

Wat zijn sport

REEFSECRETS

6



en elementen

Sporen elementen: het begrip lokt steeds een verhitte discussie en tegenstellingen uit in aquarium verenigingen en winkels en symposia, gebruikelijk met overgeneraliseerde en tegengestelde uitgangspunten.

Gelezen door: Rien van Zwienen, naar een tekst uit het Amerikaanse magazine Coral, artikel: "Trace elements" geschreven door Dr. Dieter Brockmann

Geëmotioneerd uitgedrukte meningen variëren van "toevoegen van sporenelementen is volledig overbodig" tot "continue toevoegen van sporen elementen is essentieel voor een rif aquarium, omdat het anders niet functioneert". Maar zijn beide gezichtspunten niet nogal extreem? Of hebben beiden misschien hun goede punten als ze toegepast worden bij een specifiek aquarium? Is het een trend om de echte problemen te generaliseren? Het doel van dit artikel is deze vaak verwarrende discussie wat te verduidelijken.

Een paar feiten

Als we zeewater nauwkeurig genoeg zouden analyseren, zouden we zien dat alle bekende elementen aanwezig zijn. Het merendeel is aanwezig in geïoniseerde vorm (in andere woorden, ze hebben een positieve of negatieve lading), vaak in combinatie met andere ionen.

Alle die elementen en/of opgeloste ionen in zeewater kunnen in twee hoofd categorieën verdeeld worden, de hoofd elementen en sporen elementen, alhoewel dit geen implicaties heeft betreffende hun functie of belangrijkheid. De hoofd elementen (gerangschikt naar hun concentratie in zeewater, te beginnen met de hoogste concentratie) zijn Chloor, Natrium, Zwavel, Magnesium, Calcium, Kalium, Broom, Strontium, Boor, en Fluor. Dit is totaal 99.99% van alle opgeloste stoffen in zeewater (Spotte 1977; Glaser 2008). Dus ruim 10% van alle bekende elementen zijn belangrijke componenten van de totale zout hoeveelheid, en vandaar

de dichtheid, van zeewater. Alle andere elementen worden sporen elementen genoemd, en een aantal daarvan zijn opgenomen in Tabel 1. Het onderscheid tussen hoofd en sporen elementen is gemaakt op basis van een aantal verschillende definities.

De eenvoudigste hiervan houdt verband met hun concentratie in zeewater. Naar aanleiding van deze definitie (die gebruikt is als basis voor dit artikel), is het kritische niveau 1.0 mg/l (Spotte 1979). Alle elementen met een hogere concentratie worden gezien als hoofd elementen, alle met een lagere concentratie zijn sporen elementen.

Sporen elementen en ultra sporen elementen.

Voor de volledigheid moet hier gezegd worden dat sommige auteurs (bij voorbeeld, Bingman 2000; Fossa en Nilsen 2010) de minder geconcentreerde ionen in zeewater onderverdelen in sporen elementen en ultra sporen elementen.

Dit systeem classificeert alle elementen in natuurlijk zeewater met een concentratie tussen 1 µM en 1 nM (µM en nM zijn termen die gebruikt worden voor chemische concentratie data en worden uitgelegd in de Coral Lexicon) als sporen elementen.

Daarentegen, de ultra sporen elementen hebben een concentratie kleiner dan 1 nM.

Sporen element	Verbinding in zeewater	Concentratie (in g/l)	Geselecteerde biologische functies
Jodium (I)	IO ₃ ⁻ , I ⁻	0.0000600	Groei van bruine algen. Bestanddeel van thyroïd hormoon thyroxin. Beschermend molecuul tegen oxidatieve stress bij algen.
Lithium (Li)	Li ⁺	0.0001800	Niet bewezen als essentieel element
Rubidium (Rb)	Rb ⁺	0.0001200	Niet bewezen als essentieel element
Barium (Ba)	Ba ²⁺	0.0000020	
Molybdeen (Mo)	MoO ₄ ²⁻	0.0000100	Nitraat assimilatie en reductie. Onderdeel van redox enzymen.
Arseen (As)	HAsO ₄ ²⁻ , H ₂ AsO ₄ ⁻	0.0000037	
Vanadium (V)	H ₂ VO ₄ ⁻ , HVO ₄ ²⁻	0.0000025	Algen groei. Bloed pigment onderdeel bij ascidians.
Nikkel (Ni)	Ni ²⁺	0.0000017	Nodig voor enzymen productie (bv. urease) bij sommige dieren.
Zink (Zn)	ZnOH ⁺ , Zn ²⁺ , ZnCO ₃	0.0000049	Doorgeven van genetische informatie bij alle organismen. Stabilisatie van proteïnen.
Koper (Cu)	CuCO ₃ , CuOH ⁺	0.0000005	Fotosynthese. Onderdeel van sommige bloed pigmenten. Onderdeel van redox enzymen.
Chroom (Cr)	Cr(OH) ₃ , CrO ₄ ²⁻	0.0000003	
Seleen (Se)	SeO ₃ ²⁻	0.0000002	Bescherming tegen oxidatieve stress.
Wolframaam (W)	WO ₄ ²⁻	0.0000001	
Cadmium (Cd)	CdCl ₂	0.0000001	
IJzer (Fe)	Fe(OH) ₂ ⁺ , Fe(OH) ₄ ⁻	0.0000002	Chlorofyl productie. Redox processen bij algen. Zuurstof transport. Onderdeel van redox enzymen.
Aluminium (Al)	Al(OH) ₄ ⁻	0.0000002	Niet bewezen als essentieel element
Mangaan (Mn)	Mn ²⁺ , MnCl ⁺	0.0000002	Chlorofyl aanmaak. Fotosynthese. Enzym activatie.
Lanthaan (La)	La(OH) ₃	3x10 ⁻⁹	Niet bewezen als essentieel element
Lood (Pb)	PbCO ₃ , Pb(CO ₃) ₂ ²⁻	3x10 ⁻⁸	Niet bewezen als essentieel element
Kobalt (Co)	Co ²⁺	0.00000005	Onderdeel van vitamine B12
Kwik (Hg)	HgCl ₂ ⁺ , HgCl ₂	3x10 ⁻⁸	Niet bewezen als essentieel element
Tin (sn)	SnO(OH) ₃ ⁻	1x10 ⁻⁸	
Bismuth (Bi)	BiO ⁺ , Bi(OH) ₂ ⁺	2x10 ⁻⁸	Niet bewezen als essentieel element
Goud (Au)	AuCl ₂ ⁻	4x10 ⁻⁹	
Zilver (Ag)	AgCl ₂ ⁻	0.00000004	
Uranium (U)	UO ₂ (CO ₃) ₂ ⁺	0.00000320	

Op basis van deze definitie vallen elementen als Barium, Vanadium, Chroom, Molybdeen, IJzer, Koper, Nikkel, Aluminium, en Jodium onder de sporen elementen, terwijl Mangaan, Kobalt, Zilver, Goud, Kwik, en Uranium onder de ultra sporen elementen vallen. Echter, omdat deze onderverdeling van weinig belang is voor een aquariaan, zal hier niet verder op in gegaan worden.

Tabel 1. Sommige sporen elementen, de concentratie in zeewater bij een saliniteit van 35‰, en geselecteerde biologische functies (Spotte 1979; Glaser 2008; Brockman 2009) Alle nu bekende elementen worden in de zee gevonden, maar slechts 10% van deze hebben een significante invloed op de zout hoeveelheid, en vandaar de dichtheid, van zeewater.

Biotop gerelateerde variatie in concentratie

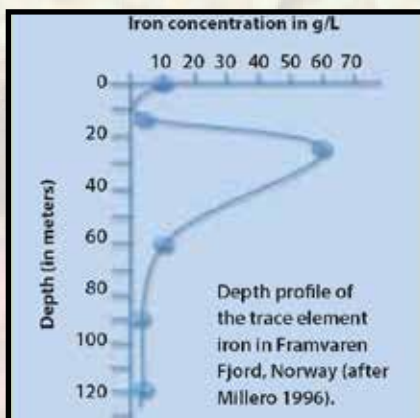
De concentraties zoals genoemd in Tabel 1 zijn gemiddelde waarden voor oceaan water. Het is echter belangrijk op te merken dat de concentratie van een element behoorlijk kan variëren afhankelijk van de regio waar het genomen is. Bij voorbeeld, de gemiddelde concentratie in de Atlantische Oceaan van het element Koper (gemiddeld 0.5 µg/l) is daar 0.108 µg/l, maar is 0.172 µg/l in de Pacific. Dit is een verschil van 160% tussen twee oceanen en 290-460% met het overall gemiddelde. Het is hoger bij de oppervlakte wateren van de open oceaan (0.245 µg/l) dan in de kust zones (0.076 µg/l; Millero 1996). De concentratie van een sporen element kan ook lokaal erg verschillen. Rejomon et al. (2007) onderzocht de

concentratie van verschillende sporen elementen in de oppervlakte wateren van de Golf van Bengale (oost kust van India) op 12 meet stations verspreid over een afstand van ongeveer 1138 mijl (1500 km). Ze maten ijzer concentraties tussen 0.78 en 3.28 µg/l (variatie=420%). Ze hebben ook koper concentraties gemeten tussen 0.44 µg/l en 1.98 µg/l. In het laatste voorbeeld was de variatie rond de 450%.



Koper is een effectieve medicatie tegen verschillende vis ziekten, maar overdosering kan dodelijk zijn.

Maar de concentratie van een sporen element kan niet alleen bij het oppervlakte water variëren maar ook met toenemende diepte. Millero (1996) geeft hiervan verschillende interessante voorbeelden, waarvan ik er een hier zou willen noemen. De concentratie van ijzer in het oppervlakte water van de Framvaren Fjord in Noorwegen was 10.05 µg/L. Het nam af tot 3.35 µg/L op 40 voet (12 m) diepte, nam weer toe tot 60 µg/L op 83 voet (25 m).



Veel sporen elementen zijn essentieel voor levende organismen. De algen symbiose met koralen - dit is *Stylopora pistillata* - heeft koper nodig voor fotosynthese, terwijl het koraal zink nodig heeft om genetische informatie te ontcijferen en te versturen.





Stylopora pistillata

Hierna nam de concentratie geleidelijk af tot ongeveer 200 voet (60 m) waar het weer gelijk was aan het oppervlakte water, en bij 300 voet (90 m) diep was het slechts 1.12 µg/L. Deze concentratie bleef dan constant tot 560 voet (170m) diepte.

Er zijn, echter, ook verschillende concentratie profielen afhankelijk van lokale condities.

Bij voorbeeld, de nikkel concentratie in het Noordelijk Atlantisch gebied of de seleen concentratie in de Pacific kan in het begin hoger worden met toenemende diepte, voordat het uiteindelijk constant wordt onder 3290 voet (1000 m) diepte. De redenen voor zulke variabele concentraties zijn legio.

De invloed van rivieren of loskomen van opgeloste mineralen van sedimenten kunnen een rol spelen, als wel neerslag op het substraat, gebruik of verrijking door organismen, en het zuurstof gehalte en/of redox potentiaal van het water.

Biologische functionele en niet functionele sporen elementen.

De term “sporen elementen” op zich zegt niets over het biologische belang van de betrokken stof; tot nu toe zijn er voor velen van deze mineralen, inclusief lood, kwik, goud, en uranium geen biologische functies ontdekt.

Vandaar dat op basis van de huidige wetenschappelijke kennis deze elementen niet interessant zijn voor de zeewater aquarium hobby.

De zaak ligt heel anders als we kijken naar de sporen elementen waarvan bekend is dat ze van groot belang zijn voor de fysiologische processen van organismen. Voorbeelden hiervan zijn: ijzer, zonder dit kan het zuurstof transport bij lagere dieren niet functioneren; zink, wat essentieel is voor de overdracht van genetische informatie; jodium, zonder dit kan het thyroid hormoon thyroxin niet functioneren; en koper, dat een rol speelt bij fotosynthese en bij redox enzymen. Elementen zoals deze, die onmisbaar zijn voor het overleven van bepaalde organismen, worden essentiële sporen elementen genoemd.

Dualismen bij sporen elementen
Het laatste deel van de inleiding van

dit artikel zal gaan over het dualisme van een aantal sporen elementen.

Als we kijken naar het concentratie gebied van een sporen element, is het soms mogelijk deze ruwweg in drie gebieden te verdelen. De eerste vertegenwoordigt de concentratie van een bepaald element die minimaal is voor een bepaald organisme. De tweede is de concentratie die een bepaald organisme kan tolereren zonder negatieve effecten te laten zien, en het derde laat de concentratie zien waarboven het element giftig is voor een bepaald organisme.

Op het eerste gezicht lijkt dit erg eenvoudig, maar als we zien dat de potentiële schade van een mineraal element ook bepaald wordt door factoren als tijd van blootstelling en andere oorzaken van stress, dan wordt het duidelijk dat deze zaak complexer is. Ik zou als voorbeeld nog eens terug willen gaan naar koper. Koper speelt een belangrijke rol bij fotosynthese en is in een aantal redox enzymen aanwezig, en is daarom een van de belangrijke sporen elementen.



REEFSECRETS

10

Koper wordt ook gezien als het belangrijkste middel tegen Amyloodinium infectie (witte stip of fluweel ziekte) bij onze koraal vissen. Een dosering van ongeveer 0.3 mg/l wordt aanbevolen om deze ziekte te behandelen (bedenk wel dat dit bijna gelijk is aan de LD50 voor het zoetwatervisje *Xiphophorus helleri*; zie hieronder).

Dus wat is de oorzaak van de giftigheid van koper? Er is over dit onderwerp veel interessant onderzoek gedaan door o.a. James (2003), bij de zwaarddrager (*Xiphophorus helleri*), een vis die erg bekend is bij alle zoetwater aquarianen. De effecten van koper vergiftiging zijn veelvoudig. Vijftig procent (LD50) van de onderzochte diertjes stierven bij een koper concentratie van 361 µg/l. Niet dodelijke (sublethal) dosering van koper leidde tot een afname van voedsel opname en stofwisseling, zowel als gewichtsafname van de geslachtsklier (gonad) en voortplanting. Daarentegen steeg de zuurstof behoefte. Vrouwelijke zwaarddragers die gehouden werden bij een koper concentratie van 40 µg/l maakten significant minder juvenielen dan vrouwtjes in de controle groep, en bij een koper concentratie van 120 µg/l kwamen gedurende een periode van 140 dagen slechts 17 jonge zwaarddragers per vrouwtje ter wereld, in tegenstelling tot 228 bij de

vrouwtjes in de controle groep. De LD50 waarde is ook bekend voor een aantal zeewater vissoorten. Zo is, als voorbeeld, de waarde voor de *Bluetail Mullet*, *Mugil seheli*, een dosering van 1,64 mg/l gedurende een periode van 96 uur (Abou El-Naga 2005).

Zulke concentraties zijn absoluut dodelijk voor de meeste lagere dieren. Het steenkoraal *Acropora cervicornis* vertoont significant minder groei bij een koper concentratie van slechts 20 µg/l, het steenkoraal *Pocillopora damicornis* al bij 4µg/l (Bielmyer 2010); let wel dat de gemiddelde koper concentratie in zeewater 0.5 µg/l is. Exemplaren van *Pocillopora damicornis* en *Montipora verrucosa* die blootgesteld werden aan een koper concentratie van 10 µg/l stierven al binnen een blootstelling van zes dagen, en in onderzoek uitgevoerd door Jones (1997), begonnen fragmenten van *Acropora formosa* binnen zes uur te bleken bij een koper concentratie van 80 µg/l en waren bijna wit na 24 uur; 24-36 uur na het begin van het experiment waren alle onderzoekdieren dood. Als de koper concentratie verminderd werd naar 40 µg/l, begon het koraal binnen 24 uur niet te bleken. Maar ook in dit experiment stierven vier van de vijf exemplaren binnen 24-36 uur. Deze gegevens laten duidelijk zien dat koper, alhoewel essentieel voor leven, boven een bepaalde

concentratie ook erg giftig is voor koralen. Medicatie met koper zou nooit toegepast moeten worden in rif aquaria die lagere dieren bevatten. Echter, een ander probleem is dat het niveau waarbij koper een giftig effect heeft van dier tot dier varieert, en het kritische niveau voor veel organismen onbekend is. Dit betekent ook dat dosering met sporen element oplossing, in het bijzonder die koper bevatten, met grote voorzichtigheid gebruikt moeten worden. De dosering instructies die door de fabrikant gegeven worden moeten altijd opgevolgd worden, omdat iedere fout snel en regelmatig zal leiden tot onherstelbare schade.

Referenties

- Abou El-Naga, E.H., K.M. El-Moselhy, and M.A. Hamed. 2005. Toxicity of cadmium and copper and their effect on some biochemical parameters of marine fish (*Mugil seheli*). *Egyptian Journal of Aquatic Research* 31: 60–71.
- Bielmyer, G.K. et al. 2010. Differential effects of copper on three species of scleractinian corals and their algal symbionts (*Symbiodinium* spp.). *Aquat Toxicol* (in press), doi: 10.1016/j.aquatox.2009.12.021.
- Bingman, C. 2000. Fluoride depletion in four Reef Aquariums. *Aquarium Frontiers On-Line*, <http://members.home.net/kevdone/AF/Articles.html>.
- Brockmann, D. 2009. *Das Meerwasseraquarium—Von der Planung bis zur erfolgreichen Pflege*, 2nd edition. Natur und Tier Verlag, Münster, Germany.
- Fosså, S. A. and A. J. Nilsen. 2010. *Das Korallenriff-Aquarium*, vol.1 Natur und Tier Verlag, Münster, Germany.
- Glaser, A. 2008. *Ratgeber Meerwasserchemie: Theorie & Praxis für Aquarianer*. Rüdiger Latka Verlag, Marxzell, Germany.
- James, R., K. Sampath, and D.S. Edward. 2003. Copper toxicity on growth and reproductive potential in an ornamental fish, *Xiphophorus helleri*. *Asian Fisheries Science* 16: 317–326.
- Jones, R.J. 1997. Zooxanthellae loss as a bioassay for assessing stress in corals. *Mar Ecol Prog Ser* 149: 163–171.
- Millero, F.J. 1996. *Chemical Oceanography*. CRC Press, London, New York.
- Rejomon, G., K.K. Balachandran, M. Nair, and T. Joseph. 2007. Trace metal concentrations in marine zooplankton from the western Bay of Bengal. *Appl Ecol Env Res* 6: 107–116.
- Spotte, S. 1979. *Seawater Aquariums: The Captive Environment*. John Wiley & Sons, New York.



Styloporora pistillata

