

# INTERIMRAPPORT GEOLOGISCH ONDERZOEK RIVIERENGEBIED

Samengesteld door:  
drs. A.Verbraeck  
t.b.v. de Coördinatiegroep  
Onderzoek Waterbeheer Gelderland

uitgave:  
provincie Gelderland  
dienst Milieu en Water  
Arnhem, mei 1987

## VOORWOORD

Drs. A. Verbraeck, oud districtsgeoloog bij de Rijks Geologische Dienst heeft op persoonlijke titel een samenvatting van door hem verzamelde gegevens voor het Rivierengebied in de vorm van profielen met toelichting aan de voorzitter van de Coördinatiegroep Onderzoek Waterbeheer Gelderland overhandigd.

De voorzitter meende dat deze profielen van zo groot belang zijn dat zij voor vermenigvuldiging geschikt zijn gemaakt, temeer daar uitgave door de Rijks Geologische Dienst van de geologische kaart van kaartblad 40 west naar verwachting nog geruime tijd op zich zal laten wachten.

Namens de Coördinatiegroep dankt de voorzitter hierbij de heer Verbraeck voor zijn waardevolle bijdrage.

De voorzitter van de Coördinatiegroep  
Onderzoek Waterbeheer Gelderland

drs. E. Romijn

## INHOUDSOPGAVE

Voorwoord		blz.
1	INLEIDING	1
2	FORMATIE VAN MASSLUIS	3
	2.1 Lithologie	3
	2.2 Grindsamenstelling	3
	2.3 Mineralogische samenstelling	3
	2.4 Verbreiding en diepteligging	4
3	FORMATIE VAN TEGELEN	6
	3.1 Lithologie	6
	3.2 Grindsamenstelling	7
	3.3 Mineralogische samenstelling	7
	3.4 Verbreiding en diepteligging	7
4	FORMATIE VAN HARDERWIJK	8
	4.1 Lithologie	8
	4.2 Mineralogische samenstelling	9
	4.3 Verbreiding en diepteligging	9
5	FORMATIE VAN KEDICHEM	10
	5.1 Lithologie	10
	5.2 Grindsamenstelling	10
	5.3 Mineralogische samenstelling	11
	5.4 Verbreiding en diepteligging	11
6	FORMATIE VAN STERKSEL	12
	6.1 Lithologie	12
	6.2 Mineralogische samenstelling en grindgegevens	12
	6.3 Verbreiding en diepteligging	12
7	FORMATIE VAN URK	13
	7.1 Lithologie	13
	7.2 Mineralogische samenstelling	14
	7.3 Verbreiding en diepteligging	14
Literatuur		17
Bijlagen		
Bijlage 1	Overzicht van profielen	
Bijlage 2	profiel 1	Millingen-Doorwerth
	profiel 2	Nijmegen-Herveld
	profiel 3	Arnhem-Woezik
Bijlage 3	profiel 4	Hernen-Arnhem
	profiel 5	Leerdam-Duiven

## 1 INLEIDING

Het geologisch onderzoek rivierengebied omvat de kaartbladen 39 west, 39 oost en 40 west.

In 1984 heeft de Rijks Geologische Dienst de geologische kaart met bijbehorende toelichting uitgebracht van het blad Tiel-west (39-W) en blad Tiel-oost (39-O) door de heer A. Verbraeck. De geologische kaart van kaartblad Arnhem-oost (40-O) door de heer Van der Meene is in 1977 gepubliceerd. De geologische kaart van het kaartblad Arnhem-West (40-W) is nog niet uitgebracht.

Het onderhavige rapport geeft een geologische beschrijving van het gehele rivierengebied. Tevens is een overzichtskaart toegevoegd met de ligging van de in dit gebied aanwezige geologische profielen. Een aantal van deze profielen zijn reeds opgenomen bij de geologische kaart Tiel-West en Tiel-Oost van de Rijks Geologische Dienst. Gelet op de status van het onderhavige rapport is volstaan met een verwijzing naar de profielen. De overige, in het kader van deze studie nieuw vervaardigde profielen, zijn als bijlage toegevoegd. Dit zijn de profielen 1 t/m 5.

Het rapport is als volgt opgebouwd.

Aan de hand van de afzettingen zoals aangetroffen in een oost-west profiel in het rivierengebied (profiel 5) wordt een globale beschrijving gegeven van de lithologische- mineralogische samenstellingen van formaties van prae-Saale ouderdom. Tevens wordt ingegaan op de diepteliggingen en diktes van de afzettingen.

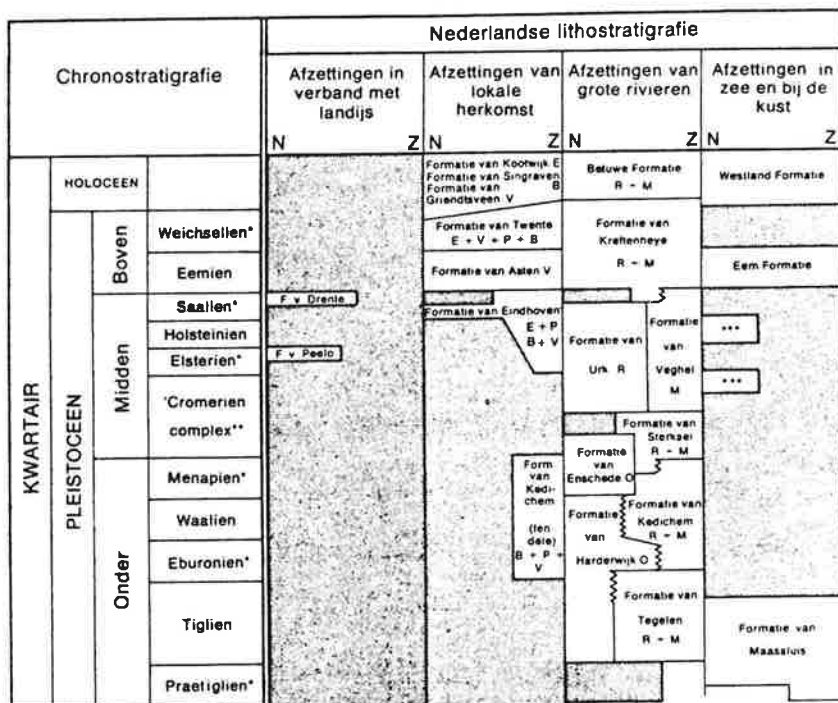
De beschrijving vindt plaats per formatie.

In sommige gevallen wordt de vermoedelijke oorspronkelijke diepteligging van de bovenkant van formaties vermeld. Het betreft o.a. die gevallen waar ten gevolge van erosie, formaties in boringen te laag worden aangetroffen of zelfs in enkele gevallen de te verwachten afzettingen vrijwel geheel ontbreken.

Ook kunnen door glaciale druk bepaalde formaties ten opzichte van de oorspronkelijke ligging te hoog voorkomen.

Om een idee te kunnen vormen omtrent het landschap en de hoogteligging net voor de komst van het Saale-landijs in het Midden-Nederlandse rivierengebied, worden de beschrijving, diktes en diepteliggingen van de afzettingen bij de Formatie van Urk wat uitgebreider uiteengezet.

Voor uitgebreide beschrijvingen van de formaties kan worden verwezen naar DOPPERT (1955), EDELMAN & MAARLEVELD (1958), VAN DER HEIDE (1967), JELGERSMA & ZANDSTRA (1970), ZAGWIJN (1960, 1967, 1974), ZANDSTRA & RUEGG (1984), ZANDSTRA (1971), ZONNELVELD (1947, 1958). De chronostratigrafische indeling van de hier behandelde prae-Saale afzettingen is weergegeven in figuur 1.



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

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

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

Figuur 1 Tabel van kwartaire formaties (Rijks Geologische Dienst, geologische kaart Arnhem-oost, 1977)

## 2 FORMATIE VAN MASSLUIS

De afzettingen van Maassluis behoren tot de oudste formatie, die in het oost-west profiel door het rivierengebied werden aangeboord.

Deze formatie bestaat uit mariene afzettingen, die plaats vonden in een ondiepe kustnabije zee (ZAGWIJN & VAN STAALDUINEN, 1975). De formatie werd gevormd gedurende het Praetiglien en een deel van het Tiglien (DOPPERT, 1975).

### 2.1 Lithologie

Ten oosten van het Pannerdens kanaal, in het noordelijk deel van het kaartblad Arnhem-Oost, bestaat de formatie uit uiterst fijne tot matig grove zanden (korrelgrootte variërend van 30-300  $\mu$ ). In deze zanden komen plaatselijk kleilagen voor. Het fijne zand is iets slibhoudend. In de fijne zanden zijn dunne zware grijze kleilagen ingeschakeld. De zanden hebben overwegend een grijze kleur. In de zanden worden af en toe hout- en schelpresten gevonden.

In de Betuwe bestaat de Formatie van Maassluis uit grijze tot bruin-grijze matig fijne tot zeer grove (korrelgrootte variërend van 200 - 600  $\mu$ ) zanden. In deze zanden zijn lemen en schelpgruis gevonden.

In de zanden komen inschakelingen van zandige tot zware kleilagen voor. Houtresten en kleibrokken worden regelmatig aangetroffen.

De zanden en kleilagen zijn over het algemeen sterk kalkhoudend.

In de Vijfheerenlanden en het westelijk deel van de Tielerwaard bestaat de formatie uit fijne en matig grove zanden (150-400  $\mu$ ). Daarnaast komen iets- tot sterk zandige kleien voor. De zanden bevatten een wisselend percentage schelpen en schelpgruis.

### 2.2 Grindsamenstelling

In de Betuwe bestaan de grinden van de Formatie van Maassluis uit 79 tot 84% kwarts.

In dit kwartsrijke grind maakt witte ondoorschijnende gangkwarts het merendeel uit.

### 2.3 Mineralogische samenstelling

Het percentage instabiele mineralen ligt tussen 70 tot 90.

De groep bestaat hoofdzakelijk uit granaat, epidoot, hoornblende en alteriet.

Vooraf de grofkorrelige zanden zijn rijk aan hoornblende en alteriet.

#### 2.4 Verbreiding en diepteligging

In een groot gedeelte van het Midden-Nederlandse rivierengebied komt de Formatie van Maassluis voor. Afzettingen van deze formatie ontbreken in het noordwestelijk deel van het land van Maas en Waal, eveneens in een smalle strook ten noorden van de Waal nabij Nijmegen en in het zuidelijk deel van de Liemers.

In het noordelijk deel van de Liemers bevindt de bovenkant van de Formatie van Maassluis zich op dieptes variërend van 55 tot 71 meter beneden NAP. Bij Duiven o.a. wordt de bovenkant op 72 meter beneden NAP gevonden (VAN DE MEENE, 1977).

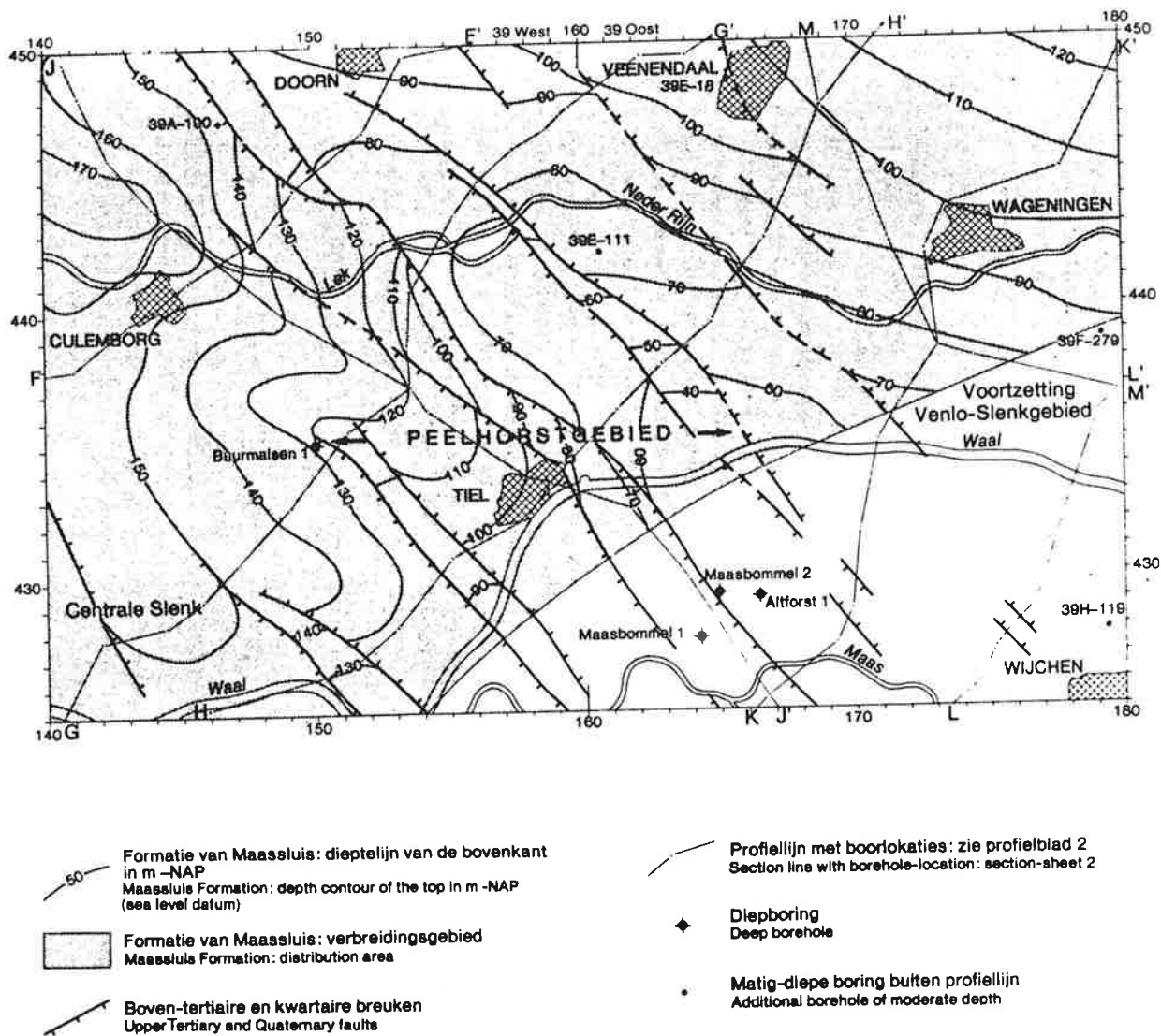
Iets ten westen van Elst (Betuwe) bij het drinkwaterpompstation Fikkersdries bevindt de bovenkant van de Formatie van Maassluis zich op ongeveer 85 meter beneden NAP. De dikte van de formatie bedraagt daar 18 meter.

Ongeveer 2 km ten westen van Zetten wordt de formatie op 79 meter beneden NAP aangetroffen. De dikte van de Maassluis afzettingen bedraagt 11 meter.

Op de voortzetting van de Peelhorst varieert de ligging van de bovenkant. Zo ligt de formatie in een boring ten noordoosten van Tiel op 64 meter beneden NAP. Een kilometer ten westen van deze boring worden de Maassluis afzettingen op 45 meter beneden NAP aangetroffen.

In de voortzetting van de Centrale Slenk, ter hoogte van Culemborg wordt de bovenzijde van de Formatie van Maassluis op 129 meter beneden NAP aangetroffen. Nabij Leerdam bedraagt de diepte ongeveer 125 meter minus NAP.

De dikte van de Formatie van Maassluis is in het oostelijk deel van de voortzetting van de Centrale Slenk ongeveer 40 meter, in westelijke richting kan de dikte oplopen tot 110 meter. Figuur 2 geeft een overzicht van de verbreiding en diepteligging van de bovenkant van de Formatie van Maassluis zoals aangegeven in de geologische kaart 39 oost en 39 west



**Figuur 2**      **Verbreiding en diepteligging van de bovenkant van de Formatie van Maassluis.**  
(Rijks Geologische Dienst, geologische kaart 39 oost + west, 1984)



### 3 FORMATIE VAN TEGELEN

De afzettingen van de Formatie van Tegelen werden gedurende het Tiglien en het vroegste deel van het Eburoniën gesedimenteerd door een Rijnsysteem, dat vanuit het zuiden het tegenwoordige Midden-Nederlandse rivierengebied binnenstroomde.

De Formatie van Tegelen is voorheen uitvoerig beschreven door ZONNEVELD (1947, 1958), DOPPERT & ZONNEVELD (1955), NOTA (1956), ZAGWIJN (1969, 1963), JELGERSMA & ZANDSTRA (1970), ZANDSTRA & RUEGG (1984).

#### 3.1 Lithologie

De lithologische samenstelling van de Formatie van Tegelen kan sterk variëren.

In het oostelijk deel van het Midden-Nederlandse rivierengebied (o.a. in de Liemers rond Zevenaar) bestaat de formatie uit groengrijze, iets zandige kleien. In de kleien zijn grijze tot donkergrijze kwartszanden waarin ingeschakeld wat grind kan voorkomen (VAN DE MEENE, 1977).

In de omgeving van Opheusden en Tiel bestaat de Formatie van Tegelen uit matig fijne (180 - 210 mu) tot zeer grove zanden (tot 1000 mu).

In enige boringen in het midden gedeelte van het rivierengebied werd vanaf de basis van de formatie de hieronder vermelde opeenvolging van afzettingen aangetroffen (420 - 1000 mu)

- zand, zeer grofkorrelig, grindhoudend en kalkhoudend, (dikte van dit zand ongeveer 5 meter)
- zand, matig fijnkorrelig (150 - 210 mu), sterk lemig en kalkrijk, (dikte ongeveer 2.50 meter)
- klei, zwaar en kalkhoudend, (dikte van de klei ongeveer 3 meter)
- zand, matig fijnkorrelig (150 - 180 mu), sterk lemig en kalkrijk, (dikte ongeveer 9 meter)
- zand, matig grofkorrelig, sterk lemig, kalkrijk, (dikte ongeveer 2.50 meter)
- klei, iets fijnzandig, kalkrijk, (dikte ongeveer 3 meter).

In de hogere delen van de formatie komen veelal leem- en kleilagen voor. Soms bevinden zich daarin venige lagen (venige tot sterk venige kleien).

In de lemen en fijnkorrelige zanden worden dikwijls plantenresten aangetroffen.

### 3.2 Grindsamenstelling

Grind- en zandkorrels zijn weinig tot matig afgerond en de maximale grootte van de grinden is ongeveer 15 mm. Het grind in de fractie 2 - 5 mm bestaat voor ruim 70 tot 80% uit kwarts. Het percentage gangkwarts (57 tot 68%) is hoger dan dat van de heldere kwarts.

In het fijne grind (2 - 5 mm) maakt gangkwarts meer dan 65% van de kwarts uit.

### 3.3 Mineralogische samenstelling

De Formatie van Tegelen wordt gekarakteriseerd door ruim 80% aan instabiele mineralen (granaat-epidoot-hoornblende alteriet-associatie), waarbij het percentage hoornblende kan oplopen tot 40 en granaat in vele gevallen in percentages van 20 tot 40 kan voorkomen. De fijnkorrelige zanden bevatten de mineralen granaat, epidoot en alteriet. Vooral de bovenste grove zandlaag is rijk aan hoornblende.

### 3.4 Verbreiding en diepteligging

De Formatie van Tegelen wordt in de ondergrond van vrijwel het gehele Midden-Nederlandse rivierengebied aangetroffen. In een deel van de Liemers en in het Gelderse IJsselgebied ontbreken de Tegelen-afzettingen.

Oorspronkelijk heeft de sedimentatie van de Formatie van Tegelen in vorengenoemde gebieden wel plaatsgevonden, maar door erosie van het opdringende Saale-landijs zijn de Tegelen-afzettingen daar grotendeels verdwenen.

In het zuidelijk deel van de Liemers worden hier en daar nog resten aangetroffen.

Door insnijding en erosie door jongere riviersystemen kan de diepteligging van de bovenkant van afzettingen over korte afstand sterk wisselen (soms bedraagt dat verschil meer dan 10 meter). Bij de hier vermelde diepteliggingen worden deze extreme gevallen niet genoemd.

In het oostelijk deel van het Midden-Nederlandse rivierengebied komt de bovenkant van de Formatie van Tegelen op ongeveer 50 meter beneden NAP voor. De dikte van de formatie is daar 20 meter.

In westelijke richting daalt de bovenkant geleidelijk tot 55 meter - NAP nabij Kesteren (bij de overgang van de noordelijke voortzetting van de Venlo-Slenk en de Peelhorst). De dikte bedraagt 20 - 25 meter.

In de hoogste delen van de Peelhorst bevindt de bovenkant van de Formatie van Tegelen zich op 35 meter beneden NAP.

In de Centrale Slenk daalt de diepteligging in westelijke richting van 80 meter tot ruim 100 meter nabij Gorinchem.

#### 4 FORMATIE VAN HARDERWIJK

Deze fluviatiele afzettingen zijn hoofdzakelijk door een riviersysteem vanuit het noordoosten afgezet. De aanvoer en sedimentatie van de afzettingen van Harderwijk vond plaats door een vanaf Fennoscandia naar het zuidwesten stromend rivierensysteem (ZANDSTRA, 1979), het zgn. Baltische rivierensysteem (BIJLSMA, 1981). De invloed van materiaalaanvoer door de Noordduitse rivieren (CROMMELIN, 1953; MAARLEVELD, 1952) komt o.a. tot uitdrukking in de grijswitte kleur van de zanden.

De sedimentatie vond plaats gedurende het Tiglien, Eburonien en het Waalien.

In Midden-Nederland gaat de formatie dan ook zijdelings over in de afzettingen van Tegelen en van Kedichem.

In Midden-Nederland treedt een vermenging van deze afzettingen van noord-oostelijke herkomst op met Rijnafzettingen. Deze Rijnafzettingen, door ZANDSTRA met de naam Bunnik-Rijnafzettingen aangeduid, bestaan veelal uit grofkorrelige, grindrijke zanden (grind geeft een korreldikte aan) en zijn vanuit het zuidoosten aangevoerd. De sedimentatie van dit Rijnsysteem vond vermoedelijk plaats in het Eburonien en het Waalien. Het gecombineerde beeld van de afzettingen, aangevoerd door de Baltische rivieren en de Rijn, komt duidelijk tot uitdrukking in een boring bij Opheusden.

Vanaf 16.40 tot 36.50 beneden maaiveld bestaan de afzettingen uit een afwisseling van kleien en fijn tot matig grofkorrelige zanden, die tot de Formatie van Kedichem behoren en door de Rijn zijn afgezet.

Daaronder, van 38.00 tot 44.30 m en van 51.80 tot 54.80 m, treedt vermenging met oostelijk materiaal op, terwijl van 47.00 tot 89.30 m de grinden uit zuiver Rijnmateriaal bestaan met kwartsgehalten van 71 tot 75%.

##### 4.1 Lithologie

De formatie bestaat in het riviergebied voornamelijk uit grijswitte, grove tot zeer grofkorrelige, grindhoudende zanden met korrelgrootten variërend van 400 - 1800  $\mu$ . De zanden zijn veelal kalkloos, doch kunnen soms iets kalkhoudend zijn. Deze geringe toename van kalk is een gevolg van een grotere invloed van de sedimentatie door de Rijn. Soms worden wat kleilagen in de formatie aangetroffen.

De afzettingen van de Formatie van Harderwijk onderscheiden zich van die van de Formaties van Tegelen en Kedichem door de grotere grofheid van de zanden en het veel geringere voorkomen van kleilagen.

#### 4.2 Mineralogische samenstelling en grindgegevens

In de zware mineralensamenstelling overheersen granaat en epidoot en hoornblende, de alterietpercentages variëren van 5 tot 20, terwijl verder hoornblende en de metamorfe mineralen aanwezig zijn. Het saussurietgehalte is laag. Het grind in de zanden is overwegend fijn en het percentage bedraagt veelal niet meer dan 8. Kenmerkend voor het grind is de grijswitte kleur en het hoge gehalte aan doorschijnende blauwgrijze, lichtgrijze en kristalheldere kwarts en er komen weinig melkkwartsen voor, soms is het percentage maar 20. Het kwartsgehalte is veelal zeer hoog en varieert van 75 tot 80% en kan soms tot meer dan 90%.

#### 4.3 Verbreiding en diepteligging

De afzettingen van de Formatie van Harderwijk worden niet overal in het Midden-Nederlandse rivierengebied aangetroffen.

De afzettingen zijn hoofdzakelijke verbreidingsgrens van de formatie deel van dit gebied. De zuidelijke verbreidingsgrens van de formatie loopt gedeeltelijk min of meer evenwijdig aan en op gelijke afstand van de Nederrijn en de Waal.

In het oostelijk deel van de Over-Betuwe bevindt de basis van de Formatie van Harderwijk zich op ongeveer 50 meter beneden NAP. In westelijke richting daalt deze basis geleidelijk tot 55 meter bij Kesteren. De bovenkant van de formatie ligt in de Over-Betuwe op 32 meter beneden NAP. Nabij Kesteren ligt deze diepte op 35 meter.

## 5 FORMATIE VAN KEDICHEM

De afzettingen van de Formatie van Kedichem werden overwegend door zuidelijke rivieren, voorlopers van de Rijn en Maas, gesedimenteerd.

Deze sedimentatie vond plaats gedurende het Eburonien, Waalien en Menapien. In Midden-Nederland gaan de afzettingen van Kedichem voor een deel lateraal over in de Formatie van Harderwijk. Echter de jongste afzettingen van de Formatie van Kedichem zijn later gevormd dan die van de Formatie van Harderwijk.

De Formatie van Kedichem werd voorheen uitvoerig beschreven door DOPPERT & ZONNEVELD (1955), NOTA (1956), VAN STRAATEN (1956), ZAGWIJN (1957, 1960), JELGERSMA & ZANDSTRA (1970).

### 5.1 Lithologie

De Formatie van Kedichem bestaat overwegend uit fijne zanden en kleien. Grove zanden worden af en toe aangetroffen. Bijvoorbeeld in het oostelijk rivierengebied ten oosten van Nijmegen, waar de Formatie van Kedichem grofkorrelige (300 - 500 mu) en grindhoudende (20%) zanden bevat.

In het onderzochte rivierengebied bestaat de formatie uit fijn tot matig grofkorrelige zanden en kleien, terwijl plaatselijk dunne veenlagen voorkomen. De fijne zanden hebben een grijze en groengrijze kleur.

De grove zanden hebben veelal een bruine kleur.

In het Land van Maas en Waal zijn de Kedichem-zanden soms grover dan elders en er worden zelfs grofkorrelige, grindhoudende zanden aangetroffen. De zanden zijn overwegend kalkloos, doch aan de basis kunnen zij iets kalkhoudend zijn. De dikte van de kleien is sterk wisselend. Zo komen lagen van 2 m dikte voor, maar ook kleipakketten van 15 m. De kleien zijn veelal kalkloos.

### 5.2 Grindsamenstelling

Het grind van de Formatie van Kedichem is hoofdzakelijk van zuidelijke origine. Dit grind is over het algemeen grover dan het grind van de Formatie van Harderwijk.

Het grind van de Formatie van Kedichem bevat meer donkergrijze bestanddelen waardoor het Kedichemgrind als geheel een donkerder grijze indruk maakt dan het grind van de Formatie van Harderwijk. De kwartsgehalten van de Kedichemgrinden varieert van 76 tot 82 procent en is over het algemeen geringer dan de kwartsgehalten van het bovenste deel van de Harderwijkgrinden.

Het percentage gangkwarts is duidelijk hoger dan het restkwartspercentage.

De verhouding ligt nabij de 3 : 1 (bij de grinden van de Formatie van Harderwijk zijn de restkwartspercentages veel groter dan het percentage gangkwarts).

### 5.3 Mineralogische samenstelling

Het zware mineralengezelschap bestaat voornamelijk uit granaat, epidoot en hoornblende met verder saussuriet en alteriet.

### 5.4 Verbreiding en diepteligging

De afzettingen van Kedichem komen vrijwel in het gehele Midden-Nederlandse rivierengebied voor.

In het westelijk deel van dit gebied d.w.z. vanaf de voortzetting van de Peelhorst ligt de basis van de Formatie van Kedichem ongeveer 110 meter beneden NAP. De afzettingen van Kedichem reiken daar tot 80 meter beneden NAP.

In westelijke richting dalen de Kedichem afzettingen.

Nabij Gorinchem en Leerdam komt de bovenkant op ongeveer 100 meter - NAP.

In het breukengebied wisselt de diepteligging van de top van de Kedichem van 25 meter-NAP tot soms 15 meter-NAP.

Oostelijk van het breukgebied in de voortzetting van de Venlo-Slenk ligt de basis van de Kedichem op 55 meter-NAP. In oostelijke richting wordt de diepte van de basis geleidelijk geringer. Vanaf Lienden oostwaarts wordt het beeld van de diepteligging van de bovenkant van de Formatie van Kedichem wat verwarrend en onregelmatig.

In de eerste plaats treedt op uitgebreide schaal vermenging van Kedichem- met Harderwijk afzettingen op.

Tevens lijkt de oorspronkelijke diepteligging van de bovenste Kedichem (en Harderwijk)afzettingen wat verstoord, dat niet te verklaren is door alleen maar insnijding en erosie van jongere riviersystemen.

## 6 FORMATIE VAN STERKSEL

Het materiaal van deze formatie werd aangevoerd door de Rijn en de Maas, gedurende het bovenste deel van het Menapien tot en met het onderste deel van het Cromerien Complex. De afzetting vond plaats na de vorming van de Formaties van Kedichem/Harderwijk en voor die van Urk.

### 6.1 Lithologie

Het zijn bruingrijze tot bonte, grofkorrelige, grindhoudende zanden.

Soms komen plaatselijk fijnkorrelige zanden met dunne kleilagen voor.

Het grind is veelal fijn tot zeer fijn en componenten van 16 mm en groter komen weinig voor. De kwartskorrels zijn scherphoekig tot matig afgerond.

### 6.2 Mineralogische samenstelling en grindgegevens

De zware mineralenassociatie wordt gekenmerkt door het voorkomen van granaat, epidoot, alteriet, saussuriet en hoornblende. Augiet en bazaltische hoornblende komen veelal niet voor. Het percentage toermalijn en metamorfe mineralen is zeer gering. Grindanalyses van de fractie van 3 - 5 mm kwartswaarden van ongeveer 70%, waarvan ongeveer 45% bestaat uit melkkwarts en 25% uit restkwarts.

### 6.3 Verbreiding en diepteligging

In een groot deel van het rivierengebied ontbreekt de formatie, doch westelijk van de lijn Tiel-Maurik komt zij op wisselende dieptes voor.

Deze variatie in diepteligging is een gevolg van de insnijding van de rivieren, die het materiaal van de Formatie van Urk gesedimenteerd.

Waarschijnlijk ligt de ongestoorde, d.w.z. niet door de rivieren aangetaste, bovenzijde in de voortzetting van de Centrale Slenk (zie figuur 3) op ongeveer 20 à 25 m - NAP en was de dikte van de formatie er vermoedelijk ongeveer 20 m. De bovenzijde op ongeveer 21.70 m - NAP en de dikte bedraagt daar 20.30 m. Ten noordwesten van Tiel komt de afzetting van 20.20 tot 39.40 - NAP voor met een dikte van ruim 19 m.

Bij Werkhoven in het Kromme Rijngebied bevindt zich de bovenkant op 17.90 m - NAP, de dikte is er 18.70 m. Nabij Deil in de Tielwaard komt de Sterksel Formatie voor van 21.60 tot 56.20 m - NAP.

In het gebied rond Nijmegen-Elst-Arnhem-Schaarsbergen komt de Formatie van Sterksel eveneens voor.

## 7 FORMATIE VAN URK

Hiertoe worden alle augietrijke Rijnafzettingen uit het Midden-Pleistoceen ouder dan de Saalien-ijsbedekking gerekend (VAN DER HEIDE & ZAGWIJN, 1967). De vorming vond plaats vanaf het midden-deel van het "Cromerien Complex". De augietrijke Rijnafzettingen werden door ZONNEVELD (1956) als zone van Urk beschreven en werden later (in 1958) door hem de Formatie van Urk genoemd.

Aangenomen werd dat de vorming van de Formatie van Urk gedurende het Elsterien heeft plaats gevonden (ZONNEVELD, 1958).

Nu wordt onder de Formatie van Urk een groter complex van vrijwel uitsluitend fluviatiele afzettingen gerekend, doordat de Formatie van Vianen (ZONNEVELD, 1958) en de zgn. "Mengzone" afzettingen in Noord-Nederland in de Formatie van Urk zijn opgenomen.

De Formatie van Urk loopt er voor een groot deel synchroom met de door de Maas gevormde Formatie van Veghel. Gedurende de vorming van de Formatie van Urk mondde de Maas ter plaatse van het tegenwoordige riviereengebied, in de Rijn uit. Hierdoor trad menging van de Rijn-Urk-afzettingen met de Veghel-Maasafzettingen op. ZANDSTRA, (1974) gaf hieraan de naam Urk-Veghel mengzone. Volgens Zandstra is de invloed van de Maas echter niet bijzonder groot, wat onder andere tot uitdrukking komt bij fijn grind dat een kwartspercentage van 70-75 vertoont en slechts een geringe hoeveelheid vuursteen bevat. Zuivere Rijnafzettingen van de Formatie van Urk hebben kwartspercentages variërend van 56-60 in het oostelijk deel van het riviereengebied tot 59-65 in het westen en ten noorden van de stad Utrecht. Bij grover materiaal is evenwel volgens MAARLEVELD, (1956) de Maas-invloed duidelijk aanwezig.

### 7.1 Lithologie

De formatie bestaat overwegend uit matig tot zeer grofkorrelige grindhoudende zanden (korrelgrootte varieert van 250 tot 2000  $\mu$ ).

Het grindpercentage in de zanden varieert van 30 tot 35. Het grind kan zowel grof als fijn zijn. Grof grind wordt vooral aan de basis van de Urkgeulen gevonden. Fijnkorrelige zanden worden af en toe in de formatie aangetroffen. Inschakelingen van kleien en venen komen sporadisch in de zanden voor. Het bovenste gedeelte van de formatie kan soms fijnzandig zijn.

Het bont karakter van de Urkzanden wordt veroorzaakt door een samengaan van witte, rode en grijze kwarts te zamen met rode, grijze zandsteen en zwarte lydiet.

De Urkzanden zijn over het algemeen kalkhoudend tot kalkrijk.



De kwartspercentages van de Urkzanden variëren van 55 tot 67. Nabij Nijmegen, waar vanaf de basis van de formatie "zuivere Urk" zanden worden gevonden bedragen de kwartsgehaltenes van 56 tot 60%. Deze Urkafzettingen worden in de hogere delen van de formatie vermengd met Veghelzanden, waardoor de kwartspercentages hoger worden.

Nabij Wolfheze, waar onder de zandafzettingen Urkzanden worden aangetroffen, bedragen de kwartsgehaltenes gemiddeld 57%.

In het Westen, nabij Loosdrecht variëren de kwartspercentages van 59 tot 65.

### 7.2 Mineralogische samenstelling

De grofkorrelige zanden van de formatie hebben over het algemeen een augietrijke zware mineralen-associatie, terwijl de fijnkorrelige zanden, in verband met dit korrelgrootteverschil, een augietarme associatie bezitten. Het percentage stabiele mineralen is geringe (ongeveer 10 volgens ZANDSTRA, 1980). De reeds hierboven genoemde mengzone wordt gekenmerkt door vrij lage augietpercentages. Daarentegen zijn hoeveelheden toermalijn, zirkoon en rutiel soms hoog. Ook kan het granaatpercentage relatief hoog zijn.

Volgens JELGERSMA & ZANDSTRA (1970) en ZAGWIJN (1971) bevat deze formatie in het rivierengebied in het algemeen minder augiet dan elders.

Ook is het verticale traject veel korter dan in gebieden buiten het rivierengebied.

### 7.3 Verbreiding en diepteligging

Oorspronkelijk werd de Formatie van Urk hoogstwaarschijnlijk in een groot deel van Midden-Nederland gesedimenteerd, later echter zijn in delen van het verbreidingsgebied de Urkafzettingen geheel of soms vrijwel geheel verdwenen. Door riviererosie o.a. door Kreftenheije-rivieren of door erosie van het opdringende Saale-landijs zijn Urkafzettingen opgeruimd.

Onder de fluvioglaciale sandr-zanden zowel ten westen van de stuwwal van Nijmegen als ten noorden van de stuwwal van Arnhem worden de Urkafzettingen in verstoorde opgestuwde positie aangetroffen. Dit feit maakt het aannemelijk dat de afzettingen van Urk oorspronkelijk eveneens in de Betuwe werden afgezet.

Ook het voorkomen van de Formatie van Urk onder fluvioglaciale zanden langs de stuwwallen ter weerszijden van de Gelderse Vallei kan wijzen op een sedimentatie van de Formatie van Urk in het huidige Gelderse Valleigebied.

Zowel in gebieden rond Nijmegen, Tiel, Gorinchem, maar ook noordelijk nabij Culemborg en Utrecht worden in boringen veelvuldig vermenging van de Formatie van Urk met Veghel sedimenten aangetroffen. Deze vermenging zet zich in het westelijk deel van het rivierengebied voort tot aan een min of meer oost-westlijn vanaf halverwege Utrecht-Breukelen, grens Maartensdijk-Maarssen-Vleuten ten noorden van Kamerik. Ten noorden van deze lijn komen vrijwel "zuivere" Urkafzettingen voor.

In het oostelijk rivierengebied is de noordelijk grens van de Urk/Veghel mengzone niet vast te stellen door erosie en verstoring van de afzettingen ten gevolge van glaciële werking van het Saale-landijs.

Door vermenging van de afzettingen is de oorspronkelijke samenstelling van o.a. de Urkzanden en grinden gewijzigd. Bijvoorbeeld: het kwartgehalte van de zanden en grinden is toegenomen van 50 à 55% naar meer dan 60% (Veghelgrind bereikt in Noord-Limburg kwartpercentages van boven de 70%).

Het hoge kalkgehalte van de Urkzanden wordt bij vermenging met de overwegend kalkarme tot kalkloze zanden van de Formatie van Veghel sterk verlaagd.

De basis van de Formatie van Urk wordt nabij Nijmegen op ongeveer 12 meter minus NAP gevonden. In dit oostelijk deel van het rivierengebied zijn een aantal gegevens over de ongestoorde diepteligging van deze formatie voorhanden. In dit gebied blijkt de basis te kunnen variëren van 5 tot 12 meter min NAP. Onder de fluvioglaciële zanden nabij de Stuwwal van Nijmegen werden basisdiepten van 10 tot 12 meter onder NAP gevonden.

Nabij Wolfheze wordt de basis van de formatie op ongeveer 15 tot 18 meter min NAP aangetroffen.

De dikte van de Formatie van Urk bedraagt in het oostelijk deel van het rivierengebied ongeveer 16 à 18 meter. In de Betuwe, waar de Formatie van Urk grotendeels verdwenen is, kwamen vermoedelijke oorspronkelijke dikten van 15 tot 20 meter van de Urkafzettingen (vermengd met Veghelafzettingen) voor. In westelijke richting neemt de diepteligging van de basis toe.

Enige kilometers ten westen van Tiel ligt de basis wisselend tussen de 18 à 21 meter minus NAP.

Ook meer westelijk van Tiel blijken de basisdiepten van de Formatie van Urk eveneens te variëren, waarbij plaatselijk over geringe afstand grote verschillen kunnen optreden.

Nabij Culemborg worden diepteliggingen van de Urkbasis van meer dan 40 meter beneden NAP gevonden. Enige kilometers daarvandaan wordt de basis op 17 meter - NAP aangetroffen (dit diepteverschil is hier niet een gevolg van tektonische bewegingen).

In de Tielerwaard variëren de diepteliggingen van 16 tot 20 meter min NAP (bij Deil ongeveer 20 meter - NAP, bij Asperen 20 meter - NAP en nabij Waardenburg gemiddeld 18 tot 20 meter onder NAP).

Bij Leerdam en ten noorden daarvan komen weer grotere diepten voor o.a. bij Leerdam 41 meter beneden NAP, Hagestein (ten noorden van Leerdam) 42 meter - NAP.

In het westelijk deel van de Betuwe o.a. nabij Lienden worden nu diktes van de Urkafzettingen van 5.50 meter aangetroffen, iets meer westelijk kunnen de diktes variëren van 5 tot 10 meter.

Evenals de grote variatie in diepteligging van de basis van de Formatie van Urk, wisselt de oorspronkelijke dikte van de formatie in het westelijk deel van het rivierengebied.

In de Tielerwaard kunnen de oorspronkelijke diktes variëren van 10 tot 15 meter (nu komen daar diktes van de Formatie van Urk van 5 tot 14 meter voor). Noordelijk van de Tielerwaard van onder andere in de Vijfheerenlanden kunnen oorspronkelijke diktes van ruim dertig meter verwacht worden.

LITERATUUR

- Crommelin, R.D. (1953): Over de stratigrafie en herkomst van de pré-glaciale afzettingen in Midden-Nederland. Geol. en Mijnb. 15, p.305-322.
- Doppert, J.W.Chr. & J.I.S. Zonneveld (1955): Over de stratigrafie van het fluviatiele Pleistoceen in West Nederland en Noord-Brabant. Meded. Geol. Sticht., 8, p.13-31.
- Doppert, J.W.Chr. (1975): Foraminiferenzonering van het Nederlandse Onder-Kwartair en Tertiair. p.114-118 in: Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen red.: Toelichting bij Geologische Overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geol. Dienst, Haarlem.
- Heide, S. van der & W.H. Zagwijn (1967): Stratigraphical nomenclature of the Quaternary deposits in The Netherlands. Meded. Geol. Sticht., 18, p.23-30.
- Jelgersma, S. & J.G. Zandstra (1970): Formaties uit het Pleistoceen. p.17-36 in: Verbraeck, A.: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem (Gorkum) Oost (38-O), Rijks Geol. Dienst, Haarlem.
- Maarleveld, G.C. (1952): Over enige grindtypen van oostelijke herkomst in Nederland. Geol. en Mijnb., 14, p.345-353.
- Maarleveld, G.C. (1956a): Grindhoudende midden-pleistocene sedimenten. Diss. Utrecht Meded. Geol. Stichting, c-6, 6, p.1-105.
- Maarleveld, G.C. (1956b): Ergebnisse von Kies-Analysen im Nieder-rheingebiet. Geol. en Mijnb., 18, p.411-415.
- Meene, E.A. van de (1977): Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Arnhem Oost (40-O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem.
- Nota, D.J.G. (1956): Sedimentpetrologische Untersuchungen altpleistozäner Ablagerungen im Gebiete von Tegelen, Niederlande. Geol. en Mijnb., 18, p.402-410.
- Straaten, L.M.J.U. van (1956): Structural features of "Papzand" formation at Tegelen (The Netherlands). Geol. en Mijnb., 18, p.416-420.
- Verbraeck, A. (1984): Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50.000. Blad Tiel West (39 W) en Blad Tiel Oost (39 O), Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Zagwijn, W.H. (1957): Vegetation, Climate and time-correlations in the early Pleistocene of Europe. Geol. en Mijnb., 19, p.233-244.
- Zagwijn, W.H. (1960): Aspect of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in The Netherlands. Meded. Geol. Sticht., C-3, 5, p.1-78.

Zagwijn, W.H. (1963a): Pleistocene stratigraphy in The Netherlands, based on changes in vegetation and climate. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen., G 21-2, p.173-196.

Zagwijn, W.H. (1963b): Pollen analytic investigations in the Tiglian of The Netherlands. Meded. Geol. Sticht., 16, p.49-72.

Zagwijn, W.H., H.M. van Montfrans & J.G. Zandstra (1971): Subdivision of the "Cromerian" in The Netherlands, pollenanalysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology. Geol. en Mijnb., 50, p.41-58.

Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen, red. (1975): Toelichting bij Geologische Overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Zandstra, J.G. (1971): Geologisch onderzoek in de stuwwal van de Oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. Meded. Rijks. Geol. Dienst, 22, p.215-260.

Zandstra, J.G. (1974): Over de uitkomsten van nieuwe zwerfsteentellingen en een keileemtype-indeling in Nederland. Grond. en Hamer, 28, p.95-108.

Zonneveld, J.I.S. (1947): Het Kwartair van het Peelgebied en naaste omgeving. Meded. Geol. Sticht., C-6, 3.

Zonneveld, J.I.S. (1956): Das Quartär der südostlichen Niederlande. Geol. en Mijnb., 18, p.379-385.

Zonneveld, J.I.S. (1958): Lithostratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. Meded. Geol. Sticht., 12, p.31-64.