

Hoeveel nitraat is nog 'onderweg'?

Vermesting vormt een probleem dat – zoals een minister het eens formuleerde – ‘gierend uit de klauwen dreigt te lopen’. Ook waterleidingbedrijven raken er niet over uitgepraat. Er zou al zo veel nitraat naar onze grondwaterwinningen ‘onderweg’ zijn. Het onderzoek naar nitraatverwijdering is dus al opgestart. Het is echter zaak ook aandacht te schenken aan te verwachten concentraties en op welke termijn die te verwachten zijn; een kwantificering van de problematiek is wel degelijk mogelijk.



J. H. PETERS
KIWA Nieuwegein
Vakgroep Hydrologie



H. BOUKES
KIWA Nieuwegein
Vakgroep Hydrologie

Afbakening

Verhoogde nitraatconcentraties in grondwater hebben tal van oorzaken. Kunstmatige aanvulling met oppervlaktewater is één daarvan. In stedelijke gebieden kan lek uit rioleringsystemen hoge nitraatconcentraties veroorzaken. Ook bekend is de depositie uit de atmosfeer, met name in de nabijheid van mesterijen. Echt belangrijk is het overvloedig 'stilstaand uitrijden' van overschotten aan drijfmest. Dit heeft ernstige gevolgen voor het grondwater. Het is nodig die gevolgen te kwantificeren. Eerst dan kan met kans op succes een op feiten gebaseerd beleid gevoerd worden met betrekking tot bescherming van waterwingebieden. We kunnen dan bemestings- en beschermingsscenario's met elkaar vergelijken [Boukes, 1987] en afwegingen maken.

Het waarom van de studie

De tijdvertraging die zit tussen het moment waarop verontreiniging in het grondwater terechtkomt en het tijdstip waarop voor het eerst sprake is van verontreiniging van opgepompt grondwater, is mede oorzaak geweest van het lange tijd onderschatten van de nitraatproblematiek. Op dit moment is het onderzoek veelal gericht op zuiverings-technieken. Immers (te) hoge nitraatconcentraties zijn onafwendbaar, zie bijvoorbeeld [Van Beek et al, 1984]. Het niveau waarop deze nitraatgehalten zich zullen bevinden en tevens de termijn waarbinnen dat het geval zal zijn, zijn vaak niet of onvoldoende bekend. Voor de bepaling van noodzaak en urgentie van onderzoek naar zuiverings-technieken – danwel naar alternatieven voor

de winning – zijn deze echter van doorslaggevend belang. In deze studie wordt een methode aangedragen waarmee men een beeld kan krijgen van de concentraties die te verwachten zijn. Ook kan men hiermee relatief snel het effect van een beschermingsstrategie bestuderen. Dat effect openbaart zich immers vaak pas na tientallen jaren. Een modelmatige benadering brengt bovendien structuur in een programma van waarneming. Hoeveel waarnemingsputten zijn nodig, waar moet je ze neerzetten, hoe diep en hoe vaak moet je ze bemonsteren? We illustreren deze 'balans van stoffen' met een onderzoek voor een bepaald gebied, een 'case'.

Het hoe

De grondwaterwinning 'Archemerberg' van de Waterleiding Maatschappij 'Overijssel' (WMO) is voor het genoemde onderzoek uitermate geschikt. Zo is er sprake van een freatisch, aëroob pakket. Dit soort winning is kwetsbaar met betrekking tot nitraatverontreiniging. In het nitraatgehalte van het opgepompte water is een stijging waar te nemen. Het is de vraag in hoeverre die stijging samenhangt met het uitrijden van rijfmest dat men in toenemende mate waarneemt in de omgeving van de winning. De winning ligt in de gemeente Ommen op de flank van een glaciale stuwwal met een lengte van 4 km en een breedte van circa 2 km in Overijssel. De hoogte van de stuwwal is tot ongeveer 70 m + NAP. Het maaiveld ter plaatse van het puttenveld van de winning ligt op 15 tot 40 m + NAP. De onttrekking van grondwater startte in 1960. Sindsdien nam de hoeveelheid jaarlijks onttrokken

De belangrijkste oorzaak van de nitraatproblematiek is het uitrijden van drijfmest. Het hard maken of kwantificeren van de gevolgen is een eerste en noodzakelijke stap om te komen tot een oplossing.

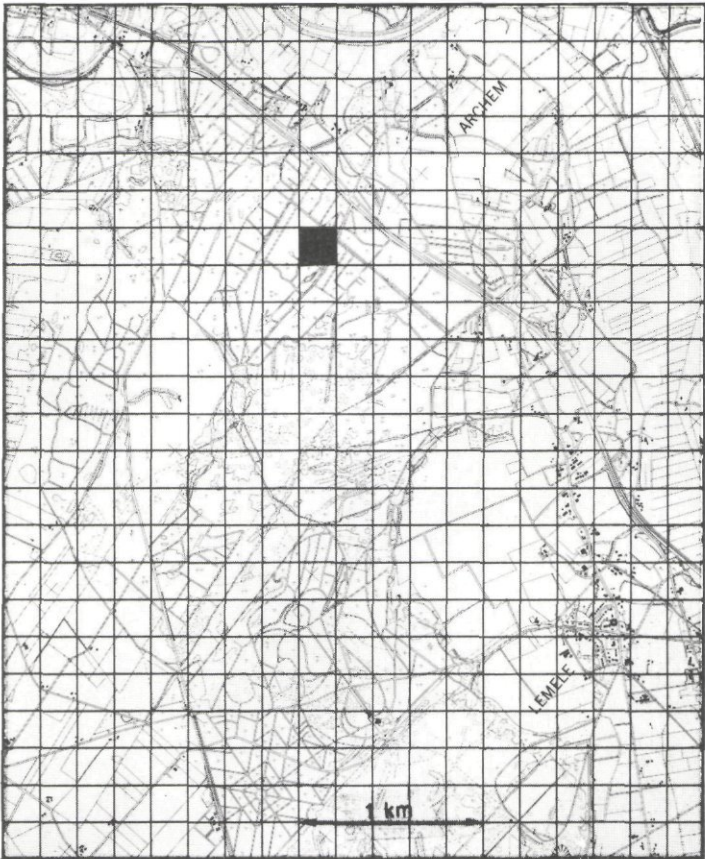
TABEL 1 – Ligging van de gras- en bouwlandpercelen. Codering geldt voor het in afb. 1 weergegeven netwerk van 19 bij 23 blokken van 4 ha (= bos/heide of bebouwing, 1 = grasland, 2 = bouwland en X = winning).

[illegible]

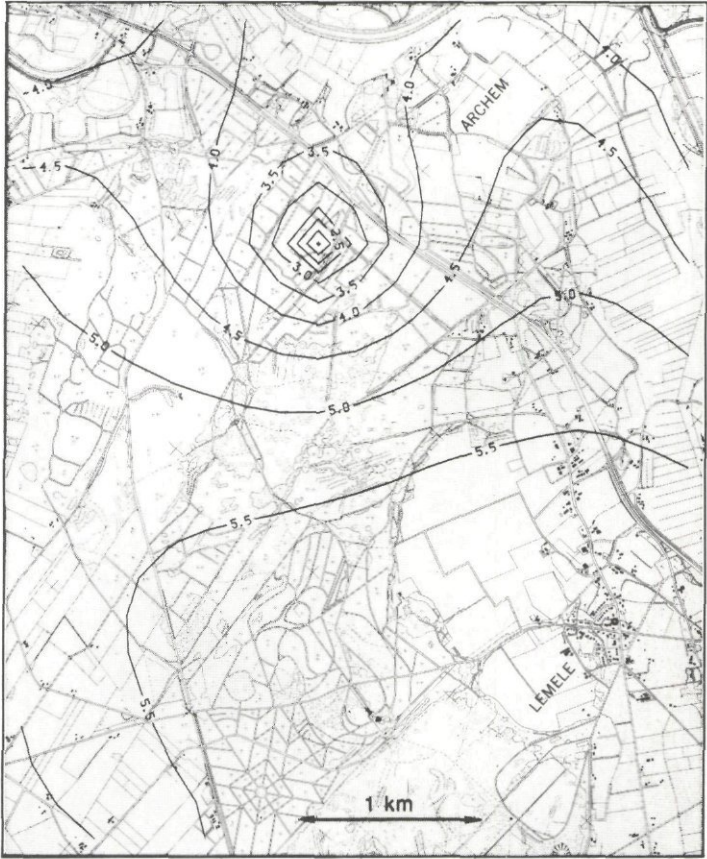
grondwater geleidelijk toe van 0,3 tot 3,0 miljoen m³ in 1985. In de toekomst zal men naar verwachting 4,0 miljoen m³ per jaar winnen. Onttrekking vindt plaats met zeventien pompputten waarvan er veertien regelmatig in gebruik zijn. Al deze ont-trekkingen zijn in dit onderzoek geconcen-treerd gedacht in één blok. Dat is overigens niet noodzakelijk.

In het modelgebied – waarbinnen het volledige intrekgebied van de winning ligt – onderscheiden we drie belangrijke vormen van bodemgebruik: natuur, grasland en akkerbouw/bouwaland. Bij een onttrekking





Afb. 1 - Studiegebied (1.748 ha) en gebruikt netwerk (437 vierkanten van 200 bij 200 m). Meeste putten staan in het gearceerde vierkant. Per vierkant zijn parameters met betrekking tot hydrologie en kwaliteit van inziend grondwater gekarakteriseerd.



Afb. 2 - Grondwaterstandspatroon (berekend) in modelgebied; jaarlijkse onttrekking 3,2 miljoen m³. Het patroon komt goed overeen met het gemiddelde van gemeten waarden (m + NAP) in de jaren 1981 tot en met 1984.

van jaarlijks 3 miljoen m³ is de totale oppervlakte van het intrekgebied circa 750 ha (uitgaande van een nuttige neerslag van 0,40 m per jaar). Hiervan is circa 15% in gebruik als bouwland en circa 5% als grasland. Het overige deel bestaat uit bossen en heidevelden. Het bouwland is voornamelijk geconcentreerd op de flanken van de stuwwal. Het grasland vinden we buiten de stuwwal op lager gelegen en vochtiger gronden. De maaiveldhoogte bedraagt daar circa 6 m + NAP. De plaats van de onttrekking en de ligging van het gras- en bouwland binnen het modelgebied is te vinden in tabel I. De codes horen bij het netwerk als weergegeven in afb. 1. Om modeltechnische redenen is de rand van het onderzoeksgebied ingevoerd als bos/heide. Het bouwland in het intrekgebied van de winning blijkt al een aantal jaren in zijn totaliteit gebruikt te worden voor het verbouwen van snijmaïs, veevoeder voor de (intensieve) veehouderij.

Door de afwezigheid van oxydeerbare verbindingen in het watervoerende pakket is het grondwater nagenoeg volledig aëroob. In het watervoerende pakket treedt dan ook géén denitrificatie op. Dit is namelijk een microbiologisch proces dat alleen onder zuurstofloze omstandigheden kan plaats-

vinden. Het nitraatgehalte in het ruwe grondwater bedroeg in de periode van 1960 tot circa 1975 steeds minder dan 3 mg/l (NO₃). Daarna is er sprake van een stijging. In 1985 bedroeg de concentratie al circa 14 mg/l. De vraag is hoe dit zich verder zal ontwikkelen.

Grondwater-stoftransport

De computercode Konikow-Bredehoeft wordt gebruikt voor de berekeningen. Het is een rekenprogramma dat nuttig is bij de problematiek van het diffuus opbrengen van stoffen en het voortschrijden van deze stoffen door de bodem. Het is ontwikkeld door de US Geological Survey en gebaseerd op een eindige-differentie-benadering. Het watervoerende pakket waarin waterstroming en stoftransport optreden, wordt hierbij opgedeeld in een regelmatig netwerk van cellen. Het voor deze studie gebruikte netwerk is weergegeven in afb. 1. In elke cel geeft de balans van zowel water als opgeloste stof de verandering van grondwaterstanden (of -stijghoogten) respectievelijk concentraties; beide voor de centra van de cellen. Het oplossen van de vergelijkingen voor het stoftransport gebeurt met de methode van karakteristieken, een methode die zich bijzonder goed leent voor problemen waarbij stoftransport voornamelijk optreedt door

stroming. Voor studies naar het gedrag van stoffen in watervoerende pakketten nabij grondwateronttrekkingen is dat zeker het geval. Het is mogelijk de veranderingen van de concentratie te bestuderen voor een lange reeks van jaren. De totale termijn wordt dan opgedeeld in een aantal pompperioden waarbinnen rekenparameters, zogenaamde hydrologische randvoorwaarden en belastingspatronen constant zijn. Voor een verdere beschrijving van het programma wordt verwezen naar de literatuur [Konikow and Bredehoeft, 1978; Kovar en Beets, 1983].

Nitraat in grondwater

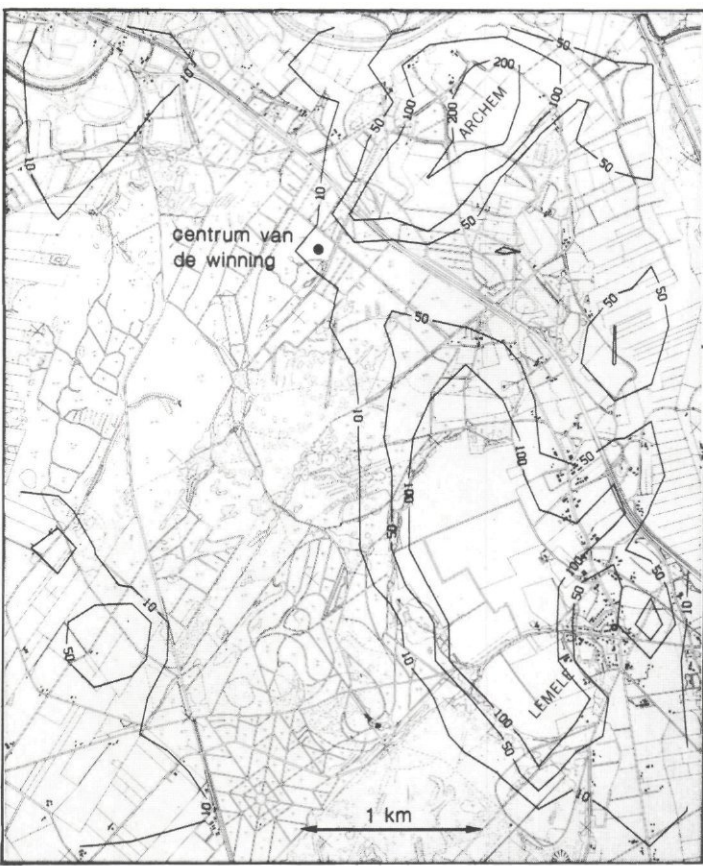
Bodemtype, landgebruik en bemestingsniveau bepalen de nitraatconcentraties in het bovenste (verzadigde) grondwater. Veel informatie hierover kan men destilleren uit gegevens over veestapel, mestproductie en landgebruik. Deze zijn per gemeente beschikbaar bij het Centraal Bureau voor Statistiek. Ook voor de in de gemeente Ommen gelegen winning 'Archemerberg' is dit gebeurd [Eijsink, 1985]. De WMO heeft het landbouwkundig bodemgebruik in het intrekgebied van de winning in kaart gebracht (tabel I). In de modelstudie wordt ervan uitgegaan dat het bodemgebruik in alle rekenperioden constant blijft. De mest-

hoeveelheden zijn dermate groot dat niet alle mest op het binnen de gemeente aanwezige grasland en de verschillende akkerbouwgewassen aangewend kan worden zonder schade aan de gewassen te veroorzaken. In toenemende mate verbouwt men op hogere zandgronden mede daarom snijmaïs, een gewas dat zeer hoge mestgiften verdraagt zonder daarvan nadelige gevolgen te ondervinden. Met behulp van landbouwkundige gebruiksrestricties voor de toepassing van organische mest (maximale N- en K-giften) is een schatting te maken van de verdeling van de geproduceerde hoeveelheid mest over het grasland en de verschillende akkerbouwgewassen in de loop der jaren. Tevens is op basis van beschikbare gegevens een schatting te maken van de anorganische bemesting. Combinatie van al deze gegevens met de gemiddelde mestsamenstelling en de grootte van de nuttige – inziende – neerslag geeft een indicatie van de concentraties hierin, in afhankelijkheid van de plaats binnen het modelgebied. Deze kunnen en moeten door monsternamen en analyse worden gecontroleerd. Modelleren maakt meten niet overbodig maar wel effectiever en dus goedkoper.

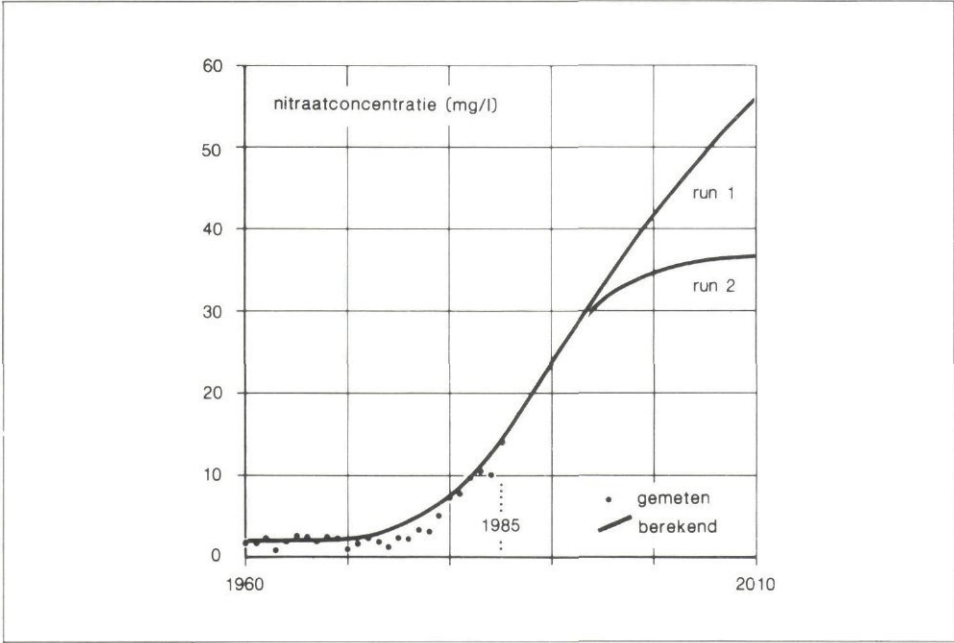
Berekeningen

Voor de bepaling van de zogenaamde hydrologische randvoorwaarden voor het model gaan we uit van het gemiddelde van de gemeten grondwaterstanden in de vier hele jaren 1981 tot en met 1984. Het bleek dat bij een nuttige neerslag van 0,40 m per jaar het berekende potentiaalbeeld (zie afb. 2) redelijk overeen kwam met het gemeten beeld. Dit was pas het geval nadat

Afb. 4 - Ruimtelijke verbreiding van nitraat; berekende concentraties voor het jaar 1985; isoconcentratielijnen (mg/l). Het betreft over de hoogte van het freatisch pakket gemiddelde concentraties. Het patroon is van belang bij het ontwerp van een meetnet voor de grondwaterkwaliteit.



Afb. 3 - Nitraatconcentraties in de jaren 1960 tot 2010 (resultaten runs 1 en 2) en gemeten concentraties voor de jaren 1960 tot en met 1985. Run 2 veronderstelt een effectief beschermingsplan vanaf 1985.



hydrologische parameters (dikte en doorlatendheid van het pakket waaruit gewonnen wordt) een aantal malen zijn bijgesteld, een ijkingsproces. Vervolgens is het verloop van het nitraatgehalte – zoals dat tot nu toe in het opgepompte water is waargenomen –

nagerekend. De nitraatbelasting van het grondwater in de verschillende percelen is in de loop der tijd toegenomen. Verondersteld is dat dit is geweest als is vermeld in tabel II. In deze tabel zijn tevens de aangehouden jaarlijkse onttrekkingen weergegeven. Voor de percelen bos/heide is voor de gehele rekenperiode een belasting van 2 mg/l nitraat aangehouden. Dit komt overeen met de gemiddelde concentratie in de beginjaren van de winning. Verondersteld is dat de concentratie in 1960 in het totale freatische pakket ook ongeveer 2 mg/l is geweest. Ook voor de onttrekking zijn variabele waarden ingevoerd. Voor de eerste zes perioden bedroeg de onttrekking gemiddeld respectievelijk 0,8; 1,8; 2,6; 2,8; 3,2 en 3,0 miljoen m³ per jaar. Na 1990 is de

TABEL II – Gebruikte belastingen (van het bovenste verzadigde grondwater) en onttrekkingen (per pompperiode constant gehouden). Voor de periode die loopt van 1990 tot 2010 worden 2 berekeningen uitgevoerd. Eén voor een vanaf 1990 gelijkblijvend belastingspatroon (600 mg/l), de ander voor een belasting van 100 mg/l op 'maïspercelen'.

Jaren	Mais mg/l	Gras mg/l	Miljoen m³/jaar	Pomp- periode
1960 - 1965	100	50	0,8	1
1965 - 1970	200	60	1,8	2
1970 - 1975	300	70	2,6	3
1975 - 1980	400	80	2,8	4
1980 - 1985	500	90	3,2	5
1985 - 1990	600	100	3,0	6
1990 - 2010	600/ 100	100	4,0	7 run 1 run 2

onttrekking 4,0 miljoen m³ per jaar. Om de invloed van de bemesting op de waterkwaliteit in de toekomst te bepalen, is een tweetal berekeningen gemaakt (run 1 en run 2). Zo is in run 1 het nitraatverloop tot 2010 berekend bij een tot 1990 stijgend bemestingsniveau. In run 2 is het nitraatverloop berekend met als aanname dat kan worden bewerkstelligd dat vanaf 1990 de belasting op de 'maïspcelen' daalt van 600 tot 100 mg/l. Dit betreft de waterkwaliteit die dan ter plaatse van de grondwaterstand aanwezig is. Als het water een verblijftijd kent van 5 jaar in de onverzadigde zone, moet men dus vanaf 1985 het uitrijden van drijfmest voorkomen. De resultaten zijn weergegeven in afb. 3. De berekende ruimtelijke verbreiding (isoconcentratielijnen) van nitraat in het jaar 1985 is weergegeven in afb. 4. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit de gemiddelde concentraties zijn. In de toegepaste modellering worden deze namelijk over de hele diepte van het watervoerende pakket gemiddeld. Bij vergelijking van de berekende en waargenomen concentraties moet men hiermee terdege rekening houden.

Resultaten

Het blijkt mogelijk om aan de hand van een redelijk eenvoudig model het gemeten verloop van het nitraatgehalte te reconstrueren. Voorwaarde is dat het hydrologisch beeld bekend is. Ook dient informatie beschikbaar te zijn over de belasting van het grondwater en het gedrag van de verontreiniging in de ondergrond. De winning 'Archemerberg' voldoet hieraan. De hydrologische situatie is uitvoerig bestudeerd, de stroming is in hoofdzaak tweedimensionaal ('horizontaal') en er treedt geen denitrificatie op. Een eerste reconstructie van het gemeten nitraatverloop is dan ook bevredigend. Het is ook mogelijk voorspellingen te maken van het in de toekomst te verwachten concentratieverloop. Ook hierbij is kennis van het patroon van belasting (ruimtelijk en in de tijd gezien) essentieel. Het ziet er naar uit dat het nitraatgehalte in het hier onttrokken water binnen enkele jaren tot boven de richtlijn voor drinkwater (25 mg/l) zal uitstijgen. De overschrijding van de drinkwaternorm (50 mg/l) zal, afhankelijk van het bemestingsniveau in de komende jaren, rond de eeuwwisseling optreden. Als ook andere percelen dan de bestudeerde voor het uitrijden van drijfmest zullen worden gebruikt of als de komende jaren hierin een groei aanwezig blijft, zal dit zelfs eerder zijn. Slechts indien de belasting op de maïspcelen op korte termijn sterk wordt teruggebracht, kan overschrijding van de drinkwaternorm worden voorkomen.

Noten

De nitraatproblematiek vraagt om preventieve en curatieve maatregelen. Bij beide is

een modelmatige benadering nuttig. Bemestingsscenario's en beschermingsplannen kan men op dit moment niet anders dan met berekeningen evalueren. Curatieve maatregelen bestaan niet alleen uit zuiveringstechnieken. Ook een wijziging van onttrekkingspatroon – immers niet alle putten zullen doorgaans in dezelfde mate verontreinigd zijn – is als zodanig aan te merken. Het nut van schermputten – natuurlijk alleen zinvol indien verontreiniging niet van alle kanten in gelijke mate toestroomt – kan men berekenen met een model. Dat is een set van aannamen met betrekking tot hydrologie en belastingspatroon. De berekeningen zelf kan men uitvoeren met bijvoorbeeld het rekenprogramma Konikow-Bredehoeft. Voor een eerste inschatting kan men zich echter ook van relatief eenvoudige analytische vergelijkingen bedienen [Peters, 1985]. Een computer is hierbij lang niet altijd nodig. Men kan een beeld krijgen van de ruimtelijke verspreiding van een verontreiniging door deze te meten. Het is zaak die verspreiding ook te berekenen. Dat zal veel vraagtekens bij ontwerp en inrichting van een monitoringprogramma maar ook bij de interpretatie van de resultaten daarvan, als vanzelf wegnemen. De modelmatige benadering kan en mag echter nooit in de plaats komen van een waarnemingsprogramma. Het laatste levert informatie die de voorspellende waarde van het model bepaalt of vergroot. Modellering is dan geen éénmalige zaak; het model kan telkens weer worden aangevuld en verbeterd. Ook kan het worden toegepast bij voorspellingen ten aanzien van een andere parameter. Omgekeerd heeft ook – zoals reeds opgemerkt – een meetnet voor de grondwaterkwaliteit baat bij modellering. Het een is nodig voor het ander.

Verantwoording

Het voorliggende artikel is gebaseerd op Peters et al [1986], een bijdrage aan het 19de congres van de International Association of Hydrogeologists in september 1986. De studie is uitgevoerd binnen het project 'Onderzoek Bescherming Waterwingebieden' dat deel uitmaakt van het onderzoeksprogramma dat de VEWIN het KIWA heeft opgedragen. Wij bedanken de Waterleiding Maatschappij 'Overijssel' NV voor de prettige samenwerking en toestemming voor publikatie.

Literatuur

Beek, C. G. E. M. van, et al (1984). *Nitraat en drinkwatervoorziening*. KIWA-mededeling 84, 144 pp.
Boukes, H. (1987). *Een methode voor de bepaling van de gevoeligheid van de nitraatconcentratie in het opgepompte grondwater voor diverse bemestingsscenario's*. KIWA-rapport SWE-87.003, 63 pp.
Eijssink, R. (1985). *Onderzoek naar de relatie landbouw-grondwaterkwaliteit rondom de grondwater-*

winning 'Archemerberg'. KIWA-rapporten SWE-85.003 en SWE-85.017.

Konikow, L. F. and Bredehoeft, J. D. (1978). *Computer model of two-dimensional solute transport and dispersion in groundwater*. US. Geological Survey, Book 7, Chapter C2, 90 pp.

Kovar, K. en Beets, J. M. (1983). *Handleiding voor het gebruik van het computerprogramma Konikow-Bredehoeft en de hulpprogramma's KONLIS, KONPAM en KONPCT*. RID Leidschendam.

Peters, J. H., Boukes, H. and Eijssink, R. (1986). *Contaminant modelling to predict nitrate contents in groundwater abstracted for potable use*. KIWA-report SWE-86.008, 10 pp.

Peters, J. H. (1985). *Pesticiden in waterwingebieden*. KIWA-mededeling nr. 95, 142 pp.

● ● ●

Vele zorgen in NW-Brabant

De NV Waterleiding Maatschappij 'Noord-West-Brabant' maakt zich zorgen over de ontwikkelingen in de kwaliteit van het grondwater, zo meldt het jaarverslag. Binnenkort zal in de waterwingebieden tijdens een 'Actie tankslag' gepoogd worden om niet meer in gebruik zijnde ondergrondse olietanks leeg te maken en met zand te vullen. Echter niet alleen het in de bodem geraken van aardolieproducten vormt een gevaar voor het grondwater. Ook moet ernstig worden gewaakt tegen verontreiniging door overbemesting en door opslag en gebruik van landbouwbestrijdingsmiddelen.

Reorganisatie

De waterleidingmaatschappij maakt zich ook zorgen over de recente ontwikkelingen met betrekking tot de reorganisatie van de openbare nutsvoorzieningen in Noord-Brabant. In de eerste plaats betroffen deze de elektriciteits- en gasbedrijven, maar bij de overnamen door de NV PNEM van de gemeentelijke nutsbedrijven van Breda, Waalwijk, Bergen op Zoom en Roosendaal waren daarbij tevens de waterleidingbedrijven betrokken. De waterleidingmaatschappij vindt dit geen goede ontwikkeling. Zij acht het gewenst om te komen tot slechts enkele waterleidingbedrijven in Noord-Brabant die voldoende van omvang zijn en waarbij de produktie en distributie van drinkwater in één bedrijfsorganisatorisch verband zijn ondergebracht.

Waterleidingbedrijven die niet aan deze criteria voldoen zouden moeten worden samengevoegd met bedrijven, die daaraan wel voldoen. Deze opvatting strookt met planmatige ontwikkelingen in andere provincies.

De waterleidingmaatschappij is bereid tot samenwerking met de energiebedrijven waar dit de dienstverlening aan de consument ten goede kan komen.