



Bodem- en grondwaterkwaliteit in Drenthe: de meerwaarde van een integrale interpretatie

HARRY BOUKES, ADVIESBURO HARRY BOUKES

PAUL BAGGELAAR, ICASSTAT STATISTISCH ADVIESBUREAU

ANTON DRIES, PROVINCIE DRENTHÉ

Wie een probleem denkt te hebben, doet er verstandig aan om te onderzoeken hoe groot dat probleem is. Dat is dan ook precies wat provinciale overheden als verantwoordelijke voor de kwaliteit van het grondwater de afgelopen jaren hebben gedaan. Zo zijn in de meeste provincies meetnetten grondwaterkwaliteit en bodemkwaliteit ingericht. Met enige regelmaat wordt gerapporteerd over het specifieke beeld dat zo'n meetnet oplevert over de toestand van het milieu en de ontwikkeling daarin. De meetnetten hebben met elkaar gemeen dat ze zich richten op de interactie tussen mens, bodem- en grondwaterkwaliteit. Het ligt daarom voor de hand te bezien of hun samengevoegde meetresultaten een breder beeld verschaffen van de toestand van het milieu en de ontwikkeling daarin, dat wellicht ook leidt tot meer inzicht in de samenhang van milieuproblemen. Voor de provincie Drenthe is onlangs zo'n integrale rapportage tot stand gekomen. Dit artikel beschrijft de aanpak die daarbij is gevolgd en het beeld dat daaruit ontstond.

In 1992 heeft de provincie Drenthe een meetnet grondwaterkwaliteit ingericht. Het betreft een 50-tal grondwaterbuizen met filters op negen en 24 meter onder maaiveld. De gegevens van dit meetnet kunnen gecombineerd worden met de gegevens van de 25 à 30 in Drenthe geplaatste buizen van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit van het RIVM.

Deze buizen worden jaarlijks bemonsterd. Alleen de diepere filters die jaar op jaar vrijwel dezelfde kwaliteit geven worden nu om de vier jaar bemonsterd.

Het provinciedekkend meetnet bodemkwaliteit is in 1996 ingericht. Het bestaat uit 93 meetpunten die allemaal in landbouwgebieden liggen. Jaarlijks wordt hier het bovenste (freatische) grondwater bemonsterd en eens in de vier jaar worden ook bodemonsters genomen.

Parallel aan dit meetnet fungeert het meetnet Verzuring. Ook hier wordt het bovenste grondwater jaarlijks bemonsterd en de bodem eens in de vier jaar. Het is in 1993 ingericht en bestond tot 1999 uit zeven meetpun-

ten die in natuurgebieden liggen. Bewust is gezocht naar locaties waar de verzuring het duidelijkst waarneembaar zal zijn. In 2000 zijn zeven meetpunten aan dit meetnet toegevoegd.

Tenslotte zijn de gegevens van het meetnet Drentse Aa/Elperstroom meegenomen. Het meetnet is in 1994 ingericht om te controleren of het speciale beleid wat hier van kracht is (ROM-beleid) ook tot een verbetering van de bodem- en grondwaterkwaliteit leidt. Het betreft 67 meetpunten, die op dezelfde wijze worden onderzocht als de meetpunten van het meetnet bodemkwaliteit.

Binnen elk van deze meetnetten wordt onderscheid gemaakt naar gebiedstypen, gedefinieerd door combinaties van landgebruik (bijvoorbeeld bouwland of grasland) en grondsoort (zoals zand of veen) en naar compartimenten (bodem, freatisch grondwater, ondiep of diep grondwater). In enkele gevallen konden de gebiedstypen nog verder worden ingedeeld, op basis van de overheersende richting van de verticale grondwaterstroming (infiltratie, kwel of intermediair).

Integratiestrategie

De vijf genoemde meetnetten hebben inmiddels zo'n 85.000 analyseresultaten opgeleverd, verdeeld over de tijd (meetjaren), ruimte (gebiedstypen in de horizontaal en compartimenten in de verticaal) en parameters. Bij de verwerking van deze enorme berg aan analyseresultaten hebben twee aspecten centraal gestaan:

- de actuele toestand van de bodem en het grondwater

Hiervoor is het jaar 2000 gekozen, omdat het op het moment van verwerking de meest recente meetronde was. Om een oordeel te kunnen geven over de toestand, zijn de analyseresultaten vergeleken met normen die voor de betreffende parameters gelden;

- de trend over de laatste vijf à acht jaren voorafgaand aan 2000

Op deze wijze kan worden vastgesteld of sprake is van verbetering of verslechtering van de toestand, of dat de situatie stabiel is.

Verwerking

Om de toestand compact samen te vatten, is de 'box-whisker-plot' gebruikt. Deze toont de belangrijkste kenmerken van de kansverdeling van de meetwaarden van een bepaalde parameter in een bepaald jaar voor een bepaald compartiment in een bepaald gebiedstype (zie kader).

De kracht van de 'box-whisker-plot' is dat deze in slechts één lijn de toestand (formeel: de kansverdeling, of nog strikter: de belangrijkste percentielen) toont van de gehele bemonsterde populatie, zoals die is geschat uit de meetwaarden van de steekproef.

Om een eerste indruk te krijgen van de trend, zijn de 'box-whisker-plots' voor dezelfde combinatie van parameter, compartiment en gebiedstype per jaar in één afbeelding achter elkaar gezet (afbeelding 2).

De positie van een 'box-whisker' ten opzichte van de norm geeft aan welk percentage meetpunten met normoverschrijding we zouden vinden als binnen dat gebiedstype een oneindig aantal meetpunten geplaatst zou zijn met dezelfde karakteristieken (diepte, filterlengte, etc.). In die zin geeft de positie van de 'box-whisker' dus direct een raming van het percentage oppervlak van dat gebiedstype waar het betreffende compartiment verontreinigd is met de beschouwde parameter. Zo duidt de vierde 'box-whisker' in afbeelding 2 er op dat in 50 tot 75 procent van het gebied het freatisch grondwater verontreinigd is met nitraat.

We spreken van een trend als over de gehele periode waarover meetwaarden beschikbaar zijn, een eenduidige verandering optreedt in de gemiddelde concentratie van de betreffende

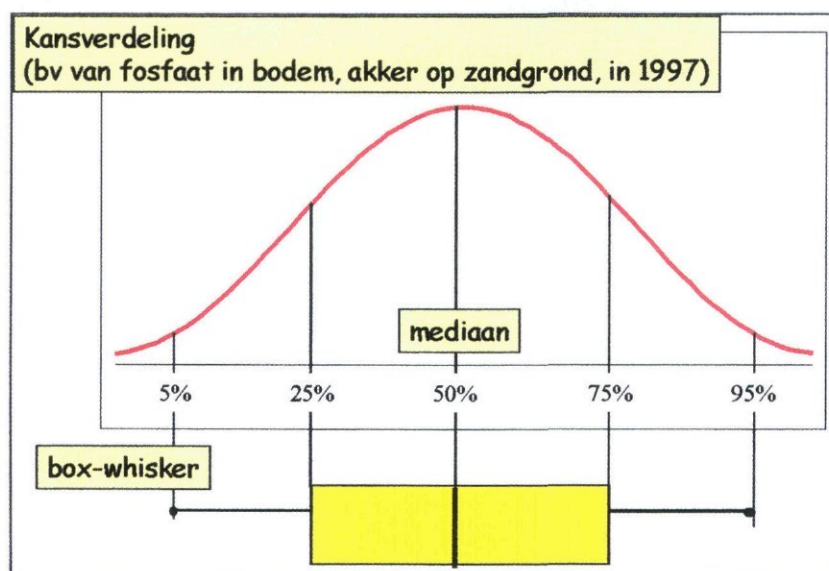
parameter en deze verandering bovendien relevant is ten opzichte van het gemiddelde niveau. Voor de situaties waarvan gegevens

over meer dan zes meetjaren beschikbaar waren, is de trendanalyse geobjectiveerd met een statistische techniek. Daarvoor is de

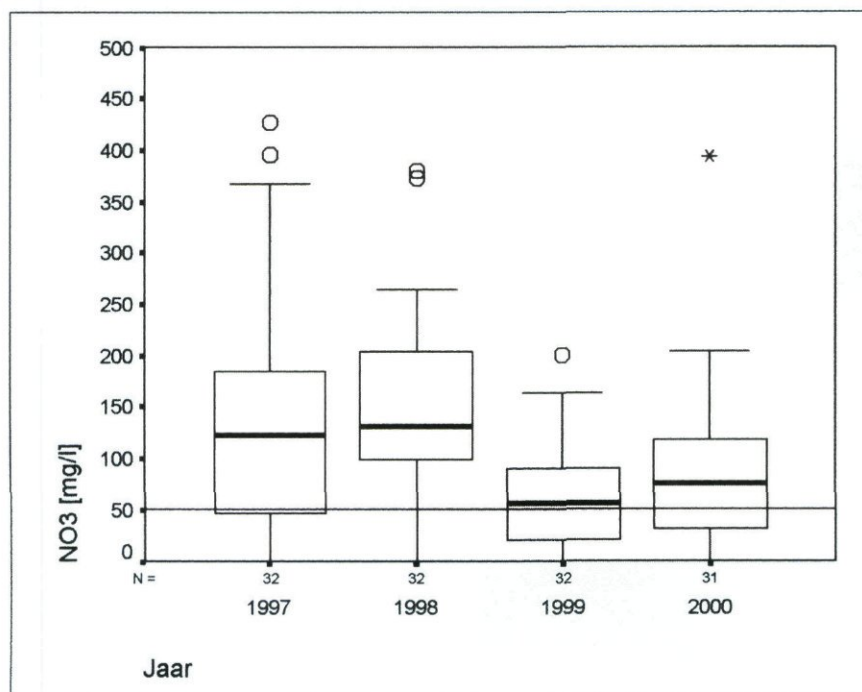
De 'box-whisker-plot'

Het middendeel, de 'box' (doos), loopt van het 25-percentiel naar het 75-percentiel, terwijl het 50-percentiel oftewel de mediaan is aangegeven als een dikke streep. De 'whiskers' (snorharen) lopen van de box naar de bijna-uiteinden van de kansverdeling, namelijk het 5-percentiel en het 95-percentiel. Als extreme meetwaarden voorkomen in de steekproef, worden deze apart weergegeven.

Afb. 1: De 'box-whisker-plot' als weergave van de belangrijkste percentielen van een kansverdeling. Links de toelichting op de betekenis van de verschillende onderdelen en rechts de wijze waarop deze wordt gepresenteerd: verticaal, zodat verschillende 'box-whisker-plots' naast elkaar kunnen worden geplaatst (zie verderop in dit artikel).



Afb. 2: Voorbeeld van een chronologische reeks van 'box-whisker-plots'. In dit geval is de ontwikkeling van de nitraatconcentratie in het freatisch grondwater onder bouwland op zand weergegeven, zoals vastgesteld is met de meetpunten van het provinciedekkend meetnet bodemkwaliteit. In de afbeelding is ook de betreffende norm weergegeven (hier 50 mg/l).



methodiek van de Theil-helling gebruikt (zie kader). Voor elk meetpunt is de helling uit te drukken in één getal, en voor elke groep van meetpunten (gebiedstype) is dan een 'box-whisker-plot' van de kansverdeling van die hellingen te maken. Eén van de drie volgende oordelen kan vervolgens worden geveld: de situatie verslechtert, de situatie blijft constant of de situatie verbetert.

Al deze bewerkingen leveren per combinatie van parameter, meetnet, gebiedstype en compartiment oordelen op over de toestand en de trend. Om deze informatie integraal en toch compact weer te geven, is een palet van toestanden en trends ontwikkeld (zie het voorbeeld in afbeelding 4), dat per parameter de toestanden en trends van alle combinaties van gebiedstypen en compartimenten van de meetnetten weergeeft.

Elke cel in het palet bevat een kleurcode voor het oordeel over of de toestand ("Ts") of de trend ("Tr") van de betreffende parameter in een bepaald compartiment binnen een bepaald gebiedstype dat door een bepaald meetnet is beschouwd. Voor wat betreft de toestand duidt een groene kleur op "niets-aan-de-hand" (geen meetpunten met normoverschrijding). Niet-groene kleuren duiden daarentegen op gebiedsoppervlak met normoverschrijding: het percentage gebiedsoppervlak met normoverschrijding neemt daarbij toe in de volgorde geel, geelbruin, oranje, rood. En voor wat betreft de trend duidt een lichtblauwe kleur op "niets-aan-de-hand" (geen trend), terwijl een geelbruine kleur op een verslechtering duidt en een lichtgroene kleur op een verbetering.

Het palet integreert zo dus de oordelen over de toestand en de trend. Het stelt daarbij niet alleen in staat om visueel direct de signaalpunten te onderkennen - dit zijn namelijk de niet-groen gekleurde toestanden of de geelbruin gekleurde trends -, maar het stelt ook in staat om snel situaties te vergelijken, van verschillende compartimenten binnen hetzelfde gebiedstype (van boven naar beneden in dezelfde kolom) én van verschillende gebiedstypen binnen hetzelfde compartiment (van links naar rechts in dezelfde rij).

Als laatste stap is per milieuthema vastgesteld welke signalen optreden voor de daarbij relevante parameters. Vervolgens is getracht een verklaring te geven voor het proces dat die signalen heeft veroorzaakt, waarbij ook zoveel mogelijk informatie is betrokken van de andere meetnetten, gebiedstypen en compartimenten die vermeld is in dat palet, evenals van paletten van andere parameters die informatie over het betreffende milieuthema kunnen geven. Ook is hierbij zo mogelijk aandacht besteed aan de samenhang van de onderscheiden milieuthema's.

Theil-helling

De Theil-helling is de mediaan van alle mogelijke hellingen die we kunnen berekenen tussen de afzonderlijke meetwaarden in een tijdreeks^{2),3)}. Voor acht meetpunten zijn bijvoorbeeld 28 hellingen te berekenen. De Theil-helling is dan de mediaan van die 28 hellingen. Vooral als de meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normaal verdeelde kansverdeling, wat bij bodem- en waterkwaliteitsgegevens eerder regel dan uitzondering is, is dit een geschikt middel om informatie over te dragen over veranderingen in de tijd. Het is ook een robuuste schatter in het geval van uitschieters (zie afbeelding 3). Verder is het een zuivere schatter, dus zonder systematische fout, die al efficiënter is dan de hellingschatter volgens lineaire regressie als zelfs nog maar geringe afwijkingen van normaliteit optreden¹⁾.



Afb. 3: Voorbeeld van een Theil-helling. Duidelijk te zien is dat deze niet is beïnvloed door de uitschieter in 1997.

Resultaten vermisting

Vermisting is ontstaan toen de landbouw door middel van kunstmest de mineralen van ver kon aanvoeren, waardoor enerzijds meer mestproducerende dieren per oppervlakte konden worden gehouden en anderzijds de behoefte aan dierlijke mest in de akker- en tuinbouw afnam. Een mineralenoverschot ontstond, waardoor de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater fundamenteel veranderde. In de bodem en het oppervlaktewater leverden verhoogde concentraties fosfaat problemen op; in het grondwater bleek vooral nitraat de probleemstof.

Uit de meetnetten blijkt dat de situatie met betrekking tot vermisting de afgelopen jaren niet verslechterde. In het bovenste grondwater worden op veel plaatsen te hoge nitraatconcentraties gemeten, vooral onder landbouwgronden op zand met een diepe grondwaterstand, maar ook onder onbemeste natuurterreinen.

Naarmate het grondwater dieper wegstroomt, wordt op meer plaatsen het nitraat afgebroken door het bodemmateriaal. Op negen meter onder de oppervlakte wordt op de meeste plaatsen geen nitraat meer aangetoond, maar als dat wel het geval is, ligt de concentratie bijna altijd boven de norm. Op

24 meter onder de oppervlakte zijn de nitraatconcentraties nog wat lager dan op negen meter diepte. Op 24 meter diepte zit 'ouder' water uit de jaren zeventig, toen het bemestingsniveau lager lag dan in de jaren tachtig en negentig. Bovendien is tussen negen en 24 meter diepte nitraat door het bodemmateriaal afgebroken.

Voor het bovenste grondwater ziet het er naar uit dat menselijke activiteit en de nitraatnorm in principe niet samengaan. Omdat de bodem op veel plaatsen het nitraat afbreekt, blijven de schadelijke gevolgen hiervan gelukkig beperkt. Het betekent echter wel dat geen enkele vorm van beleid er toe zal leiden dat overal op elk moment de nitraatconcentratie onder de norm blijft.

De concentraties fosfaat (afbeelding 5) in de bodem onder landbouwpercelen overschrijden de normen regelmatig. Een detailanalyse leert dat het behoorlijk wat uitmaakt of het in de periode voorafgaand aan de meting veel of weinig heeft geregend, maar in zijn algemeenheid zijn de concentraties hoger dan gewenst. Desondanks vinden we in het bovenste grondwater nauwelijks fosfaat. Alleen onder veengronden wordt fosfaat in het grondwater aangetoond. Naarmate het grondwater dieper wegstroomt, neemt de fosfaatconcentratie toe.

Waarschijnlijk komt fosfaat vrij bij de afbraak van humusachtige stoffen in de bodem. Dit is een natuurlijk proces. Als dit inderdaad de voornaamste bron van fosfaten in het grondwater is, zal het niet erg effectief zijn om de fosfaatconcentraties in het grondwater door middel van mestbeleid te beïnvloeden.

Van de andere parameters die in relatie met vermisting worden waargenomen, geeft eigenlijk alleen kalium normoverschrijdingen te zien. Deze normoverschrijdingen zijn nog niet tot het diepe grondwater doorgedrongen. Dat is conform de verwachting. Kalium kan tijdelijk worden vastgehouden door het bodemmateriaal, waardoor de verplaatsing van kalium naar de diepte een stuk trager verloopt dan die van chloride en nitraat.

Resultaten verzuring

Het probleem van de verzuring stamt eigenlijk al uit de 19e eeuw, toen met de uitlaatgassen van fabrieken ook verzurende stoffen in de atmosfeer terecht kwamen. In de 20e eeuw namen die hoeveelheden zuur alleen maar toe. Bovendien blijkt ook bemesting een minstens zo verzurend effect op de bodem en het grondwater te hebben. Omdat de boeren willen voorkomen dat de bouwvoor van hun percelen te zuur wordt, zullen bemeste percelen doorgaans ook bekalkt worden. Hierdoor zijn de zuurste gronden niet de zwaarst belaste landbouwpercelen, maar de natuurterreinen waar deze bekalking niet plaatsvindt.

In afbeelding 6 is te zien we dat de zuurgraad onder natuurterreinen in het bovenste grondwater op geen van de meetpunten voldoet aan de norm. Onder landbouwgronden voldoen de pH-waarden in droge jaren niet aan de norm, in natte jaren wel. Dit verschil tussen natuur- en landbouwpercelen wijst er op dat zuurbuffering onder landbouwpercelen het gevolg is van bekalking door de boeren.

Voornaamste uitkomst is dat het diepere grondwater steeds zuurder wordt. Dit is zowel onder natuurterreinen als onder bouwland het geval. Mogelijk raakt de zuurbufferende werking van de bodem uitgeput of passen boeren al dan niet bewust minder bekalking toe. Mogelijk is het een gevolg van het middels injectie op het land brengen van mest in plaats van het uirijden per giertank. Omdat de verzurende mest dieper in de bouwvoor wordt ingebracht, spoelt het eerder uit naar het grondwater en hoeven boeren het niet meer te bufferen. De verwachting is dat de komende jaren deze verzuring van het grondwater zal doorzetten.

Voor aluminium geldt dat met name in verzuurd ondiep grondwater concentraties ver

Nitraat

Meetnet	Compartiment	zand						veen		stad
		bouwland		gras		natuur				
		infiltr	intern	infiltr	intern	infiltr				
									kwel	
Verzuring	bodem					Ts	Tr			
Drentsche Aa	bodem	Ts	Tr			Ts	Tr	Ts	Tr	
Bodem Prov.	bodem	Ts	Tr					Ts	Tr	
Verzuring	freat. water					Ts	Tr			
Drentsche Aa	freat. water	Ts	Tr			Ts	Tr	Ts	Tr	
Bodem Prov.	freat. water	Ts	Tr					Ts	Tr	
LMG en PMG		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts
filter 1	grondwater									
filter 3	grondwater									

LEGENDA	
Ts = Toestand	
Meetpunten met normoverschrijding	Kleur
0-5%	
5-25%	
25-50%	
50-75%	
75-100%	
Tr = Trend	
Oordeel	Kleur
verbeterend	
neutraal	
verslechterend	

Bezwaren tegen het bestrijden van verzuring in natuurgebieden

Bekalking wordt door de meeste mensen gezien als een vorm van bemesting. In principe is het niet wenselijk om een natuurlijk systeem te bemesten. Daarom bestaat weerstand tegen het toepassen van bekalking op natuurterreinen. Een belangrijk argument om toch tot bekalking te besluiten is dat op dit moment onnatuurlijke hoeveelheden zuur in de natuurgebieden terechtkomen. In het buitenland zijn al wat ervaringen met bekalking opgedaan. Daarbij bleek deze vorm van bestrijding van verzuring soms tot vermesting te kunnen leiden. Doordat organisch materiaal moeizaam verteert in zuur milieu, zijn de afgelopen jaren veel onverteerde bladeren en takken op de grond blijven liggen. Als in die situatie bekalkt wordt, zal dit organisch materiaal alsnog versneld verteren en zullen allerlei mineralen als fosfaat en nitraat vrijkomen. Aan de andere kant zal elke andere vorm van verzuringsbestrijding vroeg of laat tot dezelfde afbraak van het organisch materiaal leiden. Mogelijk moet daarom eerst een laag organisch materiaal verwijderd worden voordat bekalkt kan worden.

Het beleid ten aanzien van verzuring richt zich vooral op het terugdringen van emissies naar de atmosfeer en het verplaatsen van ammoniak-emitterende bedrijven naar gebieden die minder kwetsbaar zijn voor verzuring. De zuurvrucht onder bouwland lijkt echter voor het grootste deel afkomstig van dierlijke mest. Zonder deze zuurvrucht van de mest bij het beleid te betrekken, zullen de inspanningen niet voldoende zijn om de gewenste eindsituatie te realiseren. Uiteindelijk zijn reducties van de zuurvrucht nodig in de orde van een factor 10. Dat is nauwelijks realiseerbaar. Daarom zou op zijn minst onderzocht moeten worden of het zuurbufferend vermogen van de bodem niet versterkt kan worden, bijvoorbeeld door bekalking te verplichten. Dit zou ook voor natuurgebieden als optie onderzocht moeten worden, omdat sterk verhoogde aluminiumconcentraties anders niet te voorkomen lijken te zijn.

Resultaten verspreiding

Onder verspreiding verstaan we het probleem dat allerlei stoffen terechtkomen op plaatsen waar we ze liever niet hebben. Het blijkt dat de Drentse meetnetten geen compleet beeld geven van deze zeer brede problematiek. Voor cadmium, nikkel en zink komen

Afb. 4: Toestanden en trends ten aanzien van nitraat.

Fosfaat

Meetnet	Compartiment	zand						veen		stad
		bouwland		gras		natuur		kwel		
		infiltr	intern	infiltr	intern	infiltr				
Verzuring	bodem					Ts	Tr			
Drentsche Aa	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Bodem Prov.	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Verzuring	freat. water					Ts	Tr			
Drentsche Aa	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Bodem Prov.	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
LMG en PMG		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	
filter 1	grondwater									
filter 3	grondwater									

LEGENDA	
Ts = Toestand	
Meetpunten met normoverschrijding	Kleur
0-5%	
5-25%	
25-50%	
50-75%	
75-100%	
Tr = Trend	
Oordeel	Kleur
verbeterend	
neutraal	
verslechterend	

Afb. 5: Toestanden en trends ten aanzien van fosfaat.

pH

Meetnet	Compartiment	zand						veen		stad
		bouwland		gras		natuur		kwel		
		infiltr	intern	infiltr	intern	infiltr				
Verzuring	bodem					Ts	Tr			
Drentsche Aa	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr	Ts	Tr		
Bodem Prov.	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Verzuring	freat. water					Ts	Tr			
Drentsche Aa	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr	Ts	Tr		
Bodem Prov.	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
LMG en PMG		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	
filter 1	grondwater									
filter 3	grondwater									

LEGENDA	
Ts = Toestand	
Meetpunten met normoverschrijding	Kleur
0-5%	
5-25%	
25-50%	
50-75%	
75-100%	
Tr = Trend	
Oordeel	Kleur
verbeterend	
neutraal	
verslechterend	

Afb. 6: Toestanden en trends ten aanzien van de zuurgraad.

boven de norm waargenomen worden. Bij toenemende diepte slaat het meeste aluminium neer in het bodemmateriaal. In het diepe water

(25 m-mv) wordt nergens normoverschrijding vastgesteld.

Nitraat

Meetnet	Compartment	zand						veen		stad
		bouwland		gras		natuur				
		infiltr	intern	infiltr	intern	infiltr			kwel	
Verzuring						Ts	Tr			
	bodem									
Drentsche Aa		Ts	Tr			Ts	Tr	Ts	Tr	
	bodem									
Bodem Prov.		Ts	Tr					Ts	Tr	
	bodem									
Verzuring						Ts	Tr			
	freat. water									
Drentsche Aa		Ts	Tr			Ts	Tr	Ts	Tr	
	freat. water									
Bodem Prov.		Ts	Tr					Ts	Tr	
	freat. water									
LMG en PMG		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts
filter 1	grondwater									
filter 3	grondwater									

LEGENDA	
Ts = Toestand	
Meetpunten met normoverschrijding	Kleur
0-5%	
5-25%	
25-50%	
50-75%	
75-100%	
Tr = Trend	
Oordeel	Kleur
verbeterend	
neutraal	
verslechterend	

Bezwaren tegen het bestrijden van verzuring in natuurgebieden

Bekalking wordt door de meeste mensen gezien als een vorm van bemesting. In principe is het niet wenselijk om een natuurlijk systeem te bemesten. Daarom bestaat weerstand tegen het toepassen van bekalking op natuurterreinen. Een belangrijk argument om toch tot bekalking te besluiten is dat op dit moment onnatuurlijke hoeveelheden zuur in de natuurgebieden terechtkomen. In het buitenland zijn al wat ervaringen met bekalking opgedaan. Daarbij bleek deze vorm van bestrijding van verzuring soms tot vermesting te kunnen leiden. Doordat organisch materiaal moeizaam verteert in zuur milieu, zijn de afgelopen jaren veel onverteerde bladeren en takken op de grond blijven liggen. Als in die situatie bekalkt wordt, zal dit organisch materiaal alsnog versneld verteren en zullen allerlei mineralen als fosfaat en nitraat vrijkomen. Aan de andere kant zal elke andere vorm van verzuringsbestrijding vroeg of laat tot dezelfde afbraak van het organisch materiaal leiden. Mogelijk moet daarom eerst een laag organisch materiaal verwijderd worden voordat bekalkt kan worden.

Het beleid ten aanzien van verzuring richt zich vooral op het terugdringen van emissies naar de atmosfeer en het verplaatsen van ammoniak-emitterende bedrijven naar gebieden die minder kwetsbaar zijn voor verzuring. De zuurvrucht onder bouwland lijkt echter voor het grootste deel afkomstig van dierlijke mest. Zonder deze zuurvrucht van de mest bij het beleid te betrekken, zullen de inspanningen niet voldoende zijn om de gewenste eindsituatie te realiseren. Uiteindelijk zijn reducties van de zuurvrucht nodig in de orde van een factor 10. Dat is nauwelijks realiseerbaar. Daarom zou op zijn minst onderzocht moeten worden of het zuurbufferend vermogen van de bodem niet versterkt kan worden, bijvoorbeeld door bekalking te verplichten. Dit zou ook voor natuurgebieden als optie onderzocht moeten worden, omdat sterk verhoogde aluminiumconcentraties anders niet te voorkomen lijken te zijn.

Resultaten verspreiding

Onder verspreiding verstaan we het probleem dat allerlei stoffen terechtkomen op plaatsen waar we ze liever niet hebben. Het blijkt dat de Drentse meetnetten geen compleet beeld geven van deze zeer brede problematiek. Voor cadmium, nikkel en zink komen

Afb. 4: Toestanden en trends ten aanzien van nitraat.

Fosfaat

Meetnet	Compartment	zand						veen		stad
		bouwland		gras		natuur				
		infiltr	intern	infiltr	intern	infiltr			kwel	
Verzuring	bodem					Ts	Tr			
Drentsche Aa	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Bodem Prov.	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr			Ts	Tr
Verzuring	freat. water					Ts	Tr			
Drentsche Aa	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Bodem Prov.	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr			Ts	Tr
LMG en PMG	filter 1 grondwater	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts
filter 3	grondwater									

LEGENDA	
Ts = Toestand	
Meetpunten met normoverschrijding	Kleur
0-5%	
5-25%	
25-50%	
50-75%	
75-100%	
Tr = Trend	
Oordeel	Kleur
verbeterend	
neutraal	
verslechterend	

Afb. 5: Toestanden en trends ten aanzien van fosfaat.

pH

Meetnet	Compartment	zand						veen		stad
		bouwland		gras		natuur		kwel		
		infiltr	intern	infiltr	intern	infiltr				
Verzuring	bodem					Ts	Tr			
Drentsche Aa	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr	Ts	Tr		
Bodem Prov.	bodem	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
Verzuring	freat. water					Ts	Tr			
Drentsche Aa	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr	Ts	Tr		
Bodem Prov.	freat. water	Ts	Tr		Ts	Tr		Ts	Tr	
LMG en PMG	filter 1 grondwater	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	
filter 3	grondwater									

LEGENDA	
Ts = Toestand	
Meetpunten met normoverschrijding	Kleur
0-5%	
5-25%	
25-50%	
50-75%	
75-100%	
Tr = Trend	
Oordeel	Kleur
verbeterend	
neutraal	
verslechterend	

Afb. 6: Toestanden en trends ten aanzien van de zuurgraad.

boven de norm waargenomen worden. Bij toenemende diepte slaat het meeste aluminium neer in het bodemmateriaal. In het diepe water

(25 m-mv) wordt nergens normoverschrijding vastgesteld.

wel enkele normover-schrijdingen voor, maar niet altijd is duidelijk of hier sprake is van een verontreiniging of dat deze stoffen vrijkomen bij min of meer natuurlijke bodemprocessen. Het is niet uit te sluiten dat de processen zelf natuurlijk zijn, maar dat de mate waarin ze optreden onder invloed van vermessing en verzuring zodanig hoog is, dat de concentraties metalen ongewenst hoog worden. In Drenthe komen PAK's lokaal voor in de bodem en bestrijdingsmiddelen in het grondwater.

Conclusies

Uit de integrale analyse van de Drentse meetnetten blijkt dat de vermessing in Drenthe min of meer stabiel is, zolang we ons beperken tot de parameters die doorgaans met vermessing in verband worden gebracht. De verzuring in het diepere grondwater neemt echter wel toe en voor een belangrijk deel is dat te wijten aan de mest.

Bij het bestrijden van die verzuring lijkt het vergroten van de buffercapaciteit van de

bodem een effectiever middel dan emissie-reductie. Daarbij moeten we wel oppassen dat we hiermee geen vermessingsprobleem creëren. Met betrekking tot verhoogde concentraties zware metalen is het te makkelijk om dit probleem onder het kopje 'verspreiding' te scharen. Bij verstoring van de bodem-evenwichten zou de toenemende verzuring en mineralenrijkdom (als gevolg van vermessing) een veel waarschijnlijker oorzaak zijn. Een integrale analyse van alle beschikbare bodem- en grondwatergegevens brengt niet alleen de afzonderlijke problemen in beeld, maar ook de samenhang. Aangezien vermessing, verzuring en verspreiding zeer nauw met elkaar samenhangen en elkaar beïnvloeden, is een analyse per milieuthema per definitie onvoldoende. Die onderlinge beïnvloeding geldt ook voor de mogelijke oplossingen voor genoemde problemen. Het milieubeleid zal daarom alleen effectief kunnen zijn als het oplossingen biedt voor de in hun samenhang beschouwde milieu-problemen. 

LITERATUUR

- 1) Hirsch R., R. Alexander en R. Smith (1991). Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. *Water Resources Research* nr. 5, pag. 803-813.
- 2) Sen P. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journ. Am. Statist. Assoc.* nr. 63, pag. 1379-1389.
- 3) Theil H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 1, 2 and 3. *Ned. Akad. Wetensch. Proc.* nr. 53, pag. 386-392, 521-525 en 1397-1412.

advertentie

CURSUSSEN POSTACADEMISCH ONDERWIJS

Stichting Postacademisch Onderwijs (PAO) organiseert korte cursussen op het gebied van de Civiele techniek en Bouwtechniek, Gezondheidstechniek en Milieutechnologie. Deze actuele cursussen bieden de laatste stand van zaken in wetenschap en techniek, onderzoek en praktijk. In PAO participeren o.a. universiteiten, KIVI, kennisinstellingen, de advieswereld, CUR, KIWA en overheden. Cursusleiders en docenten zijn autoriteiten op hun vakgebied. PAO heeft geen winstoogmerk.



PAO
Postbus 5048
2600 GA Delft
Tel. 015 - 278 46 18
Fax 015 - 278 46 19
info@pao.tudelft.nl
www.pao.tudelft.nl

PAO: Kennis, Kunde, Kwaliteit

CIVIELE TECHNIEK EN BOUWTECHNIEK GEZONDHEIDSTECHNIEK EN MILIEUTECHNOLOGIE



Watergerelateerde cursussen tweede kwartaal 2003:

-  **Membraanfiltratie bij de waterbereiding [15, 16 april] KIWA Waterresearch, Nieuwegein**
– Cursus in samenwerking met KIWA Waterresearch –
Recente ontwikkelingen op het gebied van membraanfiltratie voor de bereiding van drinkwater, proceswater en afvalwater, nieuwe technieken voor micro- en ultrafiltratie. Door: Prof. dr. ir. J.C. van Dijk, TU Delft/KIWA, Dr. ir. S.G.J. Heijman en Ir. J.Q.J.C. Verberk, TU Delft, € 860
-  **Rioleringsbeheer [15, 16 april] TU Delft**
Ingegaan wordt op het spanningsveld tussen de uitvoering en het opstellen van plannen voor de rioleringen en hoe hier in de praktijk slagvaardig op ingespeeld kan worden. Door: Prof. dr. ir. F.H.L.R. Clemens, TU Delft/Witteveen+Bos en Ir. J.G. Langeveld, TU Delft, € 860
-  **De meerwaarde van samenwerking in de waterketen [8, 9 mei] TU Delft**
Welke vormen van samenwerking in de waterketen zijn er mogelijk? Wat is de werkelijke meerwaarde? Hoe wordt deze meerwaarde kwantitatief en kwalitatief onderbouwd? Belemmeringen. Door: ir. J.G. Voorhoeve, Trideau B.V., € 860
-  **Wetlands en havens: economie en ecologie in balans [13, 14 mei] TU Delft**
Het inpassen van wetlands op een zowel economisch als ecologisch verantwoorde manier bij de ontwikkeling van havens en scheepvaartwegen. Door: Prof. dr. ir. E. W. Bijker en mevr. Ir. M. Geense CUR/TU Delft, € 820
-  **Risicobenadering bij waterkeringen [11, 18, 19 juni] TU Delft**
Overstromingsrisicobenadering, overstromingskansen en de gevolgen van overstromingen. Door: Mw. ir. A.M. de Leeuw, Projectbureau VNK Rijkswaterstaat DWW, Prof. drs. ir. J.K. Vrijling, TU Delft, € 970

Zie voor het volledige en actuele programma
www.pao.tudelft.nl