

Overbemesting en drinkwater: geen nitraatprobleem

Inleiding

In 1994 verscheen 'Het Geheim Van De Natuurkunde', een boek van Lawrence M. Kraus, waarin hij analyseert langs welke wegen natuurkundigen hun kennis uitbreiden. Eén van de voorbeelden die hij daarbij gebruikt, is de situatie van iemand die 's nachts zijn autosleutels verliest. Als de betrokkene gaat zoeken, zal hij het eerst onder een straatlantaarn gaan kijken. Natuurlijk is de kans niet groter dat de sleutels daar liggen, maar als ze toevallig daar zijn gevallen is het wel de enige plaats waar hij ze zou kunnen zien liggen.



H. BOUKES
Zelfstandig adviseur



C. A. VAN BENNEKOM
Waterlaboratorium Oost



J. G. H. PHILIPS
Waterleidingmaatschappij
Oost-Brabant

Om voorspellingen van de waterkwaliteit op een pompstation te kunnen doen, moet in theorie met onoverzichtelijk veel processen en bodemvariëaties rekening worden gehouden. Een aanpak waarbij gepoogd wordt om al deze processen en variaties in beeld te brengen leidt sowieso tot hoge onderzoekskosten, en waarschijnlijk tot de aanbeveling dat nader onderzoek noodzakelijk is.

Het is echter ook mogelijk om eerst eens te kijken wat er *wel* bekend is. Dat stopt men in een model, om zo de samenhang vast te stellen. Bij onvoldoende overeenkomst tussen model en werkelijkheid wordt er één proces tegelijk aan het model toegevoegd, net zo lang tot de verschillen verwaarloosbaar zijn.

Op die manier blijft het overzicht bewaard over wat het model 'doet' en dwingt de modelbouwer zich uitsluitend tot hoofdzaken te beperken. Waar detaillering nodig is, kunnen de vragen gericht worden gesteld, zodat de kosten van een meetprogramma (als dat al nodig is) beperkt kunnen blijven.

Een dergelijke aanpak is in de loop van de tijd steeds gevolgd bij het onderzoek naar de chemische samenstelling van het water

Samenvatting

Aan het al lang lopend onderzoek naar de ontwikkeling van de waterkwaliteit op pompstation Vierlingsbeek is een nieuw hoofdstuk toegevoegd. In 1989 kon al een redelijke voorspelling van de nitraatconcentratie worden gedaan door niet alleen de belasting vanaf maaiveld te modelleren, maar ook de afbraak in het watervoerend pakket onder invloed van pyriet mee te nemen. Anno 1994 blijkt dat de werkelijke concentraties niet ver van die voorspelling afwijken.

Bij een nadere beschouwing blijkt echter dat er aan het model nog wel het één en ander te verbeteren valt. Door het afbraakproces onder invloed van organische stof aan het model toe te voegen, blijkt ook voor sulfaat een voorspelling van te verwachten concentraties mogelijk. Bovendien is de pH- buffering onder invloed van calciumcarbonaat en waterstofcarbonaat in het model opgenomen. Op die manier ontstaat een model met drie sleutels, dat bij ijking voor de vijf meest bepalende parameters goede resultaten geeft.

De nieuwe berekeningen geven aan dat overbemesting niet in de eerste plaats leidt tot een stijging van de nitraatconcentratie in het onttrokken water. Parameters als sulfaat en waterstofcarbonaat blijken veel verder op te lopen, maar die zijn weer minder gevoelig in relatie met de drinkwaternormen.

Verder blijkt op een relatief snel reagerende winning als Vierlingsbeek het (generiek) mestbeleid effectief: al direct na de eeuwwisseling is het begin van een vergaande verbetering van de waterkwaliteit te verwachten.

op pompstation Vierlingsbeek, dat beheerd wordt door de Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant (WOB). In dit artikel zullen de laatste ontwikkelingen worden beschreven, tot stand gekomen bij het 'Update-onderzoek waterkwaliteit Vierlingsbeek'. Dit onderzoek is in 1994 in opdracht van de WOB en de provincie Noord-Brabant uitgevoerd en heeft geresulteerd in een nieuw rekenmodel, dat de overbemesting uit de jaren zeventig en tachtig vertaalt naar concentraties nitraat, sulfaat, chloride, waterstofcarbonaat en kooldioxyde in het onttrokken water. Er wordt rekening gehouden met variaties in bemesting, met afbraak van nitraat onder invloed van pyriet en organische stof en met pH-buffering.

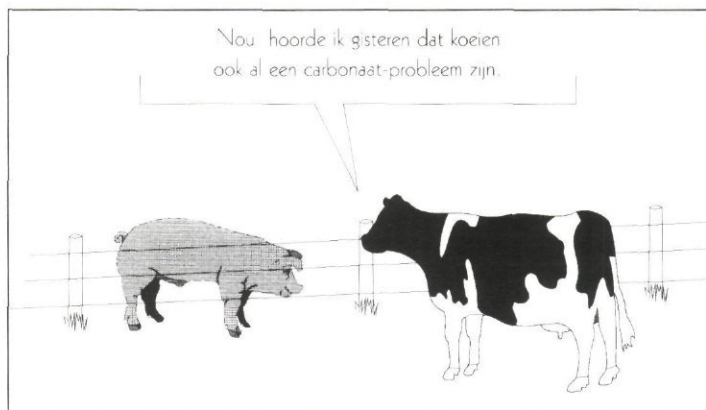
Historie van het onderzoek

In het begin van de jaren tachtig werd geconstateerd dat de nitraatconcentratie in het opgepompte water begon te stijgen. Vervolgens is door Kiwa [Verheijen, 1985] een inventarisatie uitgevoerd naar de

mogelijke gevolgen van overbemesting voor het grondwater rond de winning. Omdat ook de sulfaatconcentratie toenam, werd een interactie met pyriet verondersteld. Profielen van de chemie in de diepte gaven aan dat op circa 19 m-mv de nitraatconcentratie wegviel, terwijl de sulfaatconcentratie op die diepte opvallend hoog was. Uit analyses van bodemonsters bleek dat op deze diepte inderdaad pyriet in het watervoerend pakket aanwezig was. Overigens werd niet uitgesloten dat er ook nitraatafbraak onder invloed van organische stof op zou treden [Van Steenwijk, 1986].

Dit beeld is in 1987 voor één stroombaan naar het pompstation in een model gestopt [Boukes, 1987]. Uit die berekeningen bleek dat ook boven 19 m-mv afbraak van nitraat moest optreden, omdat anders de concentratie op het pompstation al veel eerder had moeten stijgen.

Vervolgens is een gericht meetprogramma uitgevoerd, waaruit bleek dat er inderdaad ook ondiep geringe hoeveelheden pyriet



Afb. 1.

voorkwamen. Deze gegevens zijn ruimtelijk geëxtrapoleerd, zodat er voor het hele gebied rond het pompstation een beeld ontstond van de pyrietvoorkomens [Hettinga, 1989].

Al deze gegevens zijn in 1989 in een 3-D stromingsmodel verwerkt. Hoewel uitsluitend denitrificatie onder invloed van pyriet als bodemproces is opgenomen, was de overeenkomst tussen gemeten en berekende concentraties zodanig dat voorspellingen konden worden gedaan voor de nitraat- en sulfaatconcentraties op het pompstation [Boukes, 1989].

Update-onderzoek 1994

In 1994 is een update- en evaluatie-onderzoek van deze modelberekeningen uitgevoerd, om te zien of de voorspellingen betrouwbaar zijn gebleken, en of de modellering nog strookt met de huidige inzichten ten aanzien van bodemprocessen en mestbeleid.

Evaluatie van de voorspellingen van 1989

Allereerst is gekeken of nieuwe metingen op het pompstation in overeenstemming zijn met de voorspellingen van 1989, los van de vraag of de omstandigheden wel zo zijn geweest als in het model is aangenomen. In tabel I zijn de gemeten concentraties op het pompstation weergegeven, tezamen met de in 1989 berekende waarden.

Uit deze tabel blijkt dat de afwijkingen die destijds al werden getolereerd, niet groter worden. De nieuwe meetwaarden op het pompstation doen daarmee geen afbreuk aan de waarde van de voorspellingen van destijds. Daarbij moeten we ons realiseren dat gezien de afwijkingen bij vooral de sulfaatconcentratie, de voorspellingen vooral een indicatie van de orde van grootte zijn. In het update-onderzoek is daarom met name geprobeerd de berekende sulfaatconcentraties te verbeteren.

Nalopen van modelonderdelen

Vervolgens zijn alle onderdelen van het model in beschouwing genomen.

1. Hydrologische omstandigheden: het blijkt dat er wel afwijkingen van de gemiddelde situatie zijn geweest, maar over de gehele periode 1987-1993 wordt deze goed benaderd.

Algemene beschrijving bodemprocessen

Zodra infiltrerend water zich bij het grondwater voegt, zullen onder invloed van het bodemleven een aantal (bio)chemische reacties plaatsvinden tussen de stoffen in het grondwater en het bodemmateriaal.

Het regenwater dat naar het grondwater infiltreert, zal zuurstof bevatten. Er van uitgaande dat alleen organische stof met het grondwater reageert, zal eerst alle zuurstof verbruikt worden. Er ontstaat zo een anaërobe situatie. Vervolgens wordt nitraat verbruikt, en pas daarna sulfaat. Het sulfaat zal worden gereduceerd tot (ijzer)-sulfiden, die slecht oplosbaar zijn, en dus neerslaan in het bodemmateriaal.

Na verloop van tijd zullen de grenzen tussen deze zones zich verplaatsen. In het bovenste deel van het watervoerend pakket zal de organische stof verdwijnen, en zal zuurstof dus verder in het pakket doordringen. Voor nitraat geldt niet alleen dat de organische stof wordt opgebruikt, maar ook dat de concentraties de afgelopen decennia flink zijn toegenomen. Hierdoor is een langere zone nodig om nitraat af te breken. Nitraathoudend water dringt dan door in de zone waar pyriet is gevormd. Hierbij blijkt dat de reactie met pyriet aanzienlijk sneller verloopt dan met organische stof. De beschikbaarheid van pyriet is dan ook in eerste instantie bepalend voor de afbraaksnelheid van nitraat.

2. Bemestingsgegevens: door de provincie Noord-Brabant is een nieuwe inventarisatie uitgevoerd [Kapteijns, 1994], gebaseerd op gedetailleerdere gegevens dan destijds beschikbaar waren [De Jong, 1986].
3. Bodemprocessen: in 1989 is alleen de nitraatafbraak onder invloed van pyriet gemodelleerd. Het is echter niet onwaarschijnlijk dat op de plaatsen waar het pyriet verbruikt is, de resterende organische stof actief wordt bij de afbraak van nitraat. Daarom is nu ook afbraak van nitraat onder invloed van organische stof in het model opgenomen.

Waterstofcarbonaat en in mindere mate koolstofdioxyde zijn de producten die gevormd worden bij de afbraak van nitraat onder invloed van organische stof. Dat betekent dat deze parameters kunnen dienen als controle voor de mate waarin het proces optreedt. Deze parameters zijn echter ook betrokken bij de pH-buffering,

zodat ook dit proces in het model moet worden opgenomen.

Omdat er bij de afbraak van nitraat onder invloed van pyriet zuur wordt gevormd, en bij de afbraak onder invloed van organische stof niet, kan de mate waarin er zuur wordt gevormd (en vervolgens al dan niet wordt gebufferd) worden gebruikt om onderscheid te maken tussen de beide afbraakprocessen.

Ijking van het model

Hoewel meerdere parameters voor kalibratie in aanmerking komen, is de ijking beperkt tot de beschikbaarheden van pyriet, organische stof en calciumcarbonaat in de bodem. De gedachte hierachter, is dat de afbraakcapaciteit vooral in de minder doorlatende delen van het pakket aanwezig is. Dat betekent dat niet alle afbraakcapaciteit direct beschikbaar is, maar dat het water slechts met een deel van de afbraakcapaciteit in aanraking komt.

De ijking is in twee stappen uitgevoerd:

1. ijken van beschikbaarheid van pyriet en van organische stof aan de hand van nitraat- en sulfaatconcentraties;
2. controle aan de hand van de parameters calcium, waterstofcarbonaat en koolstofdioxyde, nadere ijking.

De eerste stap is een ijking met twee sleutels op twee parameters. In principe moet dit altijd een combinatie opleveren waarbij gemeten en berekende waarden vrij goed overeenkomen. Als het goed is hoeven deze sleutels in de volgende stap nauwelijks meer aangepast te worden. De tweede stap voegt met de beschikbaarheid van calciumcarbonaat in de bodem een derde sleutel toe, maar tegelijk ook drie parameters. Wanneer er voor de vijf betrokken parameters een goede overeenkomst is tussen gemeten en berekende waarden, mag worden aangenomen dat de processen juist gemodelleerd zijn. In dat geval zijn de voorspellingen met dit model betrouwbaar.

Nadat de eerste ijkingsstap vrijwel zonder problemen was doorlopen, bleek bij de tweede ijkingsstap al snel dat de beste resultaten werden verkregen als de beschikbaarheid van calciumcarbonaat op nul werd gesteld. Het model geeft dus aan dat er tijdens bodempassage geen calcium meer in oplossing gaat. De belasting van het ondiepe grondwater (voornamelijk als gevolg van kalkgiften van de boeren) blijkt op zich al voldoende om de gemeten stijging op het pompstation te verklaren. Waarschijnlijk is er in de ondiepe delen van het pakket dus geen calciumcarbonaat

TABEL 1 – Vergelijking in 1989 berekende concentraties (mg/l) met gemeten concentraties.

	Nitraat (gemeten)	Nitraat (berekend)	Sulfaat (gemeten)	Sulfaat (berekend)
1965	0,7	< 1	61	50 (startw.)
1978	2	3	71	104
1985	5	13	105	147
1989	13	18	122	159
1991	21	23	128	165
1993	21	25	142	170

TABEL II – Resultaten definitieve ijkingsberekening.

	Nitr. gem.	Nitr. ber.	Sulf. gem.	Sulf. ber.	Ca gem.	Ca ber.	Bic. gem.	Bic. ber.	CO ₂ gem.	CO ₂ ber.
1965	0,7	< 1	61	57	15	15	7	2,4	23	28
1973									42	33
1978	1,5	3,4	71	107	17	25	18	11	70	40
1982							34	16	54	47
1985	4,5	13,2	105	130	31	33	26	19	79	53
1989	13,1	18,7	122	134	38	39	28	23	74	60
1991	20,5	18,4	128	139	39	38	18	23	65	64
1993	20,8	21,4	142	148	41	42	21	26	60	71

aanwezig, en als het er wel is, is het volgens het model niet actief. In diepere lagen wordt wel calciumcarbonaat gemeten, maar de kwaliteit van het water op deze diepte geeft aan dat het niet beschikbaar is voor buffering. Met de in tabel II weergegeven resultaten wordt het model beschouwd als zijnde geijkt.

Resultaat nieuwe voorspellingsberekeningen

Met het geijkte model zijn vervolgens berekeningen uitgevoerd om de invloed van het gevoerde beleid te bepalen, alsmede de te verwachten invloed van verdere aanscherping van het beleid.

- Hiertoe zijn de volgende bemestings-scenario's doorgerekend:
- 1. Geen rijksbeleid en geen provinciaal beleid voor mestbeperking. Aangenomen is dat in dat geval de bemesting vanaf 1988 gelijk zou blijven.
 - 2. Wel rijksbeleid, maar geen aanvullend provinciaal beleid, waarbij de bemesting na 1994 niet verandert.
 - 3. Scenario 0: zowel rijksbeleid als aanvullend provinciaal beleid in de periode 1990-1994, maar geen verdere aanscherping na 1994.
 - 4. Scenario 1 volgens [Kapteijns, 1994]:
 - op grasland daalt het kunstmestgebruik in 2000 tot 70% van de hoeveelheid van 1994;
 - op bouwland daalt het dierlijke mestgebruik in 2000 tot 80% van de hoeveelheid van 1994;

- op maisland daalt het dierlijke mestgebruik in 2000 tot 66% van de hoeveelheid van 1994;
- 5. Scenario 2 volgens [Kapteijns, 1994]: bovengenoemde mestbeperkingen tot resp. 54, 57 en 58%.
- 6. Scenario 3 volgens [Kapteijns, 1994]: bovengenoemde mestbeperkingen tot resp. 42, 38 en 49%.

De resultaten zijn weergegeven in de afbeeldingen 2 t/m 6.

Nitraat
Het model geeft aan dat de nitraatconcentratie in het onttrokken water de komende jaren nog iets kan stijgen tot maximaal 25 mg/l. Rond de eeuwwisseling zal de nitraatconcentratie beginnen te dalen. Afhankelijk van het bemestingsscenario zal die daling verder doorzetten. Zonder het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen zou deze daling ook waargenomen worden, maar dan zou de nitraatconcentratie al in 2005 op het niveau van circa 18 mg/l stabiliseren.

Door het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen zal de daling tot circa 2015 doorzetten, en wordt het niveau van circa 7 mg/l bereikt. Het aanvullend provinciaal beleid voegt daar weinig aan toe, omdat het maar gedurende een korte periode van kracht is geweest. Met verdere mestbeperkende maatregelen kan de nitraatconcentratie verder dalen. De drie scenario's geven eindwaarden van resp. 4, 2 en 1 mg/l.

Sulfaat
Ook de sulfaatconcentratie zal de komende jaren nog iets oplopen. Rond de eeuwwisseling zal de concentratie rond de drinkwaternorm van 150 mg/l liggen. Daarna zet ook voor sulfaat een daling in.

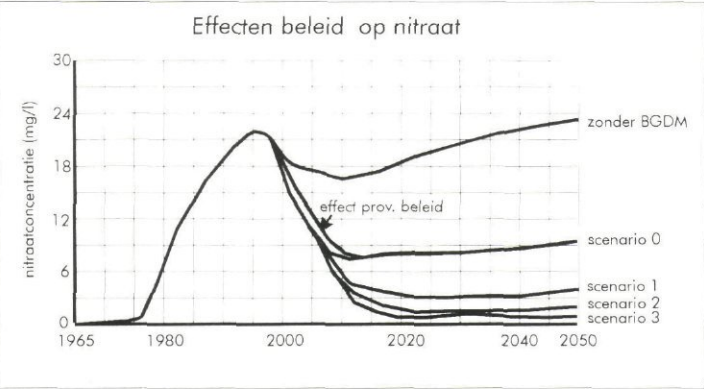
De sulfaatconcentratie zonder Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen bedraagt in 2050 circa 125 mg/l. Door dit Besluit zal een waarde van circa 90 mg/l haalbaar zijn. Met verdere mestbeperkende maatregelen zal de sulfaatconcentratie verder kunnen dalen. De drie scenario's geven in 2050 waarden van resp. 80, 65 en 60 mg/l.

Calcium
De calciumconcentratie vertoont een met sulfaat vergelijkbaar verloop. De concentratie bedraagt rond de eeuwwisseling maximaal 45 mg/l. Zonder Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen bedraagt de concentratie in 2050 circa 40 mg/l, met dit Besluit circa 30 mg/l. Met verdere mestbeperkende maatregelen kan een niveau van 19 tot 25 mg/l bereikt worden.

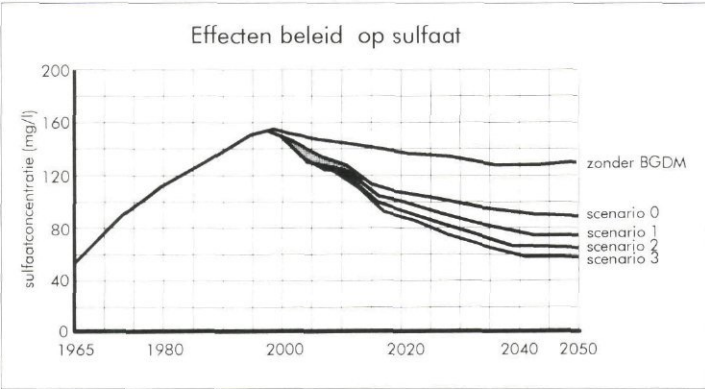
Waterstofcarbonaat
De concentraties waterstofcarbonaat blijken nauwelijks met mestbeperkende maatregelen te beïnvloeden. In alle gevallen wordt een verdere stijging van de concentratie voorspeld, variërend van 40 tot 50 mg/l. Dit is te verklaren met het opraken van de pyrietbuffer, waardoor er meer organische stof wordt verbruikt voor de afbraak van nitraat.

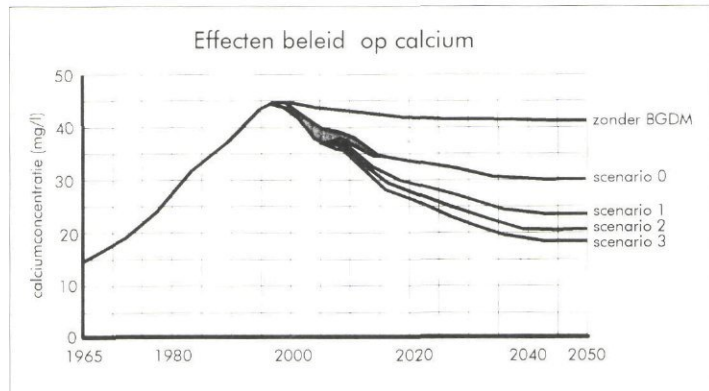
Koolstofdioxide
De concentratie koolstofdioxide blijkt wel te beïnvloeden: zonder Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen stijgt de concentratie door tot 90 mg/l. Door dit Besluit zal de concentratie rond de eeuwwisseling al stabiliseren op circa 80 mg/l. Met verdere mestbeperkende maatregelen kan de concentratie tot 55 à 70 mg/l in het jaar 2050 afnemen.

Afb. 2.



Afb. 3.





Afb. 4

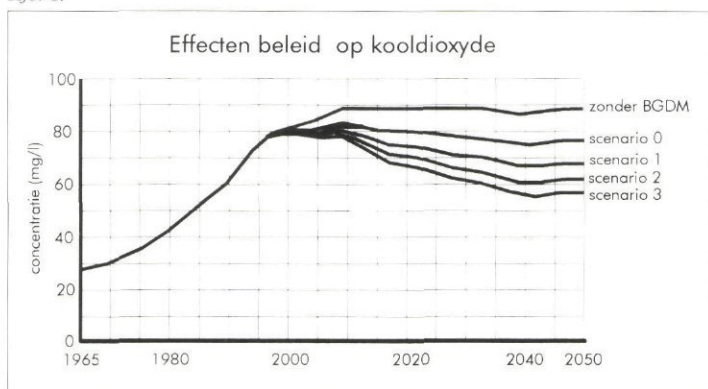
Resultaatbespreking

Vijf jaar na de eerste voorspellingsberekeningen, kunnen de resultaten nog goed als indicatie voor de te verwachten concentraties fungeren. Nadere bestudering van de details geeft echter aan dat er op onderdelen nog wel wat bij te stellen was. Dat het model van 1989 toch goede resultaten gaf, komt doordat een overschatting op de ene plaats werd gecompenseerd door een onderschatting op een andere plaats. Door de ijking is de modelbouwer gedwongen om eventuele afwijkingen ergens anders in het model te compenseren, en zo niet te ver van de werkelijkheid af te dwalen. Het goede resultaat is dan ook niet uitsluitend aan het toeval te wijten.

De berekeningen bevestigen nog eens dat overbemesting, ondanks zeer hoge nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater, niet in de eerste plaats leidt tot nitraatproblemen in het onttrokken water. Het knelpunt ligt vooral bij andere parameters. Dit gegeven is niet nieuw [Van Bennekom, 1987], maar het is wel voor het eerst dat dit resultaat ook in een model gesimuleerd wordt, zodat ook naar de toekomst een schatting kan worden gegeven van de omvang van dit gegeven.

De komende jaren zullen de hoogste

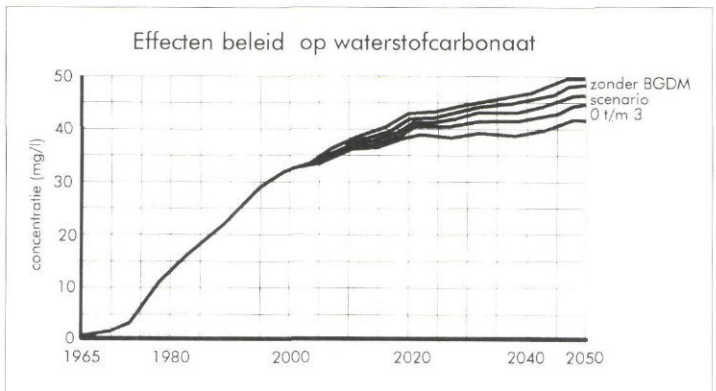
Afb. 6.



concentraties in het onttrokken water worden waargenomen. Een relatief snel reagerende winning als Vierlingsbeek kan daarna de vruchten plukken van het mestbeleid zoals dat vanaf de tweede helft van de jaren tachtig vorm heeft gekregen.

De aangepaste procesmodellering moet gezien worden als een verdere detaillering van de geschematiseerde werkelijkheid, tot een niveau dat niet eerder op praktisch-schaal is bereikt. Dit niveau kon alleen bereikt worden door stapsgewijze uitbreiding van de gemodelleerde processen, zodat er continu 'gezocht werd in een verlicht gebied'. Het motto 'beter goed geschematiseerd dan te ver gedetailleerd' blijkt zijn waarde opnieuw te bewijzen. De wijze van modelleren wordt inmiddels ook op een andere lokatie toegepast. Hier zal de methode met minder gegevens in een hydrologisch complexere situatie zijn bestaansrecht moeten bewijzen. Bovendien gaat de vraagstelling verder, omdat ook het verband tussen overbemesting en een oplopende ijzerconcentratie zal worden vastgelegd.

Voornaamste overeenkomst met Vierlingsbeek is dat het gaat om het beantwoorden van een hele praktische vraag, en niet zozeer om een wetenschappelijke studie naar alle mogelijk optredende processen. In dat verband blijkt zowel qua



Afb. 5.

resultaat als qua onderzoekskosten het 'zoeken waar het licht is' beter te voldoen dan pogingen om de hele straat te verlichten.

Literatuur

- Bennekom, C. A. van; (1987). *Kwaliteitsveranderingen van grondwater als gevolg van uitspoeling van meststoffen*. H₂O, (20) nr. 9, april 1987.
- Boukes, H. (1987). *Voorspellingen van de grondwaterkwaliteit*, Bijdrage aan Kiwa-Mededeling 99, 'Landbouw en drinkwatervoorziening', augustus 1987.
- Boukes, H. (1989). *De voorspelling van nitraat- en sulfaatconcentraties voor pompstation Vierlingsbeek*. KIWA, SWE 89.021, oktober 1989.
- Hettinga, F. A. M. (1990). *De ruimtelijke verdeling van pyriet in het watervoerende pakket van Vierlingsbeek*. KIWA, SWE 89.028, november 1990.
- Jong, C. de (1986). *Grondwaterbelasting 25-jaarszone Vierlingsbeek*. KIWA, SWE 86.112, juli 1986.
- Kapteijns, A. (1994). *Evaluatie Besluit gebruik meststoffen in grondwaterbeschermingsgebieden provincie Noord-Brabant 1989- 1995, deel 2: Ontwikkeling stikstofbelasting in en rond het grondwaterbeschermingsgebied van Vierlingsbeek*. Provincie Noord-Brabant, juni 1994.
- Steenwijk, J. M. van (1986). *De chemie van het grondwater in het eerste watervoerend pakket rond het pompstation Vierlingsbeek*. Kiwa, SWE 86.018, december 1986.
- Verheijen, L. A. H. M. (1985). *Ontwikkeling van de nitraatconcentratie van het grondwater in de omgeving van het pompstation Vierlingsbeek*. Kiwa, SWE 84.015, 1985.

• • •

Symposium Geen zee te hoog?

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) organiseert een symposium 'Geen zee te hoog?', ontwerp-randvoorwaarden langs de Nederlandse kust'. Het symposium vindt plaats op 12 juni 1996 bij het RIKZ in Den Haag.

Nadere inlichtingen:

RIKZ, Postbus 20907, 2500 EX Den Haag, telefoon 070-311 43 44.