

Introductie

Aan de vooravond van de industrialisatie in Europa was het meestal voldoende om bij het zoeken naar voor consumptie geschikt oppervlaktewater te letten op de helderheid en het al dan niet stromen ervan. Hieraan herinnert de uitspraak van Francis Bacon in 1672: 'Running waters putrefy not'. Al stroomt een beek of rivier nog zo snel, chemische verontreinigingen, maar vooral ook de aanwezigheid van biologische ziekteverwekkers, weerhoudt tegenwoordig elk zinnig mens in de industriële landen ervan



DR. IR. B. C. J. ZOETEMAN
directeur RIVM,
Bilthoven

dit water direct te nuttigen. Persoonlijk zou ik helder beekwater alleen durven drinken in een natuurlijk gebied op de plaats waar de bron ontspringt.

Was het vroeger wijs water te zoeken dat om zo te zeggen jeugdige en beweeglijke en daarmee onbesmet aan de dag treedt, de laatste honderd jaar doet een waterleidingbedrijf er verstandig aan waar mogelijk zich tot een meer bejaarde gedaante van het water in de vorm van het grondwater te wenden. Niet dat op elke plaats onvervuild grondwater kan worden gewonnen, getuige de vele bodemverontreinigingsgevallen, maar toch is het wat dieper gelegen grondwater nog gevrijwaard van industriële verontreinigingen en is het bacteriologisch onverdacht. Na winning van zulk water is er nauwelijks nog enige nabehandeling nodig en kan veelal zonder desinfectie worden gedistribueerd. Wat is er idealer dan water dat een zuivering van vaak eeuwen achter de rug heeft en dat nooit vervuild is geweest met pesticiden, carcinogenen of afbraakproducten daarvan?

Als uit oppervlaktewater drinkwater moet worden gemaakt dan wordt er alles aan gedaan om het voorbeeld van het, liefst aërobe, grondwater te benaderen. De ideale oppervlaktewaterzuivering bestaat, technisch gezien, uit een zo langdurige opslag, bij voorkeur in een overdekt langzaam zandfilter, dat geen chemicaliën hoeven te worden toegevoegd, organismen geheel afsterven, schadelijke stoffen biologisch volledig mineraliseren en de deeltjes geheel sedimenteren of adsorberen.

De reden om over dit toch al lange tijd bekende fenomeen opnieuw te schrijven is dat ik me afvraag of wij ons wel voldoende de waarde realiseren van de bodemschat die het oude grondwater vertegenwoordigt.

Verkwisten wij niet wat als vrucht van oude tijden tot onze beschikking staat? Hebben wij

de factor tijd wel voldoende betrokken in de beoordeling van de kwaliteit van het drinkwater? Wat is eigenlijk de leeftijd van het water dat in Nederland wordt geproduceerd en geconsumeerd? Zou er geen groter gewicht aan de 'kwaliteit' van de grondstof voor het drinkwater moeten worden toegekend? Zonder een geheel afgeronde mening over deze punten te hebben, leek het me goed de vraag op te werpen en toe te lichten.

De waarde van kwaliteit

Is de waarde van de leeftijd van grondwater nader te omschrijven of in geld uit te drukken? In dit verband is het van belang zich af te vragen wanneer in het algemeen iets dat oud is waarde heeft. Waardevolle oude zaken kunnen bestaan uit gebruiksvoorwerpen, kunstuitingen, consumptieartikelen en grondstoffen. De waarde van oude gebruiksvoorwerpen en kunstuitingen wordt ontleend aan hun zeldzaamheid, onvervangbaarheid, bijzondere belevingswaarde en hun zeggingskracht over kenmerken van vroegere tijden. De waarde van bepaalde oude consumptieartikelen zoals oude wijn wordt ontleend aan de hoge mate van rijkheid, innerlijke harmonie, edelheid, waardoor het maximaal in staat is onze zinnen te prikkelen of onze gezondheid te bevorderen.

Ook kunnen oude materialen zoals oud lood aan waarde winnen, doordat ze als gevolg van hun ouderdom minder radioactiviteit bevatten, dus ontdaan zijn van onzuiverheden waardoor er een bijzondere gebruikswaarde, bijvoorbeeld voor loodkastelen, ontstaat. Wanneer de natuur door de werking van de tijd een bepaalde veredeling bereikt van een materiaal kan zich dit ook uiten in het tegen een lage kostprijs winnen van een heel hoogwaardig produkt. Fossiele brandstoffen en diamanten zijn hier een goed voorbeeld van. In tabel I is kort samengevat welke leeftijdsaspecten de waarde van goederen bepalen. Het grondwater dat voor de drinkwatervoorziening wordt gebruikt kan worden ingedeeld bij de categorieën consumptieartikelen en grondstoffen. Daaruit blijkt dat alle genoemde aspecten van leeftijd van belang zijn. De zeldzaamheid van grondwater ouder dan bijvoorbeeld 1.000 jaar vindt op dit moment nog geen waardering in economische zin. Diep en minder diep water

worden vrolijk gemengd en gedistribueerd naar gebruikers die zowel een hoogwaardige als een laagwaardige kwaliteit behoeven. De bijzondere gebruikswaarde van zeer oud water begint in sommige gevallen erkenning te vinden waar het gaat om gebotteld water en verpakt gesmolten ijskapwater. Of hierbij altijd een zorgvuldige scheiding tussen jong en oud water wordt gemaakt is echter de vraag. Dat deze toepassingen zijn gevonden met het oog op de aspecten gezondheidsbevordering, aangenaamheid en hoge belevingswaarde c.q. 'snobappeal' wil nog niet uitsluiten dat in de toekomst heel andere gebruikswaarden voor oud water kunnen worden gevonden in de vorm van badwater of bijzondere industriële toepassingen. De zich doorzettende ontwikkelingen rond het op zout mineraalrijk grondwater gebaseerde kuuroord te Nieuweschans zijn wat dit betreft toch wel opvallend. Hiermee krijgt een ontwikkeling in het nuchtere Nederland een kans die al eeuwen bij onze zuider- en oostburen plaatsvindt. De hoge kwaliteit en tegelijk lage prijs van winning die veelal de fossiele brandstoffen karakteriseert is ook van toepassing op het oude grondwater. Wat de natuur in eeuwen of millenia heeft opgebouwd staat ons praktisch gratis ter beschikking. Dat is ook wat de toekomstige beschikbaarheid het meest bedreigt en waarom we ons de vraag naar de waarde van kwaliteit stellen.

Oude goederen zeggen iets over de omstandigheden in de tijden waarin ze zijn ontstaan. Dat geldt in sommige opzichten ook voor grondwater. Hoe verder de wetenschap voortschrijdt, hoe meer zal kunnen worden afgeleid uit verschillen in chemische eigenschappen over de vroegere samenstelling van de neerslag, de atmosfeer en de bodem. De leeftijd van grondwater heeft ook invloed op de zintuiglijk waarneembare kwaliteit en de afwezigheid van afbreekbare of adsorbereerbare, voor de gezondheid schadelijke, stoffen. Naarmate zoet grondwater ouder is zal het tot een hogere graad van zuiverheid zijn opgevoerd. Dit geldt niet voluit voor water dat langzaam van de aërobe naar de anaërobe toestand overgaat, waardoor ijzer, mangaan en andere metalen in oplossing zullen gaan en waarbij zwavelwaterstof kan ontstaan. Toch zal ook anaëroob water meer

TABEL I - Relevantie van leeftijdsaspecten voor de waarde van verschillende categorieën van goederen.

Waarde aspect	Categorie van goederen		
	Gebruiksvoorwerpen en kunstuitingen	Consumptieartikelen	Grondstoffen
Zeldzaamheid	+	+	+
Bijzondere gebruikswaarde	+	+	+
Hoge kwaliteit en lage prijs			+
Zeggingskracht over oude tijden	+		+
Gezondheidsbevordering		+	
Belevingswaarde	+	+	

gemineraliseerd zijn naarmate het ouder is. Het behoeft alleen een terugvoering naar de aërobe toestand en een goede zandfiltratie om de drinkwaterbereiding af te ronden. De belevingswaarde van het oud zijn van water ontstaat pas wanneer dit voor consumptie wordt bestemd. Voor de kwaliteit van water zullen potentieel de bijzondere gebruikswaarde, de hoge kwaliteit - lage prijs verhouding en de belevingswaarde als gezondheidsbevorderende drank het meest van belang kunnen worden.

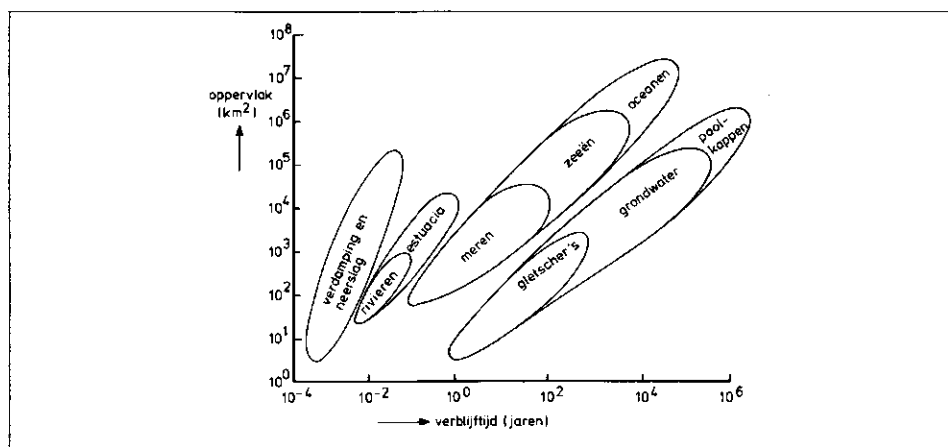
De nadelen van hoge ouderdom zoals bederven, ontleden en overrijp worden, zijn bij het water of niet relevant of zoals gezegd eenvoudig te corrigeren. Samenvattend kan verwacht worden dat de leeftijd van grondwater zich in een toenemende waardering zal mogen verheugen. Er zal meer oog voor het 'kwaliteitsaspect' ontstaan, terwijl de hoeveelheid oud water steeds geringer zal worden. Omdat op dit moment de gebruikswaarde van de leeftijd van water nog nauwelijks wordt onderkend komen leeftijdsverschillen ('kwaliteitsverschillen') niet tot uitdrukking in de prijs. In tegendeel, leidingwater met de hoogste 'kwaliteit' is doorgaans het goedkoopst.

Kwaliteit in de hydrologische kringloop

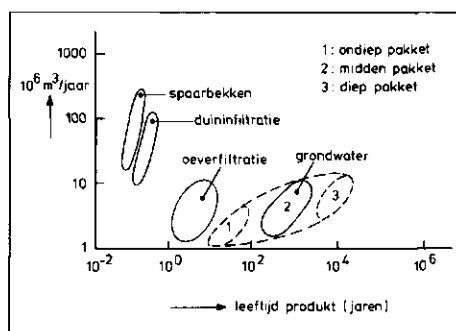
De kwaliteit of gemiddelde verblijftijd van water in de verschillende onderdelen van de hydrologische kringloop is zeer verschillend. Bovendien staat het water tijdens bepaalde fasen van de hydrologische kringloop sterk bloot aan verontreiniging. In afb. 1 is een globale positionering gegeven van de ruimtetijd karakteristiek van de verschillende manifestaties van het kringloopproces. Water dat een verblijftijd heeft van meer dan honderd jaar wordt aangetroffen in grote meren, zeeën en oceanen, in gletschers, grondwater en poolkappen. Het benutten van water met een hoge kwaliteit zal zich gezien de bereikbaarheid en gebruikswaarde vooral concentreren op het in de grondwaterfase verkerende water.

Kwaliteit bij de drinkwaterbereiding

In ons land is in principe een onderscheid te maken in productie van drinkwater met behulp van spaarbekkens, duininfiltratie, oeverinfiltratie en grondwaterwinning. Vergeleken met de bedrijven die voorraadvorming van oppervlaktewater toepassen, waarbij de verblijftijd in de orde van enkele maanden ligt (zie afb. 2), is er een zeer grote spreiding in ouderdom van het geproduceerde water mogelijk bij uit grondwater bereid drinkwater. Door Meinardi en Grakist [1985] is berekend dat de spreiding in verblijftijd bij oeverinfiltratiebedrijven in ons land doorgaans tussen 1 en 10 jaar ligt.



Afb. 1 - Ruimte-tijd karakteristieken van water in de verschillende fasen van de hydrologische kringloop.



Afb. 2 - Indicatie van leeftijd van produkt en capaciteit van categorieën van individuele drinkwaterproductiebedrijven in Nederland.

Voor het grondwater heeft Meinardi [1986] geschat dat globaal gesproken de ouderdom van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket 10-100 jaar bedraagt.

Het daar onder gelegen middelste watervoerende pakket, dat veelal op een diepte van 50-150 m ligt heeft een gemiddelde verblijftijd van ca. 1.000 jaar, terwijl de verblijftijd in de diepste watervoerende pakketten (150-300 m) gemiddeld 10.000 jaar en meer zal bedragen. Door de wijze van winning treedt op den duur meestal een menging op van het water uit de verschillende watervoerende pakketten. Dit vindt reeds plaats bij het door een onttrekkingsput gewonnen water, maar ook door het samenvoegen van water uit de verschillende putten van een puttenveld.

Het gewonnen grondwater in ons land zal een gemiddelde ouderdom hebben van enige honderden tot enige duizenden jaren. Door een andere inrichting van de winningsmiddelen is het mogelijk het grondwater in het zeer diepe pakket zoveel mogelijk afzonderlijk te winnen. Daarvoor zal wel een tamelijk diffuse wijze van onttrekking nodig zijn, omdat anders een belangrijke aantrekking van het bovenliggende jongere water zal plaatsvinden.

Hoe om te gaan met onze 'fossiele' bodemschat?

Het vergt een aparte studie om vast te stellen hoe groot de voorraad zeer diep zoet grondwater in ons land precies is. In ieder geval zal het bij onttrekking worden vervangen door jonger ondiep water of door brak en zout diep grondwater. De voorraad kan maar eenmaal worden gebruikt.

Zeer oud grondwater van meer dan 10.000 jaar oud wordt ook op andere plaatsen in de wereld aangetroffen. Zo bevat het zandsteenpakket onder de Sinäi-Negev ook een watervoerende laag die naar schatting [Issar, 1985] 200 miljard m³ water bevat dat ca. 30.000 jaar oud is. Dit water wordt bestudeerd met het oog op de benutting voor het weer vruchtbaar maken van de woestijn. De uitvoering van dit soort plannen zal betekenen dat een irrigatieproject wordt gestart waarvan bij voorbaat vaststaat dat na een aantal decennia de bron is uitgeput. Hier dient zich dezelfde vraagstelling aan als bij het gebruik van de fossiele brandstoffen. Mogen we het aardgas gebruiken voor het stoken van onze elektriciteitscentrales of moet het worden gereserveerd voor hoogwaardige toepassingen door toekomstige generaties? Een woestijn tot een bloeiend landschap maken kan in aanmerking komen als een hoogwaardige toepassing van zeer oud grondwater. Het zonder onderscheid mee oppompen en distribueren van zeer oud water voor algemeen huishoudelijk en industrieel gebruik lijkt me niet in de categorie van hoogwaardige toepassingen te vallen.

Er is mijns inziens veel te zeggen voor het selectief winnen van het diepe zeer oude grondwater in Nederland voor specifieke doeleinden waarvoor geen redelijk alternatief voorhanden is (bijvoorbeeld flessenwater of geneeskrachtig badwater) en het merendeel te conserveren voor de toekomst. Daarmee wil uiteraard niet gezegd zijn dat de zorg van

voerende pakketten, zijn voor Nederland redelijk goed bekend. Daarom is het mogelijk om voor de diverse deelgebieden een schatting te maken, waarbij uiteraard ook rekening is gehouden met de koolstof-14 bepalingen van tabel I. In afb. 4 zijn de aangehouden schematisering in watervoerende pakketten en de verwachte ouderdom van het grondwater weergegeven. In het kort kan de volgende toelichting dienen:

– in de zandgebieden van Groningen, Friesland en Drenthe bestaat de bovenste 50 m van de ondergrond uit minder goed doorlatende lagen. Het watervoerende pakket op een diepte tussen 50 m en 100 m ontvangt een aanvulling met een snelheid van ongeveer $I/p = 0,2$ m/jaar. De gemiddelde ouderdom in dat pakket bedraagt ongeveer 1.000 jaar in Drenthe (infiltratiegebied) en ongeveer 2.000 jaar in de aangrenzende gebieden;

– de zandgebieden van Overijssel en oostelijk Gelderland hebben in het algemeen een enkelvoudig watervoerend pakket waarvan de dikte naar het westen toeneemt tot ongeveer 100 m. In dit westelijk deel is vaak een onderverdeling door weerstandbiedende lagen waargenomen. De geohydrologische situatie is ingewikkelder dan het schema van afb. 2 doordat een dicht stelsel van beken het grondwater draineert. Hierdoor zal het ondiepe grondwater vrij snel afstromen en dus jong zijn, terwijl het diepere grondwater een regionale stroming volgt en daarmee veel ouder kan zijn, zeker in de beekdalen.

In een situatie waarin gepompt wordt, zal dit systeem vermoedelijk echter wel als één geheel reageren. De snelheid van aanvulling van het grondwater bedraagt ongeveer $I/p = 0,5$ m/jaar;

– de zandgebieden ten zuiden van de Maas hebben onder invloed gestaan van breukwerking. Van oost naar west zijn te onderscheiden: De Maasvallei (laag), de Peel (hoog), de Centrale Slenk (laag) en West-Noordbrabant (hoog). De ondergrond van de Peel bestaat uit een enkel watervoerend pakket tot een diepte van minder dan 50 m in het centrum en in het zuiden en ongeveer 100 m langs de westelijke rand. Het systeem van watervoerende lagen in de aangrenzende Centrale Slenk is daarentegen meer dan 300 m diep. Het is afgedekt en onderverdeeld door een aantal slecht doorlatende lagen. Het bovenste watervoerende pakket in West-Noordbrabant is afgedekt door ongeveer 50 m dikke slechtdoorlatende lagen. De snelheid van aanvulling van het grondwater bedraagt ongeveer $I/p = 0,8$ m/jaar in de Peel, in de Centrale Slenk ca. $I/p = 0,3$ m/jaar en in West-Noordbrabant ca. $I/p = 0,2$ m/jaar;

– de duinen ontstonden in hun huidige vorm ongeveer 1.000 jaar geleden. Het zoete

grondwater in de ondergrond is vermoedelijk nog jonger. De snelheid van aanvulling van het grondwater is ongeveer 1 m/jaar;

– het grondwater in het gebied van de grote rivieren ontvangt aanvulling door de zijdelingse toestroming uit aanliggende infiltratiegebieden. Een bijzondere vorm van voeding is de infiltratie van rivierwater naar de bodem. Een dergelijke voeding door de rivier trad waarschijnlijk al op in de periode voor de bedijkingen. Tegenwoordig is het effect ervan bijzonder sterk in het lage West-Nederlandse poldergebied. Het heeft daar geleid tot relatief diepe lenzen van zoet en jong rivierwater langs de rivierarmen. Het overige zoete grondwater in dit gebied is veel ouder.

Gevolgen voor de samenstelling van het grondwater

Uit afb. 4 is direct af te leiden dat het grondwater in Overijssel, Oost-Gelderland en de Peel kwetsbaar is voor moderne vormen van verontreiniging, zoals overbemesting en depositie vanuit de lucht. Er zijn geen diepere en veiliger watervoerende pakketten voorhanden. Een aantal waterwingebieden ondervindt hier al problemen met de kwaliteit van het grondwater.

De ondiepe watervoerende pakketten in Centraal Nederland zijn ook relatief kwetsbaar. Voor de winning van grondwater zijn echter diepere watervoerende pakketten beschikbaar. Uit het oogpunt van de winning van grondwater is ook de situatie in de noordelijke en zuidelijke zandgebieden, met uitzondering van de Peel, gunstiger. Hierbij moet direct bedacht worden dat het ondiepe grondwater in de afdekkende lagen wel degelijk de invloed van verontreiniging zal merken. Afgezien van de ongunstige effecten die één verontreiniging van het ondiepe grondwater kan hebben op natuur en landschap, zal door het afpompen van diepere watervoerende pakketten ook een versnelde inzijging optreden. Zelfs in gebieden waar watervoerende pakketten zijn afgedekt door kleilagen, moet als gevolg van te geconcentreerd pompen rekening worden gehouden met de infiltratie van lokaal polderwater van meest slechtere kwaliteit. Het lijkt de moeite waard meer aandacht te schenken aan de ouderdom van het grondwater en de mogelijke veranderingen daarin tengevolge van ingrepen. De ouderdom geeft namelijk een goede indicatie over de kwetsbaarheid van het grondwater voor recente verontreiniging die vanaf maaiveld de bodem kunnen indringen.

Literatuur

Bruggeman, G. A. *Pers. mededeling*.
Ernst, L. F. (1973). *De bepaling van de transporttijd bij stroming in de verzadigde zone*. ICW nota 755.
Glasbergen, P. en Mook, W. G. (1982). *Natuurlijke isotopen als een hulpmiddel bij regionaal geohydrologisch onderzoek*

in de provincie Groningen. H₂O (15), no. 26, p. 682-686.
Glasbergen, P. (1984). *Enkele voorbeelden van de grondwaterkwaliteit in Paleogene watervoerende lagen*. RIVM mededeling 84-1.
Glasbergen, P. (1985). *Pers. meded. over Noord-Brabant*.
Hemker, C. J. (1979). *Het diepe grondwater van de Vijfheerenlanden*. Afstudeerverslag VU Amsterdam.
Heij, G. J. en Kester, C. (1977). *De hydraulische weerstand van de formatie van Sterksel/Kedichem in West-Utrecht*. RID mededeling 77-7.
Krajenbrink, G. J. W. (1981). *Isotopenhydrologisch onderzoek in de Gelderse Achterhoek*. Ongepubl. rapport VU Amsterdam.
Meinardi, C. R. (1974). *Aanvullende nota inzake de chemische samenstelling van het grondwater in de Over-Betuwe*. Ongepubliceerd RID rapport.
Meinardi, C. R. (1981). *Geohydrologisch onderzoek van het zuidelijk deel van het eiland van Dordrecht*. Ongepubliceerd RID rapport.
Meinardi, C. R. (1983). *Groundwater recharge in the Rhine Fluvial Plain*. Z. dt. geol. Ges., 134, p. 581-611.
Ommen, H. C. van (1985). *Invloed van diffuse verontreiniging op de kwaliteit van gewonnen of afstromend grondwater; een analogie met een eenvoudig mengproces*. H₂O (18) 1985, nr. 14, p. 313.
Romijn, E. (1974). *Geohydrologische inventarisatie Veluwe*. RID rapport 74-1.
Vogel, J. C. (1967). *Investigation of groundwater flow with radiocarbon*. In: *Isotopes in hydrology*, IAEA Wenen, p. 355-369.



Kwaliteit

● *Vervolg van pagina 285*

de overheid zich hiertoe zou moeten beperken. Ook het minder diepe grondwater behoeft bescherming om een zo veelzijdig mogelijk gebruik nu en in de toekomst mogelijk te maken. Het huidige beleid is daar dan ook volop mee bezig.

Het water dat hier als neerslag is gevallen aan het einde van de laatste ijstijd, in een periode die dus nog voorafgaat aan de menselijke geschiedschrijving, de Egyptische cultuurperiode en de komst van de Batavieren in ons land, is toch wel een bijzondere bodemschat. Het lijkt me dan ook de moeite waard ons bewuster te worden van de kwaliteit van deze bodemschat en deze met gepaste zorg te behandelen.

Dankbetuiging

De auteur dankt ir. W. Cramer en drs A. Minderhoud voor hun suggesties.

Literatuur

Issar, A. (1985). *Fossil Water under the Sinai-Negev Peninsula*. Scientific American, 253, nr. 1, 82-90.
Meinardi, C. R. and Grakist, G. (1985). *Hydrology of bank groundwater withdrawals in The Netherlands*. J. of Hydrology, 78, 151-163.
Meinardi, C. R. (in press). *The age of fresh groundwater in The Netherlands*.

