

Zeldzame aarden in drinkwater en drinkwaterbronnen

Inleiding

Zeldzame aarden zijn metalen die van nature voorkomen in de aardkorst en, door verwerking, ook in oppervlaktewater en grondwater. Tot voor kort waren de concentraties van deze elementen in drinkwater en drinkwaterbronnen nog nooit gemeten. In slib, ontstaan tijdens de drinkwaterproductie, waren wel ooit metingen verricht [1]. Op grond van deze metingen en theoretische beschouwingen werd in 1986 door het RIVM geconcludeerd dat deze elementen waarschijnlijk slechts in lage concentraties in drinkwater zouden voorkomen.

desgewenst besloten worden tot vervolgonderzoek.

Algemeen

De groep elementen die doorgaans wordt aangeduid met de term *zeldzame aarden* bestaat uit scandium, yttrium en de zgn. lanthaniden (lanthaan t/m lutetium). In afbeelding 1 is hun plaats in het periodiek systeem weergegeven. In tabel I staan hun namen en symbolen vermeld. De meeste zeldzame aarden hebben normaal gesproken een driewaardige valentie. De lanthaniden worden tot de zware metalen gerekend omdat hun dichtheid in metal-

Samenvatting

De concentraties van zeldzame aarden (metalen die van nature voorkomen in oppervlakte- en grondwater) in drinkwaterbronnen en in drinkwater zijn in Nederland voor het eerst gemeten. In de onderzochte oppervlaktewateren kwamen zeldzame aarden voor in concentraties tot circa 1.000 ng/l. Bij de (voor-)zuivering werden deze concentraties teruggebracht tot niveaus onder de onderste analysegrens. Bij vier van de onderzochte grondwaterpompstations kwamen in het ruwwater concentraties zeldzame aarden voor tot 30.000 ng/l. Het verwijderingseffect tijdens de zuivering tot drinkwater liep bij deze pompstations sterk uiteen. In twee van deze vier gevallen werden vrij hoge concentraties zeldzame aarden in reinwater aangetroffen. Bij elf van de vijftien grondwaterpompstations kwamen echter in het ruwwater geen of slechts één van de zeldzame aarden voor in concentraties boven de onderste analysegrens. Voor de zeldzame aarden zijn indicatieve toelaatbare concentraties afgeleid voor drinkwater. Een vergelijking van de indicatieve toelaatbare concentraties met de aangetroffen concentraties in reinwater laat zien dat bij twee van de twintig onderzochte pompstations de indicatieve toelaatbare concentraties werden overschreden. In die gevallen is er mogelijk een risico voor de mens. Het verdient aanbeveling meer onderzoek te doen naar het voorkomen van zeldzame aarden in drinkwaterbronnen en drinkwater.



W. VERWEIJ
Laboratorium voor Water- en
Drinkwateronderzoek
RIVM



J. DE BOER,
Laboratorium voor
Anorganische Chemie, RIVM



T. VAN DER VELDE-
KOERTS
Laboratorium voor
Anorganische Chemie, RIVM



W. MENNES,
Adviescentrum Toxicologie,
RIVM

Gevaar voor de volksgezondheid werd niet aannemelijk geacht [2]. Om zekerheid te krijgen werd aanbevolen de concentraties van deze stoffen te meten. Zodoende kon beter worden beoordeeld of er risico's voor de volksgezondheid kunnen optreden. Als uitvloeisel van deze aanbeveling is in het voorjaar van 1993 door het RIVM een monster- en meetcampagne uitgevoerd, waarvan in dit artikel verslag wordt uitgebracht. In twee RIVM-rapporten is dit onderzoek en de toegepaste analysemethode in meer detail beschreven [3, 4]. Het doel van dit onderzoek was een indruk te krijgen van de concentratieniveaus in de bronnen (grond- en oppervlaktewater) en in drinkwater. Op grond van de resultaten van een dergelijk verkennend onderzoek kan dan

lische staat meer dan 5 kg/dm³ is. Voor scandium en yttrium geldt dit niet. Indicatieve evenwichtsberekeningen geven aan dat de oplosbaarheid in water sterk uiteen kan lopen van circa 1 µg/l tot bijna 1 g/l [3]. De oplosbaarheid lijkt vooral bepaald te worden door neerslagen als hydroxyde/oxyde of carbonaat. Mogelijk zijn ook fosfaten van belang voor de oplosbaarheid, maar daarover zijn te weinig gegevens bekend. Sowieso zijn er vrij weinig gegevens over de oplosbaarheid van zeldzame aarden. In de literatuur is gesuggereerd dat zeldzame aarden versneld kunnen oplossen door verzuring [5]. Dit zou kunnen betekenen dat in relatie tot dit milieuthema niet alleen aluminium maar wellicht ook zeldzame aarden

1 H																	2 He																		
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne												
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar												
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																		
87 Fr	88 Ra	89 Ac ²																																	

¹ lanthaniden	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
² actiniden	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Afb. 1 - De plaats van zeldzame aarden in het periodiek systeem. De zeldzame aarden zijn weergegeven op een grijze ondergrond.

TABEL I - Namen en symbolen van de zeldzame aarden.

Naam	Symbool
scandium	Sc
yttrium	Y
lanthaan	La
cerium	Ce
praseodymium	Pr
neodymium	Nd
promethium	Pm
samarium	Sm
europium	Eu
gadolinium	Gd
terbium	Tb
dysprosium	Dy
holmium	Ho
erbium	Er
thulium	Tm
ytterbium	Yb
lutetium	Lu

aandacht behoeven van de waterleiding-sector. Zeldzame aarden zijn, ondanks hun naam, niet echt zeldzaam. In de aardkorst komen zij voor in concentraties variërend van 0,5 mg/kg voor Tm tot 60 mg/kg voor Ce [6]. In bepaalde mineralen kan de concentratie zeldzame aarden oplopen tot 60 à 70%. Promethium is een instabiel element. Het is alleen aangetoond als vervalproduct in uraniumertsen [7]. Daarom is in dit onderzoek geen aandacht besteed aan dit element. De lanthaniden lijken onderling sterk op elkaar in hun chemische gedrag. Bij oplopend atoomnummer neemt ook het aantal elektronen toe. Normaal gesproken komen deze extra elektronen in de buitenste elektronenschil terecht. Bij de lanthaniden komen deze extra elektronen echter niet in de buitenste schil terecht maar in een meer naar binnen gelegen schil. Aangezien vooral de elektronen in de buitenste schil de chemische eigenschappen van een element bepalen, vertonen alle lanthaniden ongeveer hetzelfde chemische gedrag.

In Nederland worden geen zeldzame aarden gewonnen. Wel wordt door ons land zo'n 10% ingevoerd van de totale wereldproductie van circa 25.000 ton. De daaruit gefabriceerde producten worden voor het grootste deel geëxporteerd. Zeldzame aarden worden voornamelijk toegepast in de olie-industrie (als katalysator), in de metaalverwerkende industrie en bij de productie van glas en keramiek. In toenemende mate worden zeldzame aarden toegepast voor hoogwaardige technologische doeleinden (bijvoorbeeld elektronische producten en geregelde driewegkatalysatoren). Emissies van zeldzame aarden in Nederland vinden plaats naar lucht en water. Emissies naar water zijn bekend door de productie van katalysatoren en vooral kunstmest (fosfaaterts bevat van nature zeldzame aarden). Emissies naar lucht zijn bekend vanuit industrie waar katalysatoren worden geproduceerd. Verder wordt verondersteld dat de kunstmestindustrie ook naar de lucht zeldzame aarden emitteert. De achtergrondconcentratie zeldzame aarden in de Nederlandse bodem bedraagt rond de 1 mg/kg droge stof. Plaatselijk, afhankelijk van geologische omstandigheden en door eventuele vervuiling, kunnen echter hogere waarden voorkomen. Wereldwijd variëren de concentraties in grondwater van enkele ng/l tot enkele µg/l (1 ng is 0,001 µg). Concentraties in oppervlaktewater liggen in de orde van grootte van ng/l. Sediment en

gesuspendeerd materiaal bevat doorgaans enkele tientallen mg zeldzame aarden per kg droge stof. Recent is over zeldzame aarden een zgn. 'scopingsrapport' verschenen [8]. Veel van de hierboven genoemde informatie is daaruit afkomstig.

Monsterpunten en analysemethode

Op twintig pompstations werden monsters genomen van het ruwwater en het reinwater. In de selectie van twintig zaten enkele pompstations die (al dan niet na infiltratie) oppervlaktewater als grondstof gebruiken. De overige pompstations gebruiken grondwater. Diverse typen grondwaterwinningen waren geselecteerd, maar de nadruk lag op freatische winningen in verband met het gesuggereerde verband tussen verzuring en verhoogde concentraties zeldzame aarden. Ook was één oevergrondwaterwinning in het monsterprogramma opgenomen. Daarnaast werden de Rijn (bij Lobith) en de Maas (bij Eijsden) bemonsterd in verband met het belang van deze rivieren voor de drinkwatervoorziening in Nederland. Alle monsters werden ter plekke aangezuurd. Met behulp van ICP-MS (inductief gekoppeld plasma met massaspectrometrische detectie) werden Sc, Y en La t/m Eu kwantitatief bepaald. De onderste analysegrenzen waren 1.000 ng/l voor Sc, 200 ng/l voor La en 50 ng/l voor Y en Ce t/m Eu. Sc kon echter vaak niet bepaald worden door spectrale storingen. Gd t/m Lu werden semi-kwantitatief bepaald. Voor deze elementen werden onderste analysegrenzen van 50 ng/l gehanteerd. Gd t/m Lu werden niet in alle monsters bepaald, omdat deze elementen doorgaans in lagere concentraties worden gevonden dan Sc, Y en La t/m Eu en het daarom soms weinig zinvol leek de bepalingen van Gd t/m Lu uit te voeren. Meer informatie over de gebruikte analysemethode is te vinden in [4].

Oppervlaktewater als bron

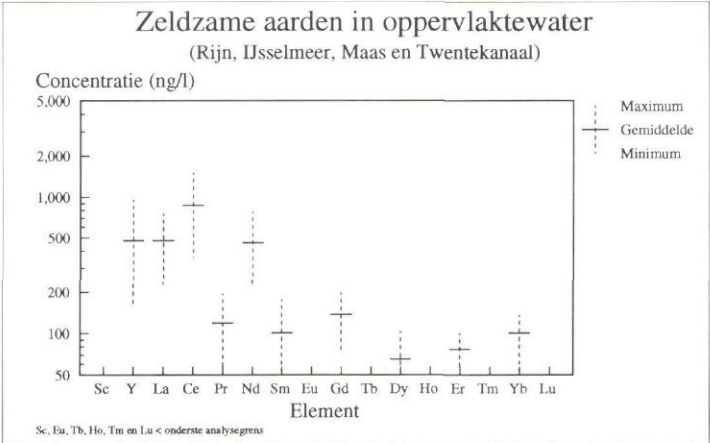
Kwaliteit van de bronnen
Er waren in dit onderzoek vier pompstations opgenomen die oppervlaktewater als grondstof gebruikten, waarvan twee zonder en twee met tussenschakeling van infiltratie. De resultaten van de metingen in oppervlaktewater (niet altijd in de nabijheid van de innamepunten!) zijn weergegeven in afbeelding 2. Merk op dat de Y-as een logaritmische schaal heeft en dat de concentraties zijn uitgedrukt in ng/l.

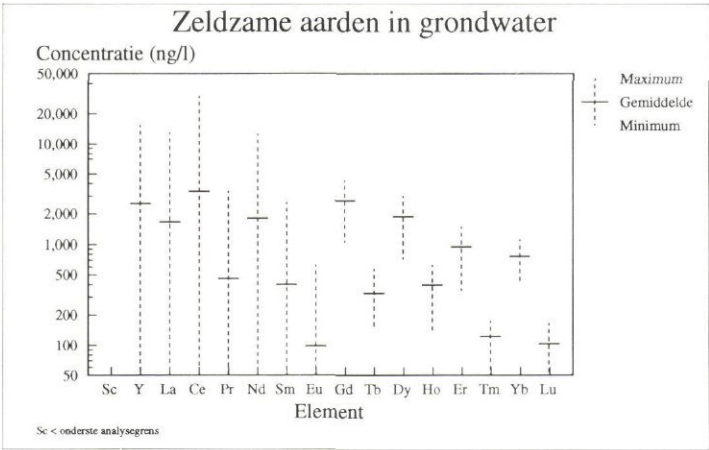
Gedrag tijdens de zuivering; concentraties in reinwater
Gedurende de zuivering (waaronder begrepen infiltratie) van oppervlaktewater liepen de concentraties van de zeldzame aarden aanzienlijk terug. Bij drie van de vier onderzochte oppervlaktewaterpompstations werd in het reinwater geen enkele van de zeldzame aarden boven de onderste analysegrens aangetroffen; bij één werd alleen Y gemeten (96 ng/l). Bij het enige onderzochte pompstation waar oeverinfiltratie plaatsvindt werd overigens geen enkele van de zeldzame aarden aangetroffen boven de onderste analysegrens, noch in ruwwater, noch in reinwater.

Grondwater als bron

Kwaliteit van de bronnen
Bij de vijftien onderzochte grondwaterpompstations bleken de concentraties zeldzame aarden in het opgepompte water sterk uiteen te lopen (zie afb. 3). Bij elf pompstations werd maximaal één element boven de onderste analysegrens aangetroffen, maar bij vier pompstations werden op Sc na alle elementen aangetroffen (zie bijv. afb. 4 en 5). De concentraties bij deze winningen (alle freatische) bedroegen soms meer dan 10.000 ng/l en liggen daarmee duidelijk hoger dan de hoogste concentraties in oppervlaktewater. De vraag dringt zich op

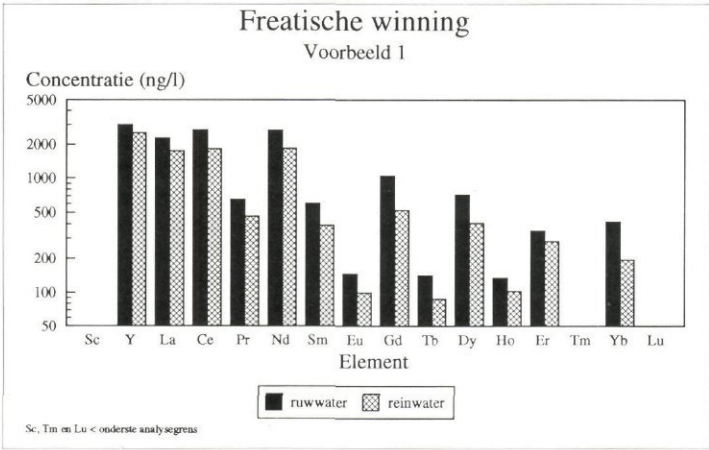
Afb. 2 - De gemiddelde concentraties (met bereik) van zeldzame aarden in oppervlaktewater.



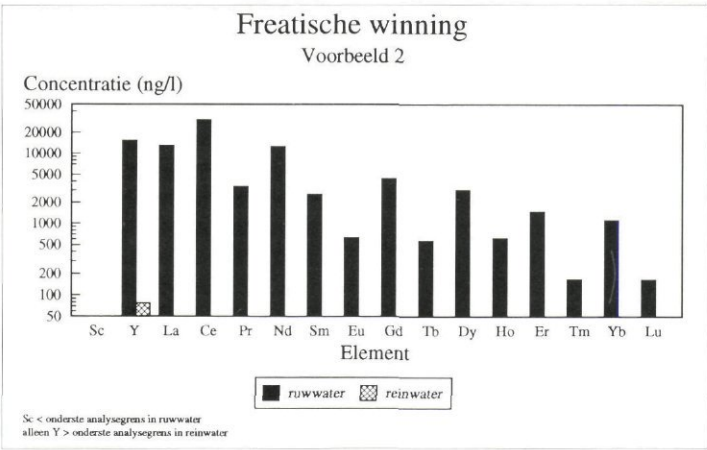


Afb. 3 - De gemiddelde concentraties (met bereik) van zeldzame aarden in grondwater dat als bron voor drinkwater wordt gebruikt.

waar deze grote verschillen door te verklaren zijn. In de eerste plaats is het verband met de pH onderzocht. Hiertoe is voor elk pompstation een 'score' berekend door voor elk element de gevonden waarde te delen door de voor dat element hoogst gevonden waarde in dit onderzoek, de quotiënten te sommeren en te delen door het aantal elementen. In afbeelding 6 is die score (uitgedrukt als percentage) uitgezet tegen de pH van ruwwater. Hoewel het pompstation met de laagste pH de hoogste concentraties bevatte, geeft afbeelding 6 niet een eenduidige relatie tussen pH en gehalten. Het valt overigens niet uit te sluiten dat het beeld vertroebeld



Afb. 4 - De concentraties zeldzame aarden bij een van de onderzochte winningen.



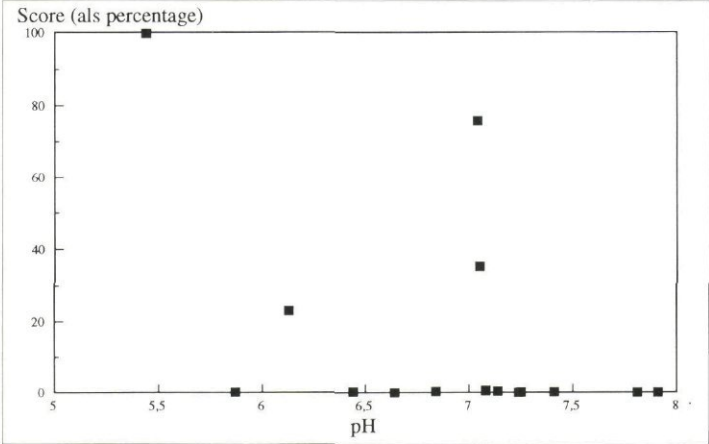
Afb. 5 - De concentraties zeldzame aarden bij een van de onderzochte winningen.

wordt door menging voor en tijdens de winning. Zoals hiervoor is vermeld, is het bicarbonaatgehalte van invloed op de oplosbaarheid. Daarom zijn in afbeelding 7, analoog aan afbeelding 6, de scores uitgezet tegen het bicarbonaatgehalte. Dit verband lijkt iets meer consistentie te vertonen dan dat met de pH, alhoewel ook hier een echt overtuigende relatie ontbreekt.

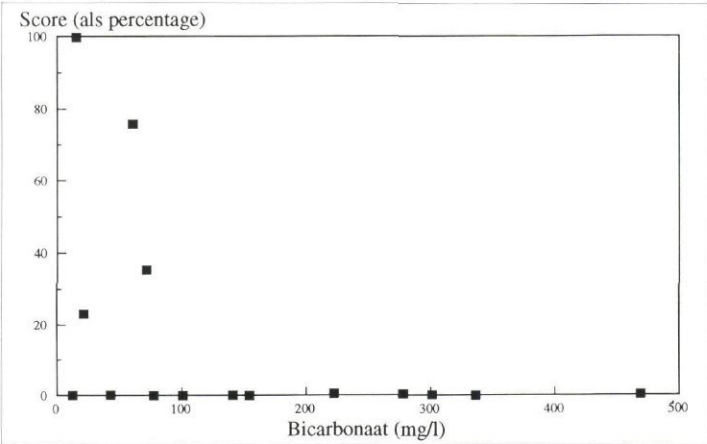
Het feit dat de zeldzame aarden alleen zijn aangetroffen in water van freatische grondwaterwinningen (maar niet in alle), suggereert een mogelijk verband met de filterdiepte ten opzichte van het maaiveld. Om te kunnen nagaan of ondiep water meer zeldzame aarden bevat dan diep water, is in afbeelding 8 weergegeven wat het verband is tussen de scores en de geringste diepte van de winning (ten

opzichte van het maaiveld). Deze afbeelding toont een duidelijk verband tussen de diepte en de concentraties zeldzame aarden. Een mogelijke verklaring hiervoor is de relatie met verzuring (milieu-invloed). Ook zouden emissies van zeldzame aarden (bijvoorbeeld in kunstmest) een oorzaak kunnen zijn. Vervolgonderzoek zal nodig zijn om uit te wijzen hoe eenduidig dit verband is en wat dan de oorzaak is.

Afb. 6 - Score (als percentage; zie tekst) per grondwaterpompstation uitgezet tegen de pH.



Afb. 7 - Score (als percentage; zie tekst) per grondwaterpompstation uitgezet tegen het bicarbonaatgehalte van ruwwater.



Gedrag tijdens de zuivering; concentraties in reinwater

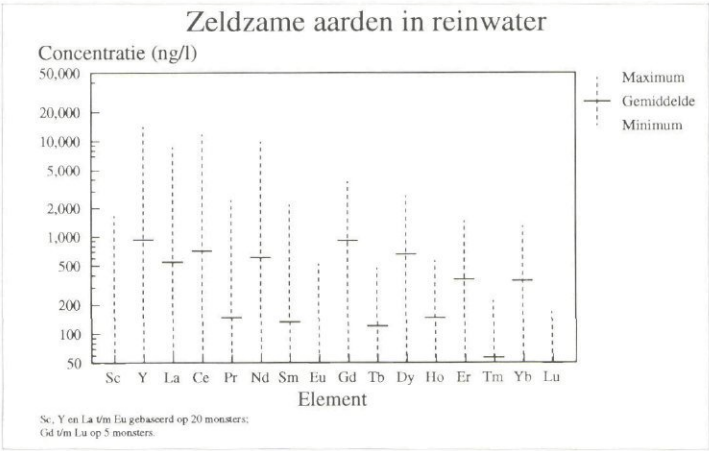
Zoals gezegd werden bij vier van de onderzochte vijftien freatische grondwaterwinningen bijna alle zeldzame aarden in ruwwater aangetroffen. Bij twee van deze vier winningen bestond de zuivering uit alleen een pH-correctie (bijv. de winning weergegeven in afb. 4). Bij die winningen liepen de concentraties van de zeldzame aarden weinig of niet terug tijdens de zuivering. Er werden dan ook aanzienlijke concentraties in het afgeleverde reinwater gemeten. Het is niet uitgesloten dat door de pH-correctie de oplosbaarheid van de zeldzame aarden afneemt, maar dat dit evenwicht zich tijdens de zuivering nog niet meetbaar instelt. In dat geval zou tijdens de distributie dit evenwicht zich wel in kunnen stellen waardoor de concentraties aan de tapkraan mogelijk lager zijn. Dit is echter in dit onderzoek niet bekeken. Bij de andere twee pompstations werd beluchting en filtratie over carbonaat toegepast (marmer dan wel dolomiet). Bij één van deze twee was de beluchting en filtratie enkelvoudig; in dat geval werd globaal 85% van de zeldzame aarden verwijderd. In het reinwater resteerden dus 15% van de oorspronkelijke concentraties. Bij het andere pompstation werd tweevoudige beluchting en filtratie toegepast, waarbij bijna 100% van de zeldzame aarden verwijderd bleken te worden. In het reinwater werd dan ook maar één element aangetroffen (Y; 78 ng/l). Dit pompstation staat weergegeven in afbeelding 5.

De concentraties zeldzame aarden in reinwater staan weergegeven in afbeelding 9. De maxima zijn steeds aangetroffen in reinwater bereid uit grondwater.

Gezondheidskundige implicaties

Bovengenoemde concentraties krijgen in

Afb. 9 - De gemiddelde concentraties (met bereik) van zeldzame aarden in reinwater.



feite pas betekenis als de gezondheidskundige implicaties in kaart worden gebracht. Er is echter weinig onderzoek gedaan naar de toxicologie van de zeldzame aarden. Bij de mens is nooit onderzoek verricht naar de effecten van orale blootstelling aan zeldzame aarden. Risico-evaluaties kunnen daarom slechts plaatsvinden op grond van dierexperimenteel onderzoek. Gezien de grote overeenkomst in fysische en chemische eigenschappen wordt in het algemeen aangenomen dat alle zeldzame aarden ongeveer even giftig zijn. Die aanname wordt nader onderbouwd door het feit dat orale LD₅₀-waarden voor nitraatzouten van deze metalen allemaal tussen circa 900 en 1.750 mg/kg lichaamsgewicht liggen. Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de zeldzame aarden embryotoxisch, teratogeen, genotoxisch en/of carcinogeen zouden zijn. Het onderzoek naar deze effecten is echter onvolledig. Chronische toxiciteitsstudies zijn alleen uitgevoerd met Sc en Y in muizen (Schroeder & Mitchener [9], geciteerd in [8]). Met enkele aannames kan uit deze studies voor Sc en Y een indicatieve toelaatbare concentratie van 2.000 ng/l in

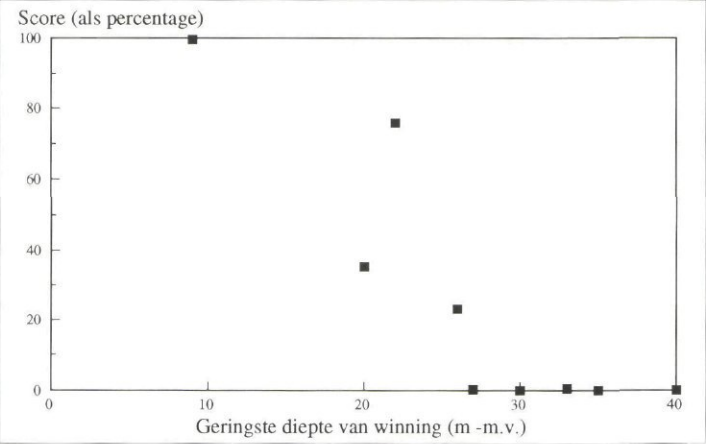
drinkwater worden afgeleid. Op basis van de groepsbenadering, die in het scopingsdocument [8] is toegepast, kan de indicatieve toelaatbare waarde die voor Sc en Y is afgeleid (2.000 ng/l), ook worden gebruikt voor die zeldzame aarden waarvoor geen individuele bruikbare gegevens beschikbaar zijn, te weten La, Ce, Tb en Yb. De groep van Haley heeft in een serie van 90-dagen-studies in de rat van diverse lanthaniden afzonderlijke NO(A)ELs¹) bepaald (10-15). Voor deze metalen kan dus wel een individuele benadering worden toegepast bij het afleiden van een indicatieve toelaatbare concentratie (zie tabel II). Deze concentraties variëren van 10,5 x 10³ tot 1.050 x 10³ ng/l.

Uit een vergelijking van de zojuist afgeleide waarden met de maximale gemeten waarden blijkt dat Y, La en Ce zijn aangetoond in concentraties boven de

TABEL II - Vergelijking van meetwaarden van zeldzame aarden in reinwater van 20 pompstations met indicatieve toelaatbare concentraties in drinkwater.

Element	Maximale gemeten waarde (ng/l)	Indicatieve toelaatbare concentratie in drinkwater (ng/l)	Ratio maximale gemeten waarde/ indicatieve toelaatbare concentratie
Sc	1.660	2.000	0,83
Y	14.218	2.000	7,1
La	8.693	2.000	4,2
Ce	11.813	2.000	5,9
Pr	2.420	1.050.000	0,002
Nd	9.934	1.050.000	0,009
Sm	2.184	1.050.000	0,002
Eu	525	1.050.000	0,000
Gd	3.791	10.500	0,36
Tb	475	2.000	0,24
Dy	2.722	1.050.000	0,003
Ho	566	1.050.000	0,000
Er	1.467	1.050.000	0,001
Tm	220	10.500	0,02
Yb	289	2.000	0,14
Lu	169	1.050.000	0,000

Afb. 8 - Score (als percentage; zie tekst) per freatisch grondwaterpompstation uitgezet tegen de geringste diepte (meter-m.v.).



¹ NO(A)EL = No Observed (Adverse) Effect Level, d.w.z. het hoogste niveau van blootstelling waarbij geen (schadelijke) effecten worden gevonden.

indicatieve toelaatbare concentratie. In die gevallen is er mogelijk een risico voor de mens. Hierbij moet niet uit het oog verloren worden, dat de indicatieve toelaatbare concentraties mede zijn gebaseerd op de veronderstelling dat 10% van de totale inname van deze stoffen via drinkwater plaatsvindt. Deze 'default'-waarde wordt onvoldoende door wetenschappelijke gegevens ondersteund omdat blootstelling langs andere routes onvoldoende is gekwantificeerd. De werkelijke inname kan dus zowel hoger als lager zijn.

Conclusies en aanbevelingen

- Zeldzame aarden komen in meetbare concentraties voor in grondwater en enkele grote oppervlaktewateren. De hoogste in dit onderzoek gevonden concentraties in grondwater zijn aanmerkelijk hoger dan de hoogste gevonden concentraties in oppervlaktewater. In grondwater zijn zeldzame aarden alleen aangetoond bij ondiepe freatische winningen. Er is geen eenduidige relatie gevonden tussen de pH van het grondwater en de concentraties zeldzame aarden. Hoge concentraties zeldzame aarden zijn alleen gevonden in grondwater met lage bicarbonaatgehaltes waarvan een deel op relatief geringe diepte wordt gewonnen.
- In principe zijn zeldzame aarden goed te verwijderen bij de zuivering, zowel bij gebruik van grondwater als van oppervlaktewater. Zeldzame aarden komen soms in hoge concentraties voor in reinwater af pompstation.
- Bij twee pompstations worden de indicatieve toelaatbare concentraties van enkele zeldzame aarden in reinwater overschreden. Zeldzame aarden vormen in die gevallen mogelijk een risico voor de mens. De afleiding van indicatieve toelaatbare concentraties is echter met veel onzekerheden omgeven.
- Mede op basis van literatuurgegevens kan een stijging van de concentraties van zeldzame aarden in grondwater, door verzuring van dat water, niet uitgesloten worden.
- Op grond van dit onderzoek wordt aanbevolen meer onderzoek te doen naar de concentraties zeldzame aarden in drinkwaterbronnen en in drinkwater om een beter beeld te krijgen van de situatie. Gezien de resultaten van dit onderzoek ligt het voor de hand daarbij prioriteit te geven aan freatische winningen, met name de ondiepe. Ook het gedrag tijdens de distributie verdient aandacht.
- Het verdient aanbeveling ook aandacht te besteden aan onderzoek naar de toxiciteit van zeldzame aarden, om beter vast te kunnen stellen of er risico's ver-

bonden zijn aan het voorkomen van deze elementen in drinkwater.

Verantwoording

Dank is verschuldigd aan de waterleidingbedrijven die hebben meegewerkt aan dit onderzoek.

Literatuur

1. Koppers, H. M. M., Hofman, J. M., Boeter, C. & Breemen, A. N. van (1985). *Gehalten aan anorganische stoffen in het slib van Nederlandse waterleidingbedrijven*. KIWA-speurwerkrapport SWE 85.004.
2. Dijk-Looygaard, A. M. van & Montizaan, T. (1986). *Lantaniden in drinkwaterslib; herkomst en betekenis*. RIVM-rapport 718503001.
3. Verweij, W., Velde-Koerts, T. van der, Boer, J. L. M. de & Mennes, W. *Zeldzame aarden in drinkwater en drinkwaterbronnen*. RIVM-rapport 734301003.
4. Velde-Koerts T. van der & Boer, J. L. M. de (1993). *Analytisch-chemische aspecten van de bepaling van zeldzame aarden in grond-, drink- en oppervlaktewater met ICP-MS*. RIVM-rapport nummer 502501015.
5. Nesbitt, H. W. (1979). *Mobility and fractionation of rare earth elements during weathering of a granodiorite*. Nature, 279, 206-210.
6. Weast, R. C. (ed.) (1986). *Handbook of Chemistry and Physics*, 67th edition. CRC-Press, Inc., Boca Raton, Florida.
7. Annema, J. A. (1990). *Zeldzame aarden*. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.
8. Slooff, W., Bont, P. F. H., Hoop, M. A. G. T. van den, Janus, J. A. & Annema, J. A. (1993). *Exploratory report rare earth metals and their compounds*. RIVM-rapport 710401025.
9. Schroeder, H. A. & Mitchener, M. (1971). *Scandium, chromium(IV), gallium, yttrium, rhodium, palladium, indium in mice: effects on growth and life span*. Journal of nutrition, 101, 1431-1438.
10. Haley, T. J., Raymond, K., Komesu, N. & Upham, H. C. (1961). *Toxicological and pharmacological effects of gadolinium and samarium chlorides*. Brit. J. Pharmacol. 17, 526-532.
11. Haley, T. J., Komesu, N., Flesher, A. M., Mavis, L., Cawthorne, J. & Upham, H. C. (1963). *Pharmacology and toxicology of terbium, thulium and ytterbium chlorides*. Toxicol. Appl. Pharmacol. 5, 427-436.
12. Haley, T. J., Komesu, N., Efros, M., Koste, L. & Upham, H. C. (1964a). *Pharmacology and toxicology of lutetium chloride*. J. Pharm. Sci. 53, 1186-1188.
13. Haley, T. J., Komesu, N., Efros, M., Koste, L. & Upham, H. C. (1964b). *Pharmacology and toxicology of praseodymium and neodymium chlorides*. Toxicol. Appl. Pharmacol. 6, 614-620.
14. Haley, T. J., Komesu, N., Colvin, G., Koste, L. & Upham, H. C. (1965). *Pharmacology and toxicology of europium chloride*. J. Pharm. Sci. 54, 643-645.
15. Haley, T. J., Koste, L., Komesu, N., Efros, M. & Upham, H. C. (1966). *Pharmacology and toxicology of dysprosium, holmium and erbium chlorides*. Toxicol. Appl. Pharmacol. 8, 37-43.



Vermesting en vissers

Als aanvulling op het artikel van Rijkert Knoppes in H₂O nr. 19/1995, pagina 590 en 591 over het debat 'Last van ver-
mesting'. Hierbij een reactie van de Nederlandse Vereniging van Sportvissers-federaties.

'In het artikel wordt vermeld dat 'Voor de 60.000 sportvissers die Nederland telt (..) de lol van het vissen daalt'. Dat de lol van het vissen door de veresting daalt onderschrijven wij, het aantal sportvissers dat hier wordt genoemd is echter niet juist. Op dit moment telt Nederland ongeveer 1,5 miljoen sportvissers. Waarschijnlijk wordt met dit getal het aantal sportduikers bedoeld.

Daarnaast wordt opgemerkt dat 'brasem profiteert van de veresting'. Dit zouden wij graag willen nuanceren. Het is juist dat het aantal brasems door het verslechteren van de snoekstand toeneemt. Het toemenen van de brasemstand leidt echter tot intraspecifieke concurrentie waardoor de brasempopulatie meestal uit nauwelijks groeiende en in slechte conditie verkerende exemplaren bestaat. Dit is naar onze mening wat anders dan 'profiteren'.

Drs. M. H. Kraal
Water- en Visstandbeheer

Summaries

- End of page 633.

All these methods are applied in the Netherlands. Each method has its advantages and restraints. A number of criteria are selected in order to make the most suitable choice. Obviously the most important one is the cost criterium. However, it appears that the criterium of the investment cost is not deciding. Especially the yearly costs generated by the capital costs, the energy costs of foul gas ventilation and foul gas cleaning and all other operational costs are of striking importance. Taking these factors in account, it may be proven that the cheapest cover system will be the most expensive in running costs. Based on a study for the design of the WWTP of Tilburg North, an optimum was found, as stipulated in this article. Furthermore important new developments are introduced by the different covering methods, i.e. improvement of the grease trap (floating cover), enlargement of scale and integration of the scraper bridge (carrousel cover) and volume reduction (geodetic dome). Also a new application is the use of concrete domes.