingen) zone van <i>Leda myalis</i> | | |
| NORWICH CRAG (marien-estuariene afzettingen) zone van <i>Astarte borealis</i> zone van <i>Spisula subtruncata</i> | 32% | 7% |
| RED CRAG (kust afzettingen) | | |
| BUTLEY-HORIZON zone van <i>Serripes groenlandicus</i> | 23% | 13% |
| NEWBOURN-HORIZON zone van <i>Spisula constricta</i> | 11% | 16% |
| OAKLEY-HORIZON zone van <i>Spisula obstruncata</i> | 5% | 20% |
| WALTON-HORIZON zone van <i>Neptunea contraria</i> | | |
| CORALILINE CRAG (mariene afzettingen) zone van <i>Mastra triangula</i> | 1% | 26% |

Van de fossiele soorten worden de recente vertegenwoordigers in de tropen gevonden. Waarschijnlijk omdat er al vanaf de Gouden Eeuw schelpverzamelingen zijn aangelegd (onder andere door Erasmus), was men in ons land bekend met de soorten- en vormenrijkdom van de tropische zeeën.

Omdat Nederland gedurende een groot gedeelte van het Tertiair zee is en in de afzettingen van die zee schelpen worden gevonden die uit de tropen bekend zijn, veronderstelt men dat de wijziging in de schelpfauna's, die in het bovenste deel van het Tertiair wordt waargenomen, samenhangt met een kouder wordend klimaat. Het voorkomen van tropische soorten in de oudere afzettingen en het verdwijnen ervan in de jongere wordt gekoppeld aan opvattingen van James Geikie omtrent de ijstijden (in 1874 is zijn "Great Ice Age" gepubliceerd).

Omdat de schelpfauna's ook elders in Europa zijn aangetroffen, wordt over de landsgrenzen heen gecorreleerd. Dit leidt (ongemerkt) tot een zekere eenzijdigheid in geologische oriëntatie. Men richt zich op fossielen - die in ruime mate in het gesteente aanwezig zijn - en verwaarloost andere ook voor een gesteente kenmerkende aspecten. Om dit te illustreren is tabel A.2 bijgevoegd. Hierin zijn vrijwel alle gesteentepakketten gedefinieerd op grond van het voorkomen van kenmerkende noordelijke en/of zuidelijke schelpen.

Tabel A.3 Geologische indeling van het Pleistoceen (vereenvoudigd naar Van der Vlerk & Florschütz (1950))

| ALPINE GEBIED | NEDERLAND | |
|--------------------------------|---|--|
| Penck & Brückner (1901-'09) | Lorié (1907) | Tesch (1942) |
| Würm-glaciale tijd | Zanddiluvium A | Laagterrasafzettingen |
| Riss-Würm-interglaciale tijd | Eem-stelsel | Eem-vorming |
| Riss-glaciale tijd | d. Zanddiluvium B c. Glaciaal diluvium b. Afzettingen in de "neutrale ruimte" a. Bovenste grove afdeling | d. Löss in Z. Limburg c. Middenterr.-afz. b. Glacigene vormingen a. Hoogterras-afz. |
| Mindel-Riss-interglaciale tijd | Middelste fijne afdeling | Horizon van <i>Viviparus diluvians</i> |
| Mindel-glaciale tijd | Onderste grove afdeling | |
| Günz-Mindel-interglaciale tijd | Onderste fijne afdeling | Horizon van <i>Viviparus glacialis</i> |
| Günz-glaciale tijd | | |

Inmiddels is duidelijk geworden dat herkomst niet alleen samenhangt met aanvoer van sediment door de rivieren of de zee, maar ook met verplaatsing van materiaal door het landijs. Aan het begin van de 20ste eeuw tonen Penck en Brückner de relatie tussen morfologie van het Alpen-voorland en de uitbreiding van de gletsjers tijdens de ijstijden aan. Vanaf dat moment wordt in Nederland naar het verband gezocht tussen de diverse sedimentenpakketten, die op grond van stratigrafische positie en op grond van lithologische verschillen (grof en fijn etc.) van elkaar zijn te onderscheiden, en de ijstijden en de niet-ijstijden. In tabel A.3 zijn hiervan de resultaten weergegeven.

Petrologische en paleontologische gegevens bevestigen het bestaan van ijstijden en niet-ijstijden, en daarmee het wisselende klimaat, van het Pleistoceen. Het onderzoek aan bladfossielen, macro- en zoogdierresten in de bruinkoolafzettingen en de kleien met een tertiaire en vroeg-pleistocene ouderdom heeft overduidelijk het bewijs geleverd voor het toenmalig heersende (sub)tropische klimaat. Een wolharige mammoet is een vertegenwoordiger van een koud klimaat, terwijl een aap een (sub)tropisch klimaat waardeert; amberbomen worden tegenwoordig alleen nog maar in gebieden met een subtropisch klimaat aangetroffen. Op grond van de fossielinhoud worden de klimaatsomstandigheden die heersten tijdens van de afzetting van het sediment gereconstrueerd.

Omdat de vergletsjeringen van Scandinavië, Polen en Duitsland niet zondermeer met die van de Alpen correleren, wordt in de jaren dertig en veertig op twee manieren getracht om dit probleem op te lossen. Één groep geologen richt haar aandacht vooral op de sediment-petrologische eigenschappen van de afzettingen. Zij maken daarbij onder andere gebruik van de morfostratigrafische positie van de afzettingen (tabel A.3). De andere groep zoekt haar heil in de uitkomsten van het paleontologisch onderzoek. Bij het paleontologisch onderzoek heeft de palynologie inmiddels haar nut bewezen. Zij bevestigt de aanwezigheid van een toendravegetatie in een ijstijd en van loofbossen in een niet-ijstijd.

Tabel A.4 Samenvatting van de legenda van de geologische kaart van Tesch (naar Oosting, 1937)

| | Stratigrafische schema | | Symbolen geol. kaart | Tijdstip bij benadering | Facies der afzettingen |
|--|---------------------------|---|----------------------|-------------------------|--|
| H o l o c e n | Boven- of Jongholoceen | | I I-I 14 | | Stranden en wadden, zoetwater en land. |
| | | Aanvang Atlanticum, Littorina transgressie, overstroming Nauw van Calais | | - 5.000 | |
| P l e i s t o c e n | Onder- of Oudholoceen | | I 0 | | |
| | Würm Glaciaal | Laagterrasafzettingen | II 8 | - 20.000 | Zoetwater (rivier) en land. |
| P l e i s t o c e n | Riss-Würm Interglaciaal | Mariene "Eemvorming" en land- en zoetwatervormingen van denzelfden ouderdom | II 8 I | | Ondiep zeewater, stranden en wadden, zoetwater (rivier) en land. |
| | | Löss in Zuid-Limburg Midenterrasaafzettingen | II I II 6 | | |
| P l e i s t o c e n | Riss Glaciaal | Glacigene vormingen (grondmorene, smeltwatervormingeb daaronder en daarboven, stuwwallen) | II 5 - II 2 | | Landijs en smeltwater, zoetwater (rivier) en land. |
| | | Hoogterrasafzettingen | II I | - 200.000 | |
| P l e i s t o c e n | Mindel-Riss Interglaciaal | Horizon van Viviparus diluvianus (Horizon van Neede) | | | Zoetwater en land Zoetwater (rivier) en land. |
| | Mindel Glaciaal | | | | Zoetwater en land. |
| P l e i s t o c e n | Günz-Mindel Interglaciaal | Horizon van Viviparus glacialis (Horizon van Tegelen) | | | |
| | Günz Glaciaal | | | - 600.000 | Ondiep zeewater, stranden en wadden, zoetwater (rivier) en land. |

Verder wordt duidelijk dat de warme soorten van het Tertiair in de loop van het Pleistoceen zijn uitgestorven. Het loofbos zoals dat van onze breedtegraden bekend is, heeft zich in de loop van het Pleistoceen ontwikkeld.

De in 1918 ingestelde Rijks Geologische Dienst krijgt de opdracht een geologische kaart des Rijks op een schaal 1:50 000 te maken. Onder leiding van dr. P. Tesch wordt aan deze opdracht begonnen. De kaart zou in 196 kaartbladen worden uitgebracht en gedrukt in kleuren op een onderdruk van de topografische en militaire kaart. In de toelichting bij de kaart (1930) meldt Tesch dat de kaart een voorstelling wil geven van de “wordingsgeschiedenis van den bodem”, zodat de vormingen in de eerste plaats naar “verschillende ouderdom en verschillende ontstaanswijze” onderscheiden worden en in de tweede plaats “naar petrografische eigenschappen”. Deze kaart is dus in opzet historisch-geologisch.

Tabel A.4 geeft het stratigrafisch schema van de afzettingen uit het “Plistoceen” en Holocene volgens de geologische kaart van Tesch weer. Hieruit blijkt dat de “petrografische eigenschappen” feitelijk een zeer ondergeschikte rol bij de indeling speelden. Het accent ligt op de (terrassen)morfologie en op de te onderscheiden afzettingenmilieus. Het “Plistoceen” eindigt volgens tabel A.4 met de vorming van de “Laagterrasafzettingen”, de laatste herkenbare in het Pleistoceen gevormde reliëf. Het Pleistoceen begint met een ijstijd (Günz glaciaal). Uit de naamgeving van de stratigrafische eenheden blijkt correlatie naar de vergletsjering van het alpine gebied.

Tussen ruwweg 1920 en 1940 bestaat bij de geologen het volgende beeld over het ontstaan van Nederland. De eerste helft van het Pleistoceen - het IJstijdvak - laat net als in het Tertiair een hoofdzakelijk met mariene afzettingen opgevuld dalend Noordzee bekken zien waarin vanaf de landzijde in uitbouwende delta's door de rivieren zanden en kleien worden afgezet. Van oud naar jong neemt die fluviatile invloed toe. Met name in het jongere deel wijzen de fossiele planten- en dierresten in de afzettingen op een afwisseling van warme en koude perioden. Slechts in één geval is zichtbaar dat in zo'n koude periode het landijs Nederland bereikt (Riss glaciaal). Koude fasen worden ook herkend aan vervormingen die in het sediment worden waargenomen (periglaciaire verschijnselen). In Nederland zijn deze met name bekend uit de afzettingen van na de landijsbedekking. Op grond van de Alpiene correlatie worden deze aan het Würm gekoppeld. Zowel Loricé als Tesch bedienen zich van de terminologie van het Alpen-voorland. De correlatie met Nederland is echter niet zeker, zodat Van der Vlerk en Florschütz zich al in de veertiger jaren beijveren voor een lokale stratigrafie. Ook pleiten zij voor correlatie met de landijsbedekkingen van noordwest Duitsland, Polen en Denemarken.

De fossielinhoud van de gesteenten blijft in de belangstelling staan. Met name de zoogdierstratigrafen (Bernsen, mej. A. Schreuder, e.a.) hebben de nodige vondsten beschreven uit de afzettingen van de ondergrond van Nederland. Verder is de kennis over interglaciale en glaciaire afzettingen door het pollenanalytisch onderzoek sterk toegenomen. Mede op grond van de aanwezigheid van “koude” schelpen, foraminiferen en bryozoën in de oudere pleistocene afzettingen leidt dit tot het inzicht dat de eerste koude periode al voor het Tiglien ligt.

Tabel A.5 Paleontologische indeling naar Van der Vlerk & Florschütz 1950

Tabel A.6 Onderverdeling van het Pleistoceen naar Pannekoek (1956) en Zonneveld (1947)

| Penck & Brückner (1901-'09) (*koude fase) | Tesch (1942) (geologische kaart) | Van der Vlerk & Florschütz (1950) | Woldstedt (1950)(*koude fase) | Zonneveld (1947) (Peel) |
|---|---|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| | | | | B. Bovenste zanddiluvium |
| * Würm | Laagterras II 8 Loess II 5 & 7 | Tubantien | * Weichsel | |
| Riss-Würm | Eem afzettingen II 8" | Eemien | Eem | A. Zone van Horn (Erosiedalen van Meyel en Beringen) |
| | Middenteras II 6 Fluvio-glaciaal II 4 | | | b. Maaszone van Grubbenvorst en Rijnzone van Kreftenheye |
| * Riss | Grondmorene II 3 Fluvio-glaciaal II 3" Hoogterras bII 1-2 | Drenthien | * Saale | a. Maaszone van Veghel |
| Mindel-Riss | | Needien | Holstein | (Erosiedal van Stramproy-Venlo) |
| * Mindel | Pleistoceene ouder dan Hoogterras II 0 | | * Elster | |
| | | Taxandrien | | d. Saussurietzone van Weert |
| | | | | c. Hoornblendearme zone v. Woensel |
| | | | | b. Maaszone v. Budel |
| | | | | a. Hoornblendrijke zone v. Sterksel |
| Günz-Mindel | | | Cromer | Onderste fijne afzettingen |
| * Günz | | | * Weybourne | Granaatzone van Tegelen |
| Donau-Günz | | Tiglien (inclusief Icenien) | Tegelen | |
| * Donau | Boven Pliocene III 3 | Praetiglien (inclusief Amstelien) | * Butley | Marien Praerissien |
| Pre-Donau ? | | | | |

Ook het onderzoek van Edelman (1933) c.s. aan “de petrologische samenstelling” van de afzettingen in de Nederlandse ondergrond in en na de Tweede Wereldoorlog heeft geleid tot een beter inzicht in de herkomst van het grind en de zware mineralen in de sedimenten. Het grindonderzoek van Maarleveld (1956) vormt een voortzetting van dit type onderzoek. Naast Rijn en Maas blijken ook de Noord-Duitse rivieren als leverancier van sediment van invloed te zijn geweest. Dat dit verband houdt met de vergletsjering van Scandinavië, Duitsland en Polen spreekt voor zich.

Uit de hiervoor geschetste ontwikkeling blijkt dat men veronderstelt dat de afzettingen in de ondergrond uit een stapeling van sedimentpakketten bestaat, die dateren uit de glaciële en interglaciële perioden. In glaciële perioden wordt door verwilderde rivieren grof sediment afgezet, in interglaciëlen zorgen meanderende rivieren en de zee voor fijnkorrelig sediment (Doeglas 1951). De

ruimtelijke verdeling van het sediment in de glaciële en interglaciële perioden is afhankelijk van de situering van de zee en de weg die de rivieren volgen om de “Noordzee” te bereiken. Met behulp van boorgegevens, sediment-petrologie (grind en zware mineralen) en paleontologie (macro en micro) wordt het ruimtelijk patroon van deze afzettingen in de ondergrond van Nederland in kaart gebracht, overigens zonder hierbij naar de sedimentologie van de afzettingen te kijken. Naast de afzettingen van de grote rivieren en de zee worden ook afzettingen die direct samenhangen met de aanwezigheid van het landijs in Nederland onderscheiden. Tenslotte krijgen afzettingen van de plaatselijke riviertjes en beken, alsmede (periglaciaal) lokaal door wind en water verplaatst sediment, en lokaal gevormd veen een plaats binnen de lithostratigrafie. In tabel A.7 wordt dit weergegeven.

De verkregen gegevens resulteren ook in tal van paleogeografische kaarten (De Jong 1967, Zagwijn, 1974, 1989). Deze kaarten geven de verbreiding van de diverse afzettingen uit verschillende perioden op hoofdlijnen weer. De duur van deze perioden kan wel tot honderdduizenden jaren oplopen. Een nauwkeuriger datering van de weergegeven paleogeografische situatie, en daarmee van de getoonde pakketten, vindt men niet nodig; de gebruiker vraagt er niet om. Voor wat betreft de correlatiemogelijkheden met het buitenland maakt men zich geen zorgen; qua kennis van het Kwartair loopt Nederland voorop.

Door de technologische ontwikkeling nemen de dateringsmogelijkheden vanaf de Tweede Wereldoorlog sterk toe. Dit geldt aanvankelijk met name voor de jongere afzettingen. Al vanaf het begin van de 20ste eeuw worden archeologische vondsten gebruikt om de dalingsnelheid van Nederland te berekenen. De aanwezigheid van bijvoorbeeld Romeins aardewerk in oude, met sediment bedekte, oppervlakken die beneden de huidige zeespiegel liggen maken duidelijk dat het kustgebied van Nederland ten opzichte van de zeespiegel daalt. Oorzaak hiervan is een combinatie van absolute zeespiegelstijging, klink en mogelijk tectonische bodemdaling.

Tabel A.7 Tabel van de boven-tertiaire en kwartaire formaties, gerangschikt naar ouderdom en genese (naar Doppert et al. 1975)

| Chronostratigrafie | | | Afzettingen i.v.m. landijs | | Afzettingen van lokale herkomst | | Afzettingen van grote rivieren | | Afzettingen in zee en bij de kust | |
|--------------------|-----------|---------------------|----------------------------|---|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| | | | N | Z | N | Z | N | Z | N | Z |
| KWARTAIR | HOLO-CEEN | | | | F.v. Kootwijk E | | Betuwe Form. R + M | | Westland Formatie | |
| | | | | | F.v. Griendtsveen V | | | | | |
| | BOVEN | Weichselien* | | | F.v. Singraven B | | | | | |
| | | Eemien | | | F.v. Twente E + V + P + B | | Form. van Kreftenheye R + M | | | |
| | MIDDEN | Saalien* | F.v. Drente | | F.v. Eindhoven E + V + P + B | | | | | |
| | | Holsteinien | | | | | Formatie van Urk R | Formatie van Veghel M | ** | |
| | | Elsterien* | F.v. Peelo | | | | | | *** | |
| | | Cromerien complex** | | | | | | | | |
| | | Menapien* | | | F.v. Kedichem (ten dele) B + P + V | | F.v. Enschede R + M | Formatie v. Sterksel R + M | | |
| | | Waalien | | | | | Formatie v. Kedichem R + M | | | |
| | ONDER | Eburonien* | | | | | Formatie v. Harderwijk O | Formatie v. Tegelen R + M | | |
| | | Tiglien | | | | | | | | |
| | | Praetiglien* | | | | | | | Formatie van Maassluis | |
| | | | | | | | | | | |
| | TERTIAIR | PLIOCEEN | Boven (Reuverien) | | | | F.v. Scheemda O | Kiezeloëliet Formatie R + M | | Formatie van Oosterhout |
| | | | Onder (Brunssumien) | | | | | | | |
| | | MIOCEEN | Boven | | | | | | | |
| | | | Midden | | | Formatie van Heksenberg | | | | Formatie van Breda (ten dele) |
| Onder | | | | | | | | | | |

E = eolische afzettingen R = Rijn * = koude tijd RGD tijdstabel
P = periglaciaire afzettingen M = Maas ** = complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme- en 3 koude tijden
B = beekafzettingen O = oostelijke noordduitse rivieren en voorlopers *** = nog onbenoemd, voorlopig bij Form. v. Urk
V = veen

Vanaf de jaren vijftig biedt het dateren met behulp van radioactief koolstof (C¹⁴) de mogelijkheid om de opbouw van het Holoceen in meer detail te ontrafelen. Ook voor het Weichselien worden goede

dateringsmogelijkheden verwacht, alhoewel later blijkt dat dit maar beperkt mogelijk is. Wel zorgt de belangstelling voor het Weichselien voor een betere herkenning van periglaciale verschijnselen. Overigens is de sterke toename van het aantal mogelijkheden om deze verschijnselen in (tijdelijke) ontsluitingen te bestuderen hier mede debet aan.

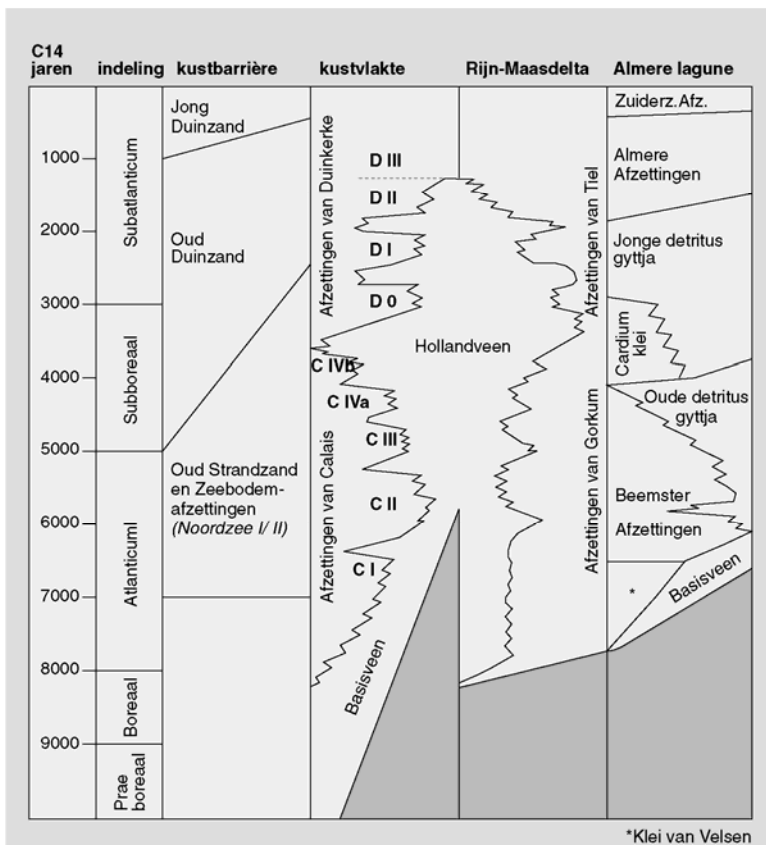
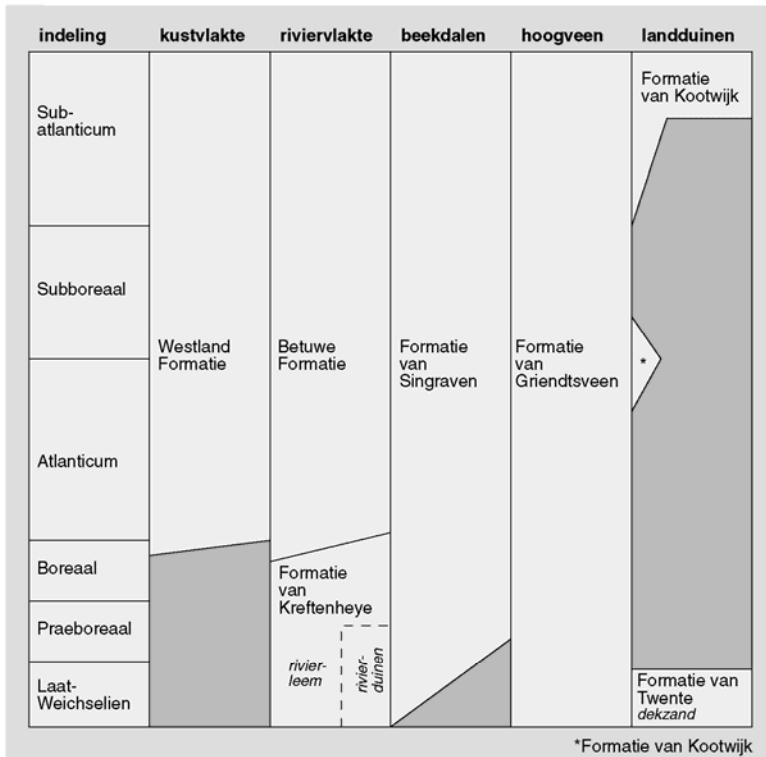
Buiten de C^{14} ouderdommen voor de jongere afzettingen levert het bepalen van de isotoopverhoudingen (K/Ar) van sommige mineralendateringen van de oudere afzettingen op. Het eerste verschijnen van het mineraal augiet in de Nederlandse ondergrond is daarmee op 400.000 jaar gedateerd. Nog oudere afzettingen kunnen worden gedateerd met behulp van metingen aan het paleomagnetisme (ompolingen). Op grond van het paleomagnetisme wordt de ondergrens van het Pleistoceen voor Nederland op 2,5 miljoen jaar vastgesteld (Van Montfrans 1971).

Verder wordt op grond van de Milankovitch-cycliciteit aangenomen dat glacialen en interglacialen elkaar met een zekere periodiciteit afwisselen. De duur van een interglaciaal zou zo'n 10.000 jaar bedragen, terwijl een glaciaal circa 100.000 jaar in beslag neemt. Hierdoor is een verfijnde indeling van het Pleistoceen mogelijk. Plaatsing van deze indeling naast de uit diepzee sedimenten verkregen $\delta O^{18}/\delta O^{16}$ curve biedt de mogelijkheid ook de terrestrische pleistocene afzettingen in de tijd te plaatsen.

Na de Tweede Wereldoorlog komen via de Stiboka grote aantallen boorgegevens beschikbaar. Dit leidt tot een steeds gedetailleerdere kennis van de holocene afzettingen van het kustgebied en het rivierengebied. De mogelijkheid om deze afzettingen met behulp van C^{14} absoluut te dateren heeft er toe geleid dat de afzettingen in het kustgebied en het "perimariene" gebied op grond van hun ouderdom worden onderscheiden en gekarteerd (Hageman, 1969). Hetzelfde geldt voor de beekdalen, hoogveenvorming en de duinontwikkeling. Tabel A.8 geeft een beeld van de gedetailleerde kennis die, in zeer korte tijd, met behulp van C^{14} dateringen en vele duizenden boringen, in de ondiepe ondergrond is opgebouwd. Deze kennis is ook in paleogeografische kaarten vastgelegd (Berendsen 1982, Zagwijn 1986).

In paleontologisch opzicht levert de pollenanalyse een boompollen- en kruidenbeeld op dat de (supra)regionale vegetatieontwikkeling weergeeft. Als het klimaat zich na een ijstijd naar een optimum ontwikkelt lijken de vegetatiegordels van zuid naar noord over Europa te schuiven. Pollenanalytisch onderzoek aan boringen en ontsluitingen levert pollenassociaties op die gerelateerd zijn aan deze vegetatieontwikkeling in de tijd.

Tabel A.8 Tabel van de holocene formaties, gerangschikt naar ouderdom, genese en verbreiding (volgende pagina)



Dit beeld past goed bij de opvattingen die Jessen & Milthers (1928) en Iversen (1958) over de samenhang tussen vegetatieontwikkelingen en klimaat, neerslag, bodemontwikkeling etc. hebben. Dit ligt in het verlengde van de in het begin van de 19e eeuw door Von Humboldt geuite veronderstelling

dat plantengemeenschappen in een beperkt aantal typen uiteenvallen, waarbij de relaties tussen typen en hun omgeving door wetmatigheden worden bepaald. Gebergten in de tropen vertonen vergelijkbare vegetatiegordels als die van de gematigde en boreale gebieden, die zich echter op verschillende hoogten bevinden.

Het Holoceen wordt, ondanks menselijk ingrijpen in de natuurlijke gang van zaken, het voorbeeld van de vegetatieontwikkeling van een interglaciaal. Daarnaast wordt de kustontwikkeling van het Holoceen gehanteerd als analogon voor oudere mariene afzettingen. Verder wordt het langzaam verdwijnen van de tertiaire “elementen” gebruikt om de oudere pleistocene afzettingen van de jongere te onderscheiden. De afwisseling van afzettingen met kruidenrijke pollenspectra en boomrijke pollenspectra wordt respectievelijk in termen van koude dan wel warme perioden verklaard.

Uit het bovenstaande wordt duidelijk dat de lithostratigrafische indeling van tertiaire en kwartaire afzettingen in Nederland historisch is bepaald. Herkomst, genese en ouderdom van het sediment spelen bij de huidige indeling een belangrijke rol. Sediment-petrologische, biostratigrafische en chronostratigrafische criteria zijn daarmee de “lithostratigrafie” binnen gesloten. Kennelijk was een zuiver lithostratigrafische indeling niet goed mogelijk, of werd de noodzaak ervoor niet gevoeld.

Literatuur

- Berendsen, H.J.A., 1982, De genese van het landschap in het zuiden van de provincie Utrecht. Een fysisch-geografische studie. Proefschrift/Utrechtse Geografische Studies 25: 1-256.
- De Jong, J.D., 1967, The Quaternary of The Netherlands. In: The geologic systems. Vol. 2: The Quaternary. Interscience Publishers, New York/London/Sydney: 301-426.
- Doeglas, D.J., 1951, Meanderende en verwilderde rivieren. Geologie en Mijnbouw 13: 297-299.
- Doppert, J.W.Chr., Ruegg, G.H.J., Van Staalduinen, C.J., Zagwijn, W.H. and Zandstra, J.G., 1975, Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: W.H. Zagwijn and C.J. van Staalduinen (red.), Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 11-56.
- Edelman, C.H., 1933, Petrologische provincies in het Nederlandse Kwartair. (Diss. Amsterdam). Centen, Amsterdam.
- Geikie, J., 1874, The great ice age. Isbister, London.
- Hageman, B.P., 1969, Development of the western part of the Netherlands during the Holocene. Geologie en Mijnbouw 48: 373-388.
- Iversen, J., 1958, The bearing of glacial and interglacial epochs on the formation and extinction of plant taxa. Uppsala Universitets Arsskrift 6: 210-215.
- Jessen, K. & V. Milthers, 1928, Stratigraphical and Palaeontological Studies of Interglacial Fresh-water Deposits in Jutland and Northwest Germany. Danm. geol. Undersøg. II 48.
- Lorié, J., 1907, De voorgestelde eenheid van het ijstijdvak II. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap Tweede Serie Deel XXIV: 71-94.
- Maarleveld, G.C., 1956, Grindhoudende midden-pleistocene sedimenten. Het onderzoek van deze afzettingen in Nederland en aangrenzende gebieden. Mededelingen Geologische Stichting, Serie C-VI-No. 6: 1-105.
- Oosting, W.A.J., 1937, Geologische kaart van Nederland. Schaal 1:800.000.
- Pannekoek, A.J. (red.), 1956, De geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland op de schaal 1:200,000. Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage.
- Penck, A. & E. Brückner, 1901-'09, Die Alpen im Eiszeitalter. Tauchnitz, Leipzig.
- Staring, W.H.C., 1860, De bodem van Nederland 2. Kruseman, Haarlem.
- Tesch, P., 1942, Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland. De geologische kaart van Nederland en hare beteekenis voor verschillende doeleinden. Mededeelingen van de Geologische Stichting, Serie D Nr. 1. Algemene Landsdrukkerij, 's Gravenhage.
- Van Montfrans, H.M., 1971, Palaeomagnetic dating in the North Sea Basin. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
- Van der Vlerk, I.M., & F. Florschütz, 1950, Nederland in het ijstijdvak. De geschiedenis van flora, fauna en klimaat, toen aap en mammoet ons land bewoonden, De Haan, Utrecht.
- Woldstedt, P., 1950, Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Koehler Verlag, Stuttgart.
- Zagwijn, W.H., 1974, The Paleogeographic Evolution of The Netherlands during the Quaternary. Geologie en Mijnbouw 5: 369-385.
- Zagwijn, W.H., 1986, Nederland in het Holoceen. Geologie van Nederland, deel 1. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Zagwijn, W.H., 1989, The Netherlands during the tertiary and the Quaternary: A case of Coastal Lowland evolution. Geologie en Mijnbouw 68: 107-120.

Zonneveld, J.I.S., 1947, Het kwartair van het Peelgebied en de naaste omgeving (een sedimentpetrologische studie. Mededelingen Geologische Stichting, Serie C-VI-No. 3: 1-223.

Bijlage B Beschrijving van de lithostratigrafische eenheden

Deze bijlage bevat een voorbeeld van een beschrijving van een lithostratigrafische eenheid. Elke onderscheiden eenheid op het niveau van de Subgroep, Formatie, Laagpakket en Laag wordt analoog aan het voorbeeld in dit rapport beschreven. Bij de beschrijving komen de volgende zaken aan de orde:

- Naam van de lithostratigrafische eenheid:
 - Naam en rang van de eenheid, naam en rang van de moedereenheid indien aanwezig, DINO-code, oorsprong van de naam,
- Beschrijving van de lithologische kenmerken, zoveel mogelijk volgens SBB:
 - Algemene lithologie, dominante lithologie, ondergeschikte lithologie, sporadisch voorkomende lithologie,
- Definitie en aard van de grenzen:
 - Definitie en aard van de ondergrens, definitie en aard van de bovengrens,
- Overige kenmerken:
 - Beschrijving van de overige kenmerkende eigenschappen, regionale lithologische verschillen, dikte (minimum, maximum, variatie, gemiddeld),
- Typelocatie, stratotype en verbreiding:
 - Correcte typelocatie (mag samengesteld zijn), beschrijving van de typelocatie, coördinaten, locatiekaartje 1:25.000 met jaartal en kaartbladnummer Topografische Dienst, beschrijving van het stratotype (veelal een boorkolom of een profiel), verbreidingskaartje;
- Genese voor zover relevant voor de faciësinterpretatie
- Samenhang met andere benoemde lithostratigrafische eenheden;
 - Relatie tot andere benoemde lithostratigrafische eenheden, problematiek van vertandingen en mogelijke verwarring met andere eenheden.
- Relatie tot eerder beschreven eenheden;
 - Naam van de eerder beschreven eenheid/eenheden waarvoor de nieuwe eenheid (gedeeltelijk) in de plaats komt, oorspronkelijke literatuurverwijzing waarin de eerder beschreven eenheid/eenheden voor het eerst formeel wordt gedefinieerd.
- Ouderdom van de eenheid
- Literatuur

De literatuurlijst bevat tenminste de volledige verwijzing(en) naar literatuur waarin (delen van) de eenheid voor het eerst formeel wordt gedefinieerd. Daarnaast is het raadzaam literatuur op te nemen waarin goede beschrijvingen van (delen van) afzettingen van de eenheid worden gegeven.

Beschrijvingsformulier lithostratigrafische eenheid

Naam beschrijver: H.J.T. Weerts

Datum: Juni 1999

1 Naam van de lithostratigrafische eenheid

Naam: Kreftenheye

Rang: Formatie

Naam van de moedereenheid*: Lopik / Rijn

Rang van de moedereenheid*: Subgroep / Groep

Code: KR

Oorsprong Naam: Zonneveld (1947) voert de naam Zone van Kreftenheye in voor grofzandige en grindhoudende afzettingen met een kenmerkende zware mineralenassociatie in het noordelijk Peelgebied. In 1958 wordt voor deze afzettingen en de ermee gecorreleerde afzettingen in heel Nederland de Formatie van Kreftenheye ingevoerd (Zonneveld, 1958). Door Doppert *et al.* (1975) is deze naam overgenomen. De eenheid wordt thans verder onderverdeeld en gewijzigd.

* indien aanwezig

2 Beschrijving van de lithostratigrafische eenheid

2.1 Beschrijving van de lithologische kenmerken

Algemene lithologie:

- Zand, matig fijn tot uiterst grof (150 – 2000 µm) grijs tot bruin, kalkhoudend tot kalkloos, grindhoudend.

Dominante lithologie:

- Zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 µm), grijs tot bruin, kalkhoudend, grindhoudend.

Ondergeschikte lithologie:

- Zand, uiterst fijn tot matig fijn (63 - 150 µm), grijs tot bruin, kalkhoudend tot kalkloos.
- Klei, zwak siltig tot zandig, grijs, bruin of zwart, kalkloos tot kalkhoudend.
- Grind, fijn tot zeer grof (2 - 63 mm), sterk zandhoudend.

Sporadisch voorkomende lithologie:

- Veen, dun gelaagd, kleiig, bruin, kalkloos.

2.2 Definitie en aard van de grenzen

Definitie en aard van de ondergrens:

In west en midden Nederland komen de grofzandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye veelal voor boven vrijwel identiek zand en grind van de Formatie van Urk. De grens tussen beide formaties is uit boringen vrijwel niet vast te stellen. In dit gebied worden de afzettingen van beide formaties samengenomen in de Lopik Subgroep. In het uiterste zuidwesten van het verbreidingsgebied komen de afzettingen van de grofzandige Formatie van Kreftenheye voor boven fijnzandige, veelal kleiige, afzettingen van de Formatie van Waalre of fijn zand van de Formatie van Stramproy. De grens met deze afzettingen is scherp en duidelijk. In het IJsseldal en delen van het IJsselmeergebied en Noord-Holland liggen de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye op kleiige tot fijnzandige lacustroglaciale afzettingen van de Formatie van Drente (Laagpakket van Twello). De grens met deze afzettingen is duidelijk en scherp. In delen van Noord-Holland, Utrecht en het IJsselmeergebied liggen de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye op grofzandige grindhoudende, fluvioglaciale afzettingen van de Formatie van Drente (Laagpakket van Schaarsbergen) De grens tussen deze eenheden is geleidelijk en moeilijk uit boringen te bepalen. In Noord-Brabant en noord Limburg zijn de grove afzettingen van de Formatie van Kreftenheye ingesneden in grove afzettingen van de Formatie van Beegden. De grens tussen beide formaties is scherp maar niet altijd duidelijk vast te stellen. In het uiterste zuidoosten van het verbreidingsgebied liggen grofzandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye erosief op fijn tot matig grof wit zand van de Kiezeloöliet Formatie. De grens met deze afzettingen is scherp en duidelijk waarneembaar. In midden en west Nederland ligt de klei van de Laag van Wijchen lokaal op fijn tot matig grof zand van de Formatie van Twente. De grens met deze afzettingen is scherp.

Definitie en aard van de bovengrens:

In het IJsseldal, het IJsselmeergebied en Noord-Holland wordt de Formatie van Kreftenheye bedekt met fijn tot matig grof zand of veen van de Formatie van Twente of (in Noord-Holland) schelphoudend fijn tot grof zand van de Eem Formatie. Over het algemeen is de grens scherp. In west en midden Nederland worden de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye bedekt door klei en zand van de Formatie van Echteld, veen van de Formatie van Nieuwkoop, of zand, zeer fijn tot matig grof van de Formatie van Twente. Aan de top van de Formatie van Kreftenheye komt hier veelal een stugge, grijze tot zwarte kleilaag voor (de Laag van Wijchen). De overgang van deze klei naar jongere afzettingen is scherp, behalve naar klei van de Formatie van Echteld. In dat geval is de overgang geleidelijk waarbij de grens in handboringen is vast te stellen op grond van de grotere stugheid van de klei van de Formatie van Kreftenheye, de bijmenging met zand, matig fijn tot uiterst grof en/of het voorkomen van een donkergrijze tot zwarte vegetatiehorizont aan de top van de klei. Indien de kleilaag aan de top van de Formatie van Kreftenheye ontbreekt is de grens met zand van de Formatie van Echteld of de Formatie van Twente moeilijk vast te stellen. De grens tussen zand van de Formatie van Twente met zand van de Formatie van Kreftenheye is dan geleidelijk; de grens met zand van de Formatie van Echteld is scherp maar alleen duidelijk waarneembaar in gestoken boringen.

2.3 Overige kenmerken

Beschrijving van overige kenmerkende eigenschappen:

In midden en west Nederland wordt in de jongste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye een puimsteenniveau aangetroffen dat door Verbraeck (1990) wordt beschreven.

Regionale lithologische verschillen:

Binnen de Formatie van Kreftenheye worden de volgende laagpakketten onderscheiden;

- Laagpakket van Zutphen.
- Laagpakket van Well.
- Laagpakket van Twello.
- Laag van Wijchen.

Het Laagpakket van Zutphen omvat het veen, de klei en fijnzandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye cf. Doppert *et al.* (1975) in het IJsseldal.

Het Laagpakket van Well (Zanden van Well cf. Zonneveld, 1958) omvat de grove afzettingen van de Formatie van Kreftenheye in noord Limburg en noordoostelijk Noord-Brabant die zijn gevormd toen de Rijn door het oprukkende landijs naar het westen werd gedwongen en daarbij afwaterde door enkele dalen in de Mittelterrasse (Klostermann, 1992).

Het Laagpakket van Twello omvat de fluviaal-deltaïsche opvulling van het glaciaal IJsseldalbekken. De stugge klei die in midden en west Nederland vaak aan de top van de Formatie van Kreftenheye voorkomt wordt tot de Laag van Wijchen (Wijchen Member cf. Törnqvist *et al.* 1994) gerekend. Voor het Saale-ijfront in midden en west Nederland kan noordelijk grind in de afzettingen voorkomen.

Dikte (minimum, maximum, variatie, gemiddeld):

De dikte van de afzettingen varieert van minder dan 1 m tot ruim 25 m. Over het algemeen ligt de dikte tussen 10 en 25 m.

3 Typelocatie, stratotype en verbreiding

3.1 Geografische beschrijving van de typelocatie

Correcte typelocatie:

Lectostratotype: Boring 40A0440 te Elst (Gelderland) traject 4 - 26 m beneden maaiveld. Deze boring vervangt het oude stratotype boring 46G0018. Dit stratotype is niet langer toegankelijk. Bovendien was de Formatie van Kreftenheye in deze boring slechts gedeeltelijk en atypisch ontsloten.

Parastratotype: Boring 33E0312 te Twello traject 9.0 – 21 m beneden maaiveld. Deze boring geeft een fraai beeld van de afzettingen van de Laagpakketten van Zutphen (9.0 – 17.0 m) en Twello (17.0 – 21.0 m).

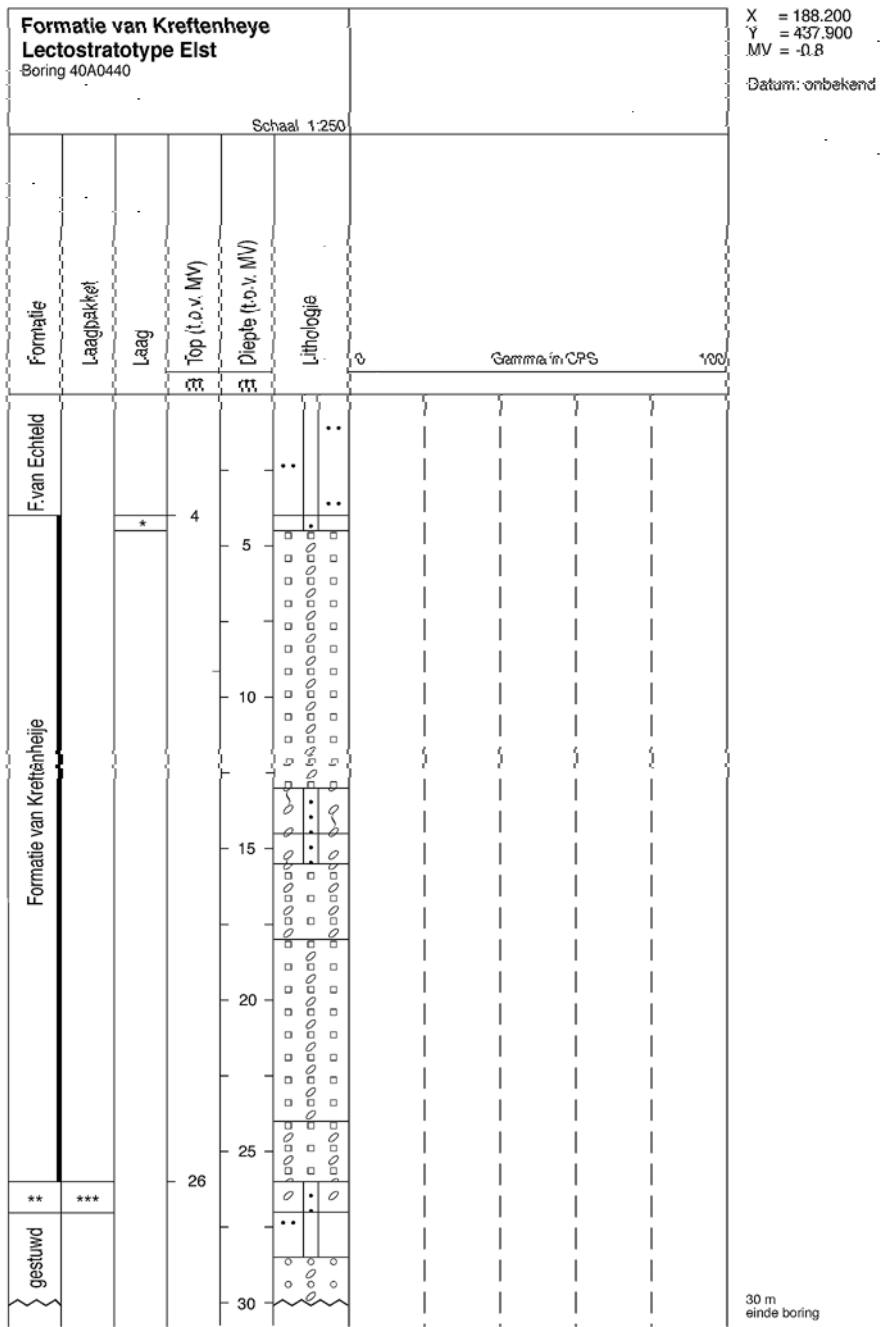
Coördinaten:

| | | |
|----------------------|---------|---------|
| | 40A0440 | 33E0312 |
| X (km) | 188,200 | 202,602 |
| Y (km) | 437,900 | 474,350 |
| Maaiveld (m tov NAP) | 8,86 | 5,10 |

Locatiekaartje 1:25 000 + jaar & nummer Topografische Dienst:

Nog niet beschikbaar.

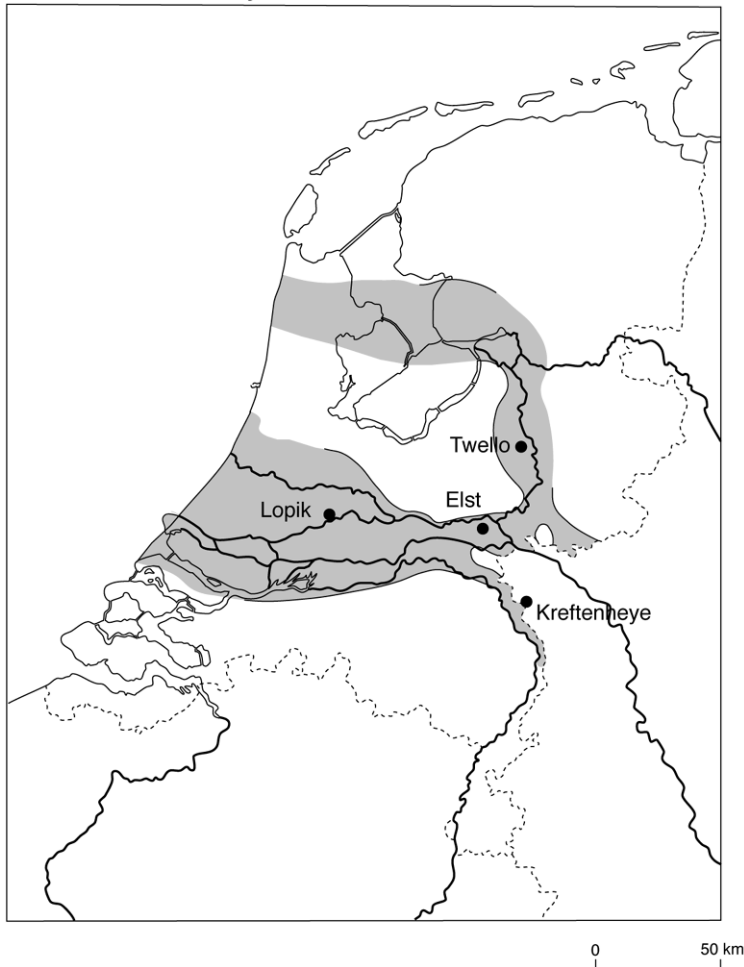
3.2 Beschrijving van het stratotype



* Laag van Wijchen (afgeleid uit boring 437-188-0012)
 ** Formatie van Drente
 *** Laagpakket van Gieten

3.3 Geografische verbreiding

Formatie van Kreftenheye



4 Genese voor zover relevant voor de faciësinterpretatie

De afzettingen van de Formatie van Kreftenheye zijn gevormd door de Rijn. Het overgrote deel van het sediment is afgezet vanuit een vlechtende Rijn aan het eind van het Saalien en gedurende het Weichselien. Ten tijde van het afsmelten van het landijs in het Saalien was de Rijn een ijsrandrivier. De afzettingen van het Laagpakket van Zutphen zijn gevormd door een meanderende Rijn. Ook de afzettingen van de Laag van Wijchen en een deel van de zandige top van de jongste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye zijn gevormd door meanderende rivieren (Makaske & Nap, 1995).

5 Samenhang met andere benoemde lithostratigrafische eenheden

Relatie tot andere benoemde lithostratigrafische eenheden:

Buiten de hollandse kust worden de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye deels tot de Eem Formatie en de Bruine Bank Formatie cf. Long *et al.* (1988) gerekend. In Duitsland zijn de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye te correleren met afzettingen van de Jüngere en Ältere Niederterrasse en een deel van de Untere Mittelterrasse 4 (Klostermann, 1992).

Problematiek van vertandingen en mogelijke verwarring met andere eenheden

Ten opzichte van de definitie van de Formatie van Kreftenheye door Doppert *et al.* (1975) is een aantal wijzigingen doorgevoerd:

- De rivierduinen (Formatie van Kreftenheye d. cf. Doppert *et al.* 1975) worden op grond van hun lithologische samenstelling en stratigrafische positie als Laagpakket van Delwijnen cf. Törnqvist *et al.* (1994) ondergebracht in de Formatie van Twente.
- Afzettingen in het dal van de Maas stroomopwaarts van Gennep (Formatie van Kreftenheye c. cf. Doppert *et al.*, 1975) worden op grond van hun lithologische samenstelling en stratigrafische positie tot de Formatie van Beegden gerekend.
- Het Maasterras van Gronsveld dat door Doppert *et al.* (1975) tot de Formatie van Kreftenheye werd gerekend wordt thans tot de Formatie van Eijsden gerekend.

In midden en west Nederland is het onderscheid met de onderliggende afzettingen van de Formatie van Urk zeer problematisch. In dit gebied is de Lopik Subgroep voor afzettingen van beide formaties ingevoerd. In hetzelfde gebied kan ook het onderscheid met de fluvioglaciale afzettingen van de Formatie van Drente (Laagpakket van Schaarsbergen) problematisch zijn. In het uiterste westen van het verspreidingsgebied van de formatie komen inschakelingen met zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 μm), grindhoudend, schelphoudend voor. De schelpen hebben een mariene oorsprong. Vooralsnog is niet duidelijk of het hier mariene omwerking van fluviatiel sediment van de Formatie van Kreftenheye betreft, of fluviatiele omwerking van marien sediment van de Eem Formatie.

6 Relatie tot eerder beschreven eenheden

Naam van de eerder beschreven eenheid/eenheden, waarvoor de nieuwe eenheid (gedeeltelijk) in de plaats komt:

Niet van toepassing.

Oorspronkelijke literatuurverwijzing, waarin de eerder beschreven eenheid/eenheden voor het eerst formeel wordt gedefinieerd:

Zonneveld (1947) voert de naam Zone van Kreftenheye in voor grofzandige en grindhoudende afzettingen met een kenmerkende zware mineralenassociatie in het noordelijk Peelgebied. In 1958 wordt voor deze afzettingen en de ermee gecorreleerde afzettingen in heel Nederland de Formatie van Kreftenheye ingevoerd (Zonneveld, 1958). Door Doppert *et al.* (1975) is deze naam overgenomen.

7 Ouderdom van de eenheid

Laat-Saalien, Eemien en Weichselien.

8 Literatuur

- Anonymus, 1998, Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Rotterdam Oost (37O).
Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Delft/Haarlem.
- Bennema, J. & L.J. Pons, 1952, Donken, fluviatiel Laagterras en Eemzee-afzettingen in het westelijk gebied van de grote rivieren. *Boor en Spade* 5: 126-137.
- Berendsen, H.J.A., 1982, De genese van het landschap in het zuiden van de provincie Utrecht, een fysisch-geografische studie. *Utrechtse Geografische Studies* 25: 1-255.
- Berendsen, H.J.A., W.Z. Hoek & E.A. Schorn, 1995, Late Weichselian and Holocene river channel changes of the rivers Rhine and Meuse in the central Netherlands. *Paläoklimaforschung* 14: 151-171.
- Bohncke, S., J. Vandenberghe & A.S. Huizer, 1993, Periglacial environments during the Weichselian Late Glacial in the Maas valley, the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 72: 193-210.
- Bosch, J.H.A. & H. Kok, 1994, Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem West (38W). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Braun, F.J. & A. Thiermann, 1981, Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000. Erläuterungen zu Blatt 4130 Emmerich. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- Doeglas, D.J., 1951, Meanderende en verwilderde rivieren. *Geologie en Mijnbouw Nieuwe Serie* 13: 297-299.
- Doppert, J.W.Chr., G.H.J. Ruegg., C.J. van Staalduinen, W.H. Zagwijn, & J.G. Zandstra, 1975, Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (red.), *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 11-56.
- Hamming, C., M. Knibbe & G.C. Maarleveld, 1965, Afzettingen van de IJssel, nabij Zwolle. *Boor en Spade* 14: 88-103.
- Huisink, M., 1999, Changing river styles in response to climate change. Examples from the Maas and Vecht during the Weichselian Pleniglacial and Lateglacial. Proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Kasse, C., S. Bohncke & J. Vandenberghe, 1995, Climatic change and fluvial dynamics of the Maas during the late Weichselian and Early Holocene. *Paläoklimaforschung* 14: 123-150.
- Klostermann, J., 1992, Das Quartär der Niederrheinischen Bucht. Ablagerungen der letzten Eiszeit am Niederrhein. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- Long, D., C. Laban, H. Streif, T.D.J. Cameron & R.T.E. Schüttenhelm, 1988, The sedimentary record of climatic variation in the southern North Sea. *Phil. Trans. Of the Royal Soc. Lond.* 318B: 523-537.
- Makaske, B. & R.L. Nap, 1995, A transition from a braided to a meandering channel facies, showing inclined heterolithic stratification (Late Weichselian, central Netherlands). *Geologie en Mijnbouw* 74: 13-20.
- Pons, L.J., 1957, De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 63.11: 1-156.
- Pons, L.J. & J. Bennema, 1958, De morfologie van het pleistocene oppervlak in westelijk Midden-

- Nederland, voor zover gelegen beneden gemiddeld zeeniveau (N.A.P.). Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap Tweede Reeks 75: 120-139.
- Pons, L.J. & J. Schelling, 1951, De laatglaciale afzettingen van de Rijn en de Maas. Geologie en Mijnbouw Nieuwe Serie 13: 293-297.
- Tebbens, L.A., A. Veldkamp, W.E. Westerhoff & S.B. Kroonenberg, 1999, Fluvial incision and channel downcutting as a response to Lateglacial and Early Holocene climate change: the lower reach of the River Meuse, The Netherlands. *Journal of Quaternary Science* 14: 59-75.
- Teunissen, D. & R. de Man, 1981, Enkele palynologische waarnemingen aan het kleidek van de Formatie van Kreftenheye bij Nijmegen. *Mededelingen van de Afdeling Biogeologie van de Sectie Biologie, Katholieke Universiteit Nijmegen* 12: 1-20.
- Teunissen, D. & H.G.C.M. van Oorschot, 1967, De laatglaciale geschiedenis van het verwilderde riviersysteem ten zuidwesten van Nijmegen. *Geologie en Mijnbouw* 46: 463-470.
- Törnqvist, T.E., H.J.T. Weerts & H.J.A. Berendsen, 1986, Laat-pleistocene afzettingen in de Bommelerwaard: de Formatie van Twente en de Formatie van Kreftenheye. In: Berendsen, H.J.A. (red), *Het landschap van de Bommelerwaard*. *Nederlandse Geografische Studies* 10: 21-29.
- Törnqvist, T.E., H.J.T. Weerts & H.J.A. Berendsen, 1994, Definition of two new members in the upper Kreftenheye and Twente Formations (Quaternary, the Netherlands): a final solution to persistent confusion? *Geologie & Mijnbouw* 72: 251-264.
- Van de Meene, E.A., 1977, Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Arnhem Oost (40O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Van de Meene, E.A., 1980, Geology and geomorphology of a fossil aeolian landscape in the Liemers Eastern Netherlands). *Geologie en Mijnbouw* 59: 113-120.
- Van de Meene, E.A. & W.H. Zagwijn, 1978, Die Rheinläufe im deutsch-niederländischen Grenzgebiet seit der Saale-Kaltzeit. *Überblick neuer geologischer und pollenanalytischer Untersuchungen*. *Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen* 28: 345-359.
- Van den Toorn, J.C., 1976, Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Venlo West (52W). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Van Staalduinen, C.J., 1979, Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Rotterdam West (37W). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Verbraeck, A., 1970, Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem (Gorkum) Oost (38O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Verbraeck, A., 1984, Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Tiel West (39W) en Tiel Oost (39O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Verbraeck, A., 1990, De Rijn aan het einde van de laatste ijstijd: de vorming van de jongste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. *Geografisch Tijdschrift Nieuwe Reeks* 23: 328-339.
- Zonneveld, J.I.S., 1947, Het Kwartair van het Peel-gebied en de naaste omgeving (een sediment-petrologische studie. *Mededeelingen van de Geologische Stichting Serie C-VI-3*: 1-223.
- Zonneveld, J.I.S., 1958, Litho-stratigraphische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. *Mededelingen van de Geologische Stichting, Nieuwe Serie* 12: 31-64.

**Bijlage C Lithologische samenstelling en afzettingsmilieu
van de lithostratigrafische eenheden**

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu | |
|------------------------|------------|---------------|--|---|--|
| Formatie van Naaldwijk | | | Complex van: Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus en lokaal gyttja en veen (detritus) | Klastische mariene en lagunaire afzettingen en kustgebonden eolische afzettingen, afzettingen in een brak/zoet milieu, meerbodemaafzettingen | |
| | Schoorl | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, grijs tot wit of lichtgeel, kalkrijk tot kalkloos | Kustduinafzettingen | |
| | Zandvoort | | Zand , matig grof tot zeer grof, grijs tot bruingrijs, kalkrijk, schelphoudend | Strandafzettingen | |
| | Walcheren | | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Getijde afzettingen: subgetijdige geulen, intergetijdige zandplaten en slikken. Supragetijdige krekken, oeverwallen en kommen |
| | | Gapinge | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Getijde afzettingen: subgetijdige geulen, intergetijdige zandplaten en slikken. Supragetijdige krekken, oeverwallen en kommen |
| | | Kwintshoul | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Getijde afzettingen: subgetijdige geulen, intergetijdige zandplaten en slikken. Supragetijdige krekken, oeverwallen en kommen |
| | | Rijnsburg | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Getijde afzettingen: subgetijdige geulen, intergetijdige zandplaten en slikken. Supragetijdige krekken, oeverwallen en kommen |
| | | Zijpe | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Getijde afzettingen: subgetijdige geulen, intergetijdige zandplaten en slikken. Supragetijdige krekken, oeverwallen en kommen |
| | | Hauwert | | Zand , matig fijn, grijs tot lichtgrijs met veelal dunne kleilaagjes, klei/zand , afwisselend gelaagd en klei , sterksiltig tot zwaksiltig, grijsblauw tot grijsbruin met mariene mollusken | Getijde afzettingen: subgetijdige geulen, intergetijdige zandplaten en slikken. Supragetijdige krekken, oeverwallen en kommen |
| | Fivel | | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Klastische mariene en lagunaire afzettingen |
| | | Hefswal | | Klei , grijs en bruingrijs, lichthumeus, meestal licht en soms matig doorworteld, zelden kalkhoudend | Zoet/brak tot brak micro-getijdemilieu, rond en beneden het Gemiddelde HoogWater |
| | Lelystad | | | Klei , zwak tot matig siltig, blauw tot grijs tot bruingrijs, zwak tot sterk humeus, kalkrijk tot kalkloos en gyttja , geel tot bruin, kalkrijk tot kalkloos | Lagunaire afzettingen, gevormd in een brak/zoet tot brak milieu en ondiepe meerbodemaafzettingen |
| | | IJsselmeer | | Klei , aan maaiveld gerijpt, onderwater slappe of ongeconsolideerde klei | Meerbodemaafzettingen na afsluiting van de Zuiderzee |
| | | Zuiderzee | | Klei , zwak siltig tot matig zandig, met een mariene schelpenfauna | Getijdige lagune afzettingen, brak tot marien |
| | | IJde | | Klei , zwak en matig siltig, stug, kalkloos, groengrijs en bruingrijs | Afzettingen gevormd door overstroming langs de randen van de lagune van de Zuiderzee, meren of riviertjes en door dijkdoorbraken |
| | | Almere | | Klei , gelaagd met dunne silt en uiterst fijn zandlaagjes. Laagjes bevatten verschillende gehalten aan organische stof, detritus en kalk en lokaal zand , veelal verspoeld pleistoceen zand | Lagunaire afzettingen, gevormd in een brak/zoet tot brak milieu |
| | | Flevomeer | | Veen (detritus) en gyttja gemengd met wisselende hoeveelheid klei, leem en zand. Vivianiet komt regelmatig voor | Ondiepe meerbodemaafzettingen in een veengebied |
| | Wormer | | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, kleiig of uiterst tot zwak siltig, grijs, kalkrijk, schelphoudend en klei matig tot uiterst siltig, grijs en blauwgrijs, kalk- en schelphoudend tot kalkloos, ten dele zwak tot sterk humeus | Klastische mariene en lagunaire afzettingen |
| | | Nieuw-Helvoet | | Zand , zeer fijn, siltig, lichtgrijs tot blauw met enkele dunne kleilaagjes, schelpgruis en schelpen | Zand afgezet vanuit het zeegat tussen Voorne en Goeree |
| Stompvoren | | | Zand , matig fijn tot matig grof, plaatselijk sterk kleihoudend | Mariene afzettingen in geulen en als platen gevormd | |
| Castricum | | | Zand , matig grof, bruin, afgerond, kalkarm tot kalkrijk | Buitendelta afzettingen | |
| Bergen | | | Klei , grijs en bruingrijs, kalkhoudend met dunne (mm/cm) laagjes leem en zeer fijn zand en dikkere grovere zandinschakelingen met mariene mollusken | Mariene en estuariene afzettingen in een open milieu beneden de golfbasis | |
| Velsen | | | Klei , zwak siltig, groengrijs tot bruingrijs, met name aan de basis humeus tot venig, horizontaal gelaagd, naar boven toe laagjes silt en zand . De klei is soms met riet doorworteld | Lagunaire afzettingen | |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu |
|-------------------------|---------------|---|---|--|
| Eem Formatie | | | Klei en zand , matig fijn tot zeer grof met mariene schelpen, plaatselijk schelplagen en grind. Lokaal diatomiet en gyttja | Grotendeels in een marien milieu afgezet, deels in een brak milieu. Lokaal estuariene - en meerafzettingen (zoet water) die overgaan in lagunaire afzettingen |
| Formatie van Maassluis | | | Klei en zand , over het algemeen coarsening upwards, kleipakketten gaan naar boven toe geleidelijk over in zandpakketten. kleien zijn grijs tot donkergrijs en vaak siltig of zandig. Het zand is uiterst fijn tot matig grof | Ondiep mariene en in de kustzone gevormde afzettingen. Ook zijn delen van de formatie op het onderzeese deltafront afgezet. |
| Formatie van Oosterhout | | | Zand , kleilig, zeer fijn tot zeer grof met spoor tot veel schelpgruis en schelpen, lichtgrijs tot grijsgroen, klei , zwak tot sterk zandig, donkergrijs tot grijsbruin en dunne en dikke schelpenbanken , dunne zandsteenlagen, okergele tot roodbruine matig grove zanden met sterk ijzerhoudende banken | Afzettingen in een kustnabije zee inclusief afzettingen op het strand en delta/estuarium. De klei behoort voor een deel tot de afzettingen van het centrale diepere deel van sedimentatiebekken, de okergele tot roodbruine zanden zijn een strandafzetting. De genese van de crags is onduidelijk |
| | Sprundel | | Schelpenbanken (Crags) , wit tot geelgrijs | Genese onduidelijk |
| | "Lieveelde" | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, zeer goede sortering, kalkloos, grijs tot wit, verkezelde niveau's | Kustnabij afgezette sedimenten |
| | Wouw | | Klei , matig tot uiterst siltig, matig slap tot stug, grijs tot donkergrijs, spoor tot weinig schelpen, glimmers | Mariene afzettingen, deels aan de rand van het voormalig bekken, deels in het centrale diepere deel |
| Formatie van Breda | | | Zand , zeer fijn tot matig grof glauconiethoudend en soms kalkhoudende sterkzandige tot matig siltige klei . De zanden zijn soms glimmer- of goethiethoudend. Verder komen ijzerzandsteenbanken en schelpenlagen voor | Ondiep mariene en in de kustzone gevormde afzettingen. Vorming op een delta-front zijn overheersend |
| | Vrijherenberg | | Zand , matig fijn, zwak tot matig siltig, weinig glauconiethoudend, bruingeel tot groengrijs | Ondiep mariene afzettingen |
| | Heksenberg | | Zand , fijn tot matig grof, wit tot grijs van kleur | Strandnabije mariene afzettingen tijdens een regressieve fase |
| | Kakert | | Zand , zeer fijn tot matig fijn, matig tot sterk siltig, met weinig glauconiet. Kleur is onverweerd: geelgroen, verweerd: grijsbruin, geelbruin | Ondiepe mariene afzettingen met afnemende waterdiepten. |
| | | Elsloo | Grind , fijn ,bestaande uit gerolde blauwe vuursteen, kwarts en fossielhoudende steenkernen omgeven door een matrix van donkergroen glauconiethoudende kleilig zand, dat verkit is | Basisconglomeraat van een transgressieniveau |
| | Rucphen | | Zand , matig fijn tot matig grof, zwak siltig tot kleilig met veel glauconiet, donkergroen tot zwart van kleur | Mariene afzettingen in een ondiepe shelfzee |
| | Delden | | Leem , sterkzandig en klei , uiterst siltig, donker groengrijs tot bruin, sterk glauconiet- en goethoethoudend | Afzettingen in een kustnabije ondiepe zee. Zeediepte tussen 5 en minder dan 50 m |
| | Zenderen | | Zand , uiterst fijn tot matig fijn, zwak tot sterk siltig, donkergroen, glauconiethoudend, veelal kalkloos | Mariene transgressieve afzettingen |
| | Eibergen | | Klei , matig siltig, glimmerrijk, donkerbruin, stug met dunne laagje zand , zeer fijn, zwak glauconiethoudend. Basisconglomeraat met getransporteerde walvisbotten, haaiantanden, kleiballen en fosforieten | Mariene afzettingen |
| | Aalten | | Klei , sterk siltig tot zandig, kalkhoudend, zwart tot bruingrijs en zand , kalkhoudend, schelp- en glauconiethoudend, zwart tot bruingrijs | Open mariene transgressieve afzettingen |
| | | Stemerdink | Klei , sterk siltig tot zandig, glimmer- kalkhoudend, zwart tot bruingrijs | Open mariene transgressieve afzettingen |
| | Miste | Zand , kalkhoudend, schelp- en glauconiethoudend, zwart tot bruingrijs | Open mariene transgressieve afzettingen onder warme omstandigheden | |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu |
|------------------------|-------------|----------------|--|---|
| Formatie van Veldhoven | | ▶ | Zand , fijn, glauconiethoudend, lichtgrijs en groengrijs met wisselend kleigehalte en klei , siltig tot zandig, (donker)groengrijs, soms schelphoudend | Mariene afzettingen in water met een diepte van minder dan 200m en strandafzettingen |
| | Someren | ▶ | Zand , fijn, glauconiethoudend, lichtgrijs en groengrijs met wisselend kleigehalte, soms schelphoudend | Mariene afzettingen in water met een diepte van minder dan 200m en strandafzettingen |
| | Wintelre | ▶ | Klei , matig siltig tot zandig, (donker)groengrijs, soms schelphoudend | Mariene afzettingen in water met een diepte van minder dan 200m |
| | Voort | ▶ | Zand , fijn, soms kleiig, grijsgroen, glauconiethoudend, waarbij het onderste deel mogelijk als klei is ontwikkeld. Lokaal donkergrijsgroen tot zwart met glauconiet, mollusken en otolieten | Mariene afzettingen in water met een diepte van minder dan 200m |
| Rupel Formatie | | ▶ | Klei , met aan de basis en de top toename van siltgehalte, en zand , zwak siltig tot kleiig, matig fijn tot matig grof, soms glauconietrijk | Afzettingen in ondiepe zee, kust- en strandzanden en soms lagunaire afzettingen |
| | Eigenbilzen | ▶ | Zand , fijn, kleiig, glauconietrijk, met een bandenstructuur | Mariene afzettingen in een 0 -40 m diepe zee |
| | Boom | ▶ | Klei , waarvan zowel aan de basis als aan de top het siltgehalte toeneemt en millimeter tot centimeter dikke leemlaagjes. Lokaal wordt een afwisseling van zwak- tot sterkzandige kleien en groengrijze zanden aangetroffen. | Mariene afzettingen in een waterdiepte van enkele honderden meters, langs de randen kust- en strandafzettingen, deels lagunaire afzettingen |
| | | Winterswijk | Klei , zwak zandig tot matig siltig afgewisseld met zeer dunne sterk siltige zeer fijn zandlaagjes. Lokaal is de klei sterk en uiterst siltig | Mariene afzettingen in een zee van ca. 50 meter tot enkele honderden meters diep |
| | | Brinkheurne | Klei , zwak tot matig siltig, | Mariene afzettingen in shelf facies |
| | Bilzen | ▶ | Zand , zeer fijn tot matig fijn, geelwit, zwak glauconiethoudend. Klei , zandig vaak kalkhoudend en af en toe kalkconcreties. Zand , matig fijn tot matig grof, wit tot geelwit, groengrijs en bruin met een afwisseling met dunne kleiige lagen | Ondiepe zee, kust- en strandzanden en deels lagunaire afzettingen |
| | | Kerniel | Zand , matig fijn tot matig grof, wit tot geelwit, groengrijs en bruin met een afwisseling met dunne kleiige lagen | Ondiepe zee, kust- en strandzanden en deels lagunaire afzettingen |
| | | Kleine Spouwen | Klei , zandig, vaak kalkhoudend met schelpen en af en toe kalkconcreties. | Voornameijk lagunaire afzettingen |
| | | Berg | Zand , zeer fijn tot matig fijn, geelwit, zwak glauconiethoudend | Ondiepe zee, kust- en strandzanden |
| | | Ratum | ▶ | Zand , zeer fijn tot uiterst grof, donker grauw- grijs met glauconiet, siltige klei en leem |
| | Ootmarsum | ▶ | Zand , matig tot uiterst grof, donker grauw-grijs | Mariene kustnabije afzettingen |
| Formatie van Tongeren | | ▶ | Zand , zeer fijn tot matig grof, zwak en matig siltig, glauconiethoudend, groen-grijs en grijs-groen. Klei , zwak, matig en sterk zandig, glauconiet en glimmer houdend, donkergroen en grijs, Klei , blauw kalkhoudend met bruinkool- en zandlagen | Afzettingen in ondiep tot kustnabij marien milieu met continentale invloeden |
| | Zelzate | ▶ | Zand , zeer fijn tot matig grof, zwak en matig siltig, glauconiethoudend, groen-grijs en grijs-groen. Klei , zwak, matig en sterk zandig, glauconiet- en glimmerhoudend, donkergroen en grijs | Mariene afzettingen met continentale invloeden |
| | Goudsberg | ▶ | Klei , grijs en groen-grijs, blauw, veelal kalkhoudend met schelpen en bruinkool - en zand lagen aan de bovenkant | Afzettingen in een lagunaire tot continentaal milieu |
| | Klimmen | ▶ | Zand , zeer fijn, glimmerhoudend, weinig glauconiet, grijs en groen-grijs | Afzettingen in ondiep tot kustnabij marien milieu |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu |
|---------------------|------------|------------------|--|---|
| Formatie van Dongen | | ▶ | Klei , bruin tot (groen-)grijs of blauwgrijs kalkloos of kalkhoudend tot kalkrijk, enzand , groengrijs tot grijsgroen met glauconiet. Lokaal roodbruine klei en mergel en blauwgrijze tot violette tuf | Mariene afzettingen met aan de basis estuarien of deltaïsch beïnvloede afzettingen |
| | Asse | ▶ | Klei , plastisch, kalkarm tot kalkloos, donkergrijs of blauwgrijs, aan de basis glauconiethoudend. In de randzone enkele zandlagen. De basis is daar zandig en bevat schelpen en Nummulieten | Open mariene afzettingen |
| | Brussel | ▶ | Zand , fijn ,grijsgroen tot groengrijs, glauconiethoudend tot glauconietrijk met ingeschakelde harde kalzandsteenlagen | Mariene afzettingen in een zee met een diepte van maximaal ca. 50 meter. |
| | Ieper | ▶ | Klei , vet, hard, brokkelig, grijs en bruin, onderste deel overwegend kalkloos, bmiddeleste en bovenste deel kalkhoudend tot kalkrijk . Verharde lagen mergel, kalk en kalkzandsteen | Mariene afzettingen in een zee met een diepte van maximaal ca. 100 meter. |
| | Oosteind | ▶ | Zand , fijn ,kleiig,kalkloos, groengrijs en klei zeer zandig met tuflaagjes en - lenzen. | Ondiepe mariene afzettingen. Lokaal estuarien of deltaïsch beïnvloed. |
| | | "Dongen tuffiet" | ▶ | Klei , zandig tot vet en stug, bruin tot (donker-) grijs met blauwe tot (grijs-)violette tufinschakelingen |
| Formatie van Landen | | ▶ | Klei , zandig, siltig, leem, zand , zeer fijn, dat lokaal verhard is tot zandsteen. Kleur ligt tussen lichtgrijs en donkergroen. Kalksteen , sterk kleiig, Dunne bruinkoolniveau's | Ondiep mariene afzettingen, soms lagunaire afzettingen |
| | Reusel | ▶ | Klei , zandig, siltig, leem ,zand , zeer fijn, dat lokaal verhard is tot zandsteen. Kleur ligt tussen lichtgrijs en donkergroen | Ondiepe mariene afzettingen. Diepte van de zee is aanvankelijk in de orde van grootte van ca. 100 m, maar wordt geringer. |
| | Liessel | ▶ | Klei , hard en homogeen, donkergrijs tot donkergroen met glimmers, pyriet en spoor glauconiet | Ondiep mariene afzetting. Diepte van de zee tenminste 50 m en maximaal enkele honderden meters |
| | Gelinden | ▶ | Klei , kalkrijk en kalksteen , sterk kleiig, hard en zacht, (grijs)wit tot geelbruin | Ondiep mariene afzettingen. Diepte van de zee tussen 50 en 100 m |
| | Orp | ▶ | Zand , zeer fijn, groengrijs en donkergroengrijs, lokaal verhard tot zandsteenbanken | Ondiep mariene afzettingen. Diepte van de transgressieve zee minder dan 50m |
| | Swalmen | ▶ | Klei , veelal enigszins humeus, lichtgrijs tot vrijwel zwart. In het onderste deel rood gevlekt met dunne zeer fijn zandlaagjes lokaal grind en soms schelpresten. Dunne bruinkool niveau's | Afzettingen in een lagunair milieu |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu |
|---------------------------|-------------|---|--|---|
| Formatie van Appelscha | | ▶ | Zand , matig fijn tot uiterst grof, licht grijs tot licht geel, kalkloos, zwak tot sterk grindig, fijn tot zeer grof grind | Fluviatiele afzettingen |
| | Weerdinge | ▶ | Zand , uiterst grof en zeer grof, grijs tot lichtbruin, grindhoudend, kalkloos tot kalkhoudend, vaak zwak humeus, glauconiethoudend | Fluviatiele afzettingen |
| Formatie van Peize | | ▶ | Zand , matig grof tot uiterst grof, lichtgrijs tot wit, kalkloos, zwak tot matig grindig, in de top stenenlagen, Aan de basis van de formatie klei, zwak tot matig siltig., donkergrijs, kalkloos tot kalkhoudend | Fluviatiele afzettingen. De kleilagen aan de basis van de formatie is waarschijnlijk in ondiepe lagunes afgezet. |
| | | Hattem | Stenen (laag) | Genese onbekend |
| Formatie van Echteld | | ▶ | Klei , zandig tot zwak siltig, kalkloos tot kalkhoudend, soms humeus, grijs tot bruin. Zand , zeer fijn tot uiterst grof, soms grindhoudend, sporadisch schelphoudend, kalkhoudend tot kalkloos, grijs tot bruin. Zeer lokaal gyttja zwak tot sterk kleiig, kalkloos tot kalkhoudend, bruin tot geel | Fluviatiele afzettingen van meanderende en anastomoserende rivieren met de volgende lithogenetische eenheden: geulafzettingen restgeulafzettingen, oeverafzettingen, crevasse-afzettingen, komafzettingen en dijkdoorbraafafzettingen |
| Formatie van Kreftenheije | | ▶ | Zand , matig fijn tot uiterst grof, grijs tot bruin, kalkhoudend tot kalkloos, grindhoudend, en grind . Lokaal dunne laagjes veen en klei , zwak siltig tot zandig, grijs, bruin tot zwart | Fluviatiele afzettingen die grotendeels vanuit een vlechtende rivier zijn afgezet. |
| | | Wijchen | Klei , siltig tot zandig, kalkloos, lichtgrijs tot donkergrijs, stevig, plaatselijk humeus tot sterk venig | Fluviatiele kom- en oeverafzettingen vanuit een meanderende rivier |
| | Zutphen | ▶ | Klei , zwak siltig tot zandig, grijs, veen , bruin tot zwart, en zand matig fijn, grijs tot bruin, kalkhoudend tot kalkloos | Fluviatiele kom- oever en geulafzettingen vanuit een meanderende rivier |
| | Twello | ▶ | Zand , matig fijn tot grof, soms kleiig, grijs tot bruin, kalkhoudend | Fluviatiele-deltaïsche afzettingen in een meer |
| Well | ▶ | Zand , matig fijn tot uiterst grof, grijs tot bruin en grind , kalkhoudend tot kalkloos | Fluviatiele afzettingen van een vlechtende rivier | |
| Formatie van Urk | | ▶ | Zand , matig fijn tot uiterst grof, zwak tot sterk grindig, meestal kalkhoudend tot kalkrijk, grijs tot bruin en klei , dikke lagen, glimmerhoudend, grijs tot bruin | Fluviatiele afzettingen, stroomafwaarts waarschijnlijk ook zoet-getijden milieu |
| | | Lingsfort | Zand , matig fijn tot uiterst grof, zwak tot sterk grindig, bruin tot grijs | Fluviatiele afzettingen |
| | Tijnje | ▶ | Zand , matig grof tot zeer grof, bont, zwak en matig grindig, kalkloos, spoor glimmers en lokaal dikke kleilagen | Fluviatiele afzettingen, kleipakketten zijn ook in een estuarien milieu gevormd |
| | Veenhuizen | ▶ | Zand , matig grof tot zeer grof, bont, zwak en matig grindig, kalkarm tot kalkrijk | Fluviatiele afzettingen |
| Formatie van Sterksel | | ▶ | Zand , matig grof tot uiterst grof, grindig en grind , grijsbruin met roodbonte componenten, matig tot sterk glimmerhoudend, zeer plaatselijk kleilagen | Fluviatiele afzettingen |
| Formatie van Waalre | | ▶ | Klei , sterk zandig tot zwak siltig, kalkloos tot kalkarm, soms met hoog gehalte aan sideriet, stevig en horizontaal gelaagd, blauwgrijs en bruingrijs. Zand , uiterst fijn tot uiterst grof, kalkloos tot kalkarm, sporadisch schelphoudend, weinig tot matig glimmerhoudend, grijs tot witgrijs, soms bruingrijs, in de grovere fractie (rood)bonte componenten. Inmiddelen Nederland lokaal dunne veenlagen | Fluviatiele en door getijdewerking beïnvloede estuariene afzettingen. De volgende typen kunnen voor: geulopvullingen, komafzettingen, oever- en crevasse -afzettingen en estuariene en/of lagunaire afzettingen |
| | Woensdrecht | ▶ | Zand , zeer fijn tot matig fijn, grijs en glimmerhoudend, aan de bovenkant enkele meters klei plaatselijk sterk humeus tot venig, grijs en glimmerhoudend | Estuariene en/of lagunaire afzettingen |
| | Hoogerheide | ▶ | Zand , matig fijn tot matig grof, kalkarm, grijs, glimmerhoudend, aan de bovenkant een enkele meters dikke kleilaag | Estuariene en/of lagunaire afzettingen |
| | Tegelen | ▶ | Klei , sterk zandig tot zwak siltig, stevig, kalkloos, in geulen met een hoog gehalte aan sideriet, blauwgrijs tot bruingrijs, plaatselijk sterk humeus of met dunne laagjes bruinkool | Fluviatiele kom- oever- en restgeulafzettingen van een meanderende rivier |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu | |
|-----------------------|---------------|---|---|--|--|
| Kiezelooliet Formatie | | | Zand , zeer fijn tot uiterst grof, wit en grind. Regionaal klei , sterk zandig tot zwak siltig, kalkloos, zeer stijf, blauwgrijs of bruingrijs, plaatselijk met groengrijze tinten met lokaal ingeschakelde bruinkoollagen. | Fluviatische en in kustvlakten gevormde sedimenten van de voorlopers van de Rijn en de Maas | |
| | | Reuver | Klei , zwak zandig tot zwak siltig, zeer compact en stevig, bruingrijs tot donkerbruin, vaak echter ook lichtgrijze en groenige tinten. Aan de bovenkant vaak een bruinkoollaag of -lagen | Fluviatische kom- en oeverafzettingen van een meanderende rivier. De bruinkool is ontstaan in zeer natte komgebiedem, mogelijk kustnabij | |
| | | Venlo | Klei , zwak zandig tot zwak siltig, zeer compact en stevig, bruingrijs tot donkerbruin, vaak echter ook lichtgrijze en groenige tinten. Aan de bovenkant vaak een bruinkoollaag of -lagen | Fluviatische kom- en oeverafzettingen van een meanderende rivier. De bruinkool is ontstaan in zeer natte komgebiedem, mogelijk kustnabij | |
| | Brunssum | | Klei , zwak zandig tot sterk siltig, grijsbruin tot donkerbruin met inschakelingen van fijn tot matig grof zand en veelvuldig ingeschakelde bruinkoollagen | Fluviatische kom- en oeverafzettingen van een meanderende rivier. De bruinkool is ontstaan in zeer natte komgebiedem, mogelijk kustnabij | |
| | Waubach | | Grind , en zand uiterst grof, sterk grindig. Soms matig fijn tot uiterst grove kwartszanden. | Fluviatische afzettingen | |
| Formatie van Beegden | | | Zand , matig grof tot uiterst grof en grind en stenen met een dek van 1-3 m leem , zwak tot sterk zandig, kalkarm tot kalkrijk. Klei , zwak zandig tot zwak siltig, plaatselijk humeus en een veenlaag | Fluviatische afzettingen | |
| | | Wijchen | Klei , siltig tot zandig, kalkloos, lichtgrijs tot donkergrijs, roodbruin, stevig, plaatselijk humeus tot sterk venig | Fluviatische kom- en oeverafzettingen vanuit een meanderende rivier | |
| | | Rosmalen | Klei , zwak zandig tot zwak siltig met plaatselijk een veenlaag | Fluviatische kom- en oeverafzettingen vanuit een meanderende rivier | |
| | Oost Maarland | | Zand , matig grof tot uiterst grof en grind en stenen met een dek van 1-3 m leem , zwak tot sterk zandig, kalkarm tot kalkrijk | Fluviatische afzettingen | |
| | Eijsden | | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen blokken voor. Klei -en grove zandlenzen. Lokaal aan de top van verschillende laagpakketten leem , klei | Fluviatische afzettingen |
| | | Gronsveld | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen blokken voor. Klei -en grove zandlenzen | Fluviatische afzettingen |
| | | Caberg | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen blokken voor. Klei -en grove zandlenzen. Aan de top een pakket hoogvoedleem | Fluviatische afzettingen, opvallend is grote rijkdom aan grote blokken |
| | | Rothem | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen sporadisch blokken voor. Klei -en grove zandlenzen | Fluviatische afzettingen, opvallend veel kristallijne componenten uit de Vogezen |
| | | s-Gravenvoeren | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen zeer sporadisch blokken voor. Klei -en grove zandlenzen | Fluviatische afzettingen |
| | | St Pietersberg | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen regelmatig blokken voor. Klei -en grove zandlenzen | Fluviatische afzettingen. Kalkrolstenen en blokken komen regelmatig voor. |
| | | St Geertruid | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen regelmatig blokken voor. Klei -en grove zandlenzen | Fluviatische afzettingen. Kalkrolstenen komen sporadisch voor. |
| | | Valkenburg | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen , ook komen sporadisch blokken voor. Klei -en grove zandlenzen | Fluviatische afzettingen, opvallend veel vrij regelmatige kwartsporfieren uit de Vogezen |
| | | Sibbe | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen . Blokken komen sporadisch voor. | Fluviatische afzettingen |
| | | Margraten | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen . Sporadisch blokken | Fluviatische afzettingen |
| | | Simpelveld | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen . Regelmatig blokken . Aan de bovenkant lokaal leem | Fluviatische afzettingen |
| Noorbeek | | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen . Blokken komen incidenteel voor. | Fluviatische afzettingen. Gesteenten uit het Moezelgebied zijn schaars | |
| Crapoel | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen . Blokken komen incidenteel voor. | Fluviatische afzettingen | | |
| Kosberg | | Zand , zeer grof tot uiterst grof met veel grof grind en stenen . Blokken komen incidenteel voor. | Fluviatische afzettingen. Kalkrolstenen en kristallijne gesteenten komen niet voor. | | |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu | |
|---------------------|---------------|-----------|--|---|---|
| Formatie van Drente | | ▶ | Klei , sterk zandig tot uiterst siltig, zwak tot sterk grindhoudend, grijsblauw tot bruingrijs metv stenen, keien en blokken, Zand , matig grof tot uiterst grof, zwak tot sterk grindhoudend en Klei , zwak tot matig siltig, kalkrijk (donker)grijs tot (donker)bruin, vrij stevig en Zand , zeer fijn en soms matig grof, zwakiltig, klakrijk, met lokaal glauconiet en schelpresten. sterk gelaagd (cm-mm) | Glaciofluviale afzettingen in de vorm van sandur en kameterrassenen, deels ook als kameheuvels, eskers en tunneldalopvullingen, lacustroglaciale afzettingen en basal till "grondmorene" | |
| | Uitdam | | Zand , uiterst fijn tot uiterst grof, soms grindhoudend, grijs tot bruin, en klei , zwak tot matig siltig, kalkrijk (donker)grijs tot (donker)bruin, vrij stevig, veelal sterk gelaagd (cm-mm) , soms met zandlaagjes, uiterst fijn tot matig fijn en soms matig grof, zwak siltig, kalkrijk, met lokaal glauconiet en schelpresten | Glaciolacustriene afzettingen en hellingafzettingen in meren ontstaan tijdens en vlak na het afsmelten van het landijs | |
| | | Oosterdok | | Klei , zwak tot matig siltig, kalkrijk (donker)grijs tot (donker)bruin, vrij stevig, veelal sterk gelaagd (cm-mm) , soms met zand laagjes, uiterst fijn tot matig fijn en soms matig grof, zwak siltig, kalkrijk, met lokaal glauconiet en schelpresten, lokaal met dropstones | Glaciolacustriene afzettingen |
| | Schaarsbergen | | ▶ | Zand , matig fijn tot uiterst grof, zwak tot sterk grindhoudend , lichtgrijs, grijswit, geelbruin tot licht grijsgroen, kalkloos tot kalkhoudend. In het grind is het voorkomen van noordelijke componenten (oa. graniet) kenmerkend | Glaciofluviale afzettingen in de vorm van sandur en kameterrassenen deels ook als kameheuvels, eskers en tunneldalopvullingen |
| | Gieten | | ▶ | Klei , sterk zandig tot uiterst siltig, zwak tot sterk grindhoudend, grijsblauw tot bruingrijs met stenen, keien en blokken | Basal till "grondmorene" |
| | | Gasselte | | Zand , matig grof tot uiterst grof, zwak tot sterk grindhoudend, soms met stenen, keien en blokken, lichtgeel-lichtgrijs tot bruingrijs | Afzettingen ontstaan door het "uitwassen" van de fijne fractisr uit de "grondmorene" |
| Formatie van Peelo | | ▶ | Zand , uiterst fijn tot uiterst grof, kaklarm, soms zwak tot sterk grindhoudend, geel-grijs, licht- tot donkergrijs en bruingrijs en klei , zwak tot matig siltig of zandig, veelal kalkrijk en glimmerhoudend, licht- tot donkergrijs, bruinzwart tot zwart, soms rood | Afzettingen in door smeltwater gevormde sub-glaciale dalen, in meren en daarbij behorende delta's | |
| | Nieuwolda | | ▶ | Klei , zwak tot matig siltig of zandig, stevig, veelal kalkrijk en glimmerhoudend, licht- tot donkergrijs, bruinzwart tot zwart, soms rood | Afzettingen in door smeltwater gevormde sub-glaciale dalen |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu |
|------------------------|-------------|-----------|--|---|
| Formatie van Nieuwkoop | | ▶ | Veen , mineraalarm tot sterk kleiig, soms zwak tot sterk zandig, kalkloos, bruin tot zwart, engyttja , kalkloos tot kalkrijk, geel tot groenachtig bruin | Het veen is ontstaan door de stijging van het grondwater in de kustvlakte en -vlakten en op vlakke waterscheidingen |
| | Griendtveen | ▶ | Veen , mineraalarm, aan de basis soms zwak tot sterk zandig, kalkloos, bruin tot zwart, engyttja , kalkloos tot kalkrijk, geel tot groenachtig bruin | Het veen is ontstaan in kommen en op vlakke waterscheidingen onde invloed van een hoge grondwaterstand en een slechte ontwatering |
| | Hollandveen | ▶ | Veen , mineraalarm, kalkloos ,bruin tot zwart, soms zwak tot sterk kleiig engyttja , kalkloos tot kalkrijk, geel tot groenachtig bruin | Het veen is ontstaan door de stijging van het grondwater in de kustvlakte |
| | | Basisveen | ▶ | Veen , minaraalarm, kalkloos, bruin tot zwart, soms zwak tot sterk kleiig, stevig, aan de basis vaak zwak tot sterk zandig |
| Formatie van Twente | | ▶ | Zand , uiterst fijn tot uiterst grof, voornamelijk zeer fijn tot matig grof, zwak tot sterk lemig, soms zwak tot sterk grindhoudend, leem , veen , kalkloos tot sterk kalkhoudend | Lokale terrestrische afzettingen, voor een belangrijk deel gevormd onder koude cq periglaciale omstandigheden, eolische afzettingen, kleinschalige fluviatiele afzettingen, helling/gelifluctie-afzettingen, lacustriene en organische vormen in thermokarstmeren |
| | Kootwijk | ▶ | Zand , matig fijn en matig grof, sporadisch zeer fijn grind, geconcentreerd in dunne snoetjes, humusdeeltjes in laagjes | Eolische terrestrische zanden met een duin-relief |
| | Singraven | ▶ | Zand , matig fijn tot zeer grof, soms siltig of grinhoudend, leem veelal zandig, klei , zandig, humeus, veen en detritus- gyttja , | Afzettingen van beken en kleine rivieren en gerelateerde overstromingsafzettingen inclusief veen in de beekdalen |
| | Delwijnen | ▶ | Zand , zeer fijn tot zeer grof, grijs tot bruingrijs, kalkloos tot kalkrijk, sporadisch dunne leemlaagjes en snoetjes fijn grind | Eolische afzettingen opgewaaid uit droogliggende riviervlaktes van grote, vlechtende riviersystemen |
| | Wierden | ▶ | Zand , zeer fijn en matig fijn, zwak lemig, kalkloos tot kalkhoudend, afgerond tot matig afgerond, lichtbruin tot geelbruin | Eolische afzettingen onder periglaciaal klimaat |
| | Tilligte | ▶ | Leem , zandig, humeus met plantenresten, veen , sterk amorf, siltig, donkerbriun (dunne laagjes), kalkgyttja , sporadisch, gelig grijs | Afzettingen in thermokarstmeren, incidenteel kleinschalige fluviatiele afzettingen |
| | Woudenberg | ▶ | Veen , overwegend mineraalarm, lokaal zwak tot sterk kleiig of zandig, bruin tot zwart, kalkloos, stevig | Veen gevormd aan de randen van en in glaciële bekkens onder invloed van een hoge grondwaterstand tijdens het Eemien en/of ten gevolge van een slechte afwatering |
| Formatie van Asten | | ▶ | Veen , gyttja , meestal amorf en hard, donkerbruin tot zwart, sporadisch humeuzen klei, leem en zand, kalkloos | Afzettingen gevormd ten gevolge van slechte afwatering op vlakke waterscheidingen onder interglaciële omstandigheden |
| Formatie van Schimmert | | ▶ | Leem , donker roestbruin, bruin en geelbruin, meer dan 75% kwartskorrels met een korrelgrootte die ligt tussen 2 en 63 µm | Eolische afzettingen. Op de steile hellingen, langs terrasranden en in droge dalen verspoelde loess |
| Formatie van Eindhoven | | ▶ | Zand , matig fijn, zwak tot sterk siltig, lichtgrijs tot donkerbruin, kalkloos tot kalkarm, leem , zwak tot sterk zandig, soms kleiig, witgrijs tot donkergrijs, kalkloos tot kalkrijk, sporadisch: veen , klei en gyttja | Kleinschalig fluviatiele, periglaciële, lacustriene, lacustro-eolische en eolische afzettingen |
| Formatie van Drachten | | ▶ | Zand , matig fijn tot matig grof, kalkloos, licht- en geel-grijs, afgerond, zwakbont. Plaatselijk dune laagjes leem en veen | Voornamelijk eolische afzettingen onder periglaciële omstandigheden. Deels ook kleinschalig fluviatiele en lacustriene afzettingen |

| Formatie | Laagpakket | Laag | Lithologie | Afzettingsmilieu |
|------------------------|------------|------|--|---|
| Formatie van Stramproy | | ▶ | Zand , uiterst fijn tot zeer grof, lichtgrijs, lichtbruin en grijswitte gebleekte zanden, lokaal dunne lagen grijze en bruingrijze klei en leem en verder bruinkool- en veenlaagjes. Plaatselijk sterk vuursteenhoudend grind. | Afzettingen gevormd door klerine rivieren, sneeuwsmeltwaterstromen en de de wind. Zeer lokaal afgezet als puinwaaiers |
| | Hoogcruts | ▶ | Grind , sterk vuursteenhoudend | Afgezet door de Geul en als puinwaaier |
| Ville Formatie | | ▶ | Bruinkool , bruin tot zwart van kleur, soms zwak tot sterk kleiig, plaatselijk dunne inschakelingen van klei , sterk zandig tot zwak siltig, zwak tot sterk humeus, grijsbruin tot zwart van kleur en van zand , fijn tot matig grof, kwartsrijk, wit, lokaal zwak tot sterk humeus en overwegend bruin tot zwart van kleur | Bruinkool gevormd in een vlak kustgebied met uitgestrekte meren en lagunes. De zandige afzettingen mogelijk voor een deel in strand- of littorale facies, de kleiige afzettingen overwegend in een zoetwatermilieu. |

Bijlage D Lithostratigrafische tabellen

Deze appendix bevat de lithostratigrafische tabellen van de lithostratigrafische eenheden uit het Tertiair en het Kwartair. Tabel D.1 geeft het overzicht van de lithostratigrafische eenheden weer op het niveau van Groepen en Formaties. Tabel D.2, D.3, en D.4 geven de lithostratigrafische indeling weer uitgesplitst naar afzettingsmilieu. De groepering van de lithostratigrafische eenheden in de tijd en ruimte is indicatief. In de tabellen C.2, C.3 en C.4 zijn de laagpakketten en lagen die binnen de formaties worden onderscheiden weergegeven, waarbij de lagen *cursief* zijn aangegeven.

Tabel D.1 De formaties uit het Tertiair en Kwartair






Tabel D.2 Mariene afzettingen

Tabel D.3 Fluviatiele afzettingen

Tabel D.4 Glacigene afzettingen en overige afzettingen

De tabellen zijn op de volgende pagina's weergegeven

| Mariene afzettingen | Fluviatiele afzettingen | | | Glacigene afzettingen | Overige afzettingen | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Formatie van Naaldwijk | | Formatie van Echteld | Formatie van Beegden | | Formatie van Nieuwkoop | Formatie van Twente | |
| | | Formatie van Kreftenheye | | | Formatie van Schimmert | | Formatie van Asten |
| Eem Formatie | | Formatie van Urk | | Formatie van Drente | | Formatie van Eindhoven | Formatie van Drachten |
| | Formatie van Appelscha | Formatie van Sterksele | | Formatie van Peelo | | Formatie van Stramproy | |
| Formatie van Maassuis | Formatie van Peize | Formatie van Waalre | | | | | |
| Formatie van Oosterhout | | Kiezelooliet Formatie | | | | | |
| Formatie van Breda | | | | | Ville Formatie | | |
| Formatie van Veldhoven | | | | | | | |
| Rupel Formatie | | | | | | | |
| Formatie van Tongeren | | | | | | | |
| Formatie van Dongen | | | | | | | |
| Formatie van Landen | | | | | | | |

| | |
|---|-----------------------------|
|  | Baltische Groep |
|  | Rijn Groep |
|  | Lopik Subgroep (Rijn Groep) |
|  | Maas Groep |
|  | Nuene Subgroep |

| Mariene afzettingen | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---------------|----------------|-------------------|
| | | Schoorl | | |
| | <i>Gapinge</i> | | | |
| | | Zandvoort | | |
| Walcheren | <i>Kwintsheul</i> | | | <i>IJsselmeer</i> |
| | <i>Rijnsburg</i> | | | <i>Zuiderzee</i> |
| | <i>Zijpe</i> | | Lelystad | <i>IJse</i> |
| Formatie van Naaldwijk | <i>Hauwert</i> | | | <i>Almere</i> |
| | <i>Nieuw-Helvoet</i> | Fivel | <i>Hefswal</i> | <i>Flevomeer</i> |
| Wormer | <i>Stompetoren</i> | | | |
| | <i>Castricum</i> | | | |
| | <i>Bergen</i> | | | |
| | <i>Velsen</i> | | | |
| Eem Formatie | | | | |
| | | | | |
| Formatie van Maassluis | | | | |
| Formatie van Oosterhout | | Sprundel | "Lievelede" | Wouw |
| | | Vrijherenberg | | |
| | | | Delden | |
| Formatie van Breda | | Heksenberg | | Zenderen |
| | | | Rucphen | Eibergen |
| | | Kakert | | |
| | | | Aalten | <i>Stemerdink</i> |
| | | <i>Elsloo</i> | | <i>Miste</i> |

| Mariene afzettingen (vervolg) | | | |
|-------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| | | | Someren |
| Formatie van Veldhoven | | | Wintelre |
| | | | Voort |
| | Eigenbilzen | | |
| | | Winterswijk | |
| Rupel Formatie | Boom | | <i>Brinkheurne</i> |
| | | <i>Kerniel</i> | |
| | Bilzen | | |
| | | <i>Kleine Spouwen</i> | Ratum |
| | | <i>Berg</i> | <i>Ootmarsum</i> |
| Formatie van Tongeren | Zelzate | | Goudsberg |
| | | | Klimmen |
| | | | Asse |
| Formatie van Dongen | | | Brussel |
| | | | Ieper |
| | | | Oosteind |
| | | | <i>"Dongen tuffiet"</i> |
| | | | Reusel |
| Formatie van Landen | | | Liessel |
| | | | Gelinden |
| | | | Orp |
| | | | Swalmen |

Fluviatiele afzettingen

