

S 6037

GRONDWATER IN NEDERLAND

Hoewel Nederland een bijzonder nat klimaat heeft, is de dekking van de toekomstige behoefte aan water van voldoende hoeveelheid en kwaliteit een probleem. Een groot deel van dit water zal uit het grondwater moeten komen, doch dan is doelmatige exploitatie van de niet onbeperkte hoeveelheid noodzakelijk.

Volgens het rapport van de Centrale Commissie voor Drinkwater-voorziening 1965, 'De toekomstige Drinkwatervoorziening in Nederland' (Staatsdrukkerij 1967), beliep in 1960 het verbruik van water in Nederland 1060 miljoen kubieke meter, waarvan 360 miljoen voor bevolkings- en 700 miljoen kubieke meter voor individueel gebruik. Van dit water was 654,5 miljoen kubieke meter grondwater en 405,5 kubieke meter oppervlaktewater; 71,5 miljoen kubieke meter oppervlaktewater werd in de duinen geïnfiltreerd en als grondwater gewonnen. De water-behoefte van bevolking en industrie wordt voor 1980 op gemiddeld 2200 miljoen kubieke meter, voor het jaar 2000 op gemiddeld 3750 miljoen kubieke meter geraamd. Dit vormt echter slechts een deel van de totale behoefte: veel water is ook nodig voor de landbouw, ter bestrijding van verontreiniging en verzilting en voor de aanvulling en verversing van waterlopen. De totale jaarlijkse water-behoefte in de toekomst wordt op 6.000 à 10.000 miljoen kubieke meter geschat.

Het grondwater is afkomstig van de neerslag - regen en sneeuw. Een groot deel van de neerslag verdampt direct of via de vegetatie; een ander deel wordt door beken en rivieren afgevoerd naar zee. Wordt de totale jaarlijkse neerslag in Nederland geraamd op 27 miljard kubieke meter, het deel dat het grondwater ten goede komt, de nuttige neerslag, wordt geschat op niet meer dan 4,5 miljard kubieke meter per jaar. Het is slechts

ten dele winbaar, omdat bij de produktie van grondwater een grens gesteld wordt: door de winning treedt verlaging van de grondwaterstand op en hierdoor mag bv. de landbouw niet in gevaar komen. Volgens een ruwe en globale schatting zou per jaar ongeveer 1,5 miljard kubieke meter grondwater gewonnen kunnen worden.

Het grondwater is over het algemeen van goede chemische en bacteriologische kwaliteit, hetgeen niet gezegd kan worden van het oppervlaktewater. Het laatste wordt in hoofdzaak door de grote rivieren aangevoerd, waarbij de, steeds meer vervuilende, Rijn een 70 miljard kubieke meter aanvoert, Maas en overige rivieren gemiddeld 9,5 miljard kubieke meter per jaar. Om klimatologische redenen (lage afvoer gaat samen met sterke verontreiniging) kan noch aan Rijn

noch aan Maas gedurende een groot gedeelte (3 à 6 maanden) van het jaar voldoende water van redelijke kwaliteit worden onttrokken. Gewoonlijk wordt het water door een verblijf ondergronds beter van kwaliteit en smaak. Daarom is de natuurlijke infiltratie van rivierwater in de oevers belangrijk. Dit oever-grondwater zou circa 1,25 miljard kubiek meter per jaar kunnen opleveren. Kunstmatige aanvulling van het grondwater geschiedt reeds in de duinen. Een deel van de Veluwe is mogelijk geschikt om als kunstmatig infiltratiegebied te kunnen dienen met een winningsmogelijkheid van naar schatting 600 miljoen kubieke meter per jaar. Voorraadvorming is te bereiken door het aanleggen van spaarbekkens, bv. in de Biesbos. Het te vormen Zeeuwse Meer wordt in tegenstelling tot het IJsselmeer van weinig belang geacht voor de waterwinning.

	in 1960 gewon- nen hoeveelheid in 10 ⁹ m ³ /j	totaal geschatte mogelijkheid in 10 ⁹ m ³ /j
grondwater	0,65	1,5
oevergrondwater		1,25
oppervlaktewater		0,4
<i>infiltratiewater:</i>		
Veluwe	0,07	0,6
duinen		0,3
<i>spaarbekkens:</i>		
Zeeuwse Meer		0,1
IJsselmeer		3
Biesbos		0,1
	1,06	7,25

Bovenstaande getallen kunnen vanzelfsprekend slechts globale schattingen zijn. De onderzoeken waarop zij zijn gebaseerd zijn velerlei en gedurende een lange reeks van jaren door veel instanties en instituten verricht. Het grondwater blijkt de

belangrijkste bron te zullen worden voor de toekomstige watervoorziening, afgezien van alsnog economisch moeilijk realiseerbare projecten als het ontzouten van brak grondwater of van zeewater. Doch om inderdaad de geschatte winbare hoeveelheid van

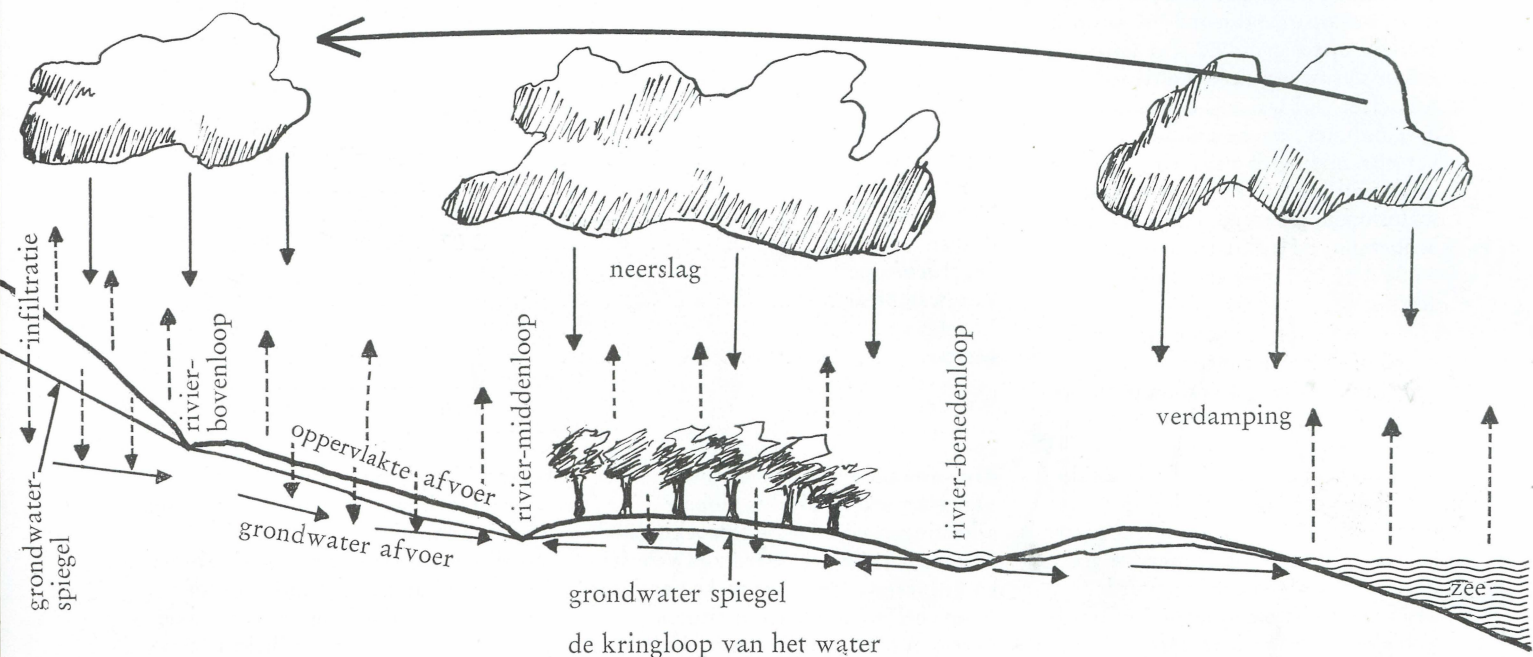
1,5 + 1,25 miljard aan natuurlijk en de mogelijke bijna 1 miljard kubieke meter infiltratiegrondwater te ontwikkelen, is nog zeer veel onderzoek nodig. Over dit onderzoek zal in het volgende iets verteld worden.

De hydrologie is de wetenschap, die zich met het water op de planeet Aarde bezighoudt en wel in het bijzonder met de kringloop van het water. Waterdamp afkomstig uit oceanen en zeeën komt in de atmosfeer terecht en wordt door de wind over land getransporteerd. De tegen heuvels en bergen opstijgende lucht koelt af, de waterdamp condenseert en komt als neerslag op het aardoppervlak terecht. Een deel verdampt, een groot deel wordt door de vegetatie verbruikt en verdampt via bladeren en stengels. Wat verder niet door beken en rivieren naar zee wordt afgevoerd dringt de bodem in en wordt tot grondwater. De geohydrologie houdt zich met het gedeelte van de kringloop dat zich ondergronds afspeelt bezig (zie figuur 1).

Eventueel kan het grondwater in bronnen, als kwel in polders of door de mens geproduceerd weer aan de dag treden en zo de kringloop sluiten. Het ondergrondse deel van de kringloop is een bijzonder langzaam proces, waarbij het grondwater stroomt met een snelheid gemeten in meters of centimeters per jaar. Het beweegt zich door de kleine holle ruimten, de poriën, tussen de deeltjes in een korrelig sediment, zand of grind, of door barsten en spleten in een overigens dicht gesteente, bv. kalksteen. De graad van doorlatendheid en daarmee de stroomsnelheid van het water en de winbare hoeveelheid per tijdseenheid hangen voor een deel af van de korrelgrootte en de vorm van de zandkorrels, in hoge mate echter van de korrelgrootteverdeling en van de dikte van de zandlaag. Klei bestaat uit minuscule kleine, kristallijne plaatjes, elk omgeven door een kring van aangehechte watermoleculen. Hoewel in klei het poriënvolume meestal groter is dan in zand, is klei door zijn adsorberende eigenschappen en de extreme fijnheid

van zijn poriën praktisch niet of zeer slecht doorlatend. Kleilagen, en venen, werken daarom als afsluiters tussen stromend water-voerende zandpakketten. Wanneer er een drukverschil is tussen onder- en bovenzijde van een kleilaag, dan kan er water doorheen sijpelen, zij het in neerwaartse zij het in opwaartse richting. Het verschil in gedrag van voor water doorlatend en van afsluitend gesteente komt ook tot uiting bij het slaan van een boring of het graven van een put. In het ene geval kan het water toestromen en gewonnen worden, in het andere geval is de toestroming zo uiterst langzaam, dat van winning geen sprake is. Op dikwijls het bovenste gedeelte van de bodem na, zijn de gesteenteporiën geheel gevuld met vloeistof, in het algemeen water. Dit water zien wij in sloten en kanalen, in putten en peilbuizen aan de dag treden. Het is het freatisch water. Het freatisch oppervlak of de grondwaterspiegel is een denkbeeldig vlak, dat al deze punten verbindt. Het ligt een zekere afstand onder maaiveld en volgt zwak

Figuur 1.

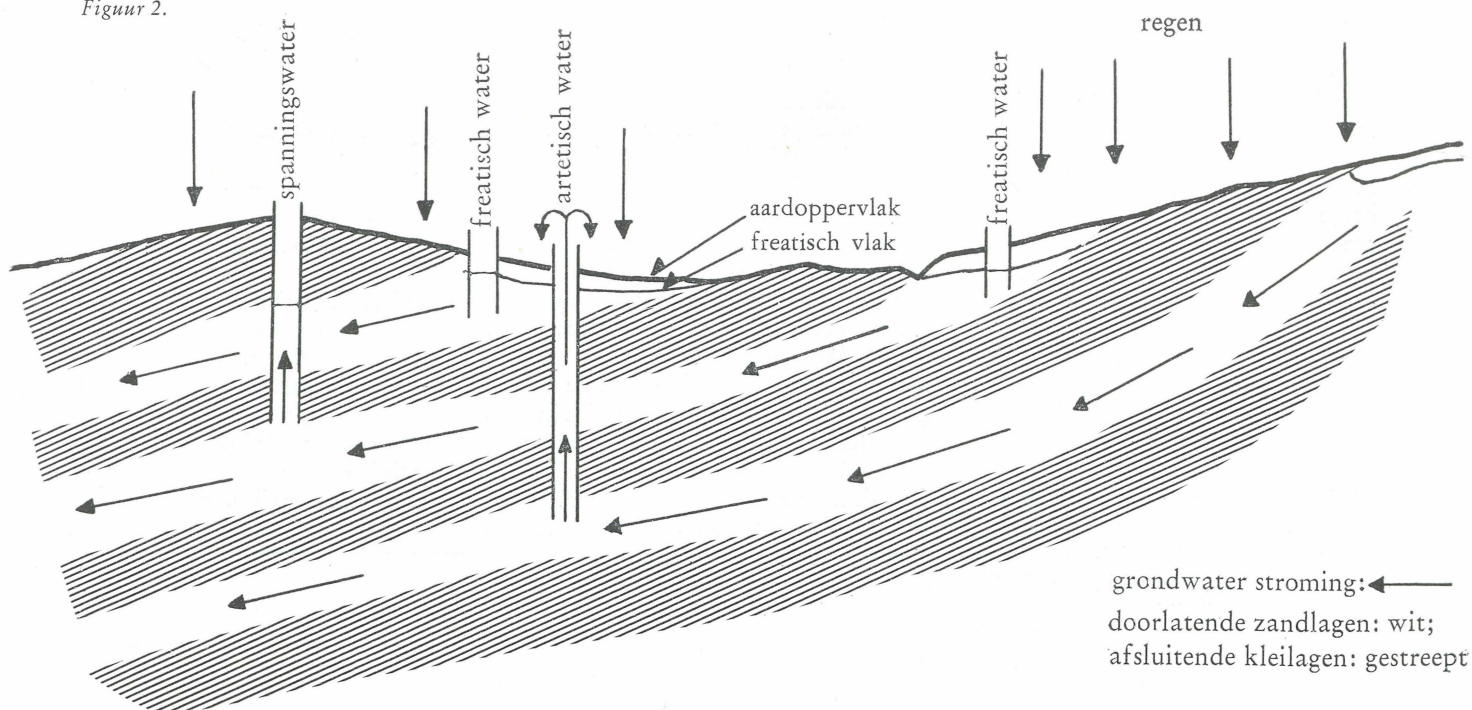


het landoppervlak. Het is een veranderlijk vlak, zijn diepte kan wisselen met bv. de hoeveelheid neerslag, het uitslaan van water in een polder en door winning. Een pakket van afwisselend zand en kleilagen, dat aan de aardoppervlak ontsloten is en van deze zgn. dagzoom naar beneden helt, neemt in de dagzoom regenwater op, dat door de zandlagen naar beneden vloeit. Boort men op zekere afstand van de dagzoom zo'n zandlaag aan, dan blijkt het water onder spanning te staan, afhankelijk van het hoogteverschil tussen water in de dagzoom en zijn diepte in de boring. Dikwijls spuit het water boven de aardoppervlakte uit, het artesisch water. Ook in Nederland, waar de hoogteverschillen gering zijn, komt het een enkele keer voor. In andere gevallen en meestal in Nederland (zie figuur 2) stijgt het water in de boorbuis tot boven een afsluitende kleilaag zonder de oppervlakte te bereiken, het spanningswater. Meet men nu de stijghoogte op veel plaatsen, dan wordt hiermede wederom een denk-

beeldig vlak bepaald, het stijghoogtevlak. Ook de stijghoogten van het spanningswater zijn veranderlijk. Zij kunnen bv. de neerslag volgen met een min of meer grote vertraging tengevolge van de geringe ondergrondse stroomsnelheid. Beide, het freatisch en het stijghoogtevlak, kunnen in kaart gebracht worden door punten van gelijke hoogte te verbinden. Dergelijke kaarten zijn onontbeerlijk bij studies omtrent stroomrichting en stroomsnelheid en uiteindelijk over de winbare hoeveelheid grondwater. Er is nog een categorie water in de ondergrond, dat met de naam formatiewater of connaat water wordt aangeduid. Dit water is een geologisch lange tijd afgesloten geweest, even lang als het sediment oud is. Het is gevangen in de poriën van het gesteente tijdens de afzetting. Wordt een sediment op de zeebodem gevormd, dan is dit water uit zee afkomstig en zout; wordt het sediment op land afgezet, bv. in het landwaartse gedeelte van een delta of in een meer, dan is het afkomstig uit rivieren en

zoet. Ook hier vormen de kleiën afsluitende, doch met water verzadigde lagen. Ook het formatiewater is beweeglijk, wordt nl. een pakket sedimenten scheefgesteld, geplooid en opgeheven dan treden evenwichtsverstoringen op. De poriënruimte in het gesteente is geheel gevuld, meestal met water, plaatselijk ook met olie of gas. Een 'gasbel onder Groningen', zoals de kranten zich zo gaarne uitdrukken, suggereert een grote holle ruimte gevuld met aardgas. Zo'n holle ruimte is echter onbestaanbaar; zij zou reeds op weinige honderden meters diepte, wanneer de gesteentedruk het dragend vermogen overschrijdt, vernietigd worden. Holle ruimten nabij de aardoppervlakte komen wel voor in kalksteengebieden. Zij zijn ontstaan door de oplossende werking van langs spleten en barsten het gesteente binnendringende regenwater, dat hiermede kalk in oplossing neemt. Ook in niet-kalkgebieden lost het water gedurende zijn verblijf ondergronds bestanddelen uit het gesteente op. De

Figuur 2.



meeste formatiewaters zijn op den duur veel geconcentreerder geworden en ver van de samenstelling van zeewater verwijderd geraakt. Het zoete grondwater heeft de neiging zouter te worden. In Nederland is het laatste wellicht nog niet of zelden het geval. In een groot artesisch bekken echter, als bv. dat in centraal Australië, verkrijgt het oorspronkelijk zoete regenwater gedurende zijn zeer lange weg diep onder de oppervlakte een belangrijke verhoging in zoutconcentratie. Aan de andere kant kan in een formatie gevormd in zee het zoute water door zoet grondwater of het oorspronkelijk zoete water door ingesijpeld zeewater verdrongen worden. In de Nederlandse ondergrond komen beide verschijnselen voor. De chemische samenstelling van de in het grondwater opgeloste zouten zijn een belangrijk gegeven niet alleen uit kwaliteitsoogpunt, ook kunnen veranderingen in de samenstelling een idee verschaffen over de herkomst van het grondwater. Door lijnen van gelijke ionenconcentratie, lijnen van gelijk chloridegehalte, in staaf- of cirkeldiagrammen kan de chemische samenstelling van het grondwater op een kaart weergegeven worden.

In Nederland wordt bijna al het grondwater gewonnen uit lagen die afgezet zijn tijdens het jongste deel van de geschiedenis der Aarde, het Kwartair. Nog geen 10% komt uit het jongste Krijt in Zuid-Limburg, uit een zandsteen van het Onder Krijt in oost Twente en uit midden en jong Tertiaire zanden in midden Limburg. Bijna 10% wordt geleverd door het allerjongste Tertiair, de zgn. Pliocene schelpenlaag in west Brabant, een nabij de kust in zee afgezette formatie die nu plaatselijk zoet water bevat. De Kwartaire geschiedenis van Nederland, d.w.z. de geschiedenis van de laatste 11½ à 2 miljoen jaar, is bijzonder gecompliceerd. Het Kwartair wordt verdeeld in de periode van de ijstijden, het Pleistoceen, en de onvergankelijk veel kortere, gematigd warme periode, waarin wij leven, het Holoceen.

Weliswaar bestaat het Kwartair grotendeels uit rivierafzettingen aangevoerd uit oost en zuid, een rivier echter voert behalve zand en grind ook klei aan en zo bestaan deze afzettingen uit een snelle afwisseling van fijne en grove zandlagen, grindbanken, kleilagen en lenzen. Gedurende het Pleistoceen werden enkele malen grote delen van Europa door het arctische landijs bedekt. Er kunnen zes koude tot zeer koude en vijf warme perioden onderscheiden worden. Ontwikkeling van een landschap ging gepaard met verlaging van de zeespiegel, waardoor de rivieren zich in hun afzettingen konden insnijden; smelten van het ijs veroorzaakte stijging van de zee en gedeeltelijk onderlopen van land en rivierdalen, waardoor de oude dalen weer opgevuld konden worden door nieuwe afzettingen (zie figuur 3). Gedurende twee koude perioden is een deel van Nederland door het landijs bedekt geweest. De eerste was van ondergeschikt belang, de tweede echter bracht ingrijpende veranderingen teweeg. Door de lage zeespiegel werden diepe dalen uitgesneden, die later met door het ijs uit Scandinavië, Finland en de Baltische landen aangevoerd en door smeltwaterbeken afgezet materiaal weer werden opgevuld. De oorspronkelijk naar het noordwesten of noord-noordwesten stromende rivieren werden door de ijskap in westelijke richting afgebogen. Het ijs, dat de oorspronkelijke rivierdalen volgde, stuwde aan weerszijden de oude rivierafzettingen tot hoge heuvels op: bv. Veluwe, Utrechtse Heuvelrug, Montferland, die met de naar het westen stromende grote rivieren de grootste uitbreiding van het landijs in Nederland markeren. De grondmoren van het ijs tenslotte wordt gevormd door de keileem en zijn zwerfstenen van noordoost Nederland. Tijdens het smelten van het ijs rees de zee en grote delen van het land werden overspoeld. Tijdens een nieuwe en laatste, koude periode met lage zeestand bereikte het ijs Nederland weliswaar niet, doch grote zandverstuivingen en door de

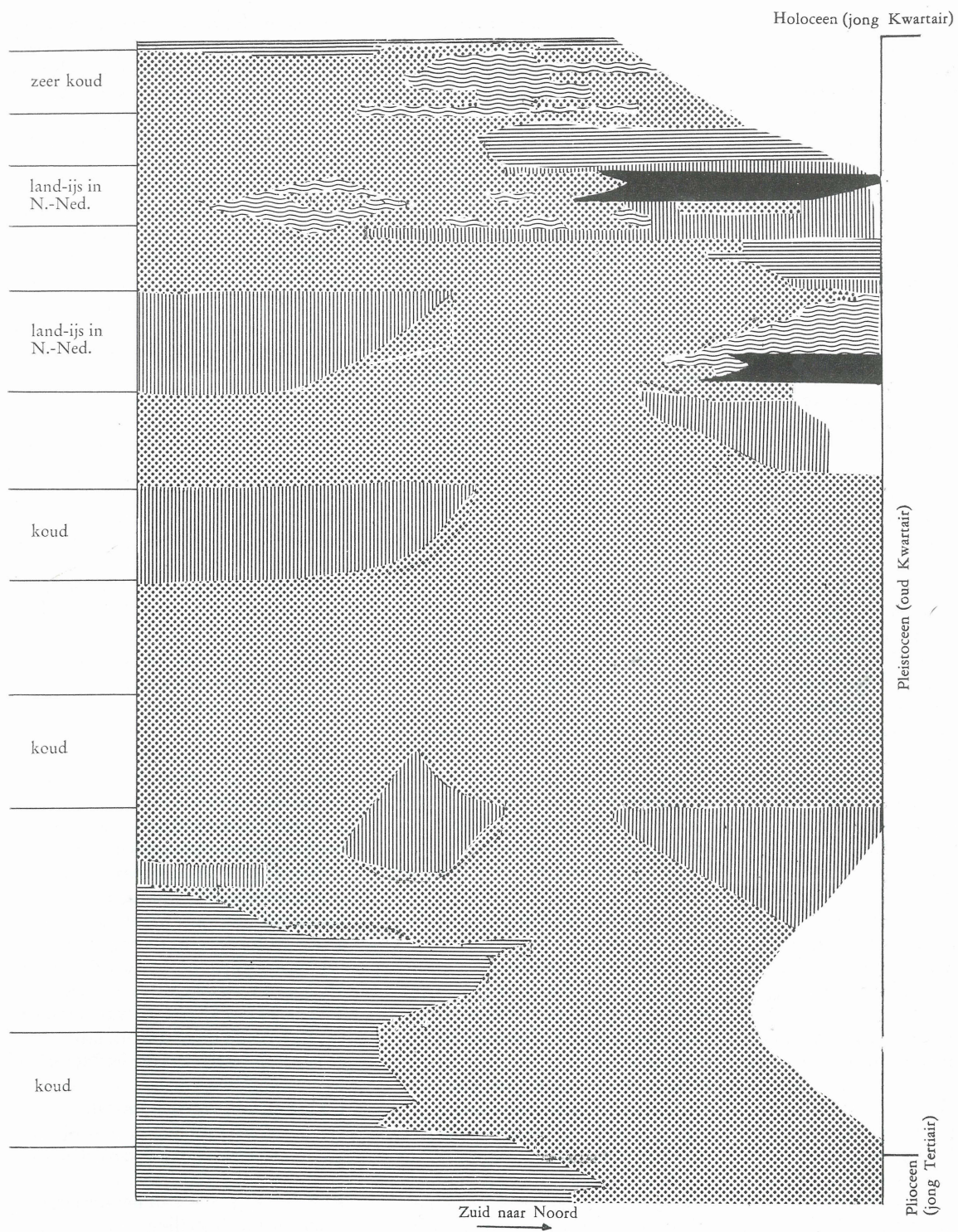
Schema van de Ontwikkeling van het Kwartair in Nederland

(naar gegevens van J. I. S. Zonneveld, J. D. de Jong, S. van der Heide en W. H. Zagwijn)

Sedimenten afzet:

-  door rivieren, beken en in moerassen (zand, klei, grind, veen)
-  door het land-ijs ('keileem' en 'potklei')
-  door de wind (zand, löss)
-  in zee (klei, zand)
-  hiaat in de afzettingen, ontstaan door erosie

de hoogte van de hokjes in de linker kolom is een ruwe schaal voor de tijdsduur



Figuur 3.

wind verplaatst fijnkorrelig materiaal waren verschijnselen die het nabije landijs vergezelden. Met een verbetering van het klimaat, een tienduizend jaar geleden, werd plantengroei weer mogelijk. Met de rijzende zeespiegel steeg ook de grondwaterstand en in uitgestrekte moerassen konden veenafzettingen ontstaan, het oudste Holoceen. Spoedig werden deze venen echter bedekt door klei aangevoerd door de grote rivieren en afgezet in de weer opdringende zee. Een snelle afwisseling van klei, zand en veen is wat gedurende het Holoceen in grote delen van Nederland afgezet werd, met als zeer jonge, laat-middeleeuwse vorming de duinenrij langs de kust van de Noordzee.

Het Holoceen basisveen ligt in Zeeland, Holland, Friesland en Groningen tot op 20 m diepte op de Pleistocene zanden. De laatsten komen over grote delen van oost- en zuid-Nederland aan de oppervlakte. Het gehele Kwartair kan in het westen van het land tot 600 m dik worden; daar de sedimenten nabij het zeeniveau gevormd werden is dat getal een maat voor de daling van Nederland gedurende het Kwartair. Dit is overigens slechts een voortzetting van de algemene geologische geschiedenis: Nederland vormt tesamen met de Noordzee, oost Engeland, Denemarken, noord Duitsland een oud en groot dalingsgebied, waarin sedert het begin van het Carboon, een 350 miljoen jaar geleden, een dikke van omstreeks 6 km, voornamelijk in zee afgezet sediment is gevormd.

Het zijn vooral de grove lagen uit de Pleistocene rivierafzettingen, gevormd voordat het ijs noord Nederland bedekte, die de belangrijkste leveranciers zijn van het grondwater, tesamen bijna 60% en wel in het noordoosten, oosten en midden van het land, in Brabant en plaatselijk in Limburg. Het deel van het Pleistoceen, gevormd nadat het ijs zich uit Nederland terugtrok, bevat weliswaar een groot percentage aan grove lagen, een belangrijk deel komt echter voor

in west en noord Nederland en hier is verzilting van deze rivierafzettingen opgetreden. In totaal leveren zij minder dan 10% van de totale grondwaterproduktie. Tenslotte het Holoceen, waaruit bijna 15% gewonnen wordt bij een gering percentage aan grof materiaal. De duinen leveren hiervan iets minder dan de helft, nl. ongeveer 6% van het totaal aan grondwater (zonder infiltratie).

De kwaliteitseisen aan het water te stellen zijn variabel naar gelang van het gebruik. Voor drinkwater zijn bacteriologische verontreinigingen en stoffen zoals ijzer, mangaan, ammoniak en organische verbindingen waarop bacteriën zich kunnen ontwikkelen vanzelfsprekend onaanvaardbaar. Voorts moet het water een goede smaak en reuk hebben. Een maximum van 250 milligram per liter aan opgeloste zouten of 150 tot 200 milligram per liter aan chloriden wordt aanvaardbaar geacht; bij een concentratie van 1000 milligram per liter heeft het water reeds een brakke smaak (zeewater bezit ± 33.000 milligram per liter aan opgeloste zouten). Landbouw- en de meeste industriewaters zullen eveneens aan dergelijke hoge eisen moeten voldoen, terwijl bv. voor koelwater een veel mindere kwaliteit aanvaard kan worden. Afgezien van de verontreiniging met zouten veroorzaakt het oppervlaktewater de grootste problemen betreffende de bestanddelen aan organische stoffen. Infiltratie, zij het natuurlijk of kunstmatig, en verblijf ondergronds van enkele maanden, zijn voldoende tot bacteriologische reiniging en het goedkoopst.

Verzamelen en bestuderen van gegevens over het grondwater geschiedt in Nederland sinds 1913 door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, dat in samenwerking met de Geologische Dienst een uitgebreid archief heeft gevormd van geohydrologische en geologische gegevens. Daar die gegevens vrijwel uitsluitend afkomstig zijn van in opdracht uitgevoerde

onderzoekingen, is de geografische verspreiding onregelmatig. Een aantal verspreide geohydrologische onderzoeken werd uitgevoerd door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen; de Dienst der Zuiderzeewerken en de Deltadienset voerden en voeren gedetailleerde onderzoeken uit in hun respectieve werkgebieden. Soms werden de verrichte onderzoeken gericht op een bepaald aspect van de geohydrologie; altijd bleven zij beperkt tot bepaalde gebieden in het land. Ook de vele in Nederland werkzame waterleidingbedrijven hebben het belang van hydrologisch onderzoek erkend en door hen of in opdracht werd reeds belangrijk werk verricht. Van 1952 tot 1955 werd door de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland TNO in een net van 25.000 peilbuizen verspreid over het gehele land het freatisch oppervlak gemeten. De resultaten werden in 1958 gepubliceerd in provinciale rapporten bestaande uit winter- en zomerkaart van de grondwaterstanden, verdrogingskaart en in west en noord Nederland verziltingskaarten met een toelichtende tekst. Reeds enige jaren geleden is men tot de conclusie gekomen, dat, wil men een juist inzicht krijgen in de rol die het grondwater kan spelen in de toekomstige watervoorziening, een systematische inventarisatie van reeds bestaande gegevens en een landelijke geohydrologische kartering ter hand genomen zullen moeten worden. In 1965 verkreeg de Centrale Organisatie TNO van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat de opdracht, een geohydrologische kaart van Nederland te vervaardigen.

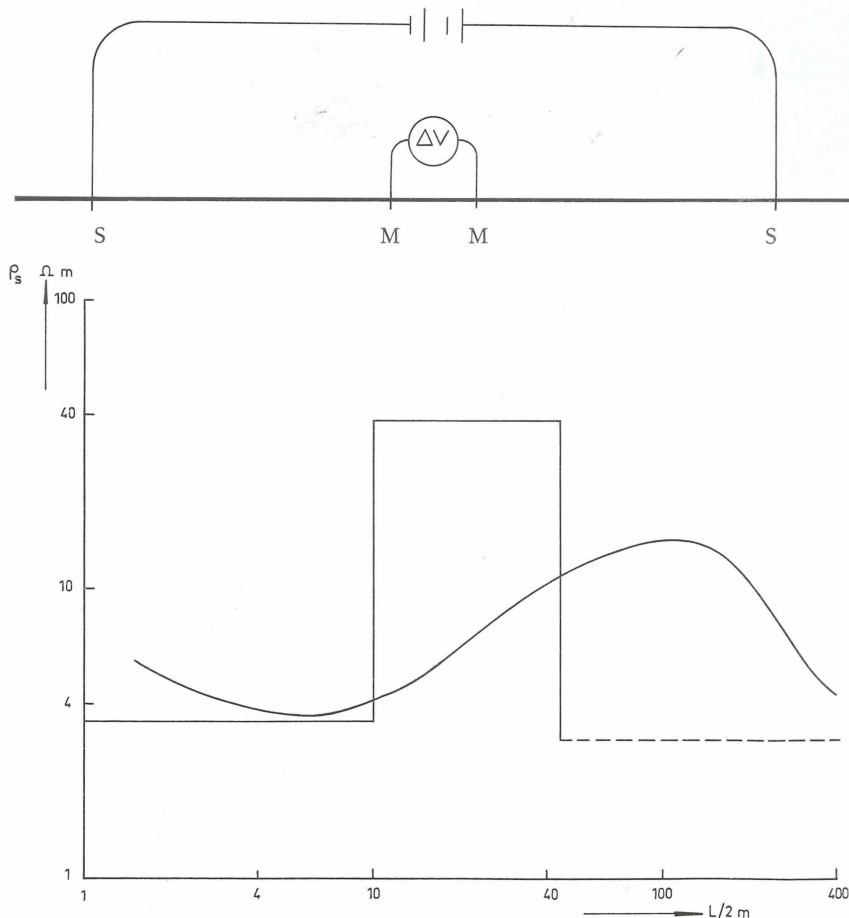
De bemoeiing van de Centrale Organisatie TNO met de hydrologie van Nederland dateert van 1946, toen Prof. Dr. O. J. de Vries en Prof. W. F. J. M. Krul het initiatief namen tot de instelling van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO. In deze Commissie, waarvan de dagelijkse leiding berust bij het Kleine Comité, zijn alle

instanties vertegenwoordigd die zich met hydrologisch onderzoek bezighouden. Zij nemen wederzijds kennis van problemen, inzichten, methoden en werkzaamheden, waartoe de jaarlijkse technische bijeenkomsten worden gehouden. De Commissie wordt door de Centrale Organisatie TNO in staat gesteld de in de bijeenkomsten behandelde onderwerpen als de Verslagen Technische Bijeenkomsten te publiceren. In 1948 werd door de Commissie op initiatief van de toenmalige directeur van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Prof. Krul, en na voordrachten en discussies gehouden in de 3e technische bijeenkomst van mei 1947 het Archief van Grondwaterstanden TNO opgericht met als taak, in een over het gehele land verspreid net van waarnemingspunten de standen van zowel het freatisch als het spanningswater op geregelde tijdstippen te laten meten, de waarnemingen te archiveren en aan belangstellenden ter beschikking te stellen. De kosten worden gedragen door de belanghebbende en medewerkende instellingen, voorzover zij betrekking hebben op de middelen tot het verkrijgen van de waarnemingspunten, en voor het overige door een bijdrage van de Centrale Organisatie TNO. De wetenschappelijke en technische leiding berust bij een conservator. De algemene leiding werd tot einde 1967 gevoerd door een Commissie van Beheer. De waarnemingen geschieden in landbouwbuizen tot 5 m diep voor het freatisch water, waarvan het overgrote deel van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland TNO afkomstig is, en in verbuisde boorgaten en putten van meer dan 5 tot in een enkel geval 300 m diep, waarin ook de stijghoogten van het diepe grondwater en van het spanningswater gemeten worden. In een boorgat kunnen meerdere stijgbuizen geplaatst zijn naar gelang van het aantal door afsluitende lagen gescheiden watervoerende zanden. Het aantal waarnemingspunten is sinds het begin der metingen in 1948 geleidelijk

toegenomen; thans is er een landelijk net van 7.000 buizen en 4.500 boorgaten en putten met een totaal aantal waarnemingspunten van ongeveer 18.000. Meer dan de helft wordt twee maal per maand gepeild en ongeveer een derde 4 maal per jaar, terwijl de rest met andere frequenties, soms dagelijks, meestal eens per maand, gemeten wordt, leverende thans een totaal van ongeveer 300.000 waarnemingen per jaar. In de 20 jaar dat het Archief werkzaam is, werden bijna 3.000.000 waarnemingen verricht. Dit gebeurde alles door vrijwillige waarnemers waarvan er nu meer dan 3200 zijn; zij zijn dikwijls verbonden aan instellingen doch er zijn ook veel privé personen onder. Het Archief

verstrekt zijn gegevens gratis op aanvraag, in de vorm van formulieren, kaartjes met lijnen van gelijke stijghoogte of van gelijke hoogten van het freatisch vlak en in de vorm van grafieken, de tijdstijghoogtelijnen. Er worden thans per jaar circa 22.000 aanvragen verwerkt, van veel omvattende inlichtingen omtrent een groot gebied tot simpele antwoorden over een kleine groep van waarnemingspunten zowel aan instellingen, industriële ondernemingen als aan particulieren. Een belangrijke methode ter verkenning van het grondwater is het geo-elektrisch onderzoek, nl. de oppervlaktetmetingen van de elektrische weerstand in de bodem. De

Figuur 4.





De geo-elektrische werkgroep in het veld

Werkgroep Geo-elektrisch Onderzoek TNO werd in 1954 opgericht naar aanleiding van de conclusies bereikt in de 10e technische bijeenkomst in januari 1954 van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO. De methode werd in 1951 door de Dienst der Zuiderzeewerken in Nederland geïntroduceerd nadat zij elders reeds haar waarde bewezen had bij het geologisch en hydrologisch onderzoek van de ondiepe ondergrond - tot 300 à 500 meter. Het onderzoek geschiedt door een elektrische stroom te sturen door 2 elektroden aan de oppervlakte geplaatst, de stroom-elektroden, terwijl gemeten wordt het dan optredende potentiaalverschil tussen twee andere elektroden, de meetelektroden, symmetrisch geplaatst tussen stroomelektroden (zie figuur 4).

Door de afstand tussen stroom- en meetelektroden tijdens de meting te vergroten, neemt het dieptebereik van het elektrische veld eveneens toe. De gemeten potentiaalverschillen zijn een maat voor de weerstand, die de elektrische stroom in de bodem ondervindt. Door de zo gevonden weerstanden tegen de elektrodenafstanden uit te zetten, verkrijgt men een grafiek, waaruit conclusies omtrent de bouw van de ondergrond getrokken kunnen worden. De weerstand hangt niet alleen af van de aard van het gesteente, doch ook van de chemische samenstelling van het grondwater. Zo kan de diepte van de zoet-zoutgrens met behoorlijke mate van nauwkeurigheid bepaald worden; de verdeling van klei en zandlagen in de diepte is een zeer veel gecompliceerder probleem en de bereikte

nauwkeurigheid is dan ook geringer. Vergelijking met de resultaten van het geologisch onderzoek en van elektrische metingen in boorgaten is hierbij een belangrijk hulpmiddel. Sinds het begin der metingen in 1956 zijn grote gebieden op deze wijze in kaart gebracht in opdracht van waterleidingbedrijven en van Rijks-waterstaat.

De boorgatopstelling bestaat eveneens uit 4 elektroden: één meetelektrode staat aan de oppervlakte, de tweede wordt met de twee stroomelektroden aan een kabel in het boorgat neergelaten. Bij langzaam ophalen van de kabel worden de weerstanden continu geregistreerd. Ook wordt gemeten de zgn. spontane potentiaal, voornamelijk de potentiaalverschillen die optreden tussen uit de boorspoeling in de doorboorde permeabele sedimenten geïnfiltreerd water en het grond- of formatiewater. Uit de resultaten van de elektrische metingen kunnen conclusies getrokken worden omtrent de aard en de doorlatendheid van het doorboorde gesteente. Meting van de natuurlijke gammastraling wordt ook toegepast. Een der kaliumisotopen, K40, is zwak radio-actief. Daar kalium een normaal bestanddeel is van klei en niet van zand of veen is meting van de gammastraling een mogelijkheid tot herkenning van de doorboorde lagen.

In 1967 werden de activiteiten van het Archief van Grondwaterstanden en de Werkgroep Geo-elektrisch Onderzoek gecombineerd met de geohydrologische kartering in een organisatorische en administratieve eenheid, de Dienst Grondwater-verkenning TNO. De Dienst is een uitvoerend orgaan van de Centrale Organisatie TNO, belast met het bijeenbrengen van grondwatergegevens en het verwerken van de gegevens op geohydrologische kaarten, om zo bij te dragen tot het doelmatig gebruik en beheer van het grondwater in Nederland. Uiteindelijk dient de vraag beantwoord te worden: waar, op welke diepte is hoeveel en wat voor water beschikbaar voor de winning?

Zoals de geologen een pakket sedimenten verdelen in een aantal karteerbare, lithologische eenheden, de stratigrafische formaties, zo is ook, om tot een overzichtelijke kartografische rangschikking van de grondwatergegevens te kunnen komen, een geohydrologische indeling van de ondergrond noodzakelijk. De geohydrologische eenheden zijn de verschillende produceerbaar-watervoerende, grofkorrelige lagen-pakketten, de aquifers. De afsluitende fijnkorrelige lagen vormen hun begrenzing. Criteria zijn bv. de water-spanningen aan weerszijden van de afsluiters, de chemische samenstelling van de waters, en de uitgebreidheid en kwaliteit van de afsluitende lagen. Top en basis van een aquifer kunnen gekarteerd worden en als dieptelijnen ten opzichte van NAP op een kaart weergegeven worden. Afgezien van dunne kleilaagjes en lenzen in de aquifer geven de dieptelijnen van top en basis een indruk van de dikte van het doorlatend pakket. Wordt op deze wijze de ligging van de aquifer in de ondergrond bepaald, er zijn nog enige belangrijke hydrologische gegevens die ook op de kaart thuishoren. Dit zijn gegevens die de hoeveelheid water in de aquifer en het debiet

bepalen, nl. het poriënvolume en de doorlatendheid van het gesteente. In de ongeconsolideerde sedimenten van het Kwartair zijn deze grootheden sterk variabel en bovendien moeilijk met nauwkeurigheid te meten. Liggen echter meerdere aquifers gescheiden door afsluitende lagen onder elkaar, hetgeen een veel voorkomend verschijnsel is, dan zullen deze aquifers moeilijk allen op eenzelfde kaart afgebeeld kunnen worden. Deze kaart zou spoedig overvol raken en onleesbaar worden. Men komt er dan toe de verschillende aquifers op verschillende kaarten af te beelden; hun onderlinge samenhang kan op een reeks verticale doorsneden getoond worden. Zoals we eerder al gezien hebben zijn er nog een aantal gegevens die op de geohydrologische kaart vermeld moeten worden, doch die veranderlijk zijn met de tijd, en wel de grondwaterstanden, de stijghoogte van de spanningswateren en de zouten opgelost in het grondwater. Wat betreft de grondwaterstanden en de stijghoogte, hier moet op kaart en profielen aangegeven worden op welke tijd (bv. dag van waarneming) of tijdsinterval (bv. seizoen-gemiddelde, gemiddelden over een

aantal seizoenen of jaren) op de kaart zijn aangegeven. Hier ligt nog een groot terrein van onderzoek braak, niet alleen het nagaan van de veranderingen met de tijd, doch ook de correlatie met bv. de neerslag, de rivierstanden, de invloed van technische werken. Door een dergelijke analyse en bewerking zullen de gegevens bijeengebracht door het Archief van Grondwaterstanden eerst volledig tot hun recht kunnen komen. Veel van de voor de kartering benodigde gegevens zijn reeds sinds tal van jaren verzameld door verschillende instituten en instellingen, zij zijn opgeslagen in archieven of gepubliceerd in wetenschappelijke artikelen. Inventarisatie van deze verspreide, grote hoeveelheden kennis zal een der belangrijkste taken van de Dienst Grondwaterverkenning TNO zijn. Voorts zal eigen onderzoek, zoals de analyse en bewerking van de gegevens van het Archief van Grondwaterstanden, metingen van de elektrische weerstand aan de oppervlakte, fysische metingen, geologische beschrijving en pomp-proeven in boorgaten, een belangrijke bijdrage vormen tot de geohydrologische kartering van Nederland.



Herinnert u zich het stukje 'Wie van de Drie?' in het januari-nummer? Wij ontvingen van de AVRO alsnog deze alleraardigste foto, die wij u toch graag even laten zien. De deelnemster in het zwarte jurkje is mej. Liesbeth van der Kraan. Geen wonder, dat het panel op een lid na háár aanwees als de echte ballet-paedagoge!