

De geologische grondslag van het geohydrologisch onderzoek in Nederland

1. Inleiding

In afb. 1 is een kaartje van Nederland weergegeven waarop de belangrijkste pompstations voor de winning van grondwater zijn aangegeven. Uit de verspreiding van de pompstations op deze kaart blijkt dat deze zich voornamelijk op de zgn. hoge gronden bevinden. In het lage gedeelte van Nederland, de poldergebieden, wordt met uitzondering van de kustduinen geen grondwater voor de drink- en industriewatervoorziening gewonnen. Het blijkt echter (afb. 2) dat niet de afwezigheid van grondwater



DR. S. JELGERSMA
Rijks Geologische Dienst
Haarlem

hiervoor verantwoordelijk is maar de kwaliteit van het grondwater. Het grondwater in het lage gedeelte van Nederland is nl. brak tot zout, zoals weergegeven op afb. 2.

De Holocene mariene transgressies zijn verantwoordelijk voor deze verzilting. Zoals uit afb. 3 is af te leiden, vallen de grenzen van de verzilting van het grondwater in grote lijnen samen met de transgressiegrenzen van het Holoceen. Uit het bovenstaande blijkt dat de jongste geologische geschiedenis, de laatste 7000 jaar, in Nederland belangrijke gevolgen voor de mogelijkheden voor de winning van zoet grondwater heeft gehad. Immers door deze geologisch gezien jonge inbraken van de zee komt het gehele lage gebied van Nederland, met uitzondering van de kustduinen, door verzilting niet meer in aanmerking voor de winning van zoet grondwater.

De geologische ontwikkeling van Nederland gedurende het Kwartair is voor een groot deel bekend geworden door het specialistisch onderzoek aan grondmonsters van boringen. De waterleidingmaatschappijen hier te lande hebben zeer veel boringen doen verrichten waarvan de monsters beschikbaar werden gesteld voor geologisch onderzoek. Zonder dit basismateriaal, waarvan het aandeel van de Waterleiding Maatschappijen zeer hoog is, zou slechts weinig van de opbouw van de ondergrond bekend zijn.

2. Afzettingen en gesteenten die voor de hydrogeologie van belang zijn

Voor de hydroloog die grondwater wil winnen zijn in de eerste plaats die afzettingen van belang die een groot poriënvolume hebben, anderzijds om de gevolgen van de winning te bekijken, ook de slecht

doorlatende afzettingen. De laatste zijn uiteraard de kleilagen.

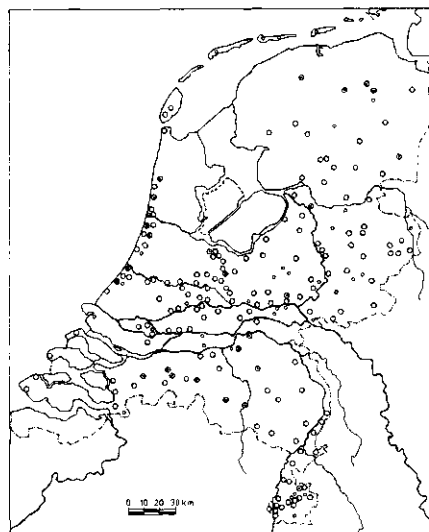
De eerstgenoemde afzettingen zijn te verdelen in:

1. grove zanden en grind (poriën-volume);
2. zandsteen (poriën en spleijvlakken);
3. niet geconsolideerde schelpenafzettingen (poriën);
4. korrelige zandsteen (poriën en spleijvlakken);
5. vaste kalksteen (spleijvlakken);

Grof zand en grind wordt in het algemeen

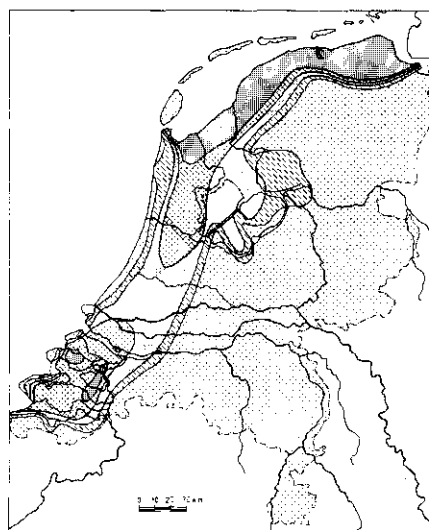
plaatselijk door rivieren afgezet. Fijner zand kan zowel door de rivier als kust-nabij, in duinen, strandzanden en kustbanken, worden gesedimenteerd. Schelpenafzettingen zijn mariene kust-nabije afzettingen. Een zandsteen kan zowel in een fluviatiel als in een marien milieu zijn ontstaan. Indien een zandsteen fijnkorrelig is, is dit gesteente voor de waterwinning alleen van belang indien er in voldoende aantal spleijvlakken aanwezig zijn. Een vaste kalksteen is evenals een korrelige kalksteen een mariene afzetting, het voorkomen van spleijvlakken is van belang.

Afb. 1 - Overzichtkaart met waterwinplaatsen van grond- en oppervlaktewater.



Pompstations voor grondwater
• <math>< 100 \text{ m}^3/\text{uur}</math>
◦ $100 - 1000 \text{ m}^3/\text{uur}$
◐ $> 1000 \text{ m}^3/\text{uur}$

Afb. 2 - Gemiddeld chloridegehalte van het grondwater in het Pleistocene doorlatende pakket in mg Cl/liter (Volker 1963).



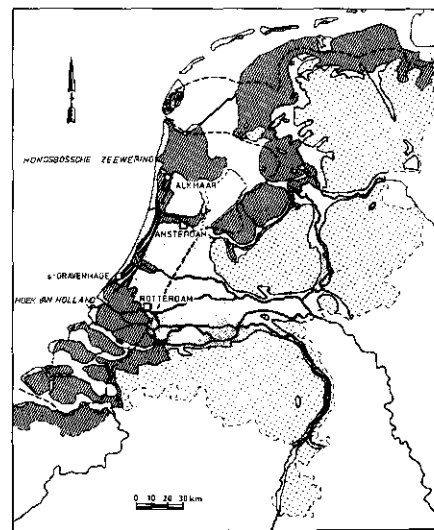
<math>< 100 \text{ mg Cl/l}</math>
100 - 2500
500 - 5000
5000 - 10000
<math>< 10000</math>

3. De geologische ouderdom van afzettingen die voor de waterwinning van belang zijn

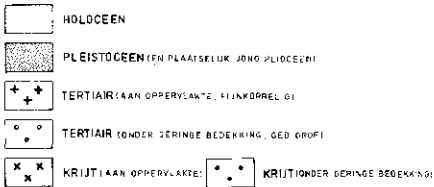
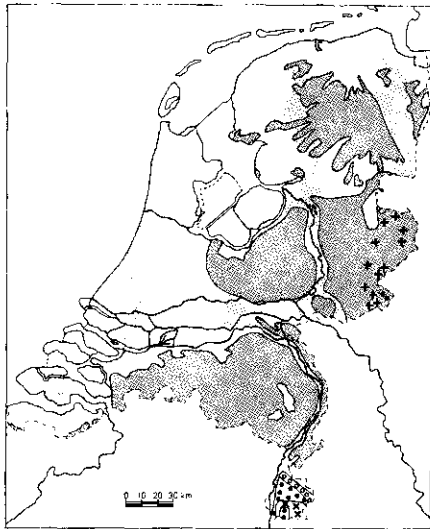
De geologische positie van Nederland gelegen aan de rand van het dalend Noordzee-bekken is verantwoordelijk voor de zeer diepe ligging van de Mesozoïsche-Tertiaire afzettingen in een groot deel van ons land. Slechts in het zuidelijkste deel van ons land en plaatselijk aan de oostgrens komen oude afzettingen op een diepte voor die van belang kunnen zijn voor de waterwinning. In afb. 4 is een zeer schematische geologische overzichtkaart te vinden waaruit blijkt dat in Nederland zich overal, behalve in het uiterste zuiden en in het oosten, Holocene en Pleistocene afzettingen aan de oppervlakte bevinden. Bij deze overzichtkaart komt de algemene stratigrafische tabel (afb. 5).

In Zuid-Limburg komt als oudste afzetting het Boven-Carboon dicht onder de oppervlakte voor. Het zijn hoofdzakelijk zand-

Afb. 3 - Verspreiding van de Formaties van Calais en Duinkerke (naar Jelgersma 1961).



Jonge Duinen
Afzettingen van Duinkerke
Pleistocene en oudere afzettingen aan of vlak onder de oppervlakte
Halocene rivier en veen afzettingen
Maximale uitbreiding van de Afzettingen van Calais
Strandwallen en oude duinen



Afb. 4 - Overzicht van de verbreiding van het Holoceen, Pleistoceen, (+ jong Pliocene), Tertiair en Krijt in Nederland (bedekking met jong Tertiair en Kwartair in Zuid Limburg) (naar v. d. Heide 1968).

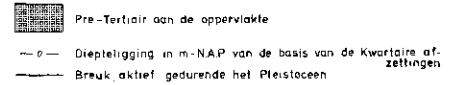
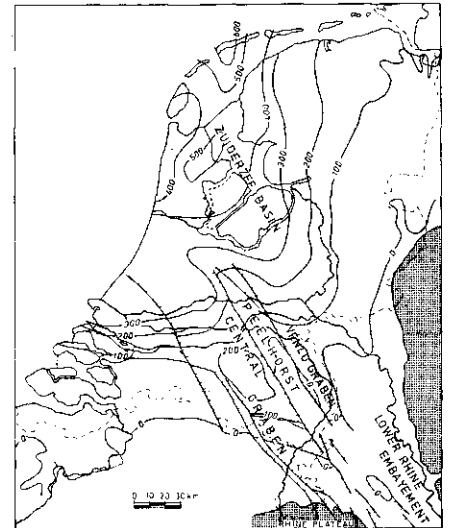
Afb. 5 - Algemene stratigrafische tabel.

| Hoofdtijdperk | Periode | Tijdvak |
|--------------------------|--------------|--|
| Neozoïcum of Kaenozoïcum | Kwartair | Holoceen Pleistoceen |
| | Tertiair | Pliocene Mioceen Oligoceen Eoceen Palaeoceen |
| Mesozoïcum | Krijt | Boven Onder |
| | Jura | Malm Dogger Lias |
| | Trias | Keuper Muschelkalk Bontzandsteen |
| | Perm | Zechstein Roliegendes |
| Palaeozoïcum | Carboon | Boven {Stephanien Westphalien Onder {Namurien Dinantien |
| | Devoon | Boven Midden Onder |
| | Siluur | Gotlandicum Ordovicium |
| | Cambrium | Boven Midden Onder |
| | Poterozoïcum | Algonkium Archaicum |

stenen van terrestrische oorsprong. In de steenkolenmijnbouw is in het Carboon zowel zoet als zout water aangetroffen. Bij de sluiting van de mijnen in Limburg is waterwinning uit deze mijnen in studie geweest, het is echter gebleken dat dit technische problemen geeft. Verder treft men in Limburg korrelige kalkstenen aan die in het Boven Krijt zijn ontstaan. Deze Boven-Krijt afzettingen voorzien voor een belangrijk deel in de waterbehoefte van Zuid-Limburg.

In het oosten van Nederland (zie afb. 4) komen behalve Tertiaire afzettingen, die door hun fijnkorrelige lithologie niet geschikt zijn voor waterwinning, de Bentheimerzandsteen en de Muschelkalk, aan of dicht aan de oppervlakte voor (Krijt). De Bentheimerzandsteen is lokaal bijv. in het gebied Enschede en Losser voor de waterwinning van belang, terwijl de Muschelkalk in het gebied van Winterswijk mogelijkheden biedt.

Bovengenoemde Palaeozoïsche en Mesozoïsche kalk en zandstenen komen in de rest van Nederland op grote diepte in de ondergrond voor. Voor de waterwinning zijn echter de bovenste 100 à 200 m van belang, omdat men in Nederland dieper geen grondwater vindt. Dit komt o.a. door het feit dat overal in Nederland het zoete grondwater op meer of minder grote diepte overgaat in zout grondwater. Het is dus duidelijk dat

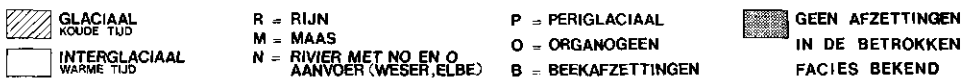


Afb. 6 - Dieptelijn van de onderkant van de Kwartaire afzettingen in Nederland, voorzover gelegen tussen NAP en 300 m -NAP. De overige dieptelijnen zijn weggelaten. Ligging van de voornaamste breuken, horsten, slenken en dalingsbekkens (Zagwijn 1974).

voor het merendeel in Nederland grondwater onttrokken wordt uit Pleistocene afzettingen. Alleen aan de rand van het bekken, in het zuiden, oosten en noord-oosten van Nederland, waar het Tertiair niet te diep voorkomt, wordt in lithologische

Afb. 7a - Indeling van het Pleistoceen.

| TIJDS INDELING | AFZETTINGEN VAN HET LANDIJS | | AFZETTINGEN VAN DE GROTE RIVIEREN | | AFZETTINGEN VAN LOCALE OORSPRONG | | AFZETTINGEN IN ZEE- EN KUSTGEBIED | |
|--------------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------------|--------|--|---|-----------------------------------|---|
| | N NED. | Z NED. | N NED. | Z NED. | N NED. | Z NED. | N NED. | Z NED. |
| WEICHELIIEN | | | | | FORM. VAN KREFTENMEYE (R + M) | F. VAN TWENTE (P+O+B) ¹ | | |
| EEMIIEN | | | | | | F. VAN ASTEN (O+B) ¹ | EEM FORMATIE | |
| SAALIEN | F. VAN DRENTE | | | | FORMATIE VAN VEGHEL (M) | FORMATIE VAN EINDHOVEN (P+O+B) ¹ | DIVERSE AFZETTINGEN ⁴ | |
| HOLSTEINIEN | | | | | FORM. VAN URK (R) | | | |
| ELSTERIEN | F. VAN PEELO ² | | | | FORMATIE VAN STERKSEL (R + M) | | | |
| "CROMERIEN" ³ | | | | | FORMATIE VAN ENSCHEDA (N) | | FORM. VAN KEDICH. (P + O) | |
| MENAPIEN | | | | | FORMATIE VAN KEDICHEM (R+M) | | | |
| WAALIEN | | | | | HARDERWIJK (N) | | | |
| EBURONIEN | | | | | FORMATIE VAN TEGELEN (R + M) | | | FORMATIE VAN MAASSLUIS ⁵ |
| TIGLIEN | | | | | KIEZELOÖLIET FORMATIE (R+M) [TEN DELE] | | | F. VAN OOSTERHOUT ⁶ [TEN DELE] |
| PRAETIGLIEN | | | | | | | | |



daarvoor in aanmerking komende afzettingen water onttrokken. Een contourlijnenkaartje van de diepteligging van de basis Kwartair is in afb. 6 weergegeven. Dit kaartje geeft een beeld van de aanzienlijke diepte waarop in het grootste deel van Nederland de Tertiaire afzettingen zijn gelegen. Grote verschillen in tectonische daling in het Nederlandse bekken komen hierop duidelijk naar voren.

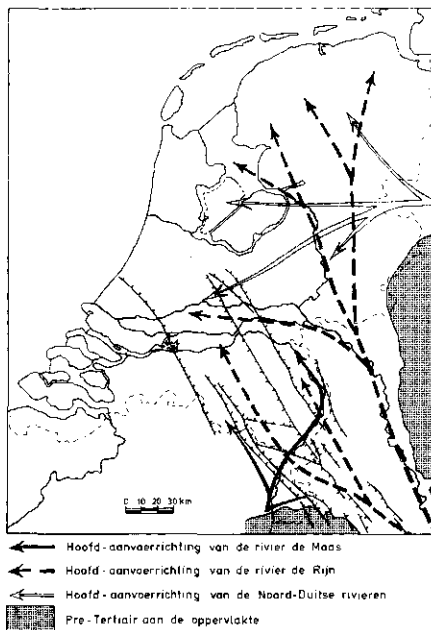
4. De lithostratigrafie van de Jong Tertiair en Kwartaire afzettingen

a. Aard en Genese

Afb. 7 geeft een stratigrafische tabel van het Jong Tertiair en Kwartair met de daarbij behorende Formaties en afzettingen. Tevens zijn in de tabel vier onderverdelingen gemaakt die betrekking hebben op het milieu waarin de diverse afzettingen ontstaan zijn. Deze zijn: *glaciale afzettingen, fluvia-tiele afzettingen, lokale afzettingen en mariene en kunst-nabije afzettingen.* Het voorkomen van bovengenoemde sedimentatie-milieus gedurende het Jong Tertiair en Kwartair wordt hieronder kort behandeld.

Het Tertiair in Nederland bestaat merendeels uit mariene afzettingen: fijne zanden, kleien en schelplagen. In een groot deel van Zuid- en Oost-Nederland waar het Tertiair op diepten voorkomt (afb. 6) die voor wateronttrekking in aanmerking komen, is dit door de fijnkorreligheid van het mariene sediment onmogelijk.

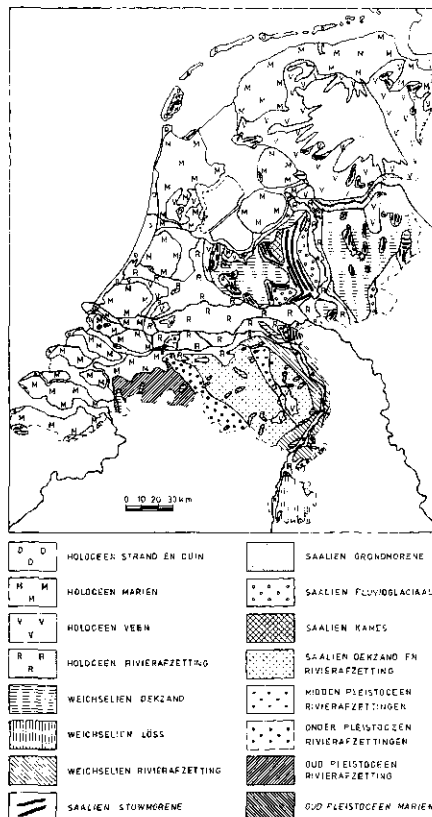
In het Jong Tertiair, vanaf het Mioceen, begint vanuit het zuiden en zuid-oosten Nederland te 'verlanden'. Rivierafzettingen met grove zanden, afgewisseld door veen en kleilagen en kustafzettingen met fijnere zanden (strandwallen en duinen) bedekken de fijne kleirijke mariene lagen. Afb. 13 geeft een schetsbeeld van de verschillende sedimenten die in het Jong Tertiair in Nederland zijn afgezet. Voor de waterwinning zijn de grofkorrelige fluvia-tiele afzettingen en de mariene schelpbreccies van regionaal belang. Laatstgenoemde afzetting is de belangrijkste aquifer van westelijk Brabant. Van minder belang zijn de Pliocene schelpenafzettingen bij Deventer hoewel hieruit voor stedelijk gebruik water wordt onttrokken. De Tertiaire fluvia-tiele afzettingen in noord-oost Nederland zijn fijner van korrelgrootte vergeleken met die uit zuid-oost Nederland. Voor de waterwinning zijn ze echter van groot lokaal belang. Voor de dikte en de diepteligging van bovengenoemde afzettingen wordt verwezen naar de drie dwars-doorsneden door Nederland (afb. 10, 11 en 12).



Afb. 8 - Aanvoerrichtingen van de grote rivieren in het Pleistoceen (naar Zagwijn 1974).

Van het Kwartair wordt het Pleistocene tijdvak gekenmerkt door een afwisseling van koude en warme perioden: Glacialen en Interglacialen. Door het kouder worden van het klimaat in het begin van het Pleistoceen trekt de zee zich uit geheel Nederland terug (zee-

Afb. 9 - Kwartairkaart van Nederland (naar v. d. Heide 1968).

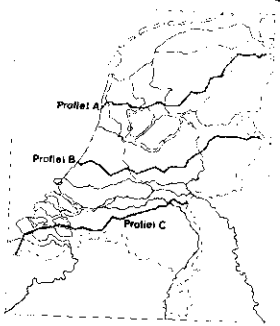
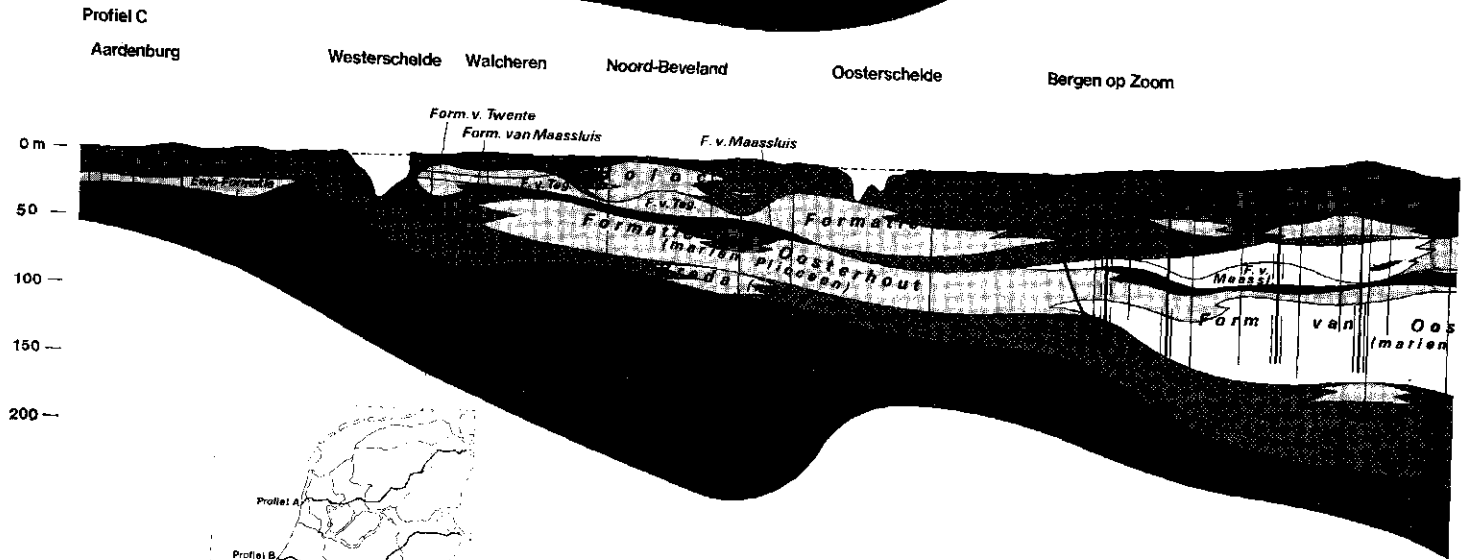
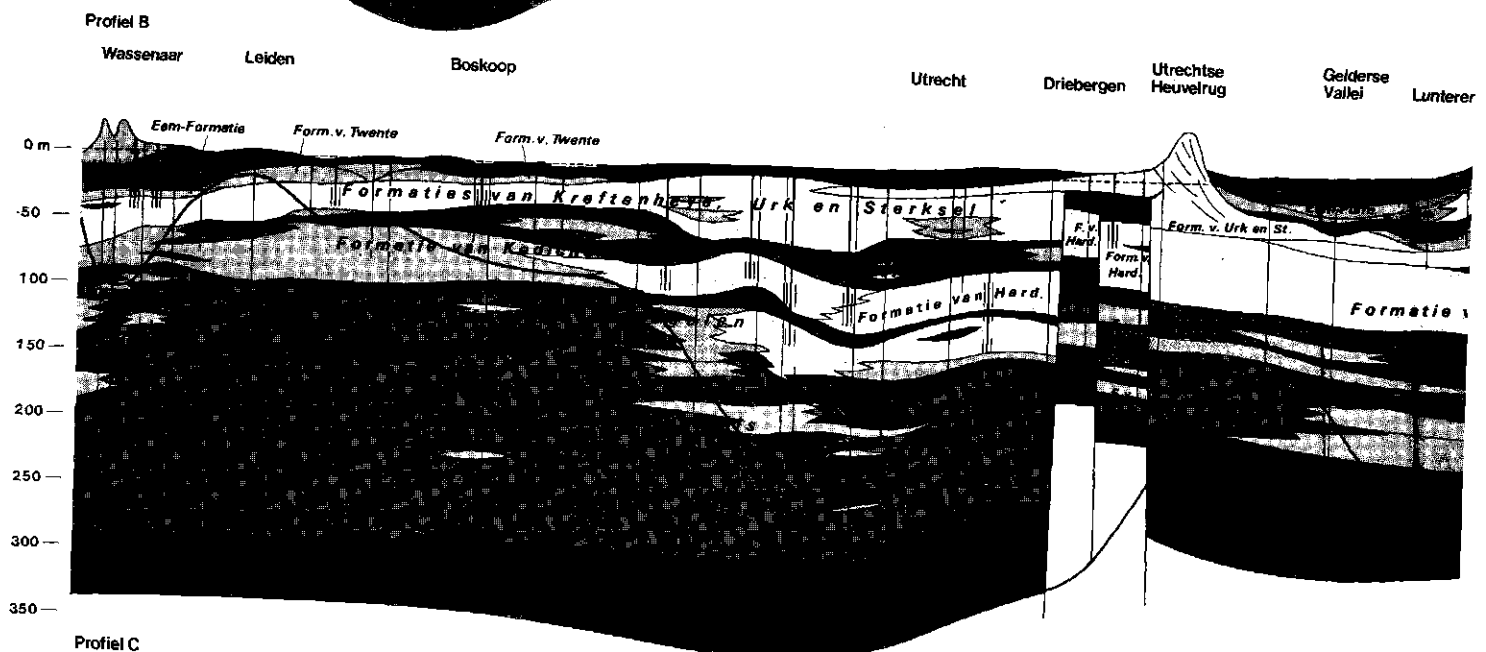
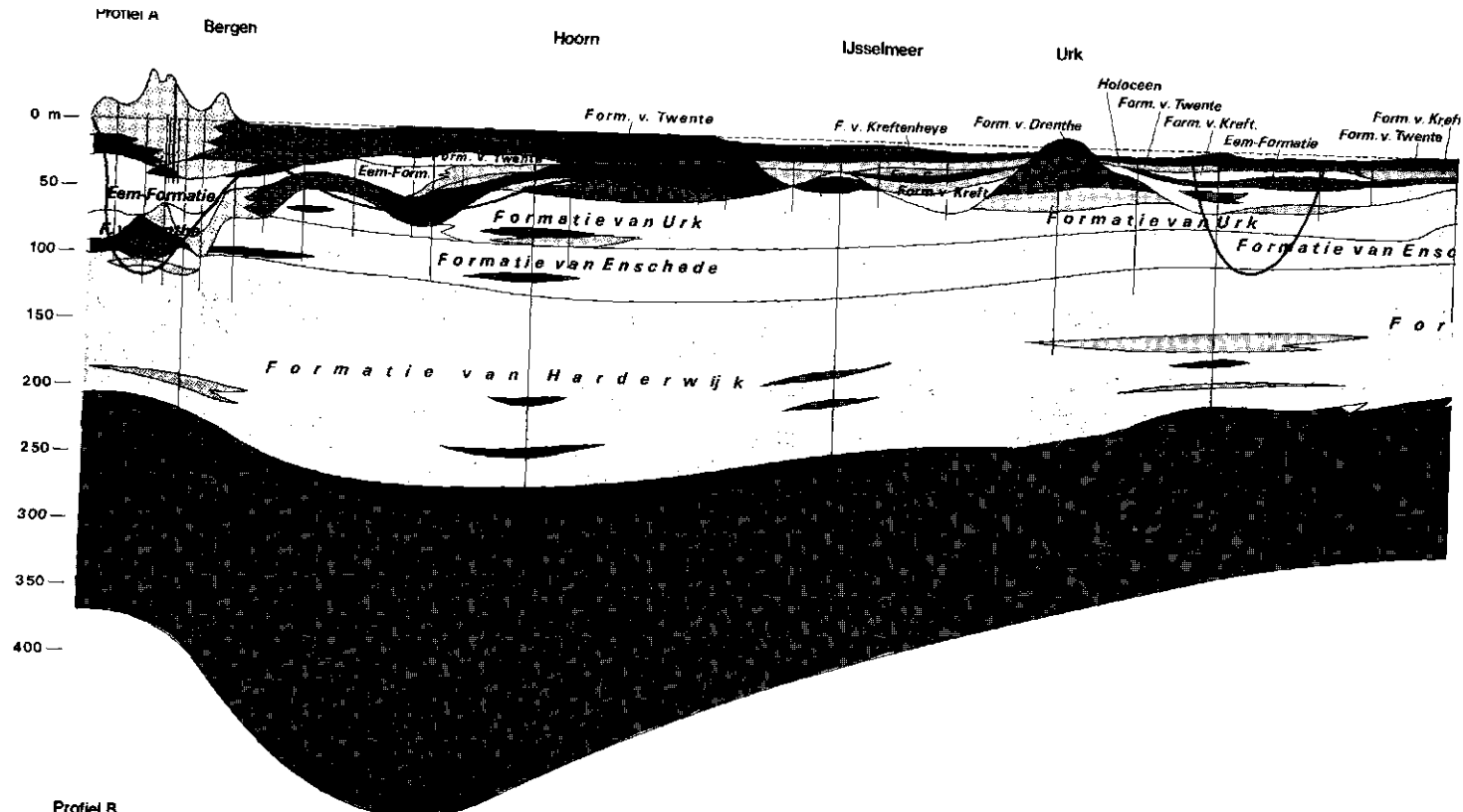


spiegelverlaging) waarna rivierafzettingen van zuidelijke en oostelijke herkomst het Nederlandse bekken opvullen. Afb. 8 geeft een schets van de aanvoerrichting van deze verschillende rivieren. Tevens wordt verwezen naar afb. 6 waar behalve de diepteligging van de basis Kwartair ook een vereenvoudigd breukenkaartje van Nederland is weergegeven. De grote tectonische eenheden: de Centrale Slenk, de Peelhorst, de Venlo Slenk en het Zuiderzeebekken zijn hierop aangegeven. Een schematische Kwartairkaart van Nederland (afb. 9) geeft een overzicht van de verschillende afzettingen die aan of dicht onder de oppervlakte voorkomen. Voor een uitgebreide beschrijving van de Formaties en afzettingen van het Kwartair en Boven-Tertiair wordt verwezen naar de publicatie van Doppert et al 1975.

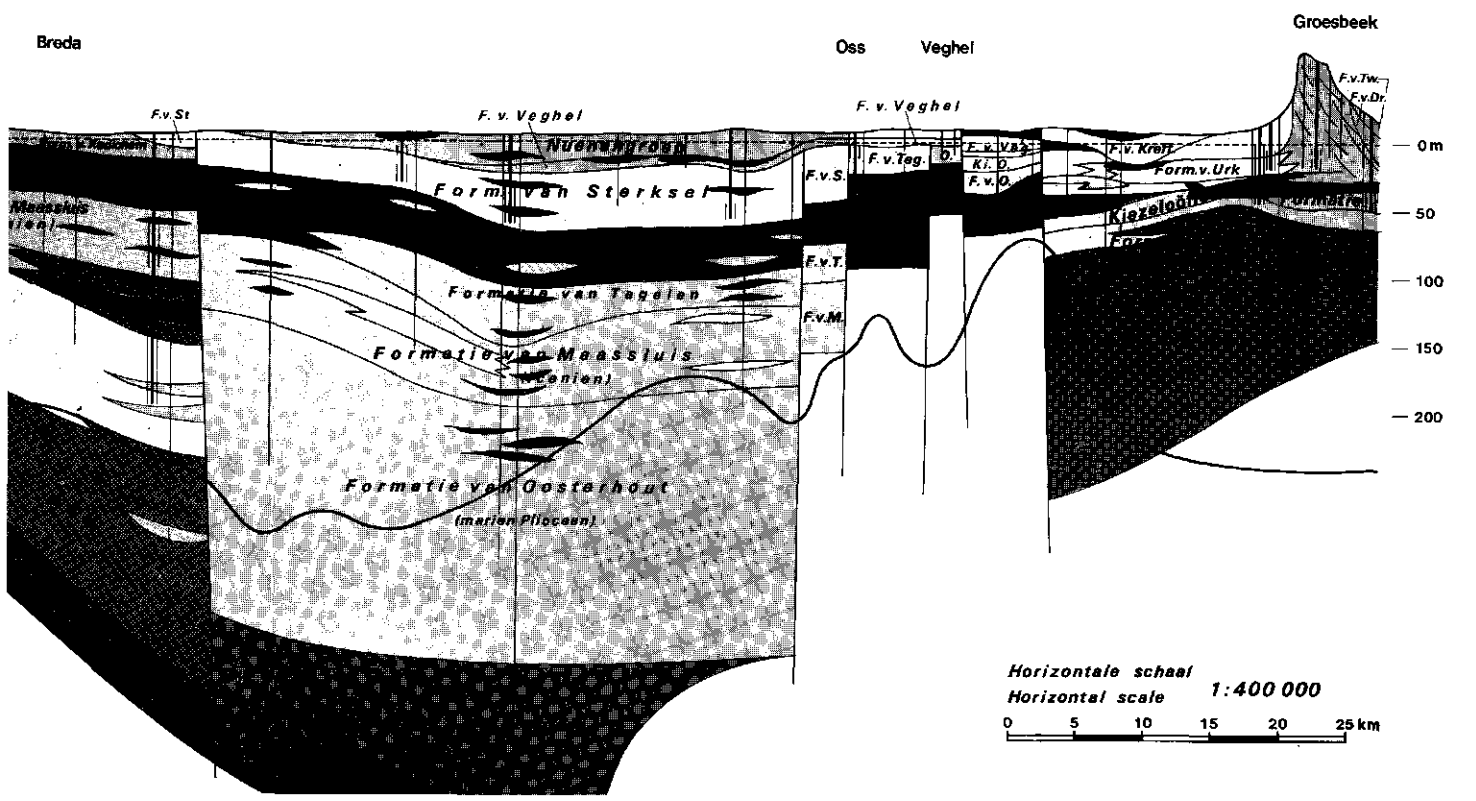
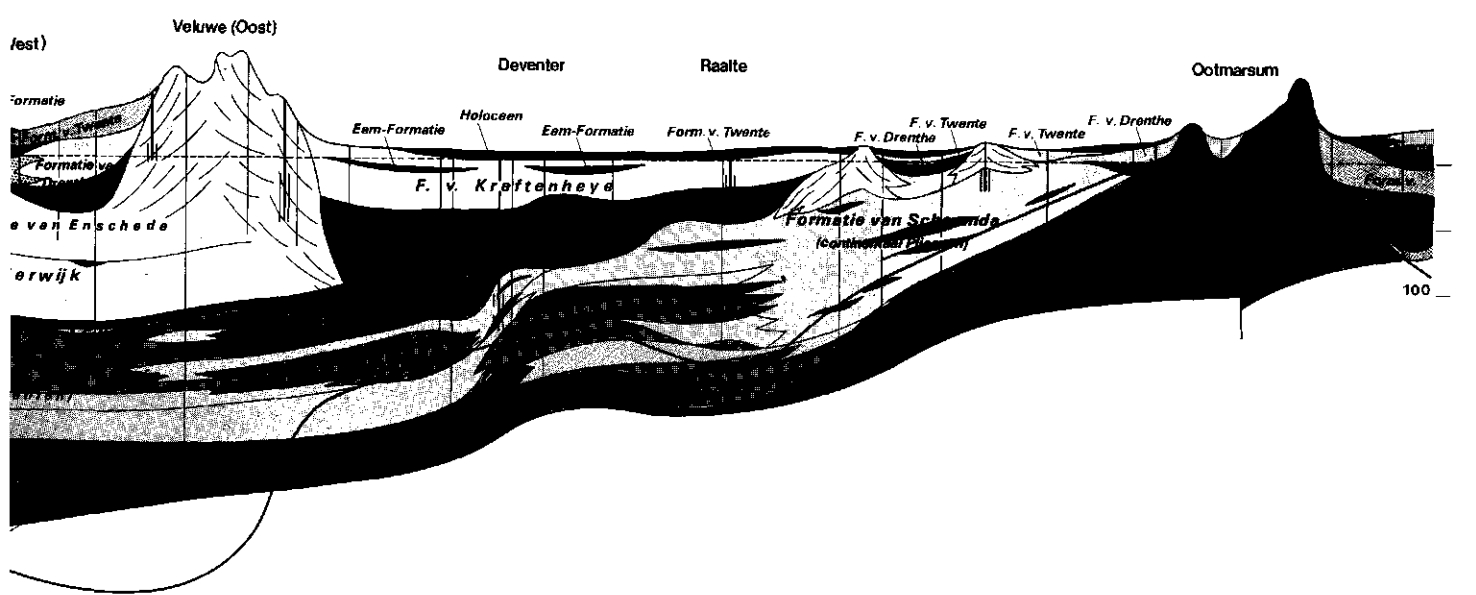
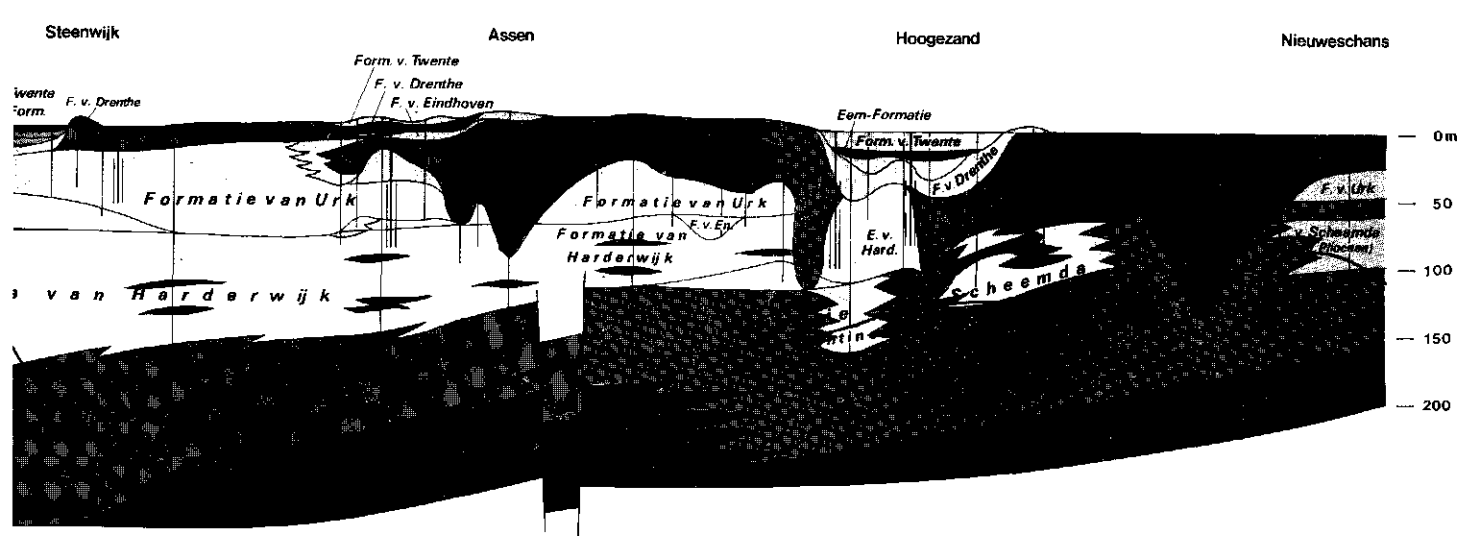
Afzettingen van de grote rivieren

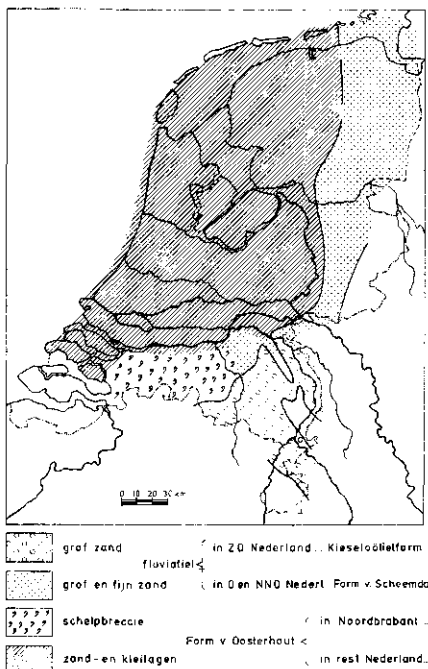
Door de dalende beweging van de slenken die overgaan in het dalingsgebied van het Zuiderzeebekken werd gedurende het Pleistoceen vooral in deze gebieden dikke pakketten *riversediment* afgezet. Deze fluvia-tiele afzettingen zijn grofkorrelig, kunnen een aanzienlijk percentage grind bevatten en worden lokaal afgewisseld door lemlagen. Voor de grondwaterwinning zijn deze Pleistocene rivierafzettingen van groot belang. Op de tabel afb. 7 zijn dit o.a. de Formaties van Harderwijk, Enschede, Sterksel, Urk en Kreftenheye. Gedurende een groot deel van het Pleistoceen heeft het zich periodiek uitbreidende landijs Nederland niet bereikt, maar invloed uitgeoefend op de sedimentatie in het Nederlandse bekken. Een eerste gevolg van de uitbreiding van het landijs was de afdamming van de midden-Duitse rivieren die daardoor gedwongen werden in westelijke richting te stromen. Hierdoor werden in Noord-Oost en Midden-Nederland aanzienlijke pakketten van oostelijke herkomst afgezet (Formatie van Enschede). Verder heeft natuurlijk de afwisseling van koud en warm klimaat invloed op het karakter van de riviersedimentatie uitgeoefend. Vroeger was men van mening dat in Nederland gedurende koude perioden grove riviersedimenten werden afgezet en gedurende warme perioden fijne afzettingen ontstonden. Dit is echter niet helemaal correct, zoals meer recente onderzoeken hebben aangetoond (Zagwijn, 1963). Het blijkt dat ook de tectonische opheffingen het achterland, het Rijnlandse Schiefergebirge en de Ardennen, grote invloed op de sedimentatie in het Nederlandse bekken gehad hebben.

Glaciale afzettingen zijn in Nederland gedurende 2 glaciale perioden ontstaan.



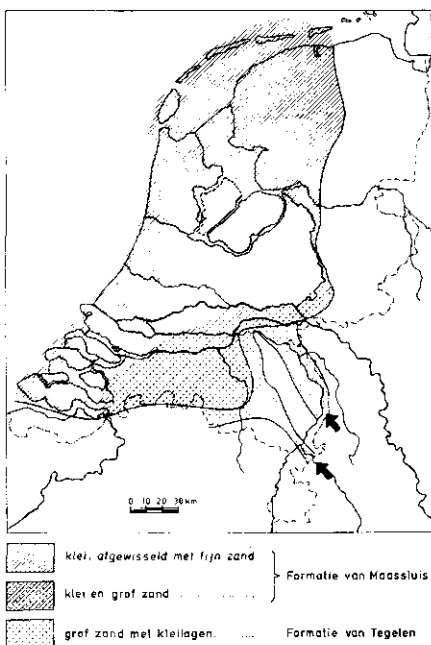
Afb. 10 - Profiel A.
 Afb. 11 - Profiel B.
 Afb. 12 - Profiel C.





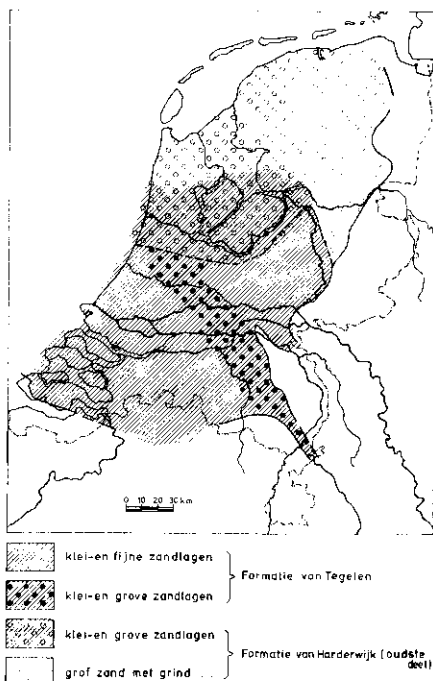
Afb. 13 - Kieseloölietformatie en de Formaties van Scheemda en Oosterhout — jong Tertiaire fluviatile en mariene afzettingen.

Afb. 14 - Formaties van Tegelen en Maassluis; onder Pleistocene fluviatile en mariene afzettingen (Tiglien en Praetigtien).



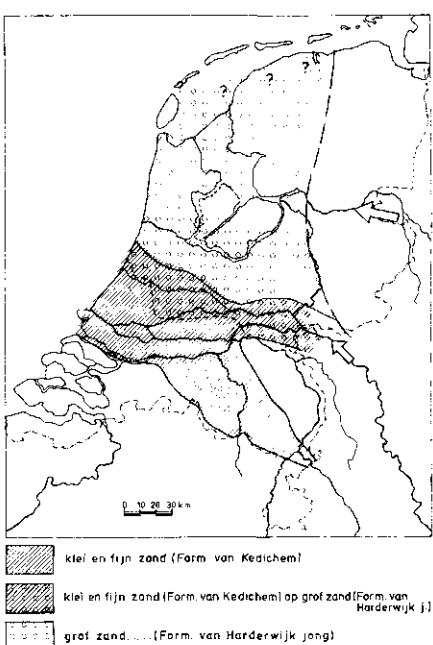
Gedurende het afsmelten van het landijs in het Elsterien zijn in Noord-Nederland dikke lagen glaciële klei in geulen en bekkens ontstaan (zgn. potklei).

Gedurende het Saalien drong het landijs diep in Nederland door. In Midden-Nederland erodeerde het landijs waardoor een aantal diepe bekkens ontstonden (Gelderse Vallei, IJsselvallei). Het materiaal uit deze bekkens werd in stuwwallen opgehoopt



Afb. 15 - Formaties van Tegelen en Harderwijk (onderste deel); onder Pleistocene fluviatile afzettingen (Boven Tiglien).

Afb. 16 - Formaties van Kedichem en Harderwijk (jongste deel); onder Pleistocene fluviatile afzettingen (Eburonien en Waalien).



(o.a. Utrechtse Heuvelrug, Veluwe) terwijl de bekkens zelf bij het afsmelten en terugtrekken van het ijs merendeels met dikke lagen glaciële klei werden opgevuld. Lokaal vond afzetting van grofzandig materiaal plaats, zgn. Fluvioglaciële. In de drie noordelijke provincies, in de Achterhoek en in Twente werd over grote oppervlakten keileem afgezet. Het is duidelijk dat voor de waterwinning slechts de

grove Fluvioglaciële afzettingen van belang zijn.

Periglaciële afzettingen zijn onder zeer koude klimaatsomstandigheden ontstaan toen het landijsfront zich dicht bij Nederland bevond. Dit was het geval gedurende de laatste ijstijd, het Weichselien. Men onderscheidt fluvioperiglaciële afzettingen, dekzanden en löss. Eerstgenoemde afzettingen bestaan uit fijne en grove zanden afgewisseld met leemlagen. Dekzanden en löss zijn door de wind ontstane afzettingen. Het dekzand is veelal fijnkorrelig en kan een aanzienlijk percentage leem bevatten. Voor de waterwinning zijn deze afzettingen van weinig belang. Boven genoemde afzettingen zijn in de stratigrafische tabel (afb. 7) te vinden onder 'lokale afzettingen'.

Mariene afzettingen in het Pleistoceen kunnen alleen voorkomen tijdens de interglaciëlen. Immers voor het opbouwen van de landijskappen gedurende de glaciëlen wordt veel water onttrokken aan de oceanen. Hierdoor is het zeeniveau gedurende een glaciëlaal ongeveer 120 m lager dan in een interglaciëlaal. In de Pleistocene afzettingen van fluviatile en glaciële oorsprong komen voornamelijk in het jongere Pleistoceen in het westen en noorden van Nederland mariene inschakelingen voor. Deze bestaan uit klei en grove zandlagen. In feite leven we in de tegenwoordige tijd, het Holoceen, onder soortgelijke omstandigheden. Met behulp van kunstwerken is de mens er echter in historische tijd in geslaagd om de zee terug te dringen. De opeenvolgende overstromingen gedurende het Jong Kwartair hebben uiteraard een belangrijke invloed gehad op de verdeling van zoet en zout water in een groot deel van Nederland (zie inleiding).

In het Holoceen zijn behalve wadzanden, lagunaire kleien en venen ook kustduinen ontstaan. Deze duinen zijn van groot belang voor de watervoorziening van West-Nederland. De ligging en de verspreiding van de jonge en de oude duinen is in afb. 3 weergegeven.

b. Palaeografie van de belangrijkste Kwartaire afzettingen

De tabel van afb. 7 geeft een overzicht van de verschillende koude en warme tijden met de daarbij behorende Formaties en afzettingen. Het voorkomen van de verschillende afzettingen aan of dicht onder de oppervlakte is schematisch weergegeven op de Kwartairkaart (afb. 9). Drie dwarsprofielen door Nederland (afb. 10, 11 en 12) geven lithologie en dikte van de verschillende Jong Tertiaire en Kwartaire formaties en afzettingen ter plaatse weer.

Op deze profielen zijn behalve het zoet/zout grensvlak ook de belangrijkste pompputten met de diepte van de grondfilters ingetekend. Zoals reeds eerder is vermeld, blijkt uit de ligging van het zoet/zout grensvlak dat de Jonge Holocene transgressies het fluviatiele Pleistocene pakket in het lage gedeelte van Nederland hebben verzilt.

Van de in de stratigrafische tabel afb. 7 vermelde afzettingen en formaties worden van de voor de waterwinning belangrijke afzettingen een aantal palaeogeografische kaartjes gegeven.

In afb. 13 is reeds de situatie gedurende het Jonge Tertiair weergegeven.

Afb. 14 geeft een beeld van het sedimentatie-milieu gedurende het begin van het Pleistocene. In een groot deel van Nederland komen nog fijnkorrelige kleirijke mariene sedimenten tot afzetting (Formatie van Maassluis), maar in de zandgebieden zijn grofkorrelige fluviatiele en kust-nabije afzettingen te vinden. Laatstgenoemde afzettingen zijn voor de grondwaterwinning van belang.

De vertanding van de grove fijn grind bevattende zanden van de Formatie van Harderwijk met de kleien en fijne zanden van de Formatie van Tegelen is weergegeven in afb. 15. In een strook in Midden Nederland ligt de Formatie van Harderwijk op die van Tegelen. In Zuid Oost Nederland komen grove zanden in de Formatie van Tegelen voor, het zgn. Tegelengrind (Zagwijn, 1963). Voor de waterwinning zijn de Formatie van Harderwijk en de grove lagen in de Formatie van Tegelen van groot belang.

Zoals reeds eerder is vermeld wordt deze vertanding veroorzaakt door rivierafzettingen van zuidelijke en oostelijke herkomst die gelijktijdig het Nederlandse bekken sediment afzetten. Deze verschillende rivierafzettingen hebben door hun verschil in herkomst ieder een eigen sedimentkarakteristiek.

Uit het kaartje blijkt dat in het Tiglien de zuidelijke aanvoer overwegend fijn korrelig was, terwijl de oostelijke aanvoer grof was. Tijdens het Eburonien - Waalien was de situatie gelijkloidend (zie afb. 16).

Op deze afbeelding wordt de vertanding van de Formatie van Kedichem met het bovenste gedeelte van de Formatie van Harderwijk weergegeven. Het is duidelijk dat de Formatie van Harderwijk in die regio waar het poriënvolume zoetwater bevat van groot belang is voor de wateronttrekking. In het gebied van Midden Nederland, waar de Formatie van Harderwijk afgedekt wordt door de kleilagen van de Formatie van Kedichem, is het de belangrijkste aquifer. Helaas is in het IJsselmeer-gebied en in Noord West Nederland, waar de Harderwijk

Formatie dikten bereikt van meer dan 120 m, deze aquifer door de Holocene transgressies verzilt.

In het Menapien en Cromerien is de zuidelijk fluviatiele sedimentatie overwegend grof, evenals de oostelijke (afb. 17).

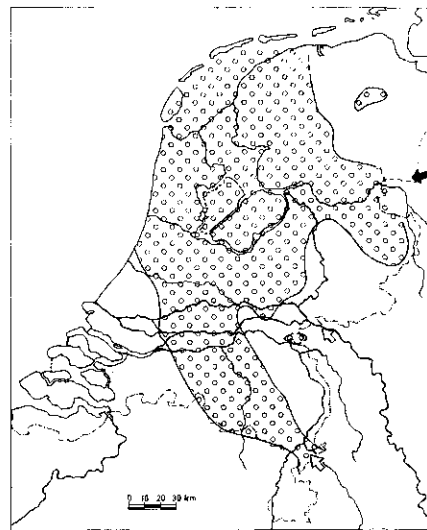
In het zuiden en midden van Nederland sedimenteert een grove Rijnafzetting: de Formatie van Sterksel. Deze Formatie bereikt in de Grote Slenk dikten van meer dan 50 m. In dit gebied is het de belangrijkste aquifer. In de rest van Nederland zijn de grove oostelijke fluviatiele zanden van de Formatie van Enschede van belang voor de grondwaterwinning. De grootste dikte

van de Formatie van Enschede wordt aangetroffen onder de Veluwe en in het IJsselmeer-gebied (± 50 m).

In laatstgenoemd gebied is de Formatie verzilt.

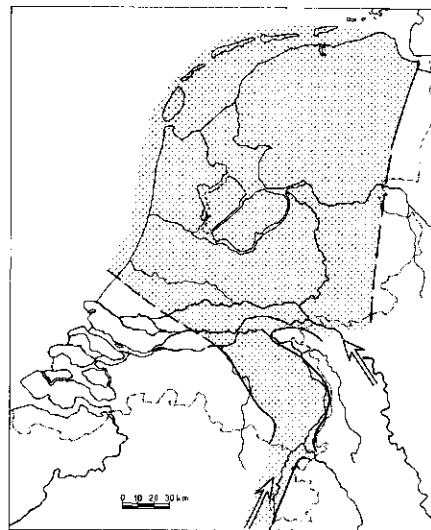
De Midden Pleistocene fluviatiele afzettingen uit het Elsterien en Holsteinien worden in afb. 18 in schets gebracht. De Formaties van Urk en Veghel zijn grove grindhoudende zanden van Rijn en Maas die echter lokaal leemlagen en fijne zanden kunnen bevatten. De Formatie van Urk is vooral in Noord Nederland, binnen het gebied van de verzilting, van groot belang

Afb. 17 - Formaties van Sterksel en Enschede; midden Pleistocene fluviatiele afzettingen (Menapien en Cromerien).



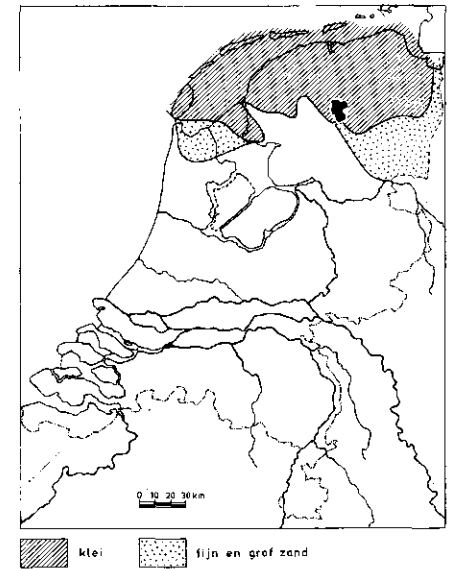
grof zand met grind, lokaal kleilagen
 aanvoerrichting Form. van Sterksel (Rijn en Maas)
 aanvoerrichting Form. van Enschede (Noordduitse rivieren)

Afb. 18 - Formaties van Urk en Veghel; midden Pleistocene fluviatiele afzettingen (Elsterien en Holsteinien).



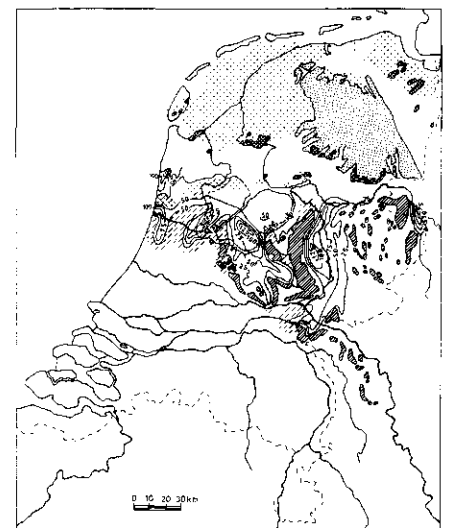
grof zand, lokaal inschakelingen van fijn zand en klei

Afb. 19 - Formatie van Peelo; midden Pleistocene glaciële afzettingen (Elsterien).

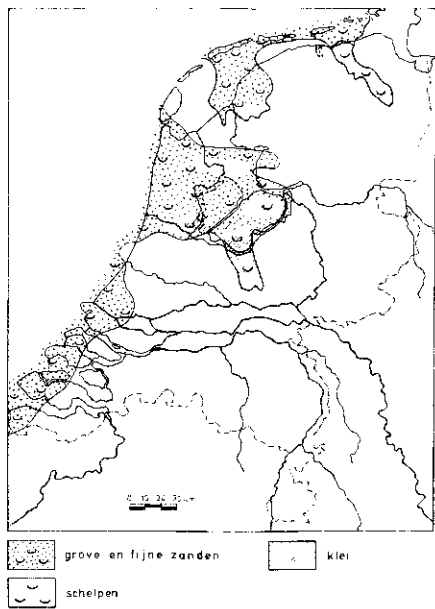


klei
 fijn en grof zand

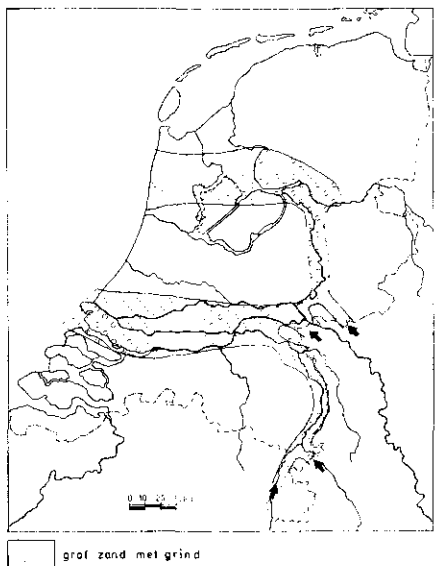
Afb. 20 - Boven Pleistocene glaciële verschijnselen in het Saalien.



keileem aan of nabij het oppervlak
 keileem, bedekt met jongere afzettingen
 gestuwde keileem, aan of nabij het oppervlak
 gestuwde keileem begraven
 stuwwal
 stuwwal, begraven
 dieptelij onderkant in m van het glaciële bekken



Afb. 21 - Eemformatie; boven Pleistocene mariene afzettingen (Eemien).



Afb. 22 - Formatie van Kreftenheye; jong Kwarteraire fluviaale afzettingen (Saalien - Eemien - Weichselien).

voor de grondwaterwinning. De Formatie kan een dikte bereiken van 50 m. Tijdens het Elsterien was Noord Nederland binnen de invloedssfeer van de landijsbedekking. Hierdoor ontstonden diepe bekkens die met fijn zand en klei gevuld werden (zgn. potklei). De dikte van deze potklei bekkens kan meer dan 100 m bedragen. De verbreiding van deze Formatie van Peelo is weergegeven op afb. 19. Voor de grondwaterwinning zijn de dikke potklei voorkomens in de Formatie van Peelo door het grillige voorkomen onaangetast. Lokaal reikt de Peelo zo diep, dat deze direct gelegen is op fijnzandige Tertiaire afzettingen, in deze regio is geen

watervoerend pakket van betekenis aanwezig.

In het Jong Pleistocene, het Saalien, bedekte het landijs een groot deel van Nederland. In hoofdstuk 4 is al uiteengezet welke afzettingen in die periode zijn ontstaan en welke morfologische gevolgen de ijsbedekking in Nederland heeft gehad. Vermeld dient nog te worden dat in die gebieden waar hoge stuwwallen voorkomen (bijv. de Oost Veluwe \pm 100 m hoog) het zoet/zout grensvlak zich op meer dan 300 m diepte bevindt. De stuwwallen zelf bestaan in Midden Nederland uit grove fluviatiele Midden en Onder Pleistocene sedimenten, die zich door stuwing van het Saalien ijsfront in scheef-gestelde positie bevinden. Wanneer zich in deze scheefstelling ook leemlagen bevinden, kan de doorlatendheid plaatselijk sterk variëren.

Afb. 20 geeft de situatie weer na het afsmelten van het Saalien landijs. Door de zeespiegelrijzing veroorzaakt door het afsmelten van de Saalien ijskappen drong de Eemzee Nederland binnen. Zoals uit afb. 21 is af te leiden, bedekte de Eemzee de door het ijs gemaakte topografische laagten.

De grove sedimenten van de Eem Formatie zijn niet van belang voor de grondwaterwinning omdat deze zich in het verzilte gedeelte van Nederland bevinden.

Alleen in de Gelderse Vallei wordt uit deze Eemlagen voor agrarisch gebruik water onttrokken. De verbreiding van de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Kreftenheye zijn weergegeven in afb. 22. De afzettingen bestaan uit grove zanden met grof tot zeer grof grind. De dikte van de afzettingen varieert van 10 - 40 m (Ijsseldal).

De Formatie van Kreftenheye wordt nog niet veel benut bij de onttrekking van grondwater. Dit komt doordat de formatie dicht onder de oppervlakte is gelegen, waardoor recente rivierinfiltratie de kwaliteit in ongunstige zin beïnvloedt (hoge hardheid). Voor het voorkomen en de verbreiding van de Holocene kustduinen die in de watervoorziening van westelijk Nederland een belangrijke rol spelen, wordt verwezen naar afb. 3.

Literatuur

- Breeuwer, J. B. en Jelgersma, S., 1973: *An East-West Geohydrological section across the Netherlands*. Verh. Kon. Geol. Mijnb. Gen., 29; pp. 105-106.
- Doppert, J. W. Chr., Ruegg, G. H. J., Staalduin, C. J. van, Zagwijn, W. H. en Zandstra, J. G., 1975: *Formaties van het Kwarteraire en Boven Tertiaire in Nederland*.
- Heide, S. van der: *De geologische grondslag van het hydrologisch onderzoek in Nederland*. Versl. Med. Comm. Hydrol. ond. TNO No. 11; pp. 51-61.
- Heide, S. van der, 1963: *De benaming van de*

Kwartaire afzettingen in Nederland. Jaarverslag Geol. Stichting 1963; pp. 37-41.

Heide, S. van der, 1968: *De geologische grondslag van het hydrologisch onderzoek in Nederland*. Stichting Postakademiale vorming Gezondheidstechniek.

Jelgersma, S. en Breeuwer, J. B., 1975: *Toelichting op de kaart 1 : 600.000, Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien*.

Jelgersma, S. en Breeuwer, J. B., 1975: *Toelichting bij de geologische overzichtsprofielen door Nederland*.

Volker, A., 1963: *Practical geohydrology 'Delta Project'*. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. Geol. Serie 21-1, pp.173-179.

Zagwijn, W. H., 1963: *Pleistocene stratigraphy in the Netherlands based on changes in vegetation and climate*. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. Geol. Serie 21-2; pp. 173-196.

Zagwijn, W. H., 1974: *The palaeogeographic evolution of the Netherlands during the Quaternary*. Geologie & Mijnbouw. Vol. 53 (6); pp. 369-385.