



ReefSecrets 4

Online magazine verschijnt 4x per jaar

december
2014

In deze uitgave:

Van de Redactie, 3

De Eiwitafschuimer, deel 2, 5

Koralen Rif aquarium, 11

Raadsels van water en leven, 23

Oud wordt weer actueel, deel 2, 25

Old Tank Syndrome, 35

Siluur en Devoon, 43





Van de Redactie

Om de lange winteravonden nuttig door te brengen, bieden we u het vierde magazine van 2014 aan.

We beginnen met het tweede deel van Eric Borneman's artikel "Oud wordt weer actueel" over nitraatbeheersing, Deep Sand Beds, Vodka en nog veel meer wijsheden die we als goede zee-aquariumliefhebber moeten weten.

Dan volgt het tweede deel van een zeer diepgaand artikel over de eiwit-afschuimer van de helaas veel te vroeg overleden Adriaan Briene. In ons volgend magazine krijg je van dit artikel het derde en laatste luik.

Met een kort en luchtig artikel over water gaan we daarna over naar een artikel van Fossa en Nilsen, bewerkt door onze redacteur Henk de Bie over het ontstaan en de ontwikkeling van neteldieren.

Dit geeft inzichten in hoe we deze dieren in het aquarium moeten houden en verzorgen.

We vervolgen met een artikel van Julian Sprung over het Old Tank Syndrome. Wee de liefhebber die de raad van Julian in de wind slaat!

Hij zal steevast geconfronteerd worden met een crash van alles wat hij lief heeft in zijn aquarium.

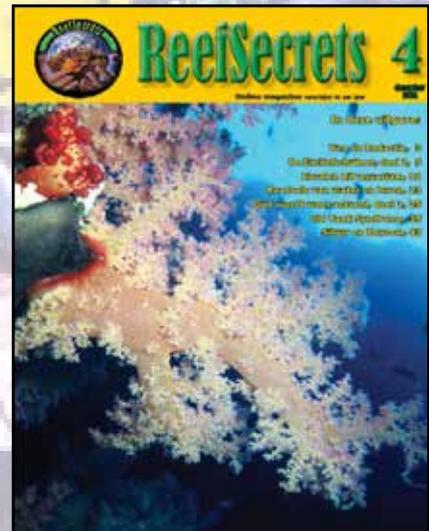
Dit artikel is een must voor elke zee-aquariumliefhebber die gedurende meerdere jaren plezier van zijn hobby wil hebben.

Tot slot duiken we terug in de tijd en gaan we kijken waar en wanneer de koraalriffen en hun bewoners ontstaan zijn.

Vanaf 2015 gaan we de website en de magazines in een nieuwer en modern kleedje steken.

De redactie en het IT-team zijn volop bezig met het werk achter de schermen.

De redactie en het bestuur van Reef Secrets wenst al haar leden en lezers



Bij de voorplaat: Dendronephthya klunzingeri uit de Rode zee, Albert Kok - ma photo

REEFSECRETS

3

prettige eindejaarsfeesten en een voorspoedig 2015 met veel hobbyplezier!



HUSTINX AQUARISTIEK



Op 1200m² vindt u:

- Topkwaliteit in zeevissen, lagere dieren en koralen
- Enorme keuze in tropische vissen, discussen, L-nummers & planten
- Aquariums van de beste merken & aquariums op maat
- Voeders & materialen van de beste kwaliteit en deskundig advies

Openingsuren: ma. di. do. vr. 13u - 19u **TEL. 011 / 210082** info@hustinx-aquaristiek.com
 za. 10u - 18u | zo. 10u - 13u **Vildersstraat 26** Website met webshop:
 op woensdag en feestdagen gesloten **3500 Hasselt** www.hustinx-aquaristiek.com



Marine Corals

Vildersstraat 26
 3500 Hasselt
 011 210082
info.marinecorals@gmail.com

OPENINGSTIJDEN
 maandag tot vrijdag: 12:00 - 19:00
 zaterdag en zondag: 10:00 - 20:00
 donderdag - sluitingsdag

Nieuw op Facebook

mooi aanbod koraal - vis - voeding - lagere dieren - zout & veel meer

door Adriaan Briene

REEFSECRETS

5



Een aantal venturi afschuimer. Die grijze lucht potten met dat slangetje eraan zijn geluiddempers om het aanzuiggeruis van de lucht te dempen. Stil zijn ze dus niet maar wel compact!

In het vorige magazine konden we lezen dat een afschuimer in hoofdzaak uit drie delen bestaat:

De "bellengenerator" oftewel bellenblazer, het deel dus waar fijne luchtbelletjes worden gemaakt. Het contactdeel, waar water en lucht intensief met elkaar in aanraking komen. Het afschuimdeel, waar het ontstane schuim gescheiden wordt van het water. We kijken eerst eens naar de "bellenblazer".

De "bellengenerator", we gaan bellen blazen

Het hart van elke eiwitafschuimer is de "bellenblazer". En daarvoor zijn al heel wat originele apparaten en systemen ontworpen. Die bellenblazer moet dus bellen zien te maken van 1-2 mm grootte. En natuurlijk zoveel mogelijk bellen! Theoretisch (de berekening zal ik jullie besparen) krijg je maximaal 52% aan bellen in het water, hoe groot of hoe klein je de bellen ook maakt, meer lukt je niet. In de praktijk bestaat ca. 15-20% van het volume van het water/lucht mengsel in een eiwitafschuimer uit lucht. De standaardwaarde van de calculator staat daarom ook op 16%

De belangrijkste systemen om bellen in het water te krijgen zijn:

- Luchtpomp met uitstroomsteen
- Waterpomp met venturi
- Waterpomp met injector
- Waterpomp met naaldrad

Hoe al die principes werken om lucht fijn verdeeld in het water te krijgen, daar komen we nog op. Maar wat doet al die lucht die we inbrengen met ons aquarium? Die fijne luchtbelletjes nemen de afvalstoffen mee uit onze bak, dat is natuurlijk ook de bedoeling. Maar er gebeurt meer:

Zuurstof wordt de bak ingebracht

Door de fijne luchtbelletjes wordt zuurstof ingebracht er ontstaat een zuurstof evenwicht met de atmosfeer. Bij 24 °C is er normaal zo'n 7 mg/l zuurstof aanwezig. Is er minder aanwezig dan zal de afschuimer helpen meer zuurstof in te brengen.

CO₂ en afschuimen

Ik ben een jaar geleden thuis eens aan het meten geweest met een CO₂ meter van het werk. Nou, dit kwam eruit... een waarde van 792 ppm aan CO₂. Terwijl je buiten zo'n 360-400 ppm meet. Dat betekent bij goede afschuiming en evenwicht van de bak met de atmosfeer sowieso een 1,2 mg/ltr CO₂ in het water. Bij slechte afschuiming zal dat nog meer zijn. Wat doet dat met de pH?

Nou bij KH=6 vinden we volgens de

[CO₂ calculator](#) en 0,5 mg/ltr CO₂ een pH van 8,15 (op de "zeewater"stand). Bij KH=6 en 1,2 mg/ltr vinden we een pH van 7,76

Dat scheelt toch behoorlijk. Nogmaals, let dus op waar je de lucht weghaalt.

Kooldioxide wordt afgevoerd

Door het inbrengen van lucht zal er een CO₂ evenwicht met de atmosfeer ontstaan. Daarover is veel meer te lezen op de begin pagina over CO₂. Speel daar dan ook even met de calculator. In de buitenlucht zit ca. 0.036% CO₂ (360 ppm). Bij evenwicht met de atmosfeer betekent dit een CO₂ gehalte in de bak van 0,5 mg/ltr.

Maar in een normale woning zijn de waarden van 450-600 ppm niet ongewoon. Nou bij 600 ppm zit er al 0,9 mg/ltr CO₂ in de bak. En hoe meer CO₂ des te lager de pH. Voor de pH in de bak kan het dus zo een paar tiende schelen of we verse buitenlucht of bedompte binnenlucht door de afschuimer jagen.

De ingebrachte lucht zal de bak opwarmen of afkoelen

Net zoals CO₂ het CO₂ gehalte in de bak kan beïnvloeden kan ook de temperatuur van de lucht die we inblazen de bak beïnvloeden. Warme lucht inblazen in de zomer betekent



een warmere bak. Ook dus weer een reden om te kijken, waar haal ik mijn lucht vandaan? Surprise!!

Nee dus!! Het klinkt allemaal wel logisch maar warme lucht zal de bak echt bijna niet opwarmen. Lucht heeft t.o.v. water een zeer kleine massa (1,2 t.o.v. 1000 kg/m³) en een kleine soortelijke warmte (1 t.o.v. 4,2 kJ/kg K). Als we 1000 l/h water door een afschuimer jagen, en die neemt 20%, dus 200 l/h lucht van 30°C mee dan zal water van 25°C daardoor maar 0,3 Watt vermogen toegevoerd krijgen... . Verwaarloosbaar dus. Het is zelfs omgekeerd. Door de eiwitafschuimer zal wat meer water verdampen en daardoor zal, ondanks de hogere luchttemperatuur, warmte afgevoerd worden! (Adiabatische koeling noemen we dat.)

In de lucht aanwezige deeltjes kunnen in de bak worden gebracht

Als we in de kamer aan het schilderen zijn, dan worden die dampen vrolijk aangezogen en via de afschuimer de bak ingebracht. En dat kan fout aflopen. Dus in zo'n geval de werkzaamheden buiten uitvoeren, of de afschuimer tijdelijk even uitschakelen.

Het contactdeel

Na het fabrieken van al die luchtbellens, willen we ervoor zorgen dat het water en luchtmengsel zo lang mogelijk met elkaar in aanraking blijft. We konden al lezen dat door voor de watersnelheid, luchtbellens grootte, diameter en hoogte van het contactdeel van groot belang zijn. Maar hoe lang moeten we die contacttijd eigenlijk maken? Is een paar seconden genoeg of moet het enkele minuten zijn?

Het blijkt dat sommige stoffen zich zeer snel aan een luchtbel binden, andere stoffen weer erg langzaam. Afschuimers die onder een aquarium staan moeten vaak zeer kort gehouden worden en kennen daardoor, dat kan niet anders, korte verblijftijden. Bij zulke afschuimers zullen die langzaam bindende stoffen dus minder effectief afgescheiden worden dan bij de langere versies. Gelukkig kan naast het afschuimen het (beperkt) filteren over kool meehelpen ook deze stoffen kwijt te raken.

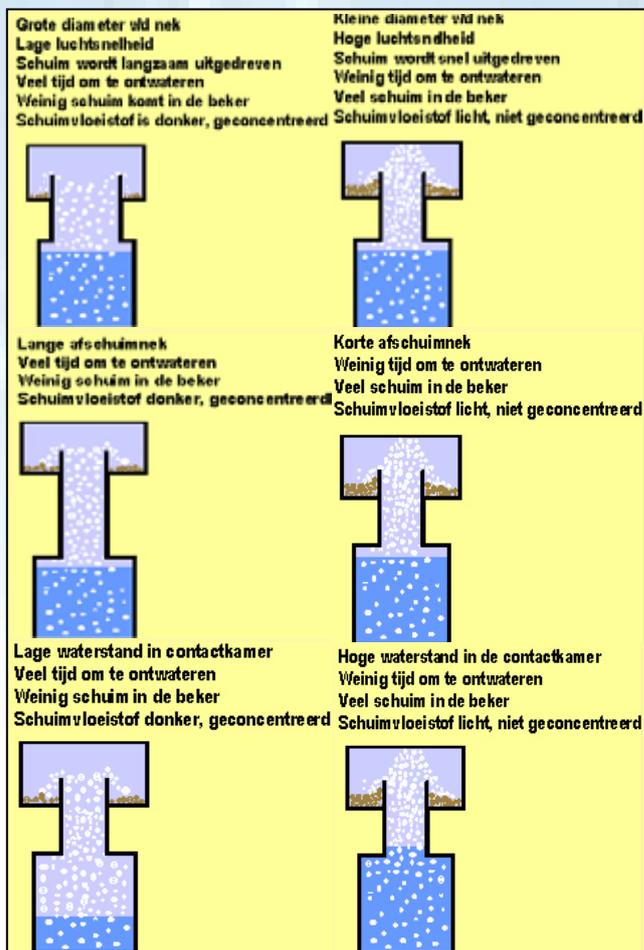
Er zijn nog andere factoren die in het contactdeel van de afschuimer het afschuimproces beïnvloeden. Vettigheid vermindert de effectiviteit van de afschuimer, een goede reden om ook het contactdeel een paar keer per jaar te reinigen om zo de aangekoekte laag op de wanden weer te verwijderen. Maar ook zaken als Calciumgehalte, aanwezigheid van nucleï en de pH spelen een rol. Een hoger calciumgehalte zal een verbetering te zien geven in het afscheiden van organisch gebonden fosfaten. Klein aanwezig zweefvuil vormen kernen (nucleï) waaraan zich vuil kan hechten die aan de luchtbelletjes blijven kleven. Als er veel van die nucleï aanwezig zijn zal de afschuimer ook effectiever werken. Er zijn systemen waarbij hiervan gebruik wordt gemaakt door druppelsgewijs een zeer fijne klei/leem suspensie aan de afschuimer toe te voeren. De pH waarde speelt ook een belangrijke rol omdat de vorm waarin bepaalde moleculen voorkomen beïnvloed worden door de pH. Sommige stoffen zijn bijvoorbeeld bij lage pH's niet polair en laten zich nau-

welijks afschuimen. Bij hogere pH's onttollen ze zich en laten zich wel afschuimen.

Een andere wat lastiger factor is turbulentie. Veel turbulentie (wervelingen) in het water geeft een langere contacttijd maar te grote turbulentie kan er ook voor zorgen dat deeltjes weggeslagen worden van de aanhechtingen op de luchtbellens. En dan hebben we juist het tegenovergestelde bereikt van wat we willen. Op dit punt verliezen de afschuimers met lage bouwhoogte (Door veel turbulentie toch nog lange contacttijd) het toch van de hoge modellen.

Het afschuimdeel

In het contactdeel zijn de af te scheiden stoffen samengeklonterd aan de luchtbelletjes. En die "vuile" belletjes willen we nu wel graag scheiden van het schone water dat terug kan naar het aquarium. Nou dat is gelukkig nogal simpel om te doen. Die schuimbellen willen door hun lichte gewicht t.o.v. water toch omhoog om op het water een schuimlaag te vormen. Door boven op het contactdeel een koker te plaatsen met een wat kleinere diameter wordt het schuim omhoog gedrukt en door de ontwijkende luchtstroom meegenomen de schuimbeker in. Maken we de diameter van de stijgnek te groot, dan is de luchtstroom te klein om het schuim snel uit de afschuimer te drukken. De afschuimcapaciteit loopt dan terug. Is de diameter van de nek te klein dan wordt de luchtsnelheid in de nek te groot en spuit het schuim te hard in de beker en wordt ook teveel water meegenomen. De schuimbeker kan dan in extreme situaties zelfs overstromen.



We kunnen zelf ook invloed uitoefenen of we donker of licht afschuimvloeistof (skimmate) willen hebben. Voeren we minder lucht toe, bijvoorbeeld door de luchtslang naar de venturi of de luchtpomp te knippen dan krijgen we hetzelfde effect als een grotere diameter, minder skimmate, maar wel geconcentreerder.

Over het algemeen genomen stellen we een afschuimer zo af dat het skimmate lichtbruin, goudkleurig is.

De lengte van de afschuimnek is ook van belang. Hoe hoger we dit deel maken, des te minder schuim we in de beker krijgen. Maar het schuim dat in de beker komt is wel geconcentreerder. We kunnen ook zeggen:

- Lange afschuimnek, minder schuim in de beker maar meer geconcentreerd
- Korte afschuimnek, meer schuim in de beker, maar minder geconcentreerd

Eigenlijk zouden we de hoogte van het afschuimgedeelte dus willen regelen, nou bij veel afschuimers kan dat, namelijk door de waterhoogte in de afschuimer zelf te veranderen. Een lage waterhoogte geeft een lang afschuimdeel. Een grote waterhoogte geeft een kort afschuimdeel. Ook systemen met een verschuifbare nek zijn mogelijk. Het meest simpele is natuurlijk om een regelkraan in de afvoerpijp te plaatsen (Zie schema van de downdraft afschuimer). Hoe meer we de regelkraan smoren des te hoger de waterstand in de afschuimer.

Groot nadeel is dat de capaciteit ook terugloopt. En dat zo'n kraan vaak lastig is in te regelen. Moet er toch met een kraan geregeld worden dan werkt een schuifafsluiter beter dan een kogelkraan omdat die preciezer is in te stellen. Het beste systeem is nog een (evt. in hoogte verstelbare) omgekeerde U-vormige buis, ook wel bekend als de Hartford loop. Hoe groter de diameter van de afvoerpijp, des te constanter het niveau in de afschuimer.

Nou denk je, och dat waterniveau dat hoeft dus maar één keer ingesteld worden en dat is het dan.... Nou niet altijd. Bij de ene afschuimer blijf je continue aan het afstellen, bij de andere stel je het inderdaad één keer in, en klaar is kees. Dus maar een paar aandachtspunten om een zo continue mogelijk waterniveau in de afschuimer te houden:

Wisselende capaciteit afschuimerpomp

Voorals venturipompen zijn hiervoor nogal gevoelig. Als ze wat aankoeien loopt de flow sterk terug, en daalt het waterniveau. Bovendien zakt niet alleen de waterhoeveelheid maar wordt dan ook minder lucht meegenomen. Dat zorgt ervoor dat het waterniveau nog eens extra daalt. Minder lucht in de waterkolom betekent immers ook een lager waterniveau.

Wisselende capaciteit luchttoevoer

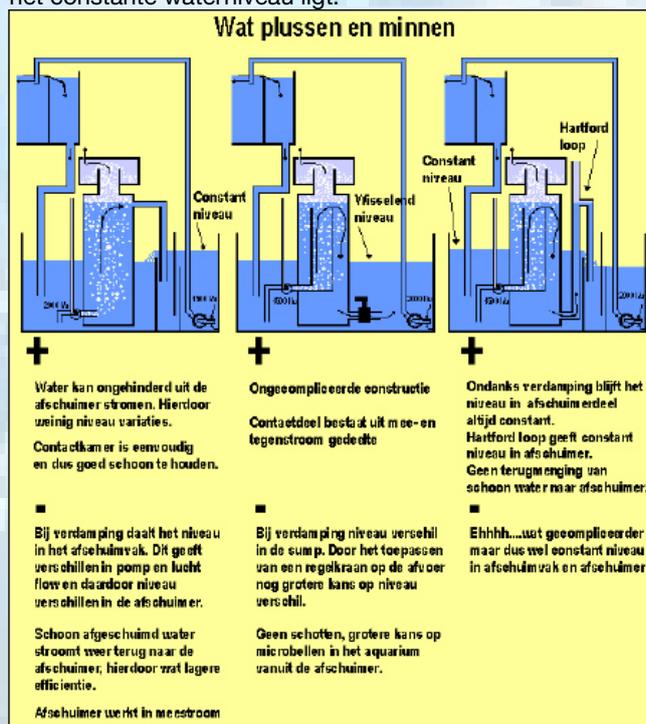
Uitstroomstenen die langzaam gaan verstopen of de lucht-aanzuiging van een venturi die verstopt raakt. Elke verandering in de hoeveelheid aangezogen lucht betekent ook een verandering in de waterstand in de afschuimer. Dat betekent dus regelmatig de uitstromers vervangen of de venturi schoonblazen, of schoonspoelen.

Te grote weerstand in de wateruitloop

Door kranen of te kleine leidingen in de waterafvoer heeft elke extra weerstand, bijv door vervuiling direct invloed op het waterniveau in de afschuimer. Hoe groter de leidingdiameter, en het liefst geen kranen (Hartford loop is ideaal) des te geringer het effect van veranderende water en lucht debieten en des te constanter het waterniveau. Beter twee grote uitlopen, dan één. Vooral dit punt is belangrijk voor een probleemloze werking. Nou ja, veel tekst allemaal, misschien wordt een en ander in het schema hieronder nog wat duidelijker.

Wisselend waterniveau in de sump

Door verdamping kan het waterniveau in de sump wisselen. Als we de schotten dan net verkeerd hebben staan, hebben we niet alleen een wisselend waterniveau in de sump, maar ook in de afschuimer, en blijven we aan het afstellen. De eiwit afschuimer in een sump dus altijd in het compartiment plaatsen met de hoogste waterstand, zie ook het schema hieronder. In het schema zien we ook de invloed die het afstemmen van afschuimer en circulatiepomp heeft op waar het constante waterniveau ligt!



als in het eerste schema hierboven, dan krijgen we in de sump zelf een stroming vanuit het pompvak terug naar de afschuimer. Verdamping wordt opgevangen in het afschuimervak, daar krijgen we wisselende waterniveau's. Niet ideaal dus.

In het meest rechtse schema zien we dat de afschuimer pomp minder doet dan de recirculatiepomp. In de sump krijgen we een stroming vanuit afschuimervak naar pompvak. Verdamping wordt in het pompvak opgevangen en we hebben een constant niveau in het afschuimvak. Stuk beter! Om vuilafzetting op de wanden te voorkomen en vuil snel te kunnen afvoeren zijn er ook systemen bedacht waarbij men water langs de wanden van de afschuimernek laat stromen. Hierdoor blijft het schuim niet aan de wand plakken en wordt

het snel en effectief afgevoerd. Deze constructie staat ook wel bekend als een "wetneck" een "Nathals", vrij vertaald in het Nederlands. De bovenstaande afbeeldingen geven het principe, en de praktijk weer. Ook andere "spoelsystemen" zijn mogelijk. Deltec kan op de grotere systemen een soort sproeisysteem leveren dat de wanden schoonspoelt.



Bij zoetwaterafschuimers zien we vaak een heel andere afschuimconstructie.

Omdat de belletjes in zoet water over weinig stabiliteit beschikken wordt het schuim niet door één kokor maar door meerdere afschuimkokers geleid met een kleinere diameter waardoor de belLEN minder gauw uit elkaar vallen. De foto hiernaast geeft een voorbeeld van zo'n constructie.

Afschuimers, maar dan anders...

We gaan even wat theoretischer worden. Voor diegene die dat allemaal niet trekt, die mag direct naar het volgende hoofdstuk over de afschuimer types. Voor de die-hards, volhouden want er zijn wel leuke dingen uit te halen.

Al de eerder genoemde afschuimer opzetten halen verontreinigd water binnen, en schoon water verlaat de afschuimer. Het water dat de binnenhalen heeft een bepaalde concentratie verontreinigingen. Die noemen we eens CT (Concentratie toevoer) Het water dat de afschuimer verlaat noemen we CR (Concentratie retour).

Als we de toevoerconcentratie (CT) als constant zien, dan is het logisch als we zeggen hoe lager de concentratie in de retour (CR), des te beter werkt de afschuimer. Het verschil, concentratie afvoer (CA) verlaat de afschuimer. Dus ook hoe groter CA, des te beter werkt een afschuimer. We mogen schrijven:

$$CA = CT - CR$$

Voor een standaard afschuimer opzet zoals we die altijd bij zeewater en zoetwater aquaria tegenkomen gelden dan de onderstaande twee formules:

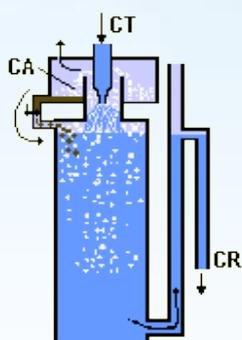
$$CA = CR + (G \times S \times TR)/QS$$

$$CR = CT - (G \times S \times TR)/QW$$

CA Concentratie afvoer schuim
CR Concentratie retour

CT Concentratie toevoer
G Lucht hoeveelheid
S Verhouding oppervlakte luchtbel/volume luchtbel
TR Oppervlak overschot wanneer schuimoplossing in evenwicht is met CR
QS Afgeschuimde hoeveelheid, zonder lucht
QW Toegevoerde water hoeveelheid

Nou eens even kijken of er wat logica in de formule zit.



We zeiden al: $CA = CT - CR$ en dus ook $CR = CT - CA$
En de schuimconcentratie is dus: $CA = (G \times S \times TR)/QW$

Dit betekent dus dat als we een hogere concentratie schuim (CA groter) willen, en daardoor ook schoner water krijgen (CR lager) we de onderstaande dingen kunnen doen:

- G groter maken Meer lucht toevoeren
- S groter maken Kleinere belLEN maken zodat verhouding oppervlak/volume beter wordt
- TR groter maken Zorgen dat er meer vrije plaatsen zijn op de belLEN om vuil te laten hechten (lastig te beïnvloeden)
- QW kleiner maken

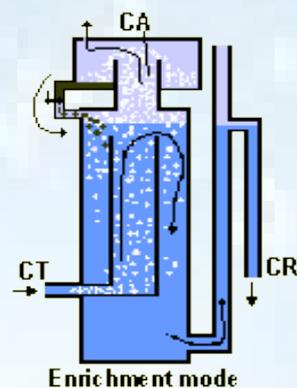
Minder water door de afschuimer sturen.

Nou dat klinkt logisch en de effecten van meer lucht, minder water konden we ook al in de calculator merken. Het wordt dan eens tijd iets onlogisch te doen, we gaan een deel van de afgeschuimde massa weer terugvoeren. De formules worden dan:

$$CAI = CR + (G \times S \times TR)/QSI \quad \text{QSI} \quad \text{Afgeschuimde hoeveelheid die niet teruggevoerd wordt}$$

$$CR = CT - (G \times S \times TR)/QWI \quad \text{CAI} \quad \text{Concentratie in afgevoerde hoeveelheid schuim}$$

Wat we hier hebben is een afschuimer die in "enrichment mode", oftewel in verrijkingsbedrijf werkt. Het valt bijvoorbeeld op dat de onderste formule niet verandert. Oftewel het uit de afschuimer komende water wordt niet schoner door onze actie. Maar waarom zouden we dan schuim terug gaan voeren?



Nou, de reden is dat de concentratie van afvalstoffen in het schuim wel groter wordt! En hoe meer afvalstoffen in het water, des te beter wil een eiwitafschuimer schuim produceren. (Tot alle aanhechtingsplaatsen bezet zijn, en het schuim doodslaait).

Maar wanneer kom je deze situatie dan tegen? Bij oversized afschuimers, een bak met zeer lage organische belasting. Door schuim bij te mengen

zal zo de afschuimer toch in een beter werkingsgebied komen bij zoetwater. Schuimvorming in zoetwater is nogal problematisch. Hoe viezer het water, hoe beter het lukt om toch schuim te krijgen, door het terugvoeren lukt het ons beter een hogere concentratie te krijgen en zo ondanks het zoete water toch een afschuimer aan de praat te houden. Ik heb er wat mee geëxperimenteerd op m'n eigen zoetwaterafschuimer, en inderdaad het schuimt werd wat stabielier! En dan gaan we nog een stap verder, We zagen al dat we bij een Wetneck een deel van het water in de afschuimhals

toevoeren. Wat als we nu al het water in zo'n hals toevoeren en niet een beetje langs de rand?

De formules worden dan:

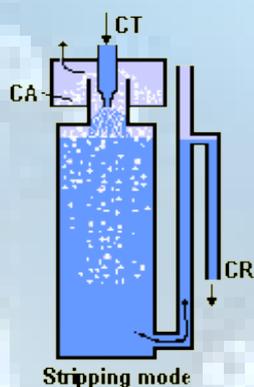
$$CA = CT + (G \times S \times TT)/QS \quad \text{TT} \quad \text{Oppervlak overschot}$$

wanneer schuimoplossing in evenwicht is met CT

$$CR = CT - (G \times S \times TT)/QW$$

Deze bedrijfswijze wordt ook wel "stripping mode" genoemd. Het water wordt als het ware gewassen door het aanwezige schuim. Bij de enrichment mode kregen we geen schoner water eruit. Hier doen we het wel want de factor TT is altijd groter dan de factor TR.

En vind je dit principe ook terug in onze eiwitafschuimers?



Nou, het beste voorbeeld zijn de downdraft en de Beckett afschuimers waarbij het vuile water in een lange kolom met lucht wordt gemengd. In die kolom vind al de schuimvorming plaats. Zie straks ook de beschrijvingen van die systemen.

Maar algemeen zit in deze formule ook opgesloten dat je eigenlijk het beste het vuilste water direct met schone lucht

in aanraking kunt laten komen, eigenlijk komt hier naar voren dat tegenstroom effectiever is dan meestroom bedrijf.

Nog meer?

Nou de meesten zullen al wel lang afgehaakt zijn, verbaasd me niks. Maar toch..... als we de stripping en de enrichment mode allebei combineren, dan krijgen we toch het beste van beide werelden nietwaar?

De formules worden dan:

$$CAI = CT + (G \times S \times TT)/QSI$$

$$CR = CT - (G \times S \times TT)/QW$$

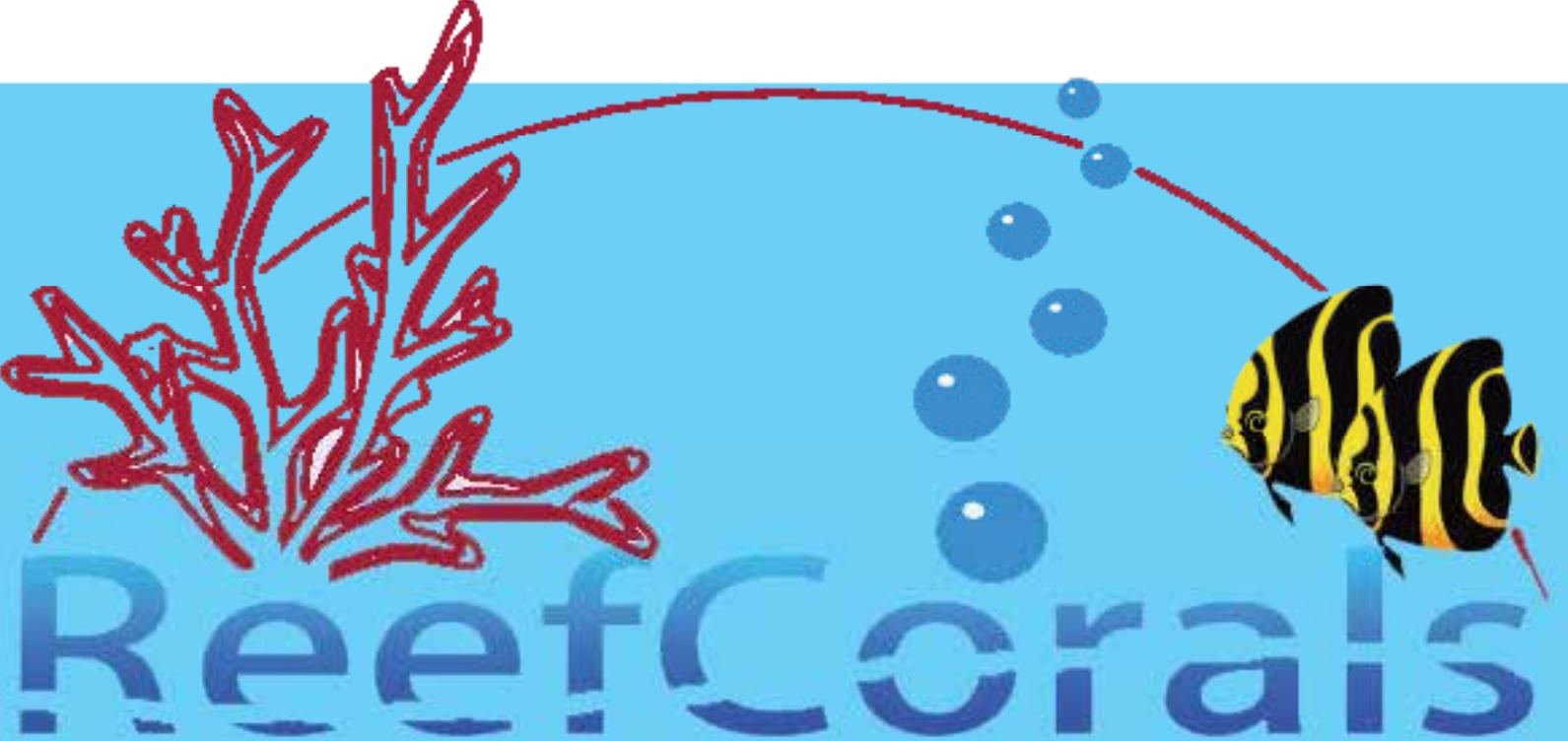
Door deze gecombineerde opstelling hebben we dus EN een hogere interne concentratie afvalstoffen in de afschuimer waardoor deze eerder op gang komt, EN we krijgen bovendien een lagere uitgangskoncentratie van afvalstoffen. Ook deze opstelling heb ik voor zoetwater gebouwd. Maar jah....hoe meet ik de verschillen? Werkt prima Ik wou het eens proberen a.d.h van redox waarden. En dan maar eens een zee-opstelling bouwen.

Nou ja, genoeg theoretisch geleuterd. Het volgende magazine maar eens kijken welke apparaten we als afschuimers zoal tegenkomen de voor- en nadelen van de verschillende types, dat moet minstens net zo interessant wezen, toch?

Tot het volgende magazine!

Bronnen o.a.: Aquarientechnik im Süss- und Seewasser M. Sander, Aquatic Systems engineering P.R. Escobal Principles of Colloid and Surface Chemistry P.C. Hiemenz/R. Rajagopalan Aquatic Chemistry W. Stumm/J.J. Morgan





Zeeaquariumspeciaalzaak

Op 14 December 2013 openen wij de deuren van onze winkel

Uw gastvrouw en gastheer "zaakvoerders" zijn:

An MeeÛse en Wijnand Vriens

Open: ma & do 16.00 - 20.00 u vrij 16.00 - 21.00 u za & zondag 10.00 - 16.00 u di & woe gesloten

Tulderbos 120/A53

2382 Poppel (Ravels) - België

Tel.: +32 (0) 14/65.70.83

www.reefcorals.be



Webdesign - Support - Development

www.modulage.be

www.modstore.be



Het koraalrif in jouw aquarium

Het ontstaan en de ontwikkeling van neteldieren

Door: Henk de Bie

REEFSECRETS

11

Hoofdstuk 1

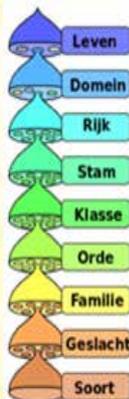


Foto: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Neteldieren#mediaviewer Bestand: Steenkoraal.JPG>

Even een stukje geschiedenis over de ontwikkeling en biologie van de neteldieren.

Er wordt al geruime tijd - en dan praat ik over een periode van ongeveer 25 jaar - een veelvoud van neteldieren in de aquariumhandel aangeboden. Als je vandaag de dag bekijkt dan zijn de ontwikkelingen en de aquariumtechnieken dusdanig verbeterd dat we niet alleen de ongewervelden lang in leven kunnen houden, maar hen een leefmilieu kunnen aanbieden waarin zij goed kunnen gedijen en kunnen groeien. Wij hebben zoveel kennis vergaard en we zijn zelf ook daarin qua kennis gegroeid, om de neteldieren in het aquarium in alle opzichten te observeren en te bestuderen.

Vele neteldiersoorten groeien in het aquarium zeer snel en kunnen zich ongeslachtelijk vermeerderen. In onze huidige koraalrif aquariums groeien en gedijen zowaar de steenkoralen, die vroeger tot zeer moeilijke aquariumdieren geteld moesten worden, en vaak als "niet houdbaar" aangekend werden. Tegenwoordig wordt er steeds meer kennis en ervaringen aan de aquariaan aangeboden wat de



goede gezondheid, groei en vermeerdering van de neteldieren betreft. Het voldoet niet alleen om enkele soorten, groepen en wetenschappelijke namen te kennen. Enige fundamentele kennis wat de biologie, anatomie, ecologie, voedingsopname en familieverhouding betreft is ook belangrijk. We zouden een zodanige kennis moeten hebben dat we optredende problemen kunnen oplossen en het koraalrif aquarium daarmee kunnen verbeteren. Het onderzoek over de biologie van het koraalrif is tegenwoordig erg intensief. Jaarlijks worden ettelijke wetenschappelijke en populair-wetenschappelijke werkstukken uitgegeven, die voor de aquarianen van grote betekenis zijn. Wij hebben deze complexe literatuur in meerdere hoofdstukken verdeeld, en hopen daarom ook dat door het nuttige gebruik van deze literatuur de aquariaan waardevolle kennis kan opdoen. We hebben in elk hoofdstuk een literatuurverwijzing toegevoegd zodat je daar uitbundig gebruik van kunt maken.

Evolutie van de neteldieren

In de biologie is een stam (formeel aangeduid met de Latijnse term *phylum*, in Nederlandse spelling ook wel fylum), een rang in een taxonomische hiërarchie, of een taxon in die rang. Eencellige dieren uit de stam van de Protozoa zijn zeer talrijk en, ofschoon

ze vast overal op de aarde voorkomen, zijn ze naar verhouding onvoldoende onderzocht. De meeste van hen zijn parasieten, en in de aquaristiek zijn ze veelal als veroorzaker van vele visziekten bekend. Zoals hun populaire naam al zegt, bestaan zij alleen maar uit één cel. Zij zijn dientengevolge erg klein, en vertonen een leefgemeenschap, die alleen maar onder een goede microscoop waargenomen kan worden. Sponzen uit de stam *Porifera* behoren tot de eenvoudigste meercellige organismen die wij kennen. Zij bezitten géén organen, noch mond, tentakel, en maag. Zij functioneren erg eenvoudig als een afzonderlijke verzameling, maar het zijn wel samenwerkende cellen. Deze sponzen vertonen een ontwikkeling tussen eencellige en meercellige dieren. Dat laat zich aan de fossiele vondsten uit de laatste periode van de *Prakambriums*, (dat is tot circa 700 miljoen jaar terug), zien. In deze tijd vestigden zij zich in een ecologische holte, waarin zij tegenwoordig ook nog in voorkomen zonder zich wezenlijk veranderd te hebben. Wij herkennen in hen de eerste stappen van een verdere ontwikkeling namelijk het samenwerken van cellen. Dit werd vooral door het ongelooflijke reorganisatievermogen van de sponscellen, na een deling duidelijk. Over de 500 sponsvariëteiten zijn er meer dan 90 soorten beschreven. Een soort namelijk, de soort *Cambrocyathus*, toont zo vele gemeenschappelijkheden, zowel met sponzen als met koralen, dat vele wetenschappers van mening zijn, dat ze hier de stamvorm van beide groepen voor zich hebben. (RHODES, 1976).



Fotobijlschrift: *Redlichia chinensis*, een fossiele trilobiet uit het Cambrium van Zuid-China. Het fossiel is ongeveer 7,5 cm lang. Locatie: Yung Shan, Hunan.



De best onderlegde theorie zegt, dat niet de sponzen de stamvader van de neteldieren zijn. Deze gaat er veel meer vanuit dat de eerste neteldieren vrij zwemmende kwallen waren. Deze kwallen ontwikkelden zich van uit eencellige, met flinterdunne haren bezette larven, (Pianula larven), die in het oermeer van het Cambrium, zwemmend voorkwamen. Het geologisch tijdvak Cambrium ($541 \pm 1.0 - 485,4 \pm 1,9$ miljoen jaar geleden) is het onderste systeem of de vroegste periode van het era Paleozoïcum. Het volgt op de periode Ediacarium en wordt gevolgd door het Ordovicium. Het Cambrium is het oudste systeem waarin op grote schaal grote, goed herkenbare meer-cellige fossielen worden gevonden. Voor het Cambrium komen slechts sponzen en medusae voor. In het begin van het Cambrium verschijnt ongeveer de helft van alle bekende levende groepen (biologische stammen of phyla), vaak zonder dat directe voorouders gevonden zijn. Deze plotselinge radiatie van soorten wordt de

Cambrische explosie genoemd. Skeletloze dieren, gelijk als kwallen, kunnen alleen dan tot fossielen ontstaan, als zij kort na hun dood in de modderbodem geconserveerd worden. Zij zijn daarom ook zelden of alleen heel moeilijk te vinden, maar toch zijn er enige fossiele vondsten gedaan. Kwallen waren over het algemeen de eerste gevonden fossiele neteldieren. Deze werd door de paleontoloog Charles Doolittle Walcott, 1850-1927, aan de Burchtpas in de Rocky Mountains, USA, in het jaar 1909 in een klei splinterlaag uit het Cambrium, van ongeveer 570-500 miljoen jaar oud, gevonden. Dit gebied was voor 500 miljoen jaar geleden een zeebodem van de Oerzee. Tegenwoordig ligt het 2000 meter boven de zeespiegel. Kun je nagaan wat de veranderingen van het milieu wel niet doen. In dezelfde klei splinterlaag werden een hoop andere fossielen ontdekt. Zij zorgen voor een goed overzicht over de fauna van de Oerzee. Jammer genoeg is er tot zover geen andere plaats op de aarde waar zulke interessante vondsten zijn gedaan. Gelijktijdig met de eerste neteldieren leefden sponzen, armpotige wormen en stekelhuidige Brachiopoden. (Brachiopoden, zijn een stam van het dierenrijk. Het zijn zeedieren die voedsel filteren met behulp van een gevorkte lofofoor (tentakelkrans), en die na het larvale stadium beschermd worden door twee harde, scharnierende schelphelften (of kleppen) op de buik en de rug. Brachiopoden zijn meestal verankerd aan de ondergrond met een steel die dicht bij het scharnier door een gat in de buikklep steekt. De wetenschappelijke naam van de groep, Brachiopoda is een samentrekking van het Latijnse brachium (arm) en het Griekse πούς (voet). Zij behoren tot de oermondigen of ook wel Protostomia (een onderdeel van de Bilateria, tweezijdig symmetrische dieren). Zij allen zijn allang uitgestorven, maar zij zijn toch de voorlopers van de tegenwoordige wervellozen. Waarschijnlijk lieten de vrij zwemmende neteldieren, zich een voor een op de zeebodem neer. Dit gaf hen de mogelijkheid nieuwe voedselbronnen te ontdekken. Aansluitend ontwikkelde zich de ongeslachtelijke knopsprong en daarmee ontstonden de eerste vastzittende (sessiele) koraaldieren. Wij weten, vanwege de weinig gevon-

den fossielen, over de neteldieren uit het Cambrium, erg weinig. In het Ordovicium (voor 510-439 miljoen jaar), was de koraalfauna nog echt weinig ontwikkeld. Er leefden toentertijd gemeenschappen uit kalkalgen, sponzen, kalkhoudende mosdierjes en primitieve koralen van de ordegroep Rugosa (Tetracoralla), die waarschijnlijk de voorlopers van de huidige skeletgevormde koralen zijn. De Rugosa zijn een uitgestorven orde



van koralen, die vooral voorkwamen van het midden van het Ordovicium tot het late Perm.

Solitaire Rugosa, zoals Caninia, Lophophyllidium, Neozaphrentis en Streptelasma, worden ook wel hoornkristallen genoemd vanwege hun unieke hoornvormige kamer met een gedraaide zijkant. Sommige van deze rugosans konden een lengte bereiken van bijna een meter. Andere rugosans vormden vaak (zoals Lithostrotion).

Rugosa-koralen hebben een skelet gemaakt van calciet, dat in de loop der jaren is gefossiliseerd. Net als moderne koralen, waren rugosa-koralen benthisch, en leefden op de zeebodem in rifvormige constructies. Hoewel er geen direct bewijs voor is, zijn er theorieën die ervan uitgaan dat deze koralen netelcellen bezaten om prooien mee te vangen. Ze hadden tevens tentakels voor dit doel. Hun prooien waren echter klein, waardoor de koralen worden ingedeeld bij de microcarnivoren.

De Rugosa vormen een van de be-

kendste groepen koralen vanwege hun fossielen. Deze fossielen zijn bijna altijd ontstaan doordat het skelet van het dier na diens dood in het zand van de zeebodem is gezonken, en daar gevuld met klei en andere anorganische deeltjes. Hoornkoralen zijn zeer veel voorkomende fossielen in sommige gebieden, zoals de buitenste Bluegrassregio van Kentucky.

Zoals gezegd, zij stierven voor 200 miljoen jaren uit. In tegenstelling tot de meerderheid van de huidige koralen bezaten die *Rugosa* geen symbiotische algen. Voor 225 miljoen jaren verdween de onderklasse Tabulata, deze plaatvormig groeiende koralen bevatte poliepen die in buizen leefden. In het Siluur, ongeveer 439-408 miljoen jaren terug, volgde een ware ontwikkelingsexplosie van de skeletvormende koralen. In het latere Devoon, ongeveer 408-362 miljoen jaren terug, ontwikkelden het koraalrif zich in een omvang, dat in de geschiedenis van het koraalrif eenmaal is voorgekomen.

Aan het einde van het Devoon, hield echter de ontwikkeling van het koraalrif op. De oorzaak hiervoor kennen we niet. Feit is echter wel, dat de ontwikkeling van het koraalrif tot ongeveer 120 miljoen jaar onderbroken is geweest, dit wil zeggen van voor het einde van het Devoon tot en met het begin van het Trias, zo'n 245 miljoen jaren terug.

Het Trias is een periode in de geologie (en een systeem in de stratigrafie), die duurde van ongeveer 252,2 tot 201,3 miljoen jaar geleden. Het is de vroegste periode van het era Mesozoïcum en volgt op het Perm, de laatste periode van het Paleozoïcum. Op het Trias volgt het Jura, de tweede periode van het Mesozoïcum. Het Trias van Noordwest-Europa bestaat uit drie duidelijk te onderscheiden eenheden van gesteentelagen: Kleurrijke zandsteen, kalk van mosselschelpen en Keuper. De naam Trias betekent dan ook letterlijk driedelig.

In het Trias lagen bijna alle continenten verenigd in het supercontinent Pangea, aan het einde van het Trias begon dit echter op te breken. Het klimaat was wereldwijd droog en warm en het zeeniveau nog relatief laag. Aan zowel het begin als het einde van het Trias

vond een belangrijke massa-extinctie plaats. Gedurende het Trias ontstonden veel nieuwe soorten, waaronder de eerste dinosauriërs en gevleugelde pterosauriërs, soorten koralen en vroege zoogdieren. Bij de planten verschenen de eerste zaadplanten in het Trias.

Kalkhoudende organismen kunnen gemakkelijk tot fossielen overgaan. Meer dan 500 soorten fossielen "steenkoralen" zijn beschreven. Deze fossielen zijn zo goed bewaard gebleven, dat men de details van het skeletstructuur goed bestuderen kon.

Men neemt aan, dat de koralen van deze tijd - en ook die van de tegenwoordige tijd - warmteminnende dieren waren, die in 18-20°C warm water leven konden.

De verspreiding van de fossiele koraalriffen was verreweg groter dan die van tegenwoordig. Dat werd als aanwijzing gezien van het klimaat van de aardhistorische tijden. Tegenwoordig zijn de koralen terug aan het keren. In totaal kennen wij ongeveer 7000 soorten, waarvan meer dan 5000 uitgestorven zijn. Klimaat veranderingen en het ontstaan van nieuwe soorten, respectievelijk het verdwijnen van het voorhanden zijnde Barrièrerif, was waarschijnlijk de hoofdoorzaak waardoor de vele koralen in het Miozan, voor 23 miljoen jaar terug, uitgestorven zijn. De tegenwoordige koralen zijn, gezien de geschiedenis van de aarde, tamelijk jong. De soort *Favia* ontstond in de Jura, voor ongeveer 150 miljoen jaren terug. Zij zijn in de tegenwoordige koraalriffen met vele vitale nakomelingen vertegenwoordigd. De soorten *Acropora*, *Fungia*, *Galaxea*, *Pocillopora* en *Seriatopora* ontstonden eerst in het Tertiair, voor ongeveer 65-23 miljoen jaren terug. (Het Tertiair is een geologisch tijdperk dat volgt op het Krijt en wordt opgevolgd door het Kwartair. Het Tertiair duurde van 66,0 tot 2,58 miljoen jaar geleden). De variëteit die het beste onderzocht kon worden, de steenkoraalfamilie *Acroporidae*, is zowaar niet ouder dan 1,8 miljoen jaar.

In de wetenschap wordt tegenwoordig de mening verdedigd, dat er twee ontwikkelingscentra voor koralen zijn; een in de Atlantische oceaan (Caribische) en een in de Indo-Pacific, met een

concentratie in de Indo-Australische regio (Indonesië tot aan de Filipijnen). De Atlantische koralen zijn met meer dan 100 miljoen jaren, volgens de ontwikkelingsgeschiedenis, de oudste. De Indo-Pacific soorten met zo'n 45-40 miljoen jaren, de jongste. Dan nog is het variëteiten aantal in de Indo-Pacific hoger. Dit duidt er op dat de evolutie van de Indo-Pacific soorten verreweg sneller verlopen is dan de Atlantische (Achtuv & Dubinsky, 1990). In dit verband stelt men de vraag; "Waarom kunnen neteldieren, in het bijzonder de steenkoralen, tegenwoordig in tamelijk ondiepe tropische zeegebieden, zo goed bestaan, en waarom komen zij daar zo talrijk voor? Wij willen in het vervolg proberen, met zeker wetenschappelijke onderzoeken, hierop in te gaan. En wie zich verder wil informeren, zijn de onderzoeken van Rosen (1981) aanbevolen.

Anatomie en fysiologie van de neteldieren

De laatste 600 miljoen jaren hebben de neteldieren geen echt fysiologische ontwikkeling doorgemaakt. Zij zijn nog steeds primitieve dieren met twee cellagen (epitheel) en bezitten geen gespecialiseerde innerlijke organen. Hun bekwaamheid is, netelig uit hun netelcellen af te geven, dit had tot de naam van deze dieren groep geleid. De meeste van de tegenwoordig levende organismen bezitten een symmetrieas, dit wil zeggen het linkergedeelte van het lichaam is een spiegel gelijk met de rechterhelft. Men zegt ook, zij zijn bilateraal-symmetrisch. Deze neteldieren tonen een afwijkende lichaamsbouw. Zij zijn radiaalsymmetrisch en bezitten vele symmetrieassen, zoals de radius van een cirkel. Zulke lichaamsymmetrie vindt men niet alleen bij de neteldieren (*Phylum Cnidaria*) maar ook bij de ribbenkwallen (*Phylum Ctenophora*) en bij de stekelhuidige (*Phylum Echinodermata*).

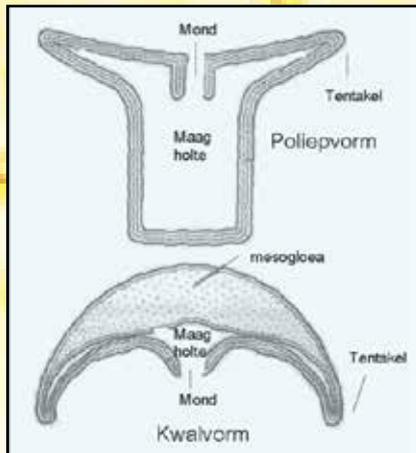
Onder de neteldieren zijn er twee hoofdvormen; vastzittende poliepen, en vrijzwemmende Medusae. Voorbeeld van neteldieren die alleen een poliepenvorm vormen, zijn anemonen, leder- en steenkoralen. Bij de kwallen overheerst de medusavorm. Poliepenvormen zijn bij hen heel erg klein en haast niet zichtbaar. Bij vele

Hydroiden wisselen beide levensvormen elkaar af.

Lichaamsopbouw van de neteldieren.

In het algemeen bezitten de neteldieren, zoals hierboven reeds besproken, twee cellagen; buitenzijde de opperhuid (Ectoderm), en de binnenzijde de binnenhuid (Endotherm, ook wel Gastrodermis genaamd). Tussen het Ectoderm en het Endotherm ligt een schacht met stromende cellen. (Mesogloea). Deze Mesogloea bestaat uit een zeer bijzondere celsubstantie en kan beweeglijke (Amoëboïde beweging, bewegingstype dat optreedt bij vormloze dieren (amoëben), slijmzwammen, witte bloedcellen en vele cellen uit verschillende weefsels. Het is een voortbeweging, soms zeer traag en daarom moeilijk zichtbaar, die ontstaat doordat een deel van de cel uitvloeit tot een schijnvoetje (pseudopodie)) cellen bevatten, die een stoffentransport van binnen de kolonie mogelijk maakt. Deze functie van het Mesogloea is bij sommige groepen verschillend. Zij kunnen waarschijnlijk zowel tegenkracht (Antagonist) van de spieren in het Endotherm en Ectoderm dienen, maar ook als vloeielement, en bij enige groepen ook wel als voedselopslag. Bij erg waterhoudende neteldieren, bijvoorbeeld kwalen, maakt de mesogloea meer dan 90% van het weefsel uit, terwijl dit bij enkele Hydroiden maar een paar procent van de lichaamssubstantie kan zijn. Voor uitgebreidere literatuur bevelen wij de werken van Chapman (1966) aan. Terwijl het Ectoderm bij de neteldieren de balans tot de buitenwereld vormt, grenst het Endotherm, inwendige van het lichaam, aan een holle ruimte, die meestal Gastral-ruimte genoemd wordt. Deze relatie is iets wat misverstaan oproept, daar het zich fysiologisch niet om een maag in die zin handelt. Het is veel meer een met water gevulde holle ruimte, die de voedingsdeeltjes bewaart en deze door enzymen afgebroken ofwel gesorbeerd worden. De holle ruimte wordt door mesenterien of septen onderverdeeld.

Dat zijn structuren die op de scheidingswanden lijken. Plaats, soort en aantal van de mesenterien kunnen bij vele neteldieren een systematisch



kenmerk zijn. Een als mondopening of als keelgatpijp gelijkende opening, voert direct in de Gastral-ruimte. De mondopening is dikwijls van tentakels omgeven. Bij de poliepen spelen de omringende tentakels bij het vangen van prooidieren een belangrijke rol. Zij zijn van soort tot soort verschillend. Algemeen kan men zeggen dat bij

de ahermatypische (niet rifvormende) koralen de tentakels groter en effectiever zijn dan bij de hermatypische (rifvormende) koralen. Soorten, waarbij de tentakels alleen voor de voedselopname dienen, zoals bij de anemonen. Deze soorten met wimpers tussen de tentakels, die echter alleen maar de oppervlakte reinigen, rekent men tot de primitiefste ontwikkelingsfase van de neteldieren. In het meest voorkomende geval vinden wij deze bij de ahermatypische soorten. Het voedingstransport, onverschillig of het zich om microscopisch kleine of wat grotere deeltjes handelt, vind plaats door miljoenen kleine wimpertjes, die het voedsel in de juiste richting waaieren. Deze bewegingen worden door het koralendier gestuurd, wat betekent, dat door een passende verandering van de bewegingsrichting, het dier het voedsel kan selecteren. Bij sommige neteldieren, in het bijzonder bij steenkoralen en vooral de familie Faviidae,



Radianthus ritteri

worden verlengde tentakels (gevechtstentakels) ingezet. Zij hebben de opgave, het neteldier voor vijanden te beschermen. Zij zijn daarmee een belangrijk element om de strijd voor levensruimte van het rif. In het aquarium kunnen zij met betrekking op de bezettingsdichtheid een begrenzen factor zijn.

De tekening links toont de principiële opbouw van neteldieren. De tekening er onder geeft een indruk van de celstructuur door middel van een lengte doorsnede van het weefsel van een neteldier.

De neteldieren (Cnidaria) vormen een stam van het dierenrijk. De stam omvat de schijfkwallen, de kubuskwallen, de hydroïdpoliepen en de bloemdiere. Neteldieren leven allemaal in het water, de meeste leven in zee, maar er zijn ook groepen die in zoet water leven. Vaak wordt in plaats van neteldier het woord holtedier (Coelenterata) gebruikt om deze stam der dieren aan te geven. Dit wordt echter ontraden, omdat de benaming holtedieren niet alleen voor de neteldieren wordt gebruikt, maar ook voor de ribkwallen en vroeger ook voor sponsdieren. Neteldieren komen al lang op aarde voor, maar aangezien ze voor een groot gedeelte geen skelet maken, zijn de fossiele bewijzen van hun bestaan slechts beperkt tot de steenkoralen en enkele bij toeval goed bewaarde afdrukken van kwallen en kwalachtigen. Het vroegst bekende, complexe meercellige leven op Aarde, de zogenaamde Ediacara-fauna, dat dateert van 542-630 miljoen jaar geleden, bevat al duidelijke fossielen van neteldieren.

Opbouw en functie van de buitenhuid (Ectoderm)

Het Ectoderm bestaat hoofdzakelijk uit spiercellen, die het dier de mogelijkheid geven zich in te krimpen ofwel uit te rekken. Daar het watergehalte van het neteldier erg groot is, zijn zulke bewegingen voor de water uitwisseling en dus ook voor de gasuitwisseling belangrijk. De spiercellen zijn binnen aan de Mesenterieën bevestigd. Tussen de spiercellen bevinden zich de netelcellen (Cnidozyten), zie ook de tekening op vorige pagina, die bijzonder talrijk aan de tentakels zitten. Er zijn vele verschillende typen van netelcellen. Het netelceltype kan bij enige

groepen, bijvoorbeeld bij de schijfanelen van de orde Corallimorpharia, een belangrijk systematisch kenmerk zijn. De bestemmingssleutel, van Werner (1965) en Marisal (1971), bevatten verschillende merktekens van de netelcellen. In het rif is het gif van de Cnidozyten het belangrijkste verdedigingswapen tegenover andere neteldieren. Koralen strijden om hun levensruimte, door dat ze proberen om indringers met hun netelgif at te laten sterven. Wanneer wij in ons aquarium verschillende koralen te dicht tegen elkaar plaatsen, dan vindt hier dezelfde strijd plaats. Alle neteldieren stoten bij aanraking netelgif uit (zie tekening boven). De sterkte van het netelgif is van soort tot soort verschillend. Het gif heeft dezelfde structuur als eiwit (Mebs 1992), en heeft hoofdzakelijk twee verschillende werkingsprincipes. Het kan enerzijds de functie van de celmembranen opheffen, en ze kan chemische verbindingen poreus maken. Deze techniek heft de osmotische druk van de cel op, en verandert de binnenstroom in beide richtingen, dus het kan de cel in maar ook naar buiten stromen. Anderzijds kan het gif ook als zenuwgif werken, en zo verlammingen veroorzaken. Zulk soort zenuwgif werd vaak bij anemonen van de orde Actinaria aangetroffen. Ofschoon dat het netelgif op plankton en andere nietige dieren verdovend werkt, is het voor de mensen haast niet merkbaar. Wij zullen ons, bijvoorbeeld aan een lederkoraal niet "verbranden". Maar er bestaan ook enige uitgesproken sterk netelende soorten, die bij ons mensen heftige huidirritaties en huidaanroeningen kunnen opwekken. Hiertoe behoren bijvoorbeeld de Hydroïden van het geslacht Millepora en Lytocarpus soorten.

De Portugese Galei, *Physalia physalis*, en *P. utricularia* bestaan uit volgelopen Hydroïdpoliepen met ongewoon sterk netelgif, dat bij contact tot hevige pijnen en zeer ernstige vergiftigingen kunnen leiden. Ook enige steenkoralen kunnen verbrandingen veroorzaken. Dit geldt in het bijzonder voor de Euphyllia-soorten. Het sterkste netelgif bezitten enige "kubus"wallen van het geslacht *Cubozoa*, namelijk de Zeewesp *Chinorex fleckeri*, en de naaste verwant *Chiro-salmus quadrigatus*. Beide horen in de Australische wateren thuis, en kunnen

zware huidverbrandingen veroorzaken, en in het ergste geval de dood (zie hoofdstuk 5 en Anon 1985).

Buiten spiercellen en het Cnidozyten bevat het Ectoderm ook interstitiële cellen. Uit deze celgroep ontstaat in de paartijd andere celtypen, bijvoorbeeld ei- en zaadcellen. Bovendien heeft het Ectoderm nog zintuigcellen (receptor cellen), enkele zenuwcellen en slijmcellen. De laatste zijn voor deze dieren erg belangrijk voor het reinigen van hun lichaamsoppervlakte. Bij sommige groepen zijn de slijmcellen in grote getale aanwezig. Dit kunnen wij vooral bij de lederkoralen van de orde Alcyonacea in het aquarium waarnemen. Zij trekken zich met bepaalde afstanden samen, waarbij met een slijmlaag de kolonie afgezonderd wordt. Met dit slijm worden door de koralen geproduceerde organische stoffen en verontreinigingen, die zich op hun oppervlak afgezet hebben, afgestoten.

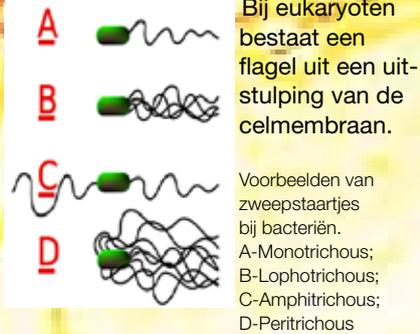
Opbouw en functie van de binnenhuid (Endotherm)

Het Endotherm lijkt op dat van het Ectoderm, echter de spiercellen van het Endotherm dienen op de eerste plaats voor de voedselopname. Zij worden daarom ook wel voedselspiercellen genoemd. Deze voedselspiercellen bezitten flagellen, die de voedseldeeltjes vangen, en voedselvakuolen, waardoor de hele kleine deeltjes opgeslagen kunnen worden. Tussen de voedselcellen bevinden zich kliercellen, die enzymen voor de afbraak van het voedsel afgeven. Daarnaast bevat het Endotherm van de meeste tropische neteldieren, miljoenen zooxanthellen, hierop komen we later nog terug.

Een zweepstaartje, zweephaar, flagel of flagellum is een organel dat dient voor de voortbeweging van een eencellig organisme of een voortplantingscel (bijvoorbeeld zaadcel). Door deze beweging kan de cel zich afzetten tegen de omgeving en zich zo verplaatsen.

Hoewel de flagellen van prokaryoten en eukaryoten gelijkenissen vertonen, zijn de opbouw en het bewegingsmechanisme compleet verschillend. Bij prokaryoten is een flagel een apart, uit eiwitten opgebouwd organel, dat bij de inbedding in het celmembran door

een soort wiel wordt aangedreven. Door deze propellerachtige voortstuwing bewegen prokaryote cellen in een richting parallel aan de as van de flagel. Beweging door middel van flagellen vindt meestal plaats in water.



Het centrum bestaat uit een axoneem, een cilinder van 9 paren microtubuli met nog 2 microtubuli in de kern. De basis van die koker wordt gevormd door het basale lichaampje. Dit is opgebouwd uit een cilinder van negen tripletten microtubuli, analoog aan een centriole. Het motoreiwit dyneïne beweegt de microtubuliparen van het axoneem ten opzichte van elkaar. Omdat ze onderling verbonden zijn met slinkingeiwitten (en dus niet ten opzichte van elkaar kunnen schuiven) buigt de flagel. Hierdoor ontstaat een slagbeweging die de cel in een richting loodrecht op de as van de flagel doet voortbewegen.

De bioloog Lynn Margulis heeft voorgesteld dat bij eukaryote organismen de flagellen en cilia van symbiotische spirocheten zijn afgeleid. Deze hypothese dat eukaryote cellen flagellen en cilia in de loop van de evolutie hebben verkregen door endosymbiose wordt niet algemeen aanvaard.

Ander anatomische en fysiologische kenmerken

Neteldieren bezitten geen speciale organen voor gasuitstoot. De opname van zuurstof en de afgifte van kooldioxide gevolgd door diffusie, gaan over de celmembranen. Daarom zijn deze dieren op enige waterstroming als ook op enige waterbeweging aangewezen, zodat in de alleenstaande poliepen het water er in, maar ook weer eruit kan stromen. Tegenover de mondopening bezitten enige groepen een voet, waarmee deze dieren zich op een vaste ondergrond kunnen vestigen. Opvallend is de voet bij de anemonen. Zij en enige andere neteldieren, zoals

de steenkoraal *Heliofungia actiniformis*, zetten op een gegeven moment alleen een poliep of een individu uit. Het merendeel van de tropische neteldieren leven in grote kolonies, die uit vele poliepen of individuen bestaan. Een typisch voorbeeld van zo'n kolonie is de lederkoraal *Sacrophyton trocheliophorum*. Deze poliepen zijn door een weefsel, het Coenenchym, met elkaar verbonden, en het voedsel wordt onder de afzonderlijke poliepen opgedeeld. Elk sessiele dier heeft een systeem nodig, om zich overeind te kunnen houden. Deze lederkoralen bezitten verstijvingen, in de vorm van kalknaalden (skleriten, spicula). Deze steunen de kolonie en maakt het mogelijk dat de dieren zich rechtop kunnen richten. Maar de dieren kunnen zich ook inkrimpen en het water uit de kolonie persen.

Bij gorgonen, ook wel "Hoornkoralen" genoemd, is deze ontwikkeling nog een stap verder gegaan. Bij hen bestaat het vertakte skelet uit Gorgonin. Het daardoor relatief stijve skelet kan niet meer ineenzakken. Toch is het zeer elastisch, waardoor deze gorgonen aan een leven in een sterke stroming goed heeft aangepast.

Bij de steenkoralen van de orde *Scleractina* is de skeletbouw het meest ontwikkeld. Zij zijn ware bouwkunstenaars. De kleine poliepen binden mineralen uit het zeewater en bouwen daaruit een kalkskelet, in de kristalvorm Aragonit. Deze kalkskeletten kunnen vele verschillende, als ook zachte vormen hebben. Dat is van enige factoren afhankelijk, bijvoorbeeld van de stroming en de belichtingssterkte.

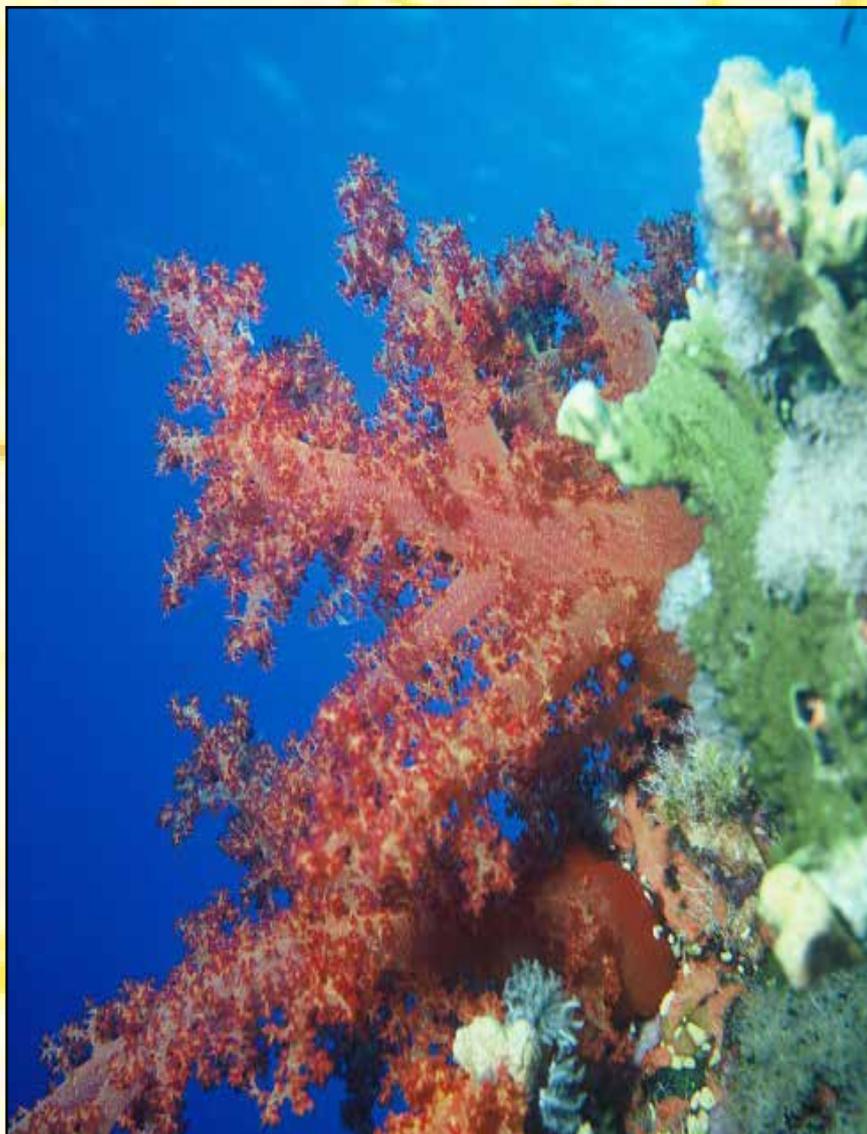
Voedingsopname en stofwisseling van de neteldieren

Dit in alle levende organisme aflopende proces, van de voedingsopname tot aan de uitscheiding van de afvalstoffen, noemt men stofwisseling (Metabolietmus). Groene planten nemen hierbij een bijzondere plaats in. Zij kunnen de lichtenergie tot fotosynthese omzetten. Bij de fotosynthese wordt lichtenergie omgezet en als stijfsel of cellulose bewaard. Alle organismen, ook groene planten, moeten energie winnen door het verbranden van voedingsstoffen. Gedurende de aflopende verbranding (d.m.v. ademhaling), in het innerlijke van de cellen,

reageren de voedingsstoffen op het levensbelangrijke element zuurstof. Daarbij wordt energie vrijgemaakt en gelijktijdig water alsmede ook kooldioxide aan de omgeving afgegeven. Het grootste aandeel van de gewonnen energie wordt door het organisme voor zijn levensfuncties gebruikt, de rest gaat aan de omgeving verloren. Wij moeten natuurlijk ook in het koralenrifaquarium deze milieuvwaarden zo inrichten, dat de in het aquarium gehouden organismen het opgenomen voedsel kunnen verbranden, als ook verteren kunnen. Om neteldieren, die aan een leven in warme zeeën bij gelijktijdig sterke lichtstraling gewend zijn, ook in het koralenrifaquarium optimale levensomstandigheden te kunnen bieden, moeten wij een basis kennis over hun voedingsopname en hun stofwisseling hebben. Alleen dan is het mogelijk, bij onregelmatigheden of bij abnormaal verval de juiste maatregelen te kunnen nemen. Wij moeten daarom dit thema uitvoerig behandelen. Koraalriffen behoren nu eenmaal tot de meest complexe en productiefste ecosystemen.

Een ecosysteem of oecosysteem wordt gevormd door de wisselwerkingen tussen alle organismen en de abiotische omgeving binnen een zekere geografische of anderszins afgebakende eenheid. De term ecosysteem werd in 1935 door de Engelse botanicus Arthur Tansley geïntroduceerd en verder ontwikkeld door de Amerikaanse ecoloog Eugene Odum. Voorbeelden van ecosystemen zijn een bos, maar ook de hele aarde. Sommigen beschouwen zelfs een potplant als ecosysteem. Onderdeel van een ecosysteem zijn afzonderlijke planten, dieren en micro-organismen en de complexen die zij vormen, bijvoorbeeld in de vorm van levensgemeenschappen en populaties. Vaak ziet men ecosystemen als dynamische en functionele eenheden.

Ecosystemen worden bestudeerd in de ecologie, de leer (logos) van de huishouding (oikos) van de natuur. Binnen de ecosysteembenadering gaan ecologen ervan uit dat de natuur uit min of meer samenhangende systemen bestaat. Harde grenzen tussen ecosystemen zijn meestal moeilijk te



Primaire productie (ecologie)

Primaire productie is de aanmaak van organische verbindingen door organismen middels fotosynthese of chemosynthese

In een ecosysteem zijn de autotrofe organismen de producenten. Planten, algen en sommige bacteriën gebruiken via fotosynthese een fractie van de zonne-energie om ADP om te zetten in adenosinetrifosfaat (ATP), een vorm van chemische energie, die in de cel gebruikt kan worden voor de productie van suikers, aminozuren en eiwitten.

Sommige bacteriën maken met behulp van chemosynthese gebruik van energie uit gereduceerde anorganische verbindingen om ADP om te zetten in ATP. Dit is de bruto primaire productie (BPP). Een gedeelte daarvan wordt door de autotrofe zelf opnieuw verbruikt voor hun eigen stofwisseling. Wat overblijft stapelt het organisme op in de vorm van biomassa, wat zich uit in groei. Deze toename in biomassa is de netto primaire productie (NPP). Alle biomassa bij de consumenten en de reducers komt rechtstreeks (consumenten eerste orde) of via een omweg (consumenten hogere orde) van deze NPP.

De netto primaire productie van een ecosysteem kan dus vastgesteld worden door de toename van de totale biomassa van autotrofe in dat ecosysteem te meten.

De bruto primaire productie (BPP), kan in extreme gevallen tot zo'n 15 gr/m² per dag bedragen, een doorsnee rif-plateau-vlak bedraagt 8 gr/m² per dag. De netto primair productie (NPP) van het totale koralen rif op de wereld, is 4 gr/m² per dag (zie Erez, 1990; Kinsey, 1983; Stepanov, 1994).

In totaal bedekken de riffen ongeveer 15% van de continentale platen, zij binden jaarlijks ongeveer de helft van het calcium, wat met eb en vloed van de zee, aangevoerd wordt (Smidt, 1978), dat houdt meer dan 900 miljoen tonnen calciumcarbonaat in!

Ondanks zo een hoge productiviteit en deze enorme kalkbinding is het water van het koraalrif voedingsstofarm. Om deze duidelijke tegenstellingen nader te verklaren, is het metabolisme van het koraalrif tegenwoordig een intensief onderwerp van onderzoek.

trekken omdat er allerlei relaties tussen dergelijke systemen bestaan. Zijn de Veluwe en de Waddenzee een ecosysteem, of juist onderdelen daarvan zoals een beukenbos en een zandplaat of juist overkoepelende eenheden zoals de oostelijke zandgronden en de oceaan?

Ecosystemen zijn op te delen in twee elkaar beïnvloedende componenten:

- de levensgemeenschap (het leven- de of biotische deel)
- de biotoop (het fysico-chemische of abiotische deel)

Veel interacties tussen de organismen in een ecosysteem worden door wetenschappers beschreven als een voedselketen of een voedselweb. Het

abiotische deel bepaalt in grote lijnen de vorm van het biotische deel van het ecosysteem, denk hierbij bijvoorbeeld aan hoe de hoeveelheid regenval bepalend is voor het voorkomen van regenwouden en woestijnen.

Organismen hebben echter ook grote invloed op de abiotische factoren, doordat ze bijvoorbeeld de zuurgraad, de structuur van de bodem, de verdamping of de hoeveelheid lichtinval kunnen veranderen.

Het biotische deel van het ecosysteem heeft altijd drie basale componenten: de producenten, vaak planten, de consumenten, veelal dieren en de reducers, vaak schimmels en bacteriën, die dode organismen weer afbreken tot elementaire bouwstoffen.

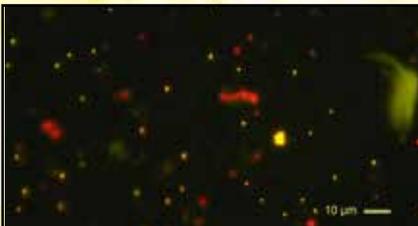
Lichtend plankton

Plankton is een verzamelnaam voor organismen die voornamelijk zwevend in het water leven, en zodoende voor hun (passieve) verplaatsing vooral afhankelijk zijn van de heersende stromingen, dit in tegenstelling tot nekton dat zichzelf actief kan verplaatsen, onafhankelijk van de stromingen.

Een aantal planktonsoorten kan zich wel actief verticaal in de waterkolom verplaatsen in een dag-en-nachtritme. Plankton is er in allerlei maten, van bacteriën en eencellige algen tot kwallen. Er is zowel eukaryoot als prokaryoot plankton. Er bestaan verschillende onderverdelingen binnen



Tomopteris een voorbeeld van zoöplankton



plankton waarvan deze de belangrijkste is:

Fytoplankton (Grieks phyton = plant) maakt gebruik van fotosynthese om energie te verkrijgen, waardoor ze behalve een belangrijke voedselbron, ook van essentieel belang zijn voor het zuurstofgehalte in het water. Fytoplankton staat aan de basis van de voedselketen in het aquatisch milieu: het zijn primaire producenten. Het wordt door veel andere dieren geconsumeerd (consument) zoals zoöplankton, vissen maar ook grote zeezoogdieren als baleinwalvissen. Zoöplankton (Grieks Zoo = dier) zijn niet-fotosynthetische protozoa en kleine diertjes of larven.

Men kan het geloven, wanneer men een volledig ontplooid kolonie met duizenden waaierende tentakels in de zee ziet, om het plankton te vangen, is dit de belangrijkste voedingsbron

van het koraal en omdat zij volledig afhankelijk van de planktonvangst is. Dit is alleen dan correct, als het zich om een ahermatypische steenkoraal, om een lederkoraal zonder zoöxanthellen, om bepaalde gorgonen van het Indo-Pacific handelt. Deze neteldieren leven hoofdzakelijk in diepere regionen van het rif, daar waar de stroming sterk is en plankton in grote getale aangevoerd wordt. Bij hermatypische steenkoralen en andere neteldieren met zoöxanthellen zijn niettemin de voedingsverhoudingen verreweg het gecompliceerdst. Neteldieren zijn principiële suspensievreters, die met behulp van de waterstroming plankton vangen, hun prooi met netelgif verlammen en dan naar de mondopening, die zich normalerwijze in het centrum van een poliep bevindt, transporteren. Een volledig ontplooid kolonie heeft in verhouding tot hun gezamenlijke oppervlakte een enorm vangbereik. Zoöxanthellen zijn kleine eencellige algsoorten die in symbiose met koralen leven.

Zoöxanthellen geven een kleureffect aan koralen, variërend van fluorescerend groen, diep blauw, oranje en bruin. Koralen kunnen hun zoöxanthellen verliezen, bijvoorbeeld door een te hoge temperatuur van het zeewater. Zoöxanthellen zijn vooral geconcentreerd in de tentakels van de poliepen van het koraal. Onder invloed van zonlicht zetten zij via het proces van fotosynthese het kooldioxide afkomstig van het koraal om in zuurstof, dat nodig is om de poliepen in leven te houden. Men neemt aan dat de koralen de zuurstof en koolhydraten die door de algen worden geproduceerd voor hun eigen stofwisseling gebruiken, en dat de algen profiteren van het door het koraal afgescheiden kooldioxide en andere afvalstoffen. Bepaalde invloeden van buitenaf, zoals opwarming van het zeewater kunnen leiden tot een afsterven van de zoöxanthellen, wat verbleking van koralen en uiteindelijk afsterven van de kolonie tot gevolg kan hebben.

In de aquaristiek komt dat al eens voor dat een koraal slecht verzorgd wordt of bij wijziging van de kwaliteit van het zeewater, bijvoorbeeld door een verhuizing of te hoge watertemperatuur. In dat geval toont het koraal alle signalen van onwelheid en kan het in slechte omstandigheden sterven. In de praktijk

zal het koraal in optimale verzorgingscondities vrij snel nieuwe zoöxanthellen aantrekken uit de omgeving en in enkele weken weer "in conditie" zijn. Neteldieren behoren daarom tot de hoog gespecialiseerde diergroepen. Dit is ook een van de oorzaken voor hun succesvol overleven gedurende de tijdperken van de geschiedenis van de aarde (Yonge, 1930a en b en 1968). Het Coenenchym tussen de poliepen van een kolonie, produceert slijm en stelt daarmee een val op voor die organismen, die te klein zijn om met de tentakels te vangen, bijvoorbeeld eencelligen en nanoplankton. De door het Coenenchym gevangen voedsel wordt eveneens door de mondopening gevoerd. Daarvoor is het oppervlak met wimpers bedekt, zodat door afwisselende bewegingen het voer naar grootte gesorteerd kan worden. Losse voedstoffen worden snel d.m.v. chemoreceptoren geregistreerd, waardoor de kolonie een reactie veroorzaakt, die wij ook in het aquarium goed kunnen zien. De geringste hoeveelheid voedsel kan er al voor zorgen dat de koralen zich openen en met het vangen van het voedsel beginnen.

Op het riffenhoofd en in de rifzone, tot zo'n 30 meter diepte, komen het merendeel van de hermatypische steenkoralen en vele andere neteldieren voor, die in samenleving met zoöxanthellen leven. Bij deze neteldieren is het erg onzeker en ook in hoge mate verschillend, hoe groot het aandeel van hun energiebehoefte is, dat door planktonvang gedekt wordt. In de hiervoor genoemde rifzone bevat het zeewater meestal niet genoeg plankton, om daarmee de energiebehoefte van de hier in een groot aantal levende neteldieren, alleen van deze voedingsbron zeker te zijn. Tegenwoordig weet men met zekerheid, dat hermatypische steenkoralen een relatief klein aandeel van hun voeding door plankton dekken. Musatin & Porter (1977) onderzochten desbetreffend 470 proeven met de steenkoraal *Montastraea cavernosa* uit de Caribik. Zij ontdekten hieruit dat bij hen maximaal 20% van de energiebehoefte door plankton, die het effectiefst in de nachtelijke uren zijn, afgedekt worden.

Het grootste deel van de gevangen plankton bestaat uit Copepoden, een



Montipora digitata

cellige larven en larven van kreeftdieren. Johannes & Tepley (1974) wezen door laboratoriumproeven uit, dat de steenkoraal *Porites lobata* zo'n 10% van hun energiebehoefte uit plankton betreft.

De planktonvang is van soort tot soort verschillend. Men kan daarom in het algemeen zeggen, dat soorten met grote poliepen en krachtige tentakels meer plankton vangen dan soorten met kleine poliepen.

Franzisket (1969) kon bewijzen, dat koralen met zoöxanthellen, die twee maanden in een aquarium zonder enige zoöplankton gehouden werden, toch nog groei vertoonden. Intussen is het duidelijk, dat het planktonvoedsel aan de koralen levensbelangrijke elementen en verbindingen, zoals fosfaat, vitamines en aminozuren, toedient (Johannes & al., 1979). Zo bestaat tegenwoordig onder de onderzoekers overeenstemming met de eindconclusie, dat de hermatypische koralen absoluut in de gelegenheid waren, uitsluitend van planktonvoedsel te leven, wanneer zij in een voldoende hoeveelheid voorhanden waren. Daar deze koralen echter in planktonarme rifzone leven, moeten zij hun energiebehoeften op een andere wijze dekken.

Wanneer wij hermatypische koralen in onze koralenrifaquarium succesvol houden willen, dan moeten wij de volgende vraag beantwoorden: "Hoe

verschaffen zich de hermatypische koralen hun energie, wanneer zij in doorsnee genomen 20% van hun behoeften door planktonvang dekken?" Het antwoord omvat tenminste vier aspecten, te weten;

- 1) Symbiose met zoöxanthellen,
- 2) Opname van in het water opgeloste organische en anorganische verbindingen,
- 3) Recycling van verbindingen,
- 4) Het gebruik van bacteriën en eencelligen.

Navolgend behandelen wij deze vier aspecten afzonderlijk.

1) Symbiose met zoöxanthellen

Symbiose (uit het Griekse: *συν*: samen; *βίωσις*: levend) in de oorspronkelijke wijde betekenis is het langdurig samenleven van twee organismen van verschillende soorten waarbij de samenleving voor ten minste één van de organismen gunstig of zelfs noodzakelijk is. Vaak echter wordt de term symbiose alleen gebruikt in de betekenis van wederzijds voordelige co-existentie. De beide partners heten symbionten. De grootste partner wordt ook wel gastheer genoemd.

In de Anglo-Amerikaanse literatuur wordt tevens hiervoor de term mutualisme gebruikt, in plaats van de term symbiose.

Endosymbiose is een vorm van (mu-

tualistische) symbiose, waarbij een organisme leeft tussen de cellen of zelfs in de cellen van een gastheer. Volgens de endosymbionten theorie zijn eukaryoten in de evolutie ontstaan door dit verschijnsel van endosymbiose.

Zoöxanthellen zijn eencellige algen, die in een symbioseverband in het Endotherm van een koraalpoliep leven. Deze symbiotische algen zijn primaire producenten. Zij produceren door fotosynthese uit het kooldioxide en water, organische energieverbindingen en zuurstof. Het licht dient hier als energiebron. De lichtintensiteit is voor de koralen van groot belang. De op het rifdak levende koralen zijn aan een zeer sterke lichtstraling blootgesteld. Zij bezitten zoöxanthellen, die zich van de symbiotische algen in de koralen, die onder zwakkere lichtomstandigheden leven, onderscheiden (Latka, 1993a, b en c). Bij intensieve belichting werken de zoöxanthellen, in een verbinding met vele proteïnen, als een beschermingsfilter tegen de UV-straling (Dunlap & Chalker, 1986; Mohan, 1990; Shibata, 1969). De belichtingssterkte is de begrenzen factor, terwijl de fotosynthese de opgenomen CO₂-hoeveelheid. Aan de geproduceerde zuurstofhoeveelheid kan de effectiviteit van de fotosynthese gemeten worden. Met toenemende belichtingssterkte neemt het fotosynthesegedeelte en daarmee ook de opname van kooldioxide toe. Deze toename verloopt evenwel niet lineair. Neemt de belichtingssterkte af, dan vermindert het fotosynthesegedeelte. Aanpassingen van een verminderde belichtingssterkte heeft ook gevolgen op de veranderingen van de kolonievorm, afname van de poliependichtheid en verhoging van de pigmentverhoudingen (Muscatine, 1990).

Deze energierijke verbindingen, die gedurende de fotosynthese door de zoöxanthellen geproduceerd worden, zijn glucose, glycerine, aminozuren, meerdere zuren en organisch fosfaat. Zij worden door de algen die in de cellen van het gastdier leven, overgebracht.

Deze gebeurtenis wordt translocatie genoemd. De uitkomst wordt door verdere onderzoekingen bevestigd, door de zoöxanthellen die gedurende

enkele dagen door de fotosynthese gebonden en in de cellen van de koralen overgebrachte kolenstofhoeveelheid gemeten werd. Bij koralen die in 3 tot 10 meter diepte leefden, was de kolenstofhoeveelheid zeer hoog; 96,9% bij de *Stylophora pistillata*, en 78% bij de *Porites porites*. Verrassenderwijs veranderde zich de translocatie gedeelte bij de *Stylophora pistillata* tot op zo'n 35 meter diepte maar minimaal (McClosky & Muscatine, 1984). Zoals alle planten hebben zoöxanthellen ook voedingsstoffen nodig, vooral stikstof en fosfaat. Uit de voedingsstofconcentratie in het Grote Barrière rif wordt duidelijk dat stikstof en fosfaat in het koralenrif een schaars artikel is en minimale factoren weergeven. Hoe lossen nou de zoöxanthellen het probleem van het voedingsgebrek op? Enerzijds ontnemen zij de voedingsstoffen direct uit het water, en anderzijds worden de voedingsstoffen gerecycled. De laatste tijd zijn er ook aanwijzingen dat de koralen en de zoöxanthellen de mogelijkheid hebben om voedsel te gebruiken van het waterreservoir dat van meer dan honderd meter onder het rif uit omhoog beweegt. Er werd aangenomen, dat koralen met zoöxanthellen een veel snellere skeletopbouw (skeletogenese) hebben dan koralen zonder zoöxanthellen. Simkiss (1964a en b) stelde vast, dat fosfaat de skeletogenese stoort. Zoöxanthellen verbruiken fosfaat, zodat daardoor de skeletogenese van de koralen opgewekt wordt. Wij komen daarop in het hoofdstuk "steenkorallen" nog op terug. De biologie van de symbiotische algen is zeer complex en nog niet helemaal bekend, zodat wij maar enkele aspecten kunnen behandelen.

2) Opname van in het water opgeloste organische en anorganische verbindingen

Bij de symbioseverhoudingen, zoals hiervoor beschreven, tussen de koralenpoliep en de zoöxanthellen, ontstaat een behoefte aan voedingsstoffen in de vorm van stikstof, fosfor en koolstof voor die algen. Metingen in het koralenrif tonen met 0,2-0,5 mg/l aan, echter een zeer gering gemiddelde van koolstofconcentratie (Sorokin, 1973). In de lagune en de litoralenriffen (kustnabijheid) kan het voedingsstofgehalte misschien iets hoger zijn, wat

zich ook in de samenstelling van de fauna weergeeft.

In de neritiden riffen, dat is van de kust verwijderd, is het voedingsstofgehalte daartegen extreem laag.

Lang vroegen de wetenschappers zich daarover af, hoe het mogelijk is, dat de voedingsstofbehoefte van de gigantische hoeveelheid aan zoöxanthellen, die in de koraaldieren die alleen op een rif leven, gedekt kan worden. Enige voedingsstoffen stammen zo waar uit het plankton, maar dit alleen is zeker niet genoeg. Sinds de zestiger jaren hebben aanhoudende proeven bewezen, dat koralen opgeloste organische verbindingen direct uit het water kunnen opnemen. Bij onderzoekingen met verschillende neteldieren (Hydroiden, Anemonen, steen- en lederkorallen) nam de concentratie van in het water opgeloste aminozuren binnen 21 uur met zo'n 19-57% af (Sorokin, 1973); Muscatine, 1972). Stephens (1960 en 1962) wees uit, dat het solitair levende steenkoraal *Fungia scutaria* een glucoseoplossing van 1-2 mg glucose per uur en per individu onttrekken kan. De opname vond matig plaats, overdag en 's nachts, door de oppervlaktecellen, dus niet door de mondopening.

Lewis & Smith (1971) onderzochten, welke werking de glucoseconcentratie in het water op de opname had. Zij vonden hieruit, dat zij omgekeerd proportioneel is, dit wil zeggen, bij hoge concentratie verliep de opname langzaam, en bij lagere met wat meer snelheid. Metingen gaven weer, dat per gram aan levend weefsel, in verloop van vier uur 30 mg glucose opgenomen werd, wat ongeveer 3% van het eigen gewicht is. Het met wimpers bezette oppervlakteweefsel van een koralenpoliep maakt het mogelijk samen met zijn enzymgehalte voor de opname van opgeloste organische verbindingen. Het is evenwel nog erg onzeker, hoeveel van deze verbindingen direct in de stofwisseling van de koralen worden benut, met andere woorden, hoeveel er aan de algen worden aangevoerd. Opgeloste anorganische verbindingen worden eveneens direct uit het water opgenomen. Stoffen, zoals anorganische fosfaat (PO_3^{3-}) of nitraat (NO_3) zijn belangrijke algen voedingsstoffen, die door de zoöxanthellen direct gebruikt worden.

Een opmerkelijk aandeel van deze stoffen stammen uit opgenomen organische verbindingen, die in het



Gele korstanemoo (familie Epizoanthidae) met zeester (echinaster sepositus)

spijsverteringsproces in de poliepen opgedeeld worden. Het is zeker bewezen, dat zij ook anorganische verbindingen opnemen. Stikstof en fosfor tellen waarschijnlijk tot de elementen, die in het koralenrif het minst voorkomen. Er zijn aanwijzingen dat de zoöxanthellen uit de opgenomen anorganische stikstof verbindingen aminozuren samenstellen, die aan het gastdier teruggeven worden. Wanneer het klopt, worden deze verbindingen eveneens gerecycled. Ook anorganisch fosfaat heeft de wetenschappers beziggehouden. Zij vonden hieruit, dat zulke verbindingen niet alleen opgenomen worden, maar ook door koralen met zoöxanthellen in vergelijking met ongewervelden zonder symbiotische algen, in aanzienlijk geringere hoeveelheid weer afgegeven worden. Dit beschouwt men als bewijs voor de recycling van deze verbindingen tussen de koralencellen en de zoöxanthellen (Yong & Nichols, 1931; Pomercy & Kunzler, 1969; Yamazato, 1966).

Onder de anorganische verbindingen nemen calcium (Ca²), magnesium (Mg²), strontium (Sr²) en enige sporenelementen een speciale plaats in. Calcium komt in het zeewater in rijke hoeveelheden voor. Het wordt door de hermatypische koralen gefixeerd en dient voor de opbouw van het skelet uit Aragonit. In dit skelet wordt ook magnesium, waar het in het aquarium normalerwijze een tekort aan is, ingebouwd. Het heeft zich laten zien, dat hermatypische steenkoralen beter gedijen wanneer men in het aquariumwater regelmatig strontium toevoegt. In de zee komt strontium in variabele concentraties voor, normaal evenwel met ca 8 mg/l. Dikwijls wordt ook de verhouding met het calciumconcentratie aangegeven, als Sr/Ca. Naar Kinsman (1969) en Kinsman & Holland (1969) bedraagt deze verhouding 0,0086. In skeletten van vele steenkoralen schijnt het echter hoger te zijn. Dit duidt er op, dat steenkoralen onder bepaalde omstandigheden strontium voortrekken bij de opbouw van het Aragonit, voor het calcium (Weber, 1973).

Daadwerkelijk vindt men in de skeletten van vele steenkoralen opmerkelijke hoeveelheden aan strontium. Onderzoekingen bij de *Acropora cuneata*, *A. pulchra*, *Goniastrea benhami* en

de *Porites murrayensis* gaven concentraties aan van gemiddeld 550 mg (Sr/1000cm³) (Weber, 1973). Toch gaf het bij de vier soorten duidelijk onderscheid. Interessant is het ook, dat die ahermatypische steenkoralen vermoedelijk ongeveer hetzelfde strontiumgehalte vertonen als de hermatypische. Weliswaar heerst hierover geen enigheid bij de onderzoekers. Het blauwe koraal, *Heliopora coenulea*, bevat daarentegen maar een geringe hoeveelheid aan strontium. Tussen het strontiumgehalte van het koraalskelet en de watertemperatuur bestaat een duidelijke samenhang. Stijgt de temperatuur, dan vermindert het strontiumgehalte en omgekeerd. Tegenovergesteld verhoudt zich de samenhang bij waterdiepten tot zo'n 20 meter. Koralen in het vlakke rifgebied bevatten minder strontium als dezelfde in dieper water. Deze feiten steunen onze kennis tot de skeletogenese. Zij nemen bij hermatypische koralen met stijgende temperatuur toe en verminderen bij toenemende waterdiepte en omgekeerd. Indien de calciumfixering trager verloopt, dan wordt dit voor een deel door strontium vervangen. Er zijn redenen om aan te nemen dat de strontiumfixering genetisch bepaald is, en zij kunnen weliswaar niet alleen van soort tot soort, maar ook van kolonie tot kolonie van dezelfde soort te onderscheiden zijn.

Twee direct in het rif langs elkaar staande kolonies van dezelfde soort, kunnen namelijk op duidelijke verschillen met betrekking tot het strontiumgehalte wijzen. Buiten calcium en strontium bevinden zich ook nog barium, koper, boor, lithium en zink in het skelet van de steenkoralen. Deze elementen worden waarschijnlijk bij de skeletogenese, samen met calcium opgeslagen (Livingston & Thompson, 1971).

3) Recycling van verbindingen

In ecologische zin kan men als "meermalige benutting van weinig aanwezige voedingscapaciteiten" definiëren. Wij hebben het begrip al eerder gebruikt, maar wij willen dit vanwege zijn grote betekenis voor de productiviteit en de verscheidenheid van een koralenrif, nog eenmaal uitvoerig behandelen. De recycling omvat voedingsstoffen, met inbegrip

van het kolenstof, en vindt plaats in het ecosysteem van een koralenrif in meerdere lagen. Het meest bekendst is de translocatie van stoffen tussen symbiotische algen en de cellen van het gastdier. Deze recycling is zeer effectief. Ofschoon niet alle stoffen gerecycled worden, is het verlies aan de omgeving maar gering. De recycling op hogere lagen is bij lange na niet zo effectief. Alle mosselen, kreeftdieren, stekelhuidige, vissen en vele andere organismen, scheiden als stofwisselingsproducten voedingsstoffen (ammonium en fosfaat) uit, die potentieel door de koralen gebruikt kunnen worden. Uit het bezinksel worden aanvullende bruikbare stoffen vrijgesteld (DiSalvo, 1974). Daarbij is algemeen bekend, dat de voedingsstoffen, die buiten de koraalpoliepen om vrijgesteld worden, door de koralen erg moeilijk opgenomen kunnen worden, als zulke, die binnenin de koralenpoliepen ontstaan. Stromingen en golven dragen de voedingsstoffen snel weg. Het verlies bij hun vruchtgebruik is daarom veel groter en omvangrijker. Belangrijke voedingsstoffen gaan ook verloren, als zich organische materialen in het bezinksel afgezet worden of anorganische materialen bij de skeletogenese gebonden wordt. Om deze verliezen op te vangen, moeten voedingsstoffen van buitenaf aan dat ecosysteem opnieuw aangebracht worden. Bij koraalriffen heeft men een tijdlang aangenomen, dat de enige toevoer van "nieuwe" voedingsstoffen bij de stikstofverbinding, door de algen en door de directe opname van in het water opgeloste voedingsstoffen, plaats vond. In de laatste jaren zijn evenwel enige nieuwe theorieën ontwikkeld. Tegenwoordig gaat men ervan uit, dat de koraalriffen voedingsstofrijk water, door de poriën in de rifgrond, toegevoerd krijgt. Bij boringen tot zo'n 500 meter diepte, in het Mururoa Atol, in de Pacific, en tot zo'n 30 meter diepte in het Grote Barrière rif, stootte men op reservoirs met zeer veel voedingsstoffhoudend water. De nitraatconcentratie bedroeg bijvoorbeeld in 350 meter diepte in het Mururoa Atol 15 mmolar/m³ ($\approx 0.92\text{g/m}^3$) en in 30 meter diepte in het Grote Barrière rif 5,6 mmolar/m³ ($\approx 0.35\text{g/m}^3$). In de lagunen bedroeg de concentratie daarentegen slechts 0.2 mmolar/m³ ($\approx 12.3\text{mg/m}^3$). Bij deze theorie gaat men ervan uit, dat

het water uit de diepte zeer langzaam, evenwel onafgebroken omhoog cirkelt en door de poriën van het sedimentstructuur tenslotte in het rif aan de wateroppervlakte belandt.

Op deze wijze worden de voedingsstoffen onafgebroken aan het rif toegevoegd (Rougerie & Wauthy, 1993). Deze theorie is tot nu toe strijdig, maar toch zeer interessant.

4) Het gebruik van bacteriën en eencellige

Bacteriën kunnen de koralen ook als voeding dienen (DiSalvo, 1971). Het van de koralen uitgescheiden slijm bevat een aanzienlijke hoeveelheid aan koolhydraten, die door de zoöxanthellen geproduceerd worden (Crossland & Borowitzka, 1980). De koolhydraten zijn belangrijke voedingsbronnen voor de bacteriën. Het micromilieu dat de steenkoralen omgeeft bevat een zeer hoge concentratie aan bacteriën en eencellig zoöplankton, dat van bacteriën leeft. Deze organismen zijn eveneens in de poliepen voorhanden (Paul & al., 1986). Buiten dat de bacteriën de koralen direct als voedsel dienen, is het mogelijk, dat de hoge bacteriënconcentratie vermeerderd zoöplankton aantrekt, wat als buit voor de koralen wordt (Schiller & Herndl, 1989). Met de bacteriën wordt aan de koralen organisch fosfaat toegevoegd.

Gelijktijdig bevatten de zoöxanthellen belangrijke elementen, zoals stikstof en ijzer, alsook vitamine B12 (Sorokin, 1973).

Gevolgtrekkingen voor het koralenrif-aquarium

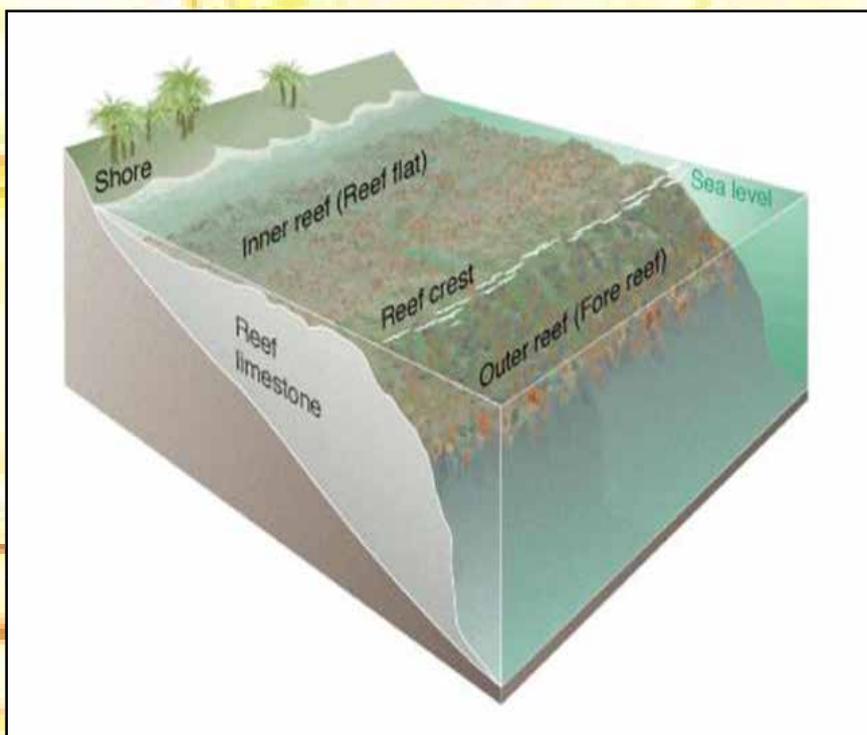
Een beslissende factor is, dat neteldieren met zoöxanthellen van nature aan een leven in een zeer voedingsstofarm (oligotrofen) water aangepast zijn. Wat wij al gezegd hebben is, dat koralen talrijke methoden ontwikkeld hebben voor dekking van hun energiebehoeften. In het aquarium bieden wij de koralen dergelijk voedingsstofarme voorwaarden aan, dan laat dit zich naar onze mening alleen met een effectieve eiwitafschuiming, voorzichtig gebruik van actief kool en spaarzame voeding bereiken. Bovendien is de socialisering met andere organismen zorgvuldig te plannen. Dieren, die veelvuldige en rijkelijke voeding nodig hebben, zijn moeilijk met dieren te combineren, die lichtenergie over de symbiose met zoöxanthellen gebruiken. Enige neteldieren, vooral anemonen en vele lederkoralen, kunnen niet te min ook onder voedingsstofrijke omstandig-



Great Barrièrerif

heden uitstekend gedijen. In de zee domineren zulke dieren vaak in riffen langs de kust, in water met een hoger voedingsstofgehalte, en met grotere schommelingen in het zoutgehalte en die talrijke zweefstoffen vertonen. Zulke riffen werden af en toe als "eutrofe riffen" betiteld. Zij bevatten tegenover oligotrofen riffen vaak een rijkere algenflora. De beste indicator voor het voedingsstoffengehalte in een aquarium is, naar onze mening, de algengroei. In een voedingsstofrijk aquarium treft men vaak een ongeremde en oncontroleerbare groei van vele algen aan, daaronder vele blauwalgen. Is een aquarium daartegen voedingsstofarm, dan zal een overwegende groei van rode kalkalgen te zien zijn. Stijgt het voedingsstofgehalte iets, dan zal zich een verandering in de algenflora inzetten. Vaak duiken hierbij rode en groene turfalgen op. Zelfs wanneer enige neteldieren uitstekend samen met algen in een eutrofe aquarium gedijen, dan moet dit ons niet misleiden en ons daartoe verleiden, met de eiwitafschuiming nonchalant te zijn of het aquarium onvoldoende te controleren. In een gezond koralenrifaquarium mag zich onder geen beding nitraat- en fosfaatgehalte verhogen!!

Verteld uit het boek "Koralenriff Aquarium" van Svein A. Fossa en Alf Jacob Nilsen, met ingevoegde teksten en afbeeldingen van Wikipedia. HdB

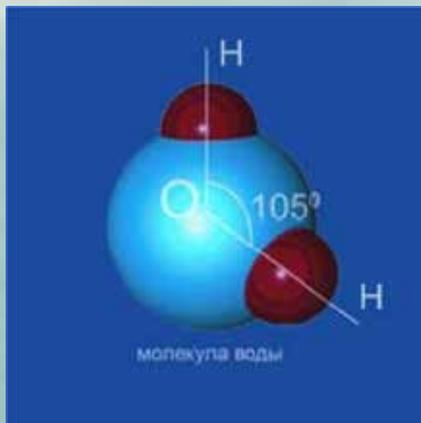


RAADSELS VAN WATER EN LEVEN

Water is de drijvende kracht van de natuur.

Leonardo da Vinci

Water is een van de meest unieke en mysterieuze materies op aarde. Het wezen van de aarde ligt buiten het bereik van elke hedendaagse wetenschap. Op het eerste zicht is water eenvoudig. Het werd lange tijd als een puur element



beschouwd. Pas in de achttiende eeuw hebben wetenschappers bewezen dat water geen eenvoudig element is, maar een samenstelling van waterstof en zuurstof. Waterstof heeft zijn naam aan die ontdekking te danken (hydro genes wordt vanuit het

Grieks als 'waterscheppend' vertaald). Verder onderzoek toonde aan dat de schijnbaar eenvoudige formule H_2O een materie met een unieke structuur en eigenschappen beschrijft. De geheimen van het water hebben wetenschappers twee eeuwen lang voor een raadsel gesteld. Zelfs hedendaagse geleerden zijn zich ervan bewust dat de eigenschappen van water onvatbaar en abnormaal zijn; ze zijn niet gebonden aan de wetten van de fysica die alle andere dingen in het universum regelen. Hier zijn slechts een aantal van de eigenschappen van deze leven gevende materie:

- De thermische capaciteit van water is 3100 keer zo groot als dat van lucht en 4 keer zo groot als dat van een rots. Water reguleert de warmte-uitwisseling in het menselijke lichaam waardoor mensen zich aangenaam kunnen blijven voelen en energie kunnen besparen. Dankzij dit buitengewone vermogen om warmte op te slaan, helpt water het menselijk lichaam, dat voor twee derde uit water bestaat, zijn normale temperatuur te behouden tijdens een verzenkende hitte en: bijtende vorst.

- Water is moeilijk te bevriezen, en ijs smelt langzaam. Hierdoor is het klimaat op aarde stabiel en mild, en kan de mensheid in een vriendelijke omgeving leven en gedijen.
- Het bevriezen van water gaat gepaard met een abrupte afname in dichtheid van meer dan 8 procent, terwijl de dichtheid bij de meeste andere materies toeneemt wanneer ze kristalliseren. Ijs neemt daardoor meer ruimte in beslag dan het vloeibare water en zinkt niet.

Deze verandering in dichtheid is uniek voor water en is van cruciaal belang voor al het leven op aarde. Ijs dat zich aan het oppervlak van een watermassa vormt, dient als een drijvende deken die rivieren en meren tegen volledige bevriezing beschermt en ervoor zorgt dat het leven onderwater niet sterft.

Als ijs zwaarder zou zijn dan water, zou het naar de bodem zinken en zouden alle levende wezens in de rivieren, meren, zeeën en oceanen bevroren en sterven. De gehele aarde zou uiteindelijk in een bevroren woestijn veranderen.

De waterbronnen van de aarde:

Zeeën en oceanen	1,4 miljard km^3
Gletsjers	30 miljoen km^3
Rivieren en meren	2 miljoen km^3
Atmosfeer	14.000 km^3
Levende organismen	65%

water heeft nieuwe feiten over de wereld om ons heen onthuld. Deze nieuwe ideeën helpen ons de eigenschappen van het water en de merkwaardigheden van zijn interactie met andere materies te begrijpen.

De unieke eigenschappen van water en de rol ervan in de overleving van al het leven op aarde vormen een continue uitdaging voor wetenschappers. De studie van



DREAMREEFCORAL

DE AQUARIUM WEBWINKEL



Schootsestraat 138
5616 RH Eindhoven

Telefoon: 040 - 251 08 77
Fax: 040 - 251 72 72
Email: heevis@solcon.nl

Alles op het gebied van:

- Zoetwater
- Zeewater
- Vijver
- Terrarium

Ook sterk in maatwerk
Laat gratis uw aquariumwater testen



Zoetwater



Zoutwater



Terrarium



Vijver

Openingstijden winkel:

Maandag: 09.00 - 18.00 uur

Dinsdag: GESLOTEN

Woensdag: 09.00 - 18.00 uur

Donderdag: 09.00 - 18.00 uur

Vrijdag: 09.00 - 20.00 uur

Zaterdag: 09.00 - 17.00 uur

LET OP

tussen 12.00 en 13.00 uur
gesloten.

Behalve op zaterdag.

Kijk op www.heevis.nl
voor de maandactie

Oud wordt weer actueel:

Zandbedden en Wodka, deel 2

door Eric Borneman, vertaling: Rien van Zwiene

In mijn artikel in het vorige magazine heb ik bekeken hoe de aquariumhobby vol zit met zogenaamde “nieuwe” ideeën die periodiek en cyclisch van oorsprong zijn. Sommige historische en huidige trends waarbij zeewater-aquarianen zich steeds weer opnieuw lijken uit te vinden werden besproken en in dit artikel zal ik mijn gedachten concentreren op nog zo'n trend, namelijk het toevoegen van wodka aan aquaria.

Omdat sommige Europese landen bepalend geweest zijn bij de vooruitgang van de rif aquarium technieken, is er vaak een merkbare impressie dat hun kennis en vaardigheden benijdenswaardig zijn. Ik heb aquarianen in vele Europese landen gezien, gesproken en mee samengewerkt en ik kan zeggen dat het gemiddelde niveau daar gelijk is met wat het is in de Verenigde Staten. Er zijn een aantal top aquarianen, er zijn gemiddeld succesvolle aquarianen, er zijn worstelende aquarianen en er zijn ook mensen die beter helemaal geen aquarium gekocht zouden hebben.

Europeanen klagen ook regelmatig over het gebrek aan beschikbare informatie in hun moedertaal, en tijdschriften uit Engeland, Italië, Frankrijk, Duitsland, en andere landen zijn dezelfde die hier aangeboden worden. Met andere woorden er zijn sommige waardevolle artikelen, en er zijn er die beter in de prullenmand van de redacteur hadden kunnen blijven dan in druk te verschijnen. Mijn eerste statement in dit onderwerp is: Ook al hebben Europeanen betere kaas, brood, en architectuur dan wij, ze zijn niet automatisch almachtig, of zelfs gewenst als rif aquarium autoriteiten.

Ik kan er ook aan toevoegen dat een van de beste wodka's, verrassend genoeg, hier in mijn huis-Staat Texas gemaakt wordt; een gouden medaille winnend merk genaamd Totto's zelfgemaakte wodka die, als het gemengd wordt met versgeperste rode pompelmoes sap, ijs, en een beetje rijpe Mexicaanse soda, wat misschien niet ideaal is voor het aquarium, maar het heeft op een warme zomeravond bepaalde voordelen voor de aquariaan.

De theorie achter Ethanol toevoegingen bij aquaria

Een Duits blad publiceerde recentelijk een artikel waarin gesuggereerd en aanbevolen werd om ethanol (als wodka) aan aquaria toe te voegen als koolstof bron voor heterotrofe bacteriële bacteriën om zodoende de denitrificatie snelheid en bacteriële biomassa productie (Mrutzek en Kokott 2004) op te voeren. Bovendien claimden ze dat toevoegingen snelle afname van stikstof en fosfor, geproduceerd door vissen, lagere dieren, en algen metabolisme, veroorzaken (ironisch, omdat veel lagere dieren en algen in aquaria opruimers, en geen bronnen zijn voor stikstof en fosfor).

Daar tegenover, zijn de bacteriën een voedselbron voor koralen en andere filterfeeders.

De methode wordt vooral aanbevolen bij aquaria met een grote eiwitafschuimer (en waarschijnlijk zwevend materiaal tekort komen) en zonder zand bedden. Aquaria met zandbedden of andere op bodem gebaseerde systemen, zeggen zij, reageren ongebruikelijk en kunnen verkeerd reageren op ethanol toevoegingen.

“Experimenten” werden gedaan (en ik gebruik de term experiment tussen aanhalingstekens om aan te geven dat de nogal ongecontroleerde, niet herhaalde, statistisch onbetrouwbaar van het type van “laten we het toevoegen en kijken

wat er gebeurt, en geeft resultaten die aantonen dat mijn aquarium er nooit beter uitzag” het type probeersels zijn die vaak gevonden worden in aquarium literatuur.

De resultaten laten gedurende ongeveer een maand een steile afname zien van stikstof- en fosfor gehalten met toenemende wodka doseringen. Het aantal eenheden voor de experimentele procedure is één (n=1), bestaande uit één enkel persoon zijn thuis aquarium. Er waren geen controles in de experimenten (bv. een identiek aquarium waar geen wodka aan werd toegevoegd om te kijken of er echt resultaten waren van de behandeling).

In feite, het test aquarium ontving een toenemende hoeveelheid wodka gedurende de behandeling, wat een dosering effect onmogelijk te onderscheiden maakte. Extra ondersteuning voor het “experiment” werd vergaard door willekeurige herhalingen bij volledig andere probeersels onder nog minder gecontroleerde condities; dit betekende dat andere aquarianen begonnen met het toevoegen van wodka en vergelijkbare “resultaten” claimden.

Resultaten van dit werk laten ook een aantal andere effecten zien. Een grote “bloei” die het test aquarium vertroebelde kwam voor, een gebeurtenis die de hele aquarium inhoud kan, en ook vaak doet, uitroeien.

Er werd aangenomen dat de bloei bacterieel was, maar er werd niet vermeld of en hoe bepaald werd of de troebeling in de aquaria bacterieel was. Vooruitlopend op wat ik verder zal uitleggen, kan het ook eenvoudig carbonaat neerslag zijn op gang gebracht door extra koolstof toevoeging en mogelijk microbiologische invloeden.

Als er met veel geluk niets is doodgegaan in het aquarium, het aquarium weer helder is en dan beweren de auteurs letterlijk dat “het aquariumwater nooit helderder geweest is, de koraalpoliep expansie was beter, en de koraal kleuring was meer intens”. Waar heb ik dit eerder gehoord? De waargenomen afname van nitraat en fosfaat is een interessant effect, maar dat zal ik later meer gedetailleerd bespreken.

Kritiek op de methode en discussie

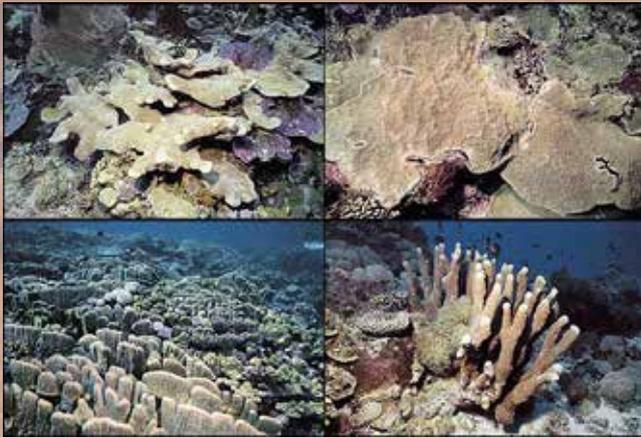
Zonder nu al de biologische aspecten achter dit concept te bespreken, voel ik de behoefte om een paar andere zaken in dit artikel te bespreken. Er zijn een aantal uitspraken en aannames gedaan door de auteurs die niet onderbouwd, niet feitelijk, of twijfelachtig zijn.

De auteurs zeggen in hun verklaring van op ethanol gebaseerde afnames, dat toenemende hoeveelheden nitraat, afnemende koraal groei veroorzaken, maar er zijn tegenstrijdige studies over dit onderwerp.

Er zijn veel onderzoeken die afnemende koraal groei laten zien bij toenemende concentraties van stikstof (als ammonia of nitraat), zowel als die toenemende koraalgroei met toenemende stikstof concentraties (als ammonia of nitraat) laten zien of totaal geen significante effecten.

De uitgebreide onderzoeken die over dit onderwerp gedaan zijn behandelen de effecten van toenemende stikstof op weefsel groei, lineaire groei, calcificatie snelheden, voortplanting, hechting snelheden, en andere aspecten van koraal biologie. Over het algemeen worden toenames van fosfaten in verband gebracht met verminderde koraal groei, alhoewel recent onderzoek hier ook mee in conflict is. ENCORE on-

derzoeken (Steven en Braodbent 1997) laten bijvoorbeeld een 29% toename zien in skelet biomassa met verhoogde fosfaat gehalten bij *Acropora palifera*. Zoals beweerd wordt in het artikel, "hebben verschillende veldstudies geen verschil in groeisnelheden gevonden ten gevolge van vermoedelijke verhoogde nutriënt concentraties en betwisten het dogma dat koralen slechts kunnen groeien in oligotropische condities als een over simplificatie van processen die de groei van deze organismen regelen." Recentelijk heeft de ontdekking van koralen die symbiotische extracellulaire bacteriën (Rohwer, et al. 2001,2002) en intracellulaire cyanobacteriën (Lesser, et al. 2004) huisvesten om een



bron van gereduceerd stikstof aan te bieden de nadruk gelegd op de gewoonlijke stikstof gelimiteerde groei van koralen in erg beperkte stikstof omgevingen zoals koraal riffen. Verschillende groeivormen vertoond door één soort, *Acropora palifera*

De auteurs schrijven dat denitrificatie slechts in zuurstofarme omgevingen optreedt, en beweren verder dat zulke omgevingen slechts diep in het levend steen of in zand bedden voorkomen. Naar hun oordeel zullen aquaria zonder zand bedden niet genoeg denitrificatie capaciteit in de poriën van het levend steen hebben om de metabolische of door aquarianen veroorzaakte stikstof input in rif aquaria te verwerken. Ten eerste, zijn er zover ik weet, geen denitrificatie snelheden gemeten in aquarium sediment of substraten behalve die geleverd door Toonen (althoewel ze vaak in de natuur gemeten zijn, zoals hier onder beschreven). Dus de aanname is op zijn best speculatief. Ten tweede, de meeste aquarianen die levend zand bedden gebruiken zijn van mening dat top aerobe (zuurstof houdend) lagen boven op anaerobe lagen liggen waar denitrificatie plaats vind.

Echter, denitrificatie kan ook plaats vinden in zuurstof houdende gebieden, en sommige van de hoogste denitrificering snelheden zijn gemeten in de bovenste 1 cm van neerslag waar nitraat en zuurstof niveaus het hoogst zijn (Oren en Blackburn 1979). Denitrificatie zones kunnen van de bovenste millimeter tot 10-15 cm diep of meer voorkomen, zoals in het sediment in de buurt van de Bermuda Shelf. Desalniettemin, ontwikkelt zuurstof armoede zich gewoonlijk in de bovenste 1/2" tot 1" (5-10 mm) van het rif sediment, althoewel deze diepte varieert met de korrelgrootte, levende organismen, water beweging, fysieke substraat beweging, dynamische plaatselijke verrijking met organisch materiaal en samenstelling van het substraat. Gebieden zonder leven-

de organismen zullen anaeroob worden binnen millimeters van het modder (carbonaat) oppervlak van ondiep water sedimenten (Matson, 1985).

Bovendien, is er aangetoond dat denitrificatie een stikstof gelimiteerd proces is en geen koolstof gelimiteerd proces, alhoewel koolstof limitatie centraal staat in de aannames bij de wodka toevoeging behandeling. Zonder twijfel, is het denitrificatie proces microbiologisch gestuurd, maar helaas is er weinig of geen bewijs dat deze microbiologische populaties in aquaria koolstof gelimiteerd zijn. In feite, in de aanwezigheid van voldoende licht en een aquarium vol met koralen, samen met KH toevoeging, kalkwater toevoeging en normale gas uitwisseling, zou koolstof in overvloed aanwezig moeten zijn. Er zijn onderzoeken die de koolstof limitatie bij hetero trofische bacteriën in marine bacterie-plankton ondersteunen (Kirchman, et al. 2000), maar dezelfde onderzoeken, samen met anderen, wijzen ook ijzer, fosfaat, of nitraat limitatie in hetzelfde water onder verschillende omstandigheden als oorzaak aan. Welke condities in een bepaald aquarium heersen, bij welke bacteriën kan er een "bloei" verwacht worden, en hoe het systeem reageert, is verre van zeker. Dus, denitrificatie komt waarschijnlijk niet alleen maar voor in vooral anaerobe omstandigheden, maar is nauw verbonden met nitrificatie en komt vooral voor bij het aerobe/anaerobe oppervlak. In anaerobe sedimenten, lijkt sulfaat reductie de primaire route, althoewel ook sulfaat reducerende bacteriën gevonden worden in aerobe omstandigheden. (Dilling en Cypioka 1990; Ramsing, et al. 1993; Teske, et al. 1998; Minz, et al. 1999b; Minz, et al. 1999a; Fournier, et al. 2002; Schramm, et al. 1999; Sigalevich, et al. 2000). Sulfaat reduceerders komen vooral voor in voedingsrijke lagune sedimenten, en ze worden ook in verband gebracht met cyanobacteriële matten in de ondiepe riffen (Kinsey 1985). Het eindproduct van hun ontbinding is koolstof dioxide, dat aanzienlijk kan bijdragen aan het CO₂ gehalte van het water.

Vanwege de hydrodynamica rond oppervlaktes, kunnen microbiologische levensvormen dynamica, en andere biotische en abiotische invloeden, zuurstof/zuurstofarme zones werkelijk overal in een aquarium gevonden worden. Denitrificatie is gezien op het oppervlak van detritus deeltjes, op het oppervlak van koralen, en op het oppervlak van zandkorrels die gevonden worden in zuurstof rijke omgevingen. Daarom kan denitrificatie en zelfs sulfaat reductie gezien worden als een microaerophil proces dat niet afhangt van zuurstof gebrek om plaats te vinden.

Een microbiotoot aangepast aan het zuurstofarme gebied onder de RPD (Redox Potential Discontinuity) omgeving kan organisch materiaal ontleden door fermentatie, waar sommige organische materialen worden gebruikt als waterstof acceptoren voor de oxidatie van andere componenten, eindproducten als vetzuren en opgeloste sulfaten vormend. Nitraten, carbonaten en water kunnen door verschillende bacteriën gebruikt worden als waterstof acceptoren, componenten als H₂S, NH₃, CH₄, enz. vormend. Deze worden normaal gesproken niet gezien of voorgesteld als stoffen die gewenst zijn in gesloten omgevingen, toch gedijen de typische flora en fauna in een op levend steen gebaseerd systeem door juist deze componenten.

Bovendien zijn planten in staat denitrificatie paden te gebruiken, en aquaria bevatten grote aantallen hiervan; macroalgen en fotosynthetische eencellige organismen, endolitische schimmels, bacteriën, kalkalgen, en veel gegeten turf soorten behoren tot deze aanwezige functionele biotische componenten, maar die meestal grotendeels onzichtbaar blijven of niet meegenomen worden in zulke beschouwingen over de stikstof dynamica in aquaria, en geen van allen zijn een vereiste voor de aanwezigheid van een zandbed.

Bij sponzen is aangetoond dat ze ook in staat zijn om te denitrificeren, door hun associatie met endosymbiotische algen. Korallen zijn bedekt met een grote microbiologische oppervlakte gemeenschap die vele alpha-en gamma proteobacteriën bevatten die bekend zijn als denitrificeerders. In feite, is er nu bekend dat er gedurende de nacht zuurstoftekort bestaat in het koraalweefsel, en studies zijn gaande om te bepalen hoe korallen in staat zijn om deze omstandigheden te overleven (Kulhanek, et al. 2004).

Uiteindelijk, zijn de individuele denitrificatie snelheden in aquaria waarschijnlijk grotendeels afhankelijk van een oneindige hoeveelheid factoren. Als, en waarom, denitrificatie of fosfaat accumulatie optreedt in afzonderlijke aquaria is waarschijnlijk net zo gevarieerd, en afgaande op het aantal relatief onervaren aquarium houders in dit land die onmeetbaar lage nitraat en fosfaat niveaus rapporteren, is het probleem misschien niet zo wijdverspreid of onoverkoombaar zoals gesuggereerd wordt door de auteurs.

Bijna aan het einde van het resultaat gedeelte van dit artikel, en verdergaand met de discussie, is er bijna geen zin die als juist gezien kan worden.

Ik zou iedereen willen aanraden die genegen zijn dit hele artikel te lezen het discussie gedeelte volledig over te slaan. Bijna iedere bewering over afbraak nutriënt processen, en microbiologische ecologie is een slag in de lucht en in vele gevallen gewoonweg fout.

Dit is jammer, omdat als de auteurs een betere grip hadden op de processen die plaats vinden, adequaat werk gedaan hadden om hun speculaties te bevestigen, en zich toegewijd gefocust hadden op een goed experimenteel protocol, de effecten opgeschreven hadden van slecht onderhouden aquaria die hoge stikstof en fosfor niveaus hebben (die moet ik toegeven vaak genoeg voorkomen) en hun reactie op koolstof toevoegingen zou dit kunnen leiden tot waardevolle

Geleerde lessen: De laatste jaren

Er zijn twee belangrijke pijlers voor succes met rif aquaria: Quarantaine en geduld. Einde.

(Maar lezen, licht, voedsel, stroming kunnen ook geen kwaad).

ontwikkelingen (alhoewel ik twijfel of een doseerschema voor wodka voor alle rif aquaria met zulke problemen mogelijk zal zijn).

“Natuurlijk, als men tegenstrijdige waarnemingen negeert, kan men een elegante of robuuste theorie claimen. Maar het is geen wetenschap” Halton Arp, 1991, Science News, juli 27.

Enkele onderzoeken over het onderwerp

“Er is iets fascinerends in de wetenschap. Men krijgt een

overvloed aan vermoedens uit een futiele plaatsing van feiten” - Mark Twain (1835-1910)

De hoeveelheden bacteriële leefgemeenschappen die aanwezig zijn in sedimenten hangt grotendeels af van de deeltjesgrootte (Ruble 1982, Ransom, et al. 1999). Ze zijn het hoogst in zeer fijn zand het hele jaar door en in erg grof zand gedurende de winter (Johnstone 1990, Matson 1985).

Sedimenten worden over het algemeen geoxideerd in de winter, en gereduceerd in de zomer omdat hogere temperaturen hogere anaerobe activiteiten stimuleren.

Grof zand heeft hogere fotosynthese snelheden van algen in het sediment, en bij de totale ademhaling van het biotoop. (Johnstone 1990). Zelfs grof zand sediment heeft een anoxische catabolisme snelheid die vergelijkbaar is met de zuurstof reductie (Matson 1985).

Bacteriële gemeenschappen in sedimenten, zoals hierboven genoemd, kunnen ook nutriënt gelimiteerd zijn (Hansen 1987) in fosfor of nitraat; in andere woorden, ze zijn zo effectief dat ze theoretisch meer organisch materiaal kunnen omzetten dan de hoeveelheden waaraan ze blootgesteld worden.

Anoxische ontleding, via reductie, is de meest complete regeneratie methode om van een overmaat nutriënten af te komen, en zou verantwoordelijk kunnen zijn voor de ontleding van al het achtergebleven organische materiaal in de lagune (Matson 1985). Het zelfde is gevonden bij zeegras gebieden en mangroven, en ik heb nooit een zandbed in een aquarium gezien dat zo vuil en organisch verrijkt was als sommige van deze leefgebieden die stinken naar waterstof sulfide (en toch een enorme variëteit aan filter feeders, lagere dieren, sponzen en zelfs korallen huisvesten).

De sedimenten die het koraal rif omringen en ernaast liggen kunnen nogal verrijkt zijn met organisch materiaal, vooral in kleine gebieden, en spelen een integrale rol in de denitrificatie en nutriënt afbraak.

De hoogste denitrificatie snelheden op en rond het rif worden gevonden in dode koraal stukken (dit is het equivalent van levend steen voor aquarianen), *Thalassia* zeegrasbedden en lagune sedimenten (Seitzinger en D’Elia 1984).

Het feit dat dode koraalstukken zulke hoge denitrificatie snelheden laten zien lijkt in tegenspraak met de opmerking dat levend steen een ineffectief substraat is zoals geponeerd in bovengenoemd artikel.

Het is echter denkbaar en misschien waarschijnlijk dat de biomassa per volume water in aquaria groter is dan de capaciteit van levend steen om organische en anorganische stoffen om te zetten, maar deze extra belasting wordt door aquarianen eenvoudig gehaald door een zandbed te gebruiken zoals bewezen wordt door de extreem lage nutriënt niveaus die over lange periodes in de waterkolom gevonden worden. Ik ben redelijk zeker dat er geen onderzoek gedaan is om betrouwbare metingen van organische verrijking als een gemiddelde waarde bij zeewater aquaria, maar observaties zouden suggereren dat ze behoorlijk verrijkt zijn in vergelijking tot een equivalent zandbed rond koraal riffen, en misschien gelijkwaardig met offshore *Thalassia* velden (maar minder verrijkt dan nabij de kust gelegen habitats). Ook als deze schatting bij benadering waarschijnlijk is dan zouden de zandbedden in aquaria maximaal werken in termen van microbiologisch functioneren. Het werk van Toonen (zie hierboven) lijkt deze aanname ook te ondersteunen.



Thalassia in zandbed

De omzetting van organisch materiaal, alhoewel afhankelijk van anaerobische processen kan aanzienlijk zijn. Organische detritus (meestal algen afval en koraal mucus) wordt vooral ontbonden door microbiologische werking. Bij een experiment waar *Zostera detritus* en levende planten werd gebruikt, was meer dan de helft van de oxidatie en reductie van organisch materiaal toe te schrijven aan de sulfaat en nitraat reducerende bacteriën (Jorgenson en Fenchel 1974).

Tot 80 % van de opgeloste organische stoffen (DOC) worden doorgelaten en worden geabsorbeerd door de lagune leefgemeenschap, en het merendeel van de vaste stof organische verbindingen (POC) slaan neer op het lagune sediment (Ogden 1988). Zanderige lagunes zijn verantwoordelijk voor meer dan 70% van de stikstof fixatie op het rif (Shasar 1994). Een kleine afnemende zuurstof stroom lijkt op zijn hoogst gedeeltelijk verantwoordelijk voor zuurstofgebrek in het sediment (Matson 1985). De eindproducten van anaerobe afbraak worden bij het sedimentoppervlak teruggevoerd, waar zij voedsel zijn voor diverse betrokken microflora, nogmaals, als primaire levensbehoefte.

Wat is het lot van nitraten? Er zijn er velen, maar één van de belangrijkste is assimilatie door algen en bacteriën, en dissimilatie door bacteriën (besproken door Herbert, 1999); zie ook de online bespreking door Lomstein en zijn collegiale referenties). De bovenste zuurstofhoudende laag met bacteriën oxideren organische stoffen naar CO_2 dat door algen of koralen gebruikt kan worden voor calcificatie en/of ademhaling (Skyring 1985). De anaerobe fermenteerders en dinitrificeerders oxideren organische stoffen naar CO_2 en zetten nitraat om tot ammoniak en stikstofgas (N_2). Modder van de aarde en riviermondingen heeft een hogere graad van

nitraat afbraak door dissimilatie terug naar ammoniak (en niet naar stikstof gas), zodoende wordt stikstof behouden voor het systeem ten behoeve van fotosynthetiserende organismen in het sediment (Kim, et al. 1997 en zie ook collegiale referenties). Dit wordt ook steeds meer geaccepteerd als de primaire cyclus voor marine sedimenten. Bij de reductie van nitraat naar stikstof gas, wordt stikstof eenvoudig uit het systeem verwijderd door uitstoot in de atmosfeer. In de meeste anaerobe sedimenten is er een lage pH, en daarom kunnen koolstof dioxide (CO_2) en organische zuren die gemaakt worden door de N_2 gemeenschap dan gebruikt worden voor sulfide reductie en methanogenese als er zuivere anaerobe omstandigheden bestaan. In hoeverre er anaerobe omstandigheden bestaan in aquaria is niet bekend, en zelfs in diep zand bedden kunnen er beperkte anaerobe omstandigheden zijn binnen de met water gevulde poriën. Deze sulfide en methanogenese groepen leven bij een redox niveau van -450mV, dat waarschijnlijk in aquaria voorkomt. In het algemeen geven redox niveaus onder de -200 mV aan dat er nuttige reductie processen plaats vinden.

Bodem sedimenten en hun bijbehorende flora en fauna zijn een van de belangrijkste manieren om organisch rif materiaal te recyclen (Sorokin 1981). Het koraal rif en omliggende leefgemeenschappen zijn erg effectief in het absorberen van voedingstoffen en ze te recyclen binnen de leefgemeenschap, zodoende voorkomend dat er energie bronnen verloren gaan naar de oceaan, en daardoor het enorme complexe verband van soorten te laten bestaan (Crossland en Barnes 1983). Ze zijn in grote mate afhankelijk van elkaar. Kinsey (1985) zegt dat, "overall productie en calcificatie op koraal



Rhinoclavis vertagus

riffen zijn, niettemin, duidelijk bepaald door bentische processen” Vanuit de voorgaande informatie, zou het duidelijk moeten zijn dat een effectief sediment, wat betreft ontleding en denitrificering capaciteit grotendeels bestaat uit organisch materiaal dat overvloedig microbiologische populaties ondersteunt. Echter, zulke rijke op de zeebodem levende stoffen ondersteunen ook gemeenschappen van meiofauna, macrofauna en flora. Vooral van bezonken afval levende macrofauna of lagunale systemen behoren de zeekomkommers, gastropoden (tellina sp., Rhinoclavus sp., Strombus sp., etc.), tweekleppigen, zeeegels en bepaalde vissen zoals de tommyvis (*Limnichthys* sp.) en de gobies (*Amblyeleotris* sp.) (Ogden 1988).

Een dier in het bijzonder, waarvan herhaaldelijk gezien is dat het de productiviteit van lagune sedimenten dramatisch te beïnvloed is de thalassinid garnaal (*Callinassa* sp.). Deze garnaal, die een hol maakt in het zand en kleine wallen van substraat maakt rond het hol, is zowel productief als efficiënt. Thalassinids zijn erg effectieve substraat zeverers, en ze verminderen de micro- en meiofauna bevolking significant. “(*Callinassa*) hebben een grote rol in het herstructureren en functioneren van lagere trofische groepen in lagune sedimenten” (Hansen, et. al. 1987, Johnstone 1990). De meiofauna consumenten zoals protozonen, ciliaten, nematoden, copepoden, tubellarianen, polycheaten en anneliden zoeken ook in het sediment naar detritus, restanten van algen, en kunnen zelfs rechtstreeks van bacteriën leven. Vele macroalgen die wedijveren om de rijke organische inhoud van lagune sedimenten kunnen aanwezig zijn. De meest geslaagden zijn leden van de genera *Microdictyon* en *Caulerpa*. *Caulerpa*'s kunnen via hun rhizoiden behoorlijk ammoniak opnemen dat gemaakt wordt door microbiologische werking (Williams 1985). Microbiologische sediment populaties bevatten virussen, bacteriën, schimmels, actinomyceten, gist, en eencellige algen.

Over het algemeen, beïnvloeden biologische bewegingen en competitie de microbiologische populatie negatief. Daarom wordt de totale effectiviteit van sedimenten in nutriënt regeneratie iets gereduceerd in de aanwezigheid van andere biotopen dan die alleen aanwezig zouden zijn door de werking van microben alleen. Het is interessant dat vele voorstanders van “levend zand bedden” toch het gebruik van “substraat zevende” organismen zoals zeekomkommers, gobies (*Valenciana* sp.) en andere hollen makende dieren aanbevelen. Deze biologische bewegingen mengt de bovenste lagen van het zand en verwijdert in feite organisch materiaal. Echter, ze verwijderen ook substraat voor microben, veranderen de zuurstof verhouding van het zand, en veranderen overgebleven bacteriële populaties. Het zand schoon houden moet

niet als prioriteit gezien worden gegeven de enorme mogelijkheden van de microben en aanverwante organismen. “De meest opwindende zin die je in de wetenschap kunt horen, degene die nieuwe ontdekkingen aankondigt, is niet “Eureka” (ik heb het gevonden!) maar dat is grappig...” - Isaac Asimov (1920-1992).

Geleerde lessen: Gisteren

Dunne strookjes Duct tape werken redelijke goed om koraal stekjes aan substraat te bevestigen als andere middelen falen.

Alles opsommend

“Technologie is de truc om de wereld zo te organiseren dat we het niet als zodanig zien”- Frisch, Max (1911-) geb. Zwitserland.

Ik was recentelijk aan de praat met een bekende aquariumaan die me probeerde te overtuigen van het nut om fosfaat verwijderende stoffen en apparaten te gebruiken om een echt succesvol zeeaquarium te hebben. Zijn argumenten waren wel overdacht – lage fosfaat gehaltes schijnen echt een belangrijk aspect te zijn voor een succesvol aquarium. Maar, legde ik uit, ik heb geen fosfaat probleem, en heb het gedurende vele jaren ook niet gehad. Hij suggereerde dat het moest komen omdat ik niet veel voerde, of dat ik weinig vissen had, of dat ik veel water ververste. Nee, nee en nee. Misschien dat ik niet zoveel vis had in vergelijking met andere mensen? Inderdaad, ik vind dat als vissen in gevangenschap niet in een redelijke afspiegeling van hun natuurlijke omgeving kunnen leven dat ze in staat stelt hun natuurlijk gedrag te laten zien, houd ik ze liever niet (alhoewel ik moet toegeven dat ik voor diverse redenen best een aantal vissen heb die in deze onnatuurlijk categorie passen. Maar zelfs diegene die ik zelf gekozen heb om te kopen zijn oud en uit mijn meer uitbundige dagen en zij zullen bij mij blijven tot het einde van hun leven). Ook vind ik aquaria van links naar rechts volgepakt met vis niet erg aantrekkelijk of wenselijk. Maar, ik denk dat 20 vissen in mijn aquarium voldoende is, en veel meer dat wat gevonden kan worden in een equivalent gebied op het rif. Er waren vragen over mijn nutriënt verwijderende apparaten. Schijnbaar was mijn eiwitafschiuimer ook wat aan de kleine kant. Hoe kon ik zulke lage nutriënt gehaltes hebben?

Wel, gedurende jaren, en ondanks goede koraal groei, had ik niet zulke lage nutriënt gehaltes, en vond ik regelmatig 5-10 ppm nitraat, en fosfaat rond de 0.1 ppm, zoals in die tijd gemeten met hobby test setjes. Dat was in de tijd dat ik een “Berlijn systeem” gebruikte. Mijn nutriënt gehalte ging terug naar niet meetbare waardes toen ik een zand bed toevoegde, en ze zijn sindsdien zo gebleven.

Ik zou een paar suggesties willen aanbieden aan diegenen die door bepaalde zaken geplaagd worden:

1. Als het aquarium bijna niet meetbare nutriënt gehaltes heeft, en weinig vaste deeltjes in het water heeft, ga meer voeren.
2. Bacterieplankton in aquaria als een natuurlijke bron is misschien niet het ideale onderwerp om aan te pakken. Er komen heel veel bacteriën in het water iedere keer als de ruit wordt schoongemaakt, iedere keer als een

zeester of vis of slak over het zand beweegt, iedere keer als een vis poept of door het water zwemt mucus van hun huid achterlatend, als koralen mucus afscheiden, als organismen in substraat boren en waarschijnlijk kort en vluchtig opleven met voedsel toevoegingen. Daar bovenop hebben koralen enorme microbiologische bevolkingen op hun oppervlak en in hun mond openingen, en een met trilhaartjes bedekte oppervlakte. Moet ik nog meer zeggen?

3. Zand bedden zijn geen nutriënt ophopingen tenzij erg slecht onderhouden, waar in dat geval de aquariaan het probleem is en niet het zand. Als ze niet goed onderhouden en een chronisch probleem zijn, roep dan eenvoudigweg “overdoen” en los het probleem op en herhaal niet het foute gedrag dat in de eerste plaats het probleem veroorzaakte. De sediment leefgemeenschappen en aanverwante microbiologische leefgemeenschappen zijn de hoofd bron van nutriënt verwerking, ontleding, recycling en hermineralisering in de natuur, en waarschijnlijk ook in aquaria.
4. Als een aquarium hoge nutriënt waarden heeft in de waterkolom, lost een slang, een emmer water en een zak zout het op. Het is goedkoop en werkt altijd. Er is geen discussie over de werkzaamheid of de bijeffecten van effectiviteit. Er is geen regelmatig onderhoud nodig, geen vervanging van media, en geen geëxperimenteer nodig. Aangesloten met twee containers, een kleine powerhead, nog wat meer slang en een timer, kan het geautomatiseerde water wissel apparaat voor ongeveer \$ 20-50 gemaakt worden, afhankelijk van de grootte van de containers. Verdere waterverversingen zullen exact zoveel kosten als het zout en het water om de vul container te vullen. Geen zorgen over ziekten, zaaduitbarstingen, laag zuurstofgehalte, media vervanging, bleken, of wat ook meer. Gedurende de 15 jaar sinds ik begon met aquarium houden, heeft de weerstand van de meeste aquarianen om water te verversen, maar wel de bereidheid om extreem veel en vaak frustrerende hoeveelheden tijd, geld en moeite te investeren in producten, technieken en apparatuur om een simpele procedure te vermijden me verbaasd. Als je niet de tijd hebt of het niet nodig vindt om zeewater aan te maken en een waterwissel te doen, is het waarschijnlijk niet nodig om het houden van zeedieren als hobby te hebben.
5. Nutriënten in aquaria zijn niet alleen een zaak van input en export. Opname is significant. Calcium, waarden normaal 400-450 ppm, wordt zo snel opgenomen in mijn aquarium dat ik iedere twee dagen calcium moet aanvullen, en ik probeer het zelfs dagelijks te doen. Hetzelfde geldt voor alkaliniteit. Bijna ieder organisme dat in aquaria gehouden wordt, en zeker het leeuwendel in termen van biomassa, kan of direct opgelost en vast materiaal opnemen, of direct of indirect betrokken zijn bij ontleding routes. Als mijn koraal algen, slakken, koralen en schelpdieren voldoende skelet materiaal kunnen maken om 30 ppm calcium per dag uit mijn aquarium te verwijderen, hoop ik dat zij en andere niet

calcificerende organismen voldoende in mijn aquarium groeien of reproduceren om onmeetbare hoeveelheden stikstof en fosfor op te nemen en voor weefselgroei te gebruiken. Als ze het niet doen, ben ik slecht in het laten groeien van dingen.

Planten hebben regelmatig mest nodig om te groeien. Op het land levende beesten hebben voedsel nodig om te groeien. Waarom, zouden we denken dat het zelfde niet geldt voor aquaria volgepakt met levende dieren? Als ik een bepaalde hoeveelheid voedsel in mijn aquarium doe, en er is duidelijk, na een tijdje of zelfs uren, geen voedsel over in het water, dan blijft er niets over dan secundaire productie; afval en uitgestoten materiaal zijn alles wat er overblijft om de enorme hoeveelheid wezens in het aquarium te voeden die niet in staat waren om direct iets te vangen, en dat is niet veel. Maar het werkt, net als op het rif. Het recyclen van nutriënten gegeven de diversiteit in de rif aquaria is exact hetzelfde als bij koraalriffen op het gebied van betrokken processen. Het is waar, er ontbreekt het verdunningseffect van de oceaan, maar koraalriffen hebben ook geen eiwitafschuimers. Verder, de verhoogde “bioload” van gebruikers wordt ook gevolgd door een verhoogde “bioload” van produceerder’s (koralen, algen, etc.). Hoewel onmeetbaar, zou het bijna een onmogelijke biologische situatie zijn om niet tevens een toegenomen “bioload” van microbiologische gemeenschappen te zien. Ik ben daarom zeer bezorgd dat ondanks alles, een van de belangrijkste limiteringen van mijn aquarium (en meeste aquaria) is hoe voldoende voer aan te bieden. Als ons dit lukt, dan kan het in leven houden van a-zoöxanthellen houdende soorten die we zo graag houden, mogelijk worden. Dit zijn de dingen die we ons moeten afvragen en problemen die we moeten oplossen.

Kunnen we meer voedsel toevoegen als we nitraten reduceren door wodka toe te voegen? Waarom wodka? Waarom geen suiker? En als suiker, waarom niet meer fotosynthetische organismen om het suiker te maken? En waarom niet meer koralen om polysacharide rijk mucus te maken? Zou het toevoegen van meer koralen nitraat verminderen? Werkelijk, ze zouden en doen het ook. Een lange tijd geleden, toen Steven Tyree het gebruik van sponzen voor natuurlijke filtratie promootte, suggereerde ik dat koralen hetzelfde doel zouden kunnen hebben. Koraal filtratie.... Nu dat past precies in mijn straatje!

“Alle werkelijk wijze gedachten zijn al duizend keer eerder gedacht; maar om ze ons echt eigen te maken, moeten we ze nogmaals eerlijk overdenken, tot ze landen in onze persoonlijke ervaring”- Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832).

Conclusie

“We kunnen “vertrouwen” definiëren als sterk geloven in iets waarvoor geen bewijs is... Als er geen bewijs is, spreekt niemand van “vertrouwen”. We spreken alleen van vertrouwen als we emotie willen vervangen voor bewijs” – Bertrand Russell, 1955.

Het is misschien verrassend te vernemen dat een groot gedeelte van de hierboven geschreven informatie komt van een artikel geschreven in 1998 door een paar gasten Eric Borneman en Jonathan Lowrie genaamd, en verscheen in het

juni nummer van *Freshwater and Marine Aquarium* tijdschrift. Als men naar de referenties kijkt, is veel van de informatie over koolstof, stikstof en fosfor cycli al goed bekend in de jaren 1970 en 1980, met veel directe onderzoeken op koraal rriffen. Nu, ik weet misschien niet alles, maar ik weet wel dat in de twintig jaar of zo dat we bezig zijn koralen te houden, het duidelijk is geworden dat de apparatuur die in de begin jaren zo belangrijk was om koralen alleen in leven te houden, zoals denitrificeerders, bioballen fosfaat verwijderaars, en anderen, niet langer nodig is. John Tullock (1997) verklaarde veelzeggend dat we “meer biologie en minder technologie” nodig hadden. Deze uitspraak is voor een groot gedeelte waarheid geworden, en samenvallend met betere technologie. Het resultaat is dat we nu aquaria hebben die eenvoudig op een onmeetbaar laag fosfaat en nitraat gehalte gehouden worden, onze koralen laten uitmuntende groei en kleuren zien tot het niveau waarop vele van ons aan het zoeken zijn naar bestemmingen voor de koralen die letterlijk het aquarium uit groeien. Het verwijderen van functionele natuurlijke processen en die vervangen door experimentele methoden en apparatuur lijkt mij een slecht idee. Het werkte niet goed in 80-er jaren, en ik denk dat het tegenwoordig ook niet zal werken.

Ik beschouw “over langere perioden” met betrekking tot aquaria in de orde grootte van jaren. De discussies zoals hierboven genoemd, hebben het laatste jaar plaats gevonden, en bekende voorstanders prijzen de relatieve voor- en nadelen op de een of andere manier huizenhoog aan. Naar mijn mening zal tijd en goed experimenteren en meten uiteindelijk opheldering geven. Voor mij, met een 6 inch diep zand bed gedurende acht jaar zonder meetbaar nitraat of fosfaat en geen regelmatige of geplande waterwissels zegt dat iets. Ik heb geweldige koraalgroei en prachtige kleuren. In feite, mijn aquarium heeft er nooit beter uitgezien. Ik houd de wodka voor mijzelf.

“Ik heb van duizenden nieuwe wegen gedroomd.... Ik werd wakker en ging op de oude weg verder” – chinees gezegde.

Referenties

- Adey WH. 1983. The microcosm: a new tool for reef research. *Coral Reefs* 1: 193-201
- Alongi DM. 1988. Detritus in coral reef ecosystems: fluxes and fates. *Proc 6th Int Coral Reef Symp, Townsville* 1: 29-36.
- Crossland CJ, and DJ Barnes. 1983. Dissolved nutrients and organic particulates in water flowing over coral reefs at Lizard Island. *Aust J Mar Freshw Res* 34: 835-44.
- D'Elia CF, and K. Webb. 1977. The dissolved nitrogen flux of reef corals. *Proc 3rd Int. Coral Reef Symp, Miami* 1: 325-30.
- Dilling W, and H Cypionka. 1990. Aerobic respiration in sulfate-reducing bacteria. *FEMS Microbiol Lett* 71:123-128.
- Fournier M, Z Dermoun, M-C Durand, and A. Dolla. 2002. A new function of the *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough [Fe] hydrogenase in the protection against oxidative stress *J Biol Chem* 279: 1787-1793.
- Herbert RA. 1999. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. *FEMS Microbiol Rev* 23: 563-590.
- Jaubert J., 1989. An integrated nitrifying-denitrifying biological system capable of purifying seawater in a closed circuit aquarium. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco* 5: 101-106
- Jørgensen BB, and T Frenchel. 1974. The sulfur cycle of a marine sediment model system. *Mar Biol* 24: 189-204.
- Kim D-H, O Matsuda and T Yamamoto. 1997. Nitrification, denitrification and nitrate reduction rates in the sediment of Hiroshima Bay, Japan. *J Oceanogr* 53: 317-324.
- Kinsey DW. 1985. Metabolism, calcification and carbon production: systems level studies, Pt. I. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp, Tahiti* 4: 505-26.
- Kirchman DL, M Benedikt, MT Cottrell, DA Hutchins, D Weeks and KW Bruland. 2000. Carbon versus iron limitation of bacterial growth in the California upwelling regime. *Limnol Oceanogr* 45:1681-1688.
- Kulhanek E, D Zoccola, C Sabourault, E Tambutte, S Tambutte, D Allemand. 2004. Cnidarians: a biological model for the study of gene transcription during hypoxia. *Proc 10th Int Coral Reef Symp, Okinawa Abs*: 323.
- Lesser MP, CH Mazel, MY Gorbunov, and PG Falkowski. 2004. Discovery of symbiotic nitrogen-fixing cyanobacteria in corals. *Science* 305: 997-1000.
- Matson EA. 1985. Anoxic catabolism in the shallow carbonate muds of Bermuda. *Proc 5th Int. Coral Reef Symp, Tahiti* 3: 422-7.
- Minz D, JL Flax, SJ Green, G Muyzer, Y Cohen, M Wagner, BE Rittmann, and DA Stahl. 1999. Diversity of sulfate-reducing bacteria in oxic and anoxic regions of a microbial mat characterized by comparative analysis of dissimilatory sulfite reductase genes. *Appl Environ Microbiol* 65: 4666-4671.
- Minz D, S Fishbain, SJ Green, G Muyzer, Y Cohen, BE Rittmann, and D. A Stahl. 1999a. Unexpected population distribution in a microbial mat community: sulfate-reducing bacteria localized to the highly oxic chemocline in contrast to a eukaryotic preference for anoxia. *Appl Environ Microbiol* 65: 4659-4665.
- Mrutzek M, and J Kokott. 2004. Ethanolbiosierung im Aquarium - neue Wege zur Verbesserung der Lebensbedingungen. *Der Meerwasseraquarianer* 8: 60-71.
- Ogden JC. 1988. The influence of adjacent systems on the structure and function of coral reefs. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp, Townsville* 1: 123-9.
- Oren A, and T H Blackburn. 1979. Estimation of sediment denitrification rates at in situ nitrate concentrations. *Appl Env Microbiol* 37: 174-6.
- Ramsing N B, M Kühl, and BB Jørgensen. 1993. Distribution of sulfate-reducing bacteria, O₂, and H₂S in photosynthetic biofilms determined by oligonucleotide probes and microelectrodes. *Appl Environ Microbiol* 59:3840-3849.
- Ransom B, RH Bennett, R Baerwald, MH. Hulbert, and P-J Burkett. 1999. In situ conditions and interactions between microbes and minerals in fine-grained marine sediments: A TEM microfabric perspective. *Am Mineralog* 84: 183-192.
- Rohwer F, M Breitbart, J Java, N Knowlton, and F Azam. 2001. Microbial diversity of scleractinian corals. *Coral Reefs* 20: 85-95.
- Rohwer F, V Seguritan, F Azam, and N Knowlton. 2002. Scleractinian corals as microbial landscapes. *Mar Ecol Progr Ser* 243: 1-10.
- Rublee PA. 1982. Seasonal distribution of bacteria in salt marsh sediments in North Carolina. *Estuar Coast Shelf Sci* 15:67-74
- Schramm A, CM Santegoeds, HK Nielsen, H Ploug, M Wagner, M Pribyl, J Wanner, R Amann, and D de Beer. 1999. On the occurrence of anoxic microniches, denitrification, and sulfate reduction in aerated activated sludge. *Appl Environ Microbiol* 65: 4189-4196.
- Scoffin,VP, and AW Tudhope. 1985. Sedimentary environments of the central region of the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 4: 81-93.
- Seitzinger SP, and CF D'Elia. 1983. Preliminary studies of denitrification on a coral reef. *The Ecology of Deep and Shallow Coral Reefs. NOAA Symp. Series for Undersea Res* 1: 199-208.
- Shasar N, Y Cohen, Y Loya, and N Sar. 1994. Nitrogen fixation (ace-

tylene reduction) in stony corals: evidence for coral-bacterial interactions. *Mar Ecol Prog Ser* 111: 259-264.

Sigalevich P, E Meshorer, Y Helman, and Y. Cohen. 2000. Transition from anaerobic to aerobic growth conditions for the sulfate-reducing bacterium *Desulfovibrio oxycloinae* results in flocculation. *Appl Environ Microbiol* 66: 5005-5012.

Skyring GW. 1985. Anaerobic microbial processes in coral reef sediments. *Proc 5th Int Coral Reef Symp, Tahiti* 3: 421-5.

Sorokin YI. 1981. Microheterotrophic organisms in marine ecosystems. In: *Analysis of Marine Ecosystems* (A.R. Longhurst, ed.). pp. 293-332.

Steven ADL, and AD Broadbent. 1997. Growth and metabolic res-

ponses of *Acropora palifera* to long-term nutrient enrichment. *Proc 8th Int Coral Reef Symp* 1: 867-872.

Teske A, NB Ramsing, K Habicht, M Fukui, J Küver, BB Jørgensen, and Y Cohen. 1998. Sulfate-reducing bacteria and their activities in cyanobacterial mats of Solar Lake (Sinai, Egypt) *Appl Environ Microbiol* 64: 2943-2951.

Wiebe WJ 1985. Nitrogen dynamics on coral reefs. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp, Tahiti* 3: 401-6.

Williams SL, IP Gill, and SM Yarish. 1985. Nitrogen cycling in back-reef sediments. *Proc 5th Int. Coral Reef Symp, Tahiti*. 3: 389-94.

<http://reefkeeping.com/issues/2004-10/eb/index.htm>







Old Tank Syndrome

Door: Julian Sprung, vertaald en bewerkt door: Germain Leys
Foto's: Julians Sprung, tenzij anders vermeld

Bestaat het old-tank-syndroom echt? Ik zal proberen de veranderingen uit te leggen die het aquarium ondergaat als het ouder wordt.

Er is een wijdverbreide opvatting - gebaseerd op gemeenschappelijke observatie en ervaring - dat na een aantal jaren van succesvol kweken van koralen, een rif aquarium langzaam of plotseling geen gezonde koraalgroei meer vertoont zoals dat in het begin het geval was. Deze algemene vaststelling werd "old-tank-syndroom" genoemd.

Verscheidene auteurs hebben geprobeerd om het mysterie over de oorzaak(en) van deze achteruitgang in het rif aquarium te ontrafelen. Anderen hebben gewezen op rifaquaria die dit probleem niet kenden, als bewijs dat het old-tank-syndroom niet echt bestaat.

Omdat zo veel aquarianen het hebben ervaren, moet het old-tank-syndroom wel bestaan. Zoals bij andere syndromen, zijn er vele oorzaken, dus het is niet eenvoudig om te zeggen waar het probleem zich juist situeert. Dit artikel zal de factoren onderzoeken en bespreken wat er gebeurt in een rifaquarium van enkele jaren oud. Dit artikel is niet het resultaat van experimentele analyse, maar in de plaats daarvan een samenvatting van een aantal ideeën die zijn voorgesteld in de wetenschappelijke literatuur, een bespreking van hun relevantie, en een bespreking van een aantal van mijn eigen opmerkingen en voorstellen met betrekking tot het old-tank-syndroom.



Bruce Carlson toont twee in het aquarium gekweekte kolonies van *Acropora microphthalma*. Eén kolonie is uitgegroeid tot het wateroppervlak en vormde een micro-atoll. Het enige levende weefsel is rond de zijkanalen. Snoeien en een nieuwe kolonie maken is noodzakelijk om het verlies van levend koraal op lange termijn te voorkomen. Foto door Marj Awai.

Er zijn een aantal gemeenschappelijke trends in rif aquaria die we allemaal kennen. Gewoonlijk verzorgen we onze aquaria op dezelfde manier waarop we met een auto rijden die een lange rechte weg aflegt. Zeer subtiele veranderingen in de richting die moeilijk waar te nemen zijn, kunnen ineens resulteren in een auto die van de weg rijdt als je niet bijstuurt. Naar analogie met de verschuivingen in de waterparameters die je kunnen verrassen als je zelfgenoegzaam wordt en geen aandacht besteedt aan hen regelmatig bijsturen van de waterparameters. Je moet opletten voor een "goedaardige verwaarlozing", die een aquarium geleidelijk kan sturen en resulteren in een verandering in de manier waarop de inwoners overleven of gedijen. Ik leg een grote

nadruk op het verband tussen de biologische filtratie en het old-tank-syndroom.

Maar eerst, "goedaardige verwaarlozing" De stuurinrichting als het ware.

Langzame daling van de alkaliteit (kH)

Beginnende rifaquarianen beseffen vaak niet het belang van het handhaven van een hoog alkaliteit niveau, maar ervaren aquarianen die het beter zouden moeten weten kunnen ook lui zijn en de alkaliteit langzaam naar beneden laten afglijden. Dit kan leiden tot een geleidelijke afname van de groei van koralen en verkalkte wieren, en een toename in de hoeveelheid overlast-algen zoals *Derbesia*. Wanneer deze afname in alkaliteit wordt gecombineerd met een toename in fosfaatgehalte kan een aquarium met levende koralen op korte tijd verschuiven naar een aquarium met algen. Deze neerwaartse daling van de alkaliteit wordt veroorzaakt door een aantal factoren. Indien de toevoeging van calcium



Caulerpa racemosain het proces van "paaien." Het cytoplasma vormt een grillig patroon en wordt bij dageraad vrijgegeven in de waterkolom, waarbij je een erwtensoep-effect verkrijgt. Hoewel dit een ernstige impact op het zuurstofgehalte kan hebben als het aquarium onvoldoende stroming en gasuitwisseling heeft, zijn de gevolgen op lange termijn verwaarloosbaar.

en alkaliteit in het aquarium steeds constant is, dan zal het calciumgehalte dalen terwijl de kalkvormende massa (de koralen) verhoogt. Omdat de onderste gedeelten van de koralen sterven wanneer zij worden overschaduwd door hun eigen groei, zal de calciumvorming weer afnemen. Het calciumgehalte en de kH is eenvoudig te controleren met een alkaliteit testkit, zodat je deze waarden kan aanpassen. De calcium- en kH toevoeging door middel van een kalkreactor is afhankelijk van het gebruikte kalkhoudend materiaal, dat geleidelijk uiteenvalt en de stromingseigenschappen in de reactor verandert. Periodiek onderhoud moet de reactorwerking dus optimaal houden.

Fosfaatophoping

Door de toevoeging van voedsel is er een voortdurende verhoging van fosfaatgehalte in het levend zand van alle aquaria, en een verhoging van het fosfaatgehalte in het water van slecht verzorgde aquaria. Deze accumulatie van fosfaat in het sediment is over het algemeen geen probleem, omdat het niet erg oplosbaar is.

Maar er is ook een ophoping van fosfaat binnen het levend steen. Het gebruik van dieren, die het zandbed omwoelen is nuttig om het fosfaatrijke detritus vaak om te zetten en af te breken. Door gebruik te maken van een sterke stroming zal het afval van het levend steen gehouden worden en zal het zandbed in een gezonde conditie blijven. Het fosfaat is gedeeltelijk gebonden in kleine afvaldeeltjes als calciumfosfaat en diverse vormen van organisch fosfaat. Sommige van de neergeslagen fosfaat wordt afgezet op het levend steen, maar deze worden nadien bedekt met kalkwieren, sponzen en andere levende wezens. In feite isoleren ze het fosfaat uit het hoofdgedeelte van het water.

Neergeslagen fosfaat is niet problematisch, want het is een kenmerk van alle aquaria en natuurlijke ecosystemen, maar de accumulatie van anorganische en organische fosfaten in het water dragen bij aan dergelijke old-tank-syndrome "symptomen" zoals langzaam groeiend koraal, het verdwijnen van kalkalgen en de "vergroening" van het levend steen. Het gebruik van een eiwitafschiuimer, een kalkreactor, algen filtratie en fosfaat adsorberende media zijn effectieve manieren om de hoeveelheid fosfaat opgelost in het water te beperken. Alle mogelijke oogst van biomassa, dus niet alleen algen, maar ook koralen en bacteriën, kan worden gebruikt als een fosfaat-beperkend proces.

Als er in het aquarium plaatsen zijn waar afval zich ophoopt dan is het nuttig om daar het levend zand af te hevelen tijdens een waterwissel. Het moet echter niet op te grote schaal gebeuren, zoals vaak wordt gedaan in alleen-vis aquaria. Het af hevelen moet gefaseerd worden gedaan, omdat het zandbed een levende gemeenschap is die ernstig kan worden verstoord door een dergelijke activiteit.

Waterwissels

Old-tank-syndrome symptomen kunnen een gevolg zijn van onvoldoende waterwissels. Ofschoon we de accumulatie van nitraat en fosfaat kunnen verwijderen en ook het calcium- en alkaliteitgehalte kunnen handhaven zonder een waterwissel, zal de ionische samenstelling van het water steeds meer afwijken van de normale waarden in een aquarium met zoveel leven.

Proefondervindelijk werden de veranderingen aangetoond, met betrekking tot een aantal grote en selecte ionen, in aquaria gehouden met diverse waterwisselregimes, waaronder zelfs geen waterwissels.



Biofilmvorming in leidingen draagt bij tot de vertering van mogelijk giftige stoffen die vrijkomen uit kunststof, maar resulteert ook in een lange-termijn verstopping van de leidingen, hetgeen de stroomsnelheden vermindert. Periodieke reiniging of vervanging van leidingen is nodig om de gewenste debieten te behouden.

Waterwissels van ongeveer 10 tot 25% per maand helpen om de lange termijn--veranderingen in de ionische samenstelling van zeewater in een gesloten aquariumsysteem te beperken.

Vermindering van doorstroming in pompen

De vermindering van de stroming in het aquarium met verloop van tijd vanwege de verminderde uitvoer van de opvoerpomp(en) is algemeen bekend. Het heeft tal van oorzaken, maar is vooral een oorzaak voor de verminderde efficiëntie van de biologische filtering binnen de substraten, en niet te vergeten een verminderde gasuitwisseling.



De propeller van een magnetisch aangedreven pomp ontwikkelt calciumcarbonaat afzettingen die periodiek moeten worden schoongemaakt om stroomvermindering of het stilvallen van de pomp te voorkomen.

Stromingsvermindering als gevolg van de groei van koralen

Niet alleen pompen verliezen met de tijd uitvoercapaciteit. De snelheid van de waterstroming in het aquarium wordt verder beperkt door de groei van koralen, waarvan de takken en poliepen de stroming temperen. In dit geval kan je twee dingen doen, ofwel een sterkere circulatiepomp(en) in het aquarium plaatsen of snoeien in de koralen. Daarom worden onderwaterlandschappen aanbevolen met minder levend steen en koraal, waardoor de koralen in een meer natuurlijke dichtheid groeien en waardoor meer stroming rond elke kolonie wordt verkregen.

Verminderde lichtinval ten gevolge van de groei van koralen

De groei van de koralen blokkeert niet alleen de waterstroom, het vermindert ook de lichtinval, die de ondergrond niet meer bereikt. Dit schaduw effect verandert de snelheid van de fotosynthese, de pH schommeling, het verbruik van zuurstof en het verbruik van onder andere kooldioxide. Dit kan resulteren in een afname van de gezondheid van schaduwrijke koralen, omdat ze geleidelijk onvoldoende licht ontvangen, ook omwille van de geleidelijke afname van de lichtopbrengst van de lampen.

Naast de "bestuurbare factoren" zijn er andere mogelijke factoren betrokken bij langdurige veranderingen in onze aquaria.

Ophopingen van zware metalen

Door de aanmaak van kunstmatig zeewater met zouten die hoge concentraties metalen bevatten en een hoge input van voedsel, verontreinigd met zware metalen, kunnen onze aquaria een ophoping van zware metalen in het gesloten systeem bevatten. Periodieke vervanging van levend steen en zand kan hieraan verhelpen en zou als een onderhoud



Fungia spp. vertonen een langdurige verandering in hun voortplanting die een veroudering suggereert. Jonge Fungia ontwikkelen grote interne poliepen. Oudere of gewonde Fungia ontwikkelen anthocauli die nieuwe dochterkolonies produceren. Uiteindelijk kan het gehele oppervlak van de Fungia worden bedekt met anthocauli, en deze kunnen voortdurend nieuwe poliepen produceren.

routine moeten beschouwd worden. Het is niet bekend of de accumulatie van zware metalen een invloed heeft op de langzame achteruitgang van het aquarium. Men zou dan verwachten dat alle rifaquaria te lijden hebben aan het zelfde effect na een gelijkaardige periode. Dit is echter niet het geval, mogelijk als gevolg van verschillen in onderhoudsregimes ofwel is de hypothese onjuist.

Accumulatie van allelopatische koraal metabolieten

Allelopatie is een proces waarbij planten, algen, bacteriën, koralen en schimmels stoffen produceren die de groei en ontwikkeling van andere organismen beïnvloeden. Deze stoffen worden allelochemische stoffen genoemd en zijn secundaire metabolieten. Ze kunnen een positief (positieve allelopatie) dan wel een negatief (negatieve allelopatie) effect hebben op andere in hun buurt voorkomende organismen.

Hoewel het waar is dat de overvloed aan zachte koralen in een aquarium de kracht van steenkoralen en vice versa kan beperken, is het moeilijk uit te leggen hoe dit probleem chronisch erger kan worden in een ouder wordend aquarium. We moeten er echter rekening mee houden als we de



Voedertijd in Joe Yaiullo's rif aquarium in Atlantis Marine World. Dergelijke grote toevoegingen van voedsel hebben langdurige gevolgen voor de waterkwaliteit die moet worden beheerd om de lange termijn afname van de gezondheid van het aquarium te voorkomen.

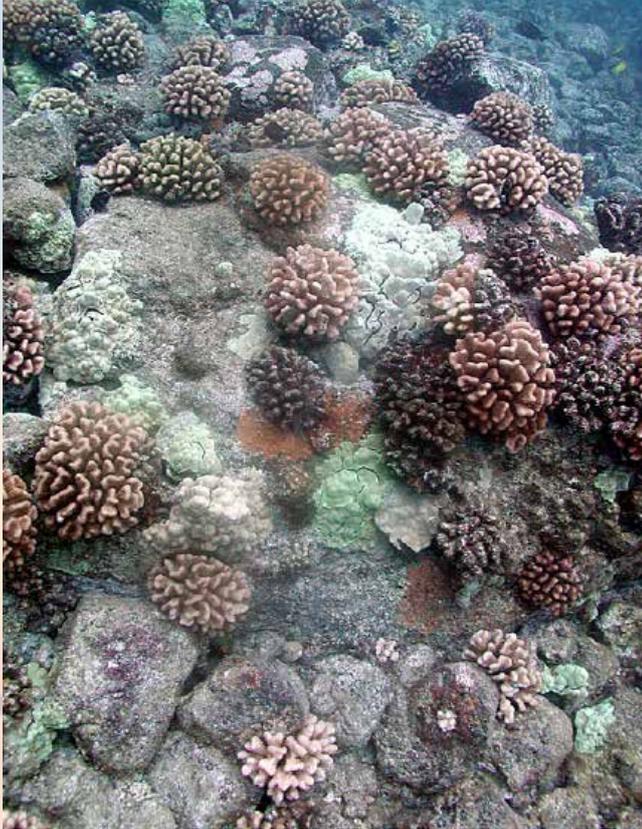


Een groot Porites koraal, gefotografeerd op de Kona-kust van Hawaï.

samenstelling van de koralen in het aquarium gaan bepalen. Het is zeker mogelijk dat als de massa van de zachte of steenachtige koralen toeneemt met de tijd, er een sterker allelopatisch effect optreedt ten opzichte van de andere

steenachtige of zachte koralen omdat de massa verhoogt en dus ook een grotere hoeveelheid netelstoffen worden vrijgegeven. De effecten van deze chemische oorlogsvoering zou wellicht de oorzaak van periodieke onverklaarbare

verliezen van koralen kunnen zijn. Omdat er zo weinig bekend is over het lot van deze verbindingen in het gesloten systeem aquaria, is het moeilijk om deze stelling te verifiëren.



Nauwelijks zichtbaar afgezien van de omtrek van de "kei," is deze Poriteskolonie overleden, of ten minste gedeeltelijk, en werd ze gekoloniseerd door Pocillopora spp en andere soorten Porites. Een levend deel van de oorspronkelijke Porites dat deze heuvel gevormd heeft staat nu tussen de vele andere soorten op het oppervlak. Normaal treedt dergelijke opeenvolging op als gevolg van verwondingen na extreme gebeurtenissen, of ziekte. Dit zelfde kan ook gebeuren in onze aquaria.

ren of te betwisten. Wellicht zorgen de allelopatische stoffen voor allerlei problemen met een onvoorspelbaar gevolg van het gesloten milieu van een aquarium, maar laat dat je niet afschrikken! Het succes van allerlei soorten en maten van rif aquaria op lange termijn is het bewijs dat dit soort problemen niet de regel zijn, maar eerder de uitzondering.

Ik denk dat de reden voor ons succes, ondanks de chemische oorlogsvoering, het belangrijkste feit is om te kijken voor een uitleg van wat het old-tank-syndroom werkelijk is. Er bestaat een link tussen het old-tank-syndroom en het new-tank-syndroom. New-tank-syndroom wordt meestal veroorzaakt door een ontoereikende capaciteit van de biologische filtratie. Als dat het geval is, dan kan het old-tank-syndroom ook veroorzaakt door hetzelfde? Zo ja, hoe zit dat dan?

De ontwikkeling van populaties bacteriën en andere fauna in het substraat in een aquarium helpt om de allelopatische verbindingen snel af te breken zodat de eiwitafschuimer, de ozon of de actieve kool helpen om ze onder controle te houden. Waarom ze misschien af en toe grote schade aanrichten is een potentieel antwoord op de vraag wat het

old-tank-syndroom werkelijk is. De volgende paragraaf, die de werking van de biologische filters beschrijft, geeft een aanwijzing voor hoe en waarom allelopatische verbindingen soms met tussenpozen "old-tank" symptomen kunnen veroorzaken.

Je moet de manier kunnen begrijpen waarop biologische filtering gebeurt in de onderste grondlagen, en hoe advectieve stroming van het water de sleutel is tot het proces. Advectie is het meeliften op een medium door materie, energie of een bepaalde eigenschap. Advectie vindt plaats in de atmosfeer, in de oceanen, rivieren, in de aardmantel en bij chemische processen. Mettertijd verzamelt het onderste substraat detritus dat de advectieve waterstroom vermindert en derhalve de inbreng van zuurstof belemmert, en als deze afval ontleeft wordt, zal het zuurstof uit het water halen in de ondergrond. Deze gecombineerde effecten wijzigen de werking van de ondergrond, en kunnen bijdragen aan een langdurige daling van de gezondheid van een rif aquarium. Ondanks deze feiten, kunnen we niet zeggen dat de aquariaan moet streven om afval te elimineren! Integendeel, het conditioneren van een gezond aquarium vergt een zekere hoeveelheid afval, hetgeen een gezonde diversiteit van leven in het substraat bevordert. Later kan deze overmatige accumulatie een probleem worden om vervolgens te interfereren met de goede werking van de natuurlijke biologische filtering.

Invloed op de advectie en biologische filtratie - wat oud is wordt weer nieuw.

Wat is biologische filtering? Traditioneel beschouwt men



Een groot veld van leder koralen, *Sarcophyton* sp., groeiend op een deel van het rif op de Salomonseilanden. Zachte koralen scheiden krachtige stoffen af die de groei van steenkoralen remmen, waardoor ze domineren in grote velden als deze. In andere delen van het rif waar ze gemengd met steenkoralen in gelijkmatig verdeelde verhoudingen van harde en zachte koralen voorkomen, of gedomineerd worden door steenkoralen die de groei van de zachte koralen remmen. In onze aquaria is het belangrijk om een evenwichtige verhouding te handhaven. Anders kan langdurige storing bij sommige koralen plotseling optreden.

het als het beheer van stikstofhoudend afval. De bacteriën in een biologisch filterbed verteren complexe soorten organische verbindingen en hun functie zorgt voor een “gezonde omgeving” op een manier die weinig met de stikstofcyclus te maken heeft. Dit concept wordt nauwelijks besproken in artikelen en lezingen over moderne biologische filtratie, maar het is beter bekend op het gebied van de biosfeer. In het begin van de jaren negentig werd ik ingehuurd om raad te geven voor het “Biosfeer 2 project”, dat, als u het zich herinnert, een fantastisch project was, waarin een grote afgesloten kas werd gebouwd met een aantal van de belangrijkste ecosystemen van de aarde, met inbegrip van een regenwoud, oceaan, koraal rif en savanne. Een groep wetenschappers werden ook opgenomen in dit gesloten systeem voor een paar jaar. Ze bestudeerden de veranderingen die zich hebben voorgedaan in hun omgeving. Het onderhoud van de lucht in zo’n gesloten systeem loopt parallel met het onderhoud van het water in ons gesloten systeem aquarium.

Onderhoud van zuurstof- en kooldioxideniveaus is waarschijnlijk het eerste waar je aan denkt, en je zou waarschijnlijk denken dat door het gebruik van planten in voldoende hoeveelheid een evenwicht kan bereikt worden. In feite is het niet zo eenvoudig om een evenwicht te bereiken, maar het idee gaat in die richting. Een belangrijke luchtkwaliteit parameter die de ingenieurs van dit project moesten in het oog houden was het vrijkomen van vluchtige stoffen in de lucht door de kunststoffen en andere technische componenten van de structuur. Dit effect is een kleine zorg voor ons allen in onze huizen en kantoren, omdat onze gebouwen niet worden dichtgemaakt, maar ze ademen en hebben uitwisseling van lucht met de buitenwereld. In een gesloten systeem kan de accumulatie van deze stoffen in de lucht ernstige gevolgen voor de gezondheid opleveren. De oplossing voor het probleem was om de lucht door een bodembed reactoren te sturen. Het principe van bodembed reactoren is een vochtig bodembed waardoor lucht wordt getrokken door verdringing door luchtpompen van de lucht uit de ruimte onder het bodembed. Planten worden gekweekt in de bodem en verschillende soorten bacteriën en ander leven koloniseren de bodem. Klinkt een beetje als een zandbed in een aquarium, niet?

Wat de micro-organismen in het zandbed doen is het assimileren en ontleden van de verschillende vluchtige organische stoffen in de lucht die door de bodembed reactor na adsorptie van deze stoffen op bodemdeeltjes of gevangen werden door het water. Deze functie van



Soms hecht het zand of het grind zich in rotsen, en dit beïnvloedt de porositeit van het zandbed, die op zijn beurt invloed heeft op de prestaties als biologisch filter.

Een pomp wordt gebruikt om het water op te voeren van de sump naar het aquarium. De langzaam gevormde korstvormende gezwellen moeten periodiek worden verwijderd om een optimale werking van de pomp te handhaven.



de bodembedden is een fascinerende demonstratie van het vermogen van de aarde om verontreinigingen van vele soorten te ontgiften, door middel van een combinatie van fysische en biologische effecten.

Directe allelopathische invloed op de bacteriën

We hebben de neiging om te denken dat de afgifte van de netelcellen een oorlogsvoering is tussen dit koraal en dat koraal of deze poliep of deze alg, etc. In feite hebben sommige allelopathische stoffen die vrijkomen in het water ook sterke antibacteriële eigenschappen, zodat hun functie direct invloed kan hebben op de bacteriën in het filterbed. Een bedoelde of onbedoelde werking van de allelopathische verbinding zou kunnen zijn om de groei van een of meer soorten bacteriën stoppen, en dit kan de manier waarop de biologisch filter werkt veranderen.

Het is denkbaar dat een levensvorm (koraal, anemoon, algen, spons, bacteriën) kan groeien in een gesloten systeem en een verbinding kan produceren die de groei van bacteriën die de verbinding afbreken voorkomt. Toch zou dat effect van korte duur zijn, omdat zich dan andere bacteriën



In oudere aquaria zie je vaak doktersvissen met geërodeerde vinuiteinden. Deze aandoening wordt vaak geassocieerd met kop en zijlijnerosie en is een symptoom van ondervoeding. Het verhogen van het voedervolume en frequenter voedselaanbod veroorzaakt vaak een hergroei van het geërodeerde weefsel.

snel zouden ontwikkelen die deze verbinding als voedsel gebruiken ... tenzij het wezen dat de verbinding produceerde de verbinding zou kunnen veranderen om zijn potentie effectief te houden, en haar aanwezigheid in het water te handhaven. Het idee dat onze filterbedden kunnen of moeten evolueren met de tijd is misschien wel een factor om rekening mee te houden op lange termijn veranderingen die we zien in rif aquaria.

In de volgende paragraaf bespreek ik de theoretisch mogelijke invloed van virussen op bacteriën, inclusief bacteriën leven op koralen. Allelopathische verbindingen in een gesloten systeem aquarium kunnen ook een invloed hebben op de bacteriële fauna die leeft op de koralen zelf, en die van invloed zouden kunnen zijn voor de lange-termijn veranderingen in de groei of overleving van koralen.

Ziekte

Old-tank-syndroom symptomen kunnen gekoppeld worden aan diverse soorten ziekten.

Nadat u een perfect inzicht hebt verworven in de mechanische, chemische en biologische processen die betrokken zijn bij de opbouw van een rif aquarium, is er nog het probleem van de ziekte, dat u belet van het genieten van een aquarium waarbij je kunt achterover leunen. In tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht, zijn ziekten vaak niet veroorzaakt door een gebrekkige waterkwaliteit, hoewel het waar is dat wisselende parameters vis of ongewervelde dieren stresseren en daarmee ziekten worden bevorderd. Als ziekteverwekkers uw vissen en ongewervelde dieren doden, dan kan je dat niet testen om aan te tonen waarom u ondanks uw high-tech aquarium geen vissen of koralen in leven kunt houden. Bovendien kunnen ziekteverwekkers bijna onmogelijk volledig uit uw rif aquarium gehouden worden. Dit betekent dat verschillende soorten ziekten uw vissen of ongewervelde dieren in het aquarium op een gegeven moment zullen aantasten. Met de juiste zorg in de planning van het aquarium, zorgvuldige quarantaine procedures, en uitstekende onderhoud gewoonten, kunnen deze gebeurtenissen voor een groot deel worden voorkomen. Het is een gekende uitspraak, gemaakt door overmoedige aquarianen dat vissen niet ziek worden in een rif aquarium omdat het de natuurlijke omstandigheden zo nauw nabootst dat de vissen immuun zijn tegen allerlei ziekteverwekkende organismen. Hoewel er een kleine hoeveelheid van waarheid in deze uitspraak zit, is het niet waar voor allerlei ziekten en moet dus als onwaar worden beschouwd. Af en toe zal één of andere soort van ziekte elk aquarium beïnvloeden.

Lange termijn verwarrende problemen met koralen

Het bestaan van bacteriën die snelle weefselnecrose (RTN) kan produceren bij koralen is bekend, hoewel niet volledig begrepen. Meer recent is een soortgelijk fenomeen waargenomen door sommige aquarianen, en het is thans zelfs wijd bekend als een echt fenomeen. Het effect kan worden beschreven op deze manier. Eén of meer soorten koraal in een oud rif aquarium stoppen plotseling met groeien, na vele jaren van snelle groei. Er treedt ook verminderde poliep uitbreiding en weefselnecrose op, langzaam of snel. Uiteindelijk zullen de getroffen soorten afsterven in het aquarium, hoewel andere koralen in hetzelfde aquarium gezond



Een oud rif aquarium zoals de lagune tentoonstelling in het Waikiki aquarium toont een klein aantal soorten in grote kolonies. Vergelijk dit met jonge aquaria dat een groot aantal soorten vertonen in kleine kolonies.

blijven en verder te groeien. Na een dergelijk geval kan het aquarium immuun voor deze ene koraalsoort geworden zijn. Alle volgende pogingen om fragmenten van hetzelfde koraal gekweekt uit stekken van het originele exemplaar te introduceren in andere aquaria, blijken te mislukken, zodat het koraal snel bezwijkt en sterft. Er is geen verklaring voor dit probleem, maar wanneer duidelijke parasieten zoals *Tegastes acroporus*, protozoa, en platwormen uitgesloten kunnen worden, dan geloof ik dat zo'n mysterieus koraal afsterven kan worden veroorzaakt door bacteriën. De betrokken bacteriën kunnen hetzij rechtstreeks op de koralen inwerken of toxinen vrijgeven in het systeem, net als het "toxic-tank-syndroom".

Mettertijd, kan het meerdere soorten koraal aantasten, zodat het aquarium niet in staat is om bepaalde soorten koralen te huisvesten, maar wel in staat is om andere soorten te laten groeien. Het is verleidelijk om bij dergelijke voorvallen de schuld op de toxines te stoten of iets algemeen over de "kwaliteit van het water." Nochtans, water verversen en zelfs het veranderen van al het substraat kan het probleem niet laten verdwijnen. Het lijkt echt alsof het aquarium een immuunrespons heeft op het betrokken koraal of koralen. Er is geen naam voor deze situatie en geen aanbeveling. Een antibiotische behandeling kan helpen, maar tot nu toe heeft niemand die mogelijkheid onderzocht. Het effect hiervan is niet te onderscheiden van anti-groei-effecten veroorzaakt door allelopathische stoffen die in het aquariumwater door verschillende koralen, planten en bacteriën worden afgescheiden. Het is mogelijk dat pathogene bacteriën en de effecten van stoffen die in het water zijn niet de oorzaak van dit probleem zijn. Ik heb geen experimenteel bewijs voor mijn vermoeden die ondersteunen dat bacteriën koralen kunnen beïnvloeden en die leiden tot het Toxic-tank-syndroom. Het is maar een vermoeden.

Recent onderzoek naar ziekteverwekkende bacteriën die steenkoralen aantasten kunnen op een dag leiden tot de verklaring waarom dit probleem en dergelijke bacteriën ziekten kunnen veroorzaakt in onze aquaria. Er werd bijvoorbeeld ontdekt dat het bleken van *Pocillopora damicornis* het gevolg is van een aanval op de zoöxanthellen door de bacterie *Vibrio coralliilyticus*, terwijl-bacterie geïnduceer

de lysis (celdood door het openen van een membraan) en de dood van koraalweefsel worden bevorderd door bacteriële extracellulaire proteases (zijn enzymen die eiwitten en andere ketens van aminozuren afbreken).

Probiotica, roofzuchtige bacteriën, en bacteriophagen

Sommige hobbyisten experimenteren met het kweken en toevoegen van niet-pathogene bacteriën in hun aquarium in een poging om pathogene bacteriën te beconcurreren. Probiotische toepassing van gekweekte bacteriën voor het regelen van de populaties van andere bacteriën kan dus een onderhoudsprocedure van waarde voor rifaquaria worden. Zo is er het bacteriolytisch effect van de bacterie *Bdellovibrio bacteriovorus*. Aquarium auteur Frank de Graaf stelde dat deze roofzuchtige bacterie bacteriële populaties in de natuur zou kunnen beheersen en het is misschien mogelijk om dit effect toe te passen in aquaria om ziekteverwekkende bacteriën te beheersen. Deze toepassing kan van onschatbare waarde zijn in de controle van pathogene bacteriën die koralen en vissen aantasten, maar het moet nog worden getest.

De bovengenoemde probleem steenkoralen worden aangevallen alsof een vreemd lichaam (een zogenaamde immune respons) worden veroorzaakt door het verlies van beschermende bacteriën fauna op het koraaloppervlak door een virus. Bacteriophagen, zoals dergelijke virussen worden genoemd, kunnen de aanval inzetten op specifieke bacteriënfaua die zich gewoonlijk op de mucus van een koraal bevindt met als gevolg een verminderde weerstand tegen andere soorten bacteriën. Zij kunnen ook direct betrokken zijn bij het ontstaan van de virulentie van sommige bacteri-

en. Bacteriophagen zijn zeer overvloedig in de oceaan. Een gemiddelde milliliter zeewater bevat meer dan 50 miljoen van hen! Er is geen onderzoek uitgevoerd om te kijken naar wat er met hen gebeurt in aquaria.

Virussen kunnen ook een rol spelen in verschillende koraalziektes, en hun aanwezigheid in aquaria is niet onderzocht. Wilson heeft virusachtige deeltjes waargenomen (VLP's) in zoöxanthellen die in het koraalweefsel groeien. Hij merkte op dat de weefsels van koralen die een warmteschok gekregen hadden, overvloedige VLP's hadden, terwijl in de controlegroep die geen warmteschok gehad hebben, de VLP's moeilijker te vinden waren. Zij hebben geconcludeerd dat die temperatuurschok latente virussen in zoöxanthellen veroorzaakte. Bovendien merkten de onderzoekers een morfologische verscheidenheid van VLP's, hetgeen suggereert dat een groot aantal virussen koralen en zoöxanthellen kunnen infecteren. Deze observaties kunnen de hypothese met betrekking tot bacteriophagen ondersteunen, en het kan ook wijzen op andere virale gecontroleerde omstandigheden die van invloed zijn op de koralen in de natuur en in gevangenschap.

Het is echt moeilijk om alle onderdelen die ik in dit artikel geschreven heb samen te vatten! Er zijn vele mogelijke oorzaken van het old-tank-syndroom, het is een gebied dat rijp is voor onderzoek. De hier gepresenteerde ideeën over het onderhoud en de ziekten zijn vanuit een meer praktische toepassing voor aquarium hobbyisten bedoeld om de aquariaan enkele richtpunten te geven.

Bron: <http://www.advancedaquarist.com/2006/10/aafeature>



Siluur en Devoon

Gevonden en gelezen op Wikipedia, de vrije encyclopedie

Het Siluur is in de geologische tijdschaal een periode (en in de stratigrafie een systeem) van ongeveer 443 tot 419 Ma (Ma=tijd) (miljoen jaar geleden). Het Siluur is onderdeel van het Paleozoïcum. Het volgt op het Ordovicium en komt voor het Devoon. In het Siluur was het klimaat warmer

Era	Periode	Tijd geleden (Ma)
Mesozoïcum	Trias	jonger
Paleozoïcum	Perm	251,0 - 299,0
	Carboon	299,0 - 359,2
	Devoon	359,2 - 416,0
	Siluur	416,0 - 443,7
	Ordovicium	443,7 - 488,3
Neoproterozoïcum	Cambrium	488,3 - 542,0
	Ediacarium	ouder

Indeling van het Paleozoïcum volgens de ICS.

en lag het zeeniveau hoger dan in het voorafgaande laatste deel van het Ordovicium. De landmassa was verspreid over het grote paleocontinent

Systeem	Serie	Etage	Ouderdom (Ma)
Devoon	Onder	Carbonifer	jonger
Siluur	Pridoli	Ludfordien	419,2-423,0
		Gorstien	423,0-425,6
	Wenlock	Homerien	425,6-427,4
		Sheinwoodien	427,4-430,5
	Llandovery	Telychien	430,5-433,4
		Aeronien	433,4-438,5
Ordovicium	Boven	Rhuddanien	438,5-440,8
		Kimanties	440,8-443,4

Indeling van het Siluur volgens de ICS.

Gondwana en een aantal kleinere continenten. Door de continentale collisie tussen twee van deze kleinere continenten, Laurentia en Baltica, vond de Caledonische orogenese plaats. Gedurende het Siluur verschenen ook de eerste planten op het land. Gewervelde dieren kwamen nog niet op het land voor, maar in de oceanen verschenen steeds beter uitgeruste soorten vissen. Bekende gidsfossielen uit het Siluur zijn verder graptolieten, brachiopoden en trilobieten.

Stratigrafie

Onderzoeksgeschiedenis

Het systeem Siluur werd gedefinieerd door de Schotse geoloog Roderick Murchison in de 1830er jaren.

Murchison deed dit na geologisch onderzoek in Zuid-Wales en noemde het Siluur naar een historische Keltische stam, de Siluren, die leefden op de huidige grens tussen Wales en Engeland. Zijn vriend Adam Sedgwick had gelijktijdig in Noord-Wales het systeem Cambrium gedefinieerd en de twee publiceerden hun onderzoek in 1835 samen. Toen men de gesteentelagen echter verder vervolgde bleken de twee systemen te overlappen zodat de twee ruzie kregen over waar de grens getrokken moest worden, wat het einde van de vriendschap betekende. De onduidelijkheid zou tot 1879 doorduren, toen Charles Lapworth van de omstreken lagen een nieuw systeem maakte dat hij Ordovicium noemde. De Franse geoloog Joachim Barrande probeerde in 1854 de gesteenten uit Wales te correleren met soortgelijke strata in Bohemen. Hij verdeelde het Siluur van Bohemen in acht etages en deed daarbij belangrijke nieuwe ontdekkingen over de evolutie van het leven tijdens het Siluur. Later bleek echter dat de bovenste drie etages van Barrande eigenlijk tot het Devoon behoorden.

Indeling

De basis van het Siluur wordt gelegd bij het eerste voorkomen van de graptolieten *Parakidograptus acuminatus* en *Akidograptus ascensus*, de top bij het eerste voorkomen van de graptoliet *Monograptus uniformis*. Recente dateringen laten zien dat het Siluur een ouderdom heeft van $443,4 \pm 1,5$ tot $419,2 \pm 3,2$ Ma.

Het Siluur werd door Murchison ingedeeld in drie series, Llandovery, Wenlock en Ludlow. De ICS heeft daar later nog een vierde serie aan toegevoegd, het in Tsjechië gedefinieerde Pridoli. Deze vier series zijn weer onderverdeeld in in totaal zeven etages.

Paleogeografie en klimaat

Tijdens het Siluur lag het grote paleocontinent Gondwana rond de zuidpool. Vanwege de afmetingen van dit continent lagen delen ervan (het tegenwoordige Australië en China bijvoorbeeld) echter tot aan de evenaar. Ook de kleinere continenten Baltica en Laurentia en het microcontinent Avalonia lagen rond de evenaar. Tussen deze drie landmassa's begon

in het Siluur de continentale collisie (botsing) die tot de Caledonische orogenese leidde, een fase van bergtevorming die zou voortduren in het Vroeg-Devoon. De landmassa die ontstond door de samenvoeging van de drie continenten wordt Euramerika genoemd.

In het Siluur lagen slechts twee kleine continenten geheel op het noordelijk halfrond: Siberia en Kazachstania. Het grootste deel van het noordelijk halfrond werd bedekt door de Panthalassa-oceaan. Andere oceanen waren de Iapetus Oceaan tussen Baltica en Laurentia, de Rheische Oceaan tussen Avalonia en Baltica, de Prototethys-oceaan tussen Gondwana, Siberia en Baltica, de Paleotethys-oceaan tussen Avalonia en Gondwana en de Oeralocean tussen Baltica en Siberia. Na de ijstijd in het Laat-Ordovicium trok de ijskap op de zuidpool (Gondwana) zich terug om in het Midden-Siluur bijna geheel te verdwijnen. Vanwege het smelten van gletsjers steeg aan het begin van het Siluur het eustatisch zeeniveau. Het zeeniveau lag tijdens het Siluur hoger en het klimaat was warmer dan tijdens het Laat-Ordovicium. Dankzij het relatief hoge zeeniveau waren de continenten bedekt met ondiepe binnenzeeën. Het veel voorkomen van coquina-afzettingen van gebroken schelpen uit het Siluur wijst erop dat in het warme klimaat vaak stormen voorkwamen, net als tegenwoordig in de tropen vaker cyclonen voorkomen. In het Laat-Siluur vond een kleine afkoeling van het klimaat (en een daling van de zeespiegel) plaats, maar op de overgang tussen Siluur en Devoon werd het klimaat weer warmer. Uit het feit dat evaporieten uit het Devoon tot op hogere breedtegraden werden afgezet dan tijdens het Siluur blijkt dat het klimaat tijdens het Devoon nog warmer moet zijn geweest dan tijdens het Midden-Siluur het geval was.

Silurische gesteenten

Gesteenten uit het Siluur bevinden zich in Europa in de kristallijne sokkel en zijn meestal in min of meerdere mate gemetamorfoseerd dankzij de latere Hercynische orogenese. Deze gesteenten dagzomen in de diverse middengebergtes van Europa, zoals in de Ardennen, het Zwarte Woud of de Vogezen. Ook in Wales, Schotland



Gefossiliseerd stuk Laat-Silurische ondiepe zeebodem. Wenlock-groep, Dudley (Engeland).

en Scandinavië komen Silurische gesteenten aan het oppervlak, in Noord-Europa zijn ze gemetamorfiseerd tijdens de Caledonische orogeenese. Sommige Silurische gesteenten zijn brongesteente voor olie of gas, of zijn bekend als vindplek van ijzererts.

Leven

In de zee

Het relatief hoge zeeniveau en warme klimaat van het Siluur boden een goede omgeving voor veel soorten marien leven. Diverse soorten brachiopoden, Bryozoa, mollusken en trilobieten zijn de meest voorkomende fossielen uit het Siluur. Voor het eerst kwamen er grote koraalriffen voor, die werden gebouwd door tegenwoordig uitgestorven soorten koraal als *Tabulata* en *Rugosa*. Ook verschenen de eerste beenvissen (*Osteichthyes*) tijdens het Siluur. Daarvan waren de *Acanthodii*, vissen bedekt met beenachtige platen, de belangrijkste Silurische vertegenwoordigers. De eerste vissen met beweegbare kaken verschenen tijdens het Siluur, deze worden verondersteld te zijn ontwikkeld uit kieuwbogen. Een van de grootste toenmalige vissen

was *Megamastax* met een lengte van een meter. In de ondiepe zeeën die *Laurentia* bedekten kwamen veel grote soorten zeeschorpioenen voor, die meerdere meters lang konden worden. Tijdens het Siluur verschenen verder de eerste bloedzuigers.

Op het land

In het Siluur worden de oudste grotere fossiele terrestrische levensvormen gevonden, in de vorm van mossen die rond rivieren en meren groeiden. Tijdens het Midden-Siluur verschenen de eerste vaatplanten, planten met weefsel waarin voedingsstoffen en water verplaatst kunnen worden. De oudste planten uit deze groep zijn *Cooksonia* (vooral gevonden op *Laurentia* en *Baltica*) en *Baragwanathia* (gevonden op *Gondwana*). *Psilophyta* waren primitieve planten die zowel xyleem als floeem hadden, maar geen onderscheid tussen wortels, stam en bladeren. Ze planten zich voort door middel van sporen. De ademhaling verliep door huidmondjes op alle naar buiten gerichte delen en fotosynthese vond waarschijnlijk plaats in al het naar buiten gerichte weefsel. In het Laat-Siluur

verschenen steeds ontwikkeldere vormen van planten, zoals *Rhyniophyta* en primitieve *Lycophyta*.

Laat-Silurische extinctie

Aan het einde van het Siluur vonden een aantal massa-extincties plaats, hoewel deze van minder belang waren dan de Laat-Ordovicische massa-extinctie. Mogelijke oorzaken worden gezocht in klimaatsverandering of inslagen van meteorieten.

Het Devoon

Het Devoon is een periode in de geologische tijdschaal (en een systeem in de stratigrafie) die duurde van 419,2 ± 3,2 tot 358,9 ± 0,4 miljoen jaar (Ma) geleden. Het Devoon is onderdeel van het era Paleozoïcum. Het volgt op het Siluur en wordt opgevolgd door het Carboon.

Era	Periode	Tijd geleden (Ma)
Mesozoïcum	Trias	jonger
	Jura	251,0 - 209,0
Paleozoïcum	Perm	299,0 - 359,2
	Carboon	359,2 - 416,0
	Devoon	416,0 - 443,7
	Siluur	443,7 - 488,3
	Ordovicium	488,3 - 542,0
Neoproterozoïcum	Ediacarium	ouder
	Pre-Cambrium	

Indeling van het Paleozoïcum volgens de ICS.

Het Devoon was een periode met een relatief warm klimaat en hoog zeeniveau. Er werden enorme riffen gevormd in ondiepe zeeën, terwijl op het land de primitieve Silurische planten en insecten zich verder ontwikkelden.

De eerste echte bossen ontstonden, waar onder andere de eerste zaadplanten groeiden. In de zee werden de kaakvissen steeds dominanter ten gunste van ostracodermi en placodermi. In het Devoon verschenen ook de eerste gewervelde landdieren. Dit waren amfibieën, die zich uit vissen ontwikkelden.

Vanaf het Midden-Paleozoïcum bewegen de belangrijkste continenten naar elkaar toe, dit zou leiden tot de Caledonische orogeenese in het Siluur en Vroeg-Devoon en de Hercynische orogeenese in het Laat-Devoon en Carboon.

Naamgeving en indeling

De naam Devoon is afkomstig van het graafschap Devon in Engeland, waar Devonische gesteenten ontsloten zijn. Het tijdperk werd voor het eerst benoemd door de Britse geologen Adam Sedgwick en Roderick Murchison in 1839, na onderzoek aan de stratigrafie van Devon. Het Devoon wordt ingedeeld in drie chronostratigrafische series: Onder, Midden en Boven. Het Onder-Devoon is verdeeld over drie etages, het Midden- en Boven-Devoon elk over twee etages.

Paleogeografie

Een belangrijke gebeurtenis in het Vroeg-Devoon was het samenkomen van de continenten Laurentia (tegenwoordig Noord-Amerika) en Baltica (Noord-Europa) tijdens de Caledonische orogenese, het continent dat zo ontstond wordt Euramerika genoemd. Rond 410 tot 395 Ma was sprake van continentale collisie tussen de twee continenten, waarbij het gebergte de Caledoniden gevormd werd. Vanaf het zuiden voegde ook het microcontinent Avalonia zich bij Euramerika,

wat in het westen (het tegenwoordige Noord-Amerika) zorgde voor de Acadische orogenese, waarvan sporen zijn te vinden in de Appalachen. Verwarrend genoeg worden sporen van deze tektonische fase in Europa tot de Caledonische orogenese gerekend.[5] Tussen Euramerika en het continent Gondwana in het zuiden lag de Rheische Oceaan, die in de loop van het Devoon steeds kleiner werd omdat ook deze continenten naar elkaar toe bewogen. Gondwana lag gedeeltelijk over de Zuidpool, maar waarschijnlijk



Paleogeografie in het Devoon. In het zuiden (links) ligt Gondwana, ten noorden daarvan opende de Paleo-Tethysoceaan zodat de Hun-terreinen naar het noorden bewogen richting Laurussia (een synoniem voor Euramerika).

was er in het Devoon geen ijskap. Ten oosten van Euramerika lagen nog de continenten Siberia, Kazachstania en Zuid- en Noord-China. De laatste twee waren in de loop van het Siluur en Vroeg-Devoon van Gondwana afgebroken en bewogen naar het noorden. Het huidige Noordwest-Europa vormde in het Devoon de zuidelijke rand van Avalonia of Euramerika. Zuid-Nederland, Zuid-Engeland en Vlaanderen (het zogenaamde Londen-Brabant-massief, onderdeel van Avalonia) vormden een hoger gebied, dat boven water lag. Verder naar het zuiden lag de continentale marge en de Rheïsche Oceaan. Met het dichters naar elkaar toe bewegen van Gondwana en Euramerika was deze oceaan tijdens het Laat-Devoon een smal bekken geworden, dat het Rheno-Hercynisch Bekken genoemd wordt.

Gesteenten uit het Devoon Aan beide zijden van het Caledonisch gebergte werden afbraakproducten van het gebergte afgezet, zowel in Noord-Amerika als Noord-Europa zijn rode (continentale) zandsteen en conglomeraten typisch voor het Devoon. Een voorbeeld is de Old Red Sandstone in Engeland. Vergelijkbare gesteenten komen ook in de Ardennen voor, zoals in een rotswand bij Roche-à-Frêne.

Tijdens het Devoon werden op de zuidelijke continentale marge van Euramerika en in het Rheno-Hercynisch Bekken voornamelijk mariene kalken afgezet, die tegenwoordig bijvoorbeeld in de Eifel en Ardennen terug te vinden zijn.

Leven

Het Devoon is de eerste periode waarin het landoppervlak grotendeels met planten begroeid was. Dit had grote gevolgen voor het dierenleven. Planten hebben wortels die de bodem vasthouden en zodoende erosie voorkomen. Rivieren zouden voortaan minder sediment meevoeren. Onder de mariene organismen van de bentische zone (zeebodem) zorgde dit voor een opbloei van soorten die in helder water leven (bijvoorbeeld brachiopoden of crinoïden), terwijl mobiele soorten, die beter aangepast zijn aan modderig water (zoals trilobieten), juist afnamen. De grote hoeveelheid plantaardig voedsel op het land maakte de kolonisatie van het land door dieren



Trimerus, een trilobiet uit het Devoon.

mogelijk. De oudste fossiele insecten komen uit het Devoon, hoewel ze waarschijnlijk al eerder verschenen. In het Laat-Devoon verschenen ook de eerste amfibieën, die in tegenstelling tot de vissen ook voedsel op het land konden vergaren.

Mariene leven

Soorten mariene bodemdieren uit het Devoon zijn bijvoorbeeld diverse trilobieten, graptolieten, hellederiden, brachiopoden en bivalven. Tijdens het Vroeg-Devoon verschenen de eerste ammonieten, een opgerolde soort inktvissen waarvan wordt aangenomen dat ze zich uit nautilussen ontwikkelden. Een andere groep ongewervelde roofdieren waren de zeescorpionen.



Afbeelding van diverse Devonische soorten zeedieren: een haai, twee straalvinnigen, een longvis, een ostracoderm, mollusken en trilobieten.

De in eerdere periodes verschenen riffen van in symbiose levende organismen bereikten tijdens het Devoon enorme groottes. Deze riffen werden echter gevormd door andere groepen dan tegenwoordig het geval is.

De belangrijkste rifbouwers van het Devoon waren Tabulata, Rugosa (uitgestorven groepen koralen) en stromatoporen (sponsdieren). Op de riffen leefden ook crinoïden, Bryozoa, diverse mollusken (waaronder bivalven) en brachiopoden.

De vissen maakten tijdens het Devoon een belangrijke ontwikkeling mee, zowel in de zeeën als in zoet water. De Ostracodermi waren groepen kaakloze vissen met een met benen plaatjes bepantserde kop, die waarschijnlijk op de bodem van zeeën en binnenwateren leefden, vergelijkbaar met tegenwoordige modderkruipers. Ze zouden tijdens het Devoon steeds meer verdrongen worden door de tijdens het Siluur ontstane kaakvissen, met name een groep die placodermen genoemd wordt en tijdens het Devoon een grote diversiteit ontwikkelde. Kaken boden het voordeel dat grotere stukken voedsel verwerkt konden worden en op grotere prooiën gejaagd kon worden. De meeste kaakvissen waren dan ook roofdieren die kleinere soorten aten. Ze verschenen in steeds grotere vormen. De grootste vissen van het Devoon waren placodermen als Dunkleosteus, die meer dan 7 meter lang kon worden. De placodermen hadden een zware "gepantserde" benen kop, maar een soepelere staart die beweging mogelijk maakte. Tegelijkertijd verschenen in het Devoon groepen vissen die ook tegenwoordig nog leven. Voorbeelden zijn de eerste straalvinnigen (bijvoorbeeld Cheirolepis of Hynieria) en kwastvinnigen (waaronder Eusthenopteron en de eerste longvissen). De laatsten waren, op de coelacanten na, zoetwaterdieren. In het Devoon verschenen ook de eerste haaien (voorbeelden zijn Stethacanthus en Cladoselache), die later de placodermen zouden gaan verdringen.

Landplanten

In het Vroeg-Devoon werden de mossen, algenmatten en primitieve planten uit het Siluur uitgebreid met de eerste vaatplanten. Deze bestonden uit een horizontaal wortelstelsel waaruit stammen omhoog schoten.[7] Een voorbeeld is het geslacht Rhynia. Uit deze primitieve planten ontwikkelden zich in de loop van het Devoon soorten met betere vaatstelsels, stevige wortels en bladeren.

Wouden van struikachtige primitieve planten moeten de continenten bedekt hebben: de eerste lycophyta, sphenophyta en varens verschenen in het Devoon. Sommige soorten konden al redelijk hoog worden. De boomvaren Archaeopteris en de Cladoxylopsida uit het Laat-Devoon konden de hoogte

van tegenwoordige bomen bereiken en hadden stevige, houten stammen. Prototaxites waren geen planten maar boomachtige schimmels die meer dan acht meter hoog konden worden. Aan het einde van het Devoon, rond 380 Ma, verschenen de eerste bomen (van het geslacht Wattieza) en bovendien de eerste zaadplanten. De verschijning van zoveel verschillende belangrijke nieuwe vormen planten in een relatief korte periode is wel de Devonische explosie genoemd, analoog met de Cambrische explosie uit het Cambrium.

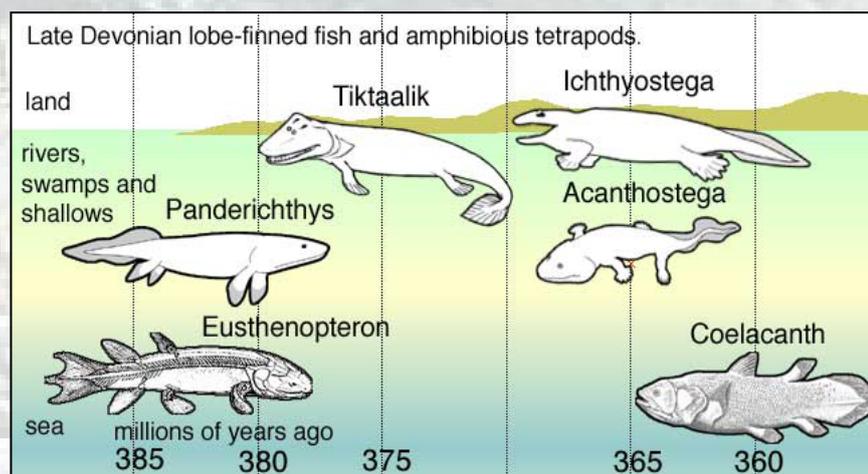
Landdieren

De opkomst van planten met wortels zorgde ervoor dat voor het eerst echte bodemvorming plaatsvond. In deze bodems konden veel nieuwe soorten

gangsvormen tussen kwastvinnige vissen en de eerste amfibieën heeft men een goed beeld van hoe deze evolutie plaatsvond. De nog geheel in het water levende Panderichthys was een soort die in zeer ondiep modderig water leefde. De (eerdere) ontwikkeling van longen in sommige vissen had het mogelijk gemaakt de kop boven water uit te steken om zuurstof uit de lucht te halen. Soorten als Tiktaalik en Acanthostega hadden een overgangsvorm tussen poten en vinnen. Poten maakten het mogelijk zich af te zetten van de bodem om de kop boven water te steken om te ademen of misschien insecten te vangen. Hiermee werd ook voortbeweging op land mogelijk. Ichthyostega had echte poten maar verder nog veel kenmerken van een vis, zoals een vissenstaart.

ten: de eerste aan het begin of ergens middenin de laatste tijdsneede in het Devoon, het Famennien; de tweede op de Devoon-Carboon-overgang zelf. Tijdens dit uitsterven verdwenen de tabulata en stromatoporen, de belangrijkste rifbouwers uit het Devoon. Het zou lang duren, tot in het Mesozoïcum, voordat er weer grote riffen zouden verschijnen. De ostracodermi (kaakloze vissen) stierven geheel uit en de ostracodermen en acritarcha werden zo sterk teruggedrongen dat ze nooit meer een belangrijke rol zouden spelen.

De reden voor deze massa-extinctie is onzeker, maar men vermoedt dat de oorzaak bij klimaatverandering lag. Door de toegenomen hoeveelheid landplanten en fotosynthese was de hoeveelheid kooldioxide (een broeikasgas) in de atmosfeer afgenomen. Door een zwakker broeikas effect begon wereldwijd de temperatuur te dalen, waardoor er gletsjers groeiden op de Zuidpool. Een plotselinge daling van het zeeniveau kan de massale extinctie onder de ondiep mariene soorten veroorzaakt hebben. De temperatuursdaling zou zich in het Carboon verder doorzetten en de Laat-Paleozoïsche ijstijd tot gevolg hebben.



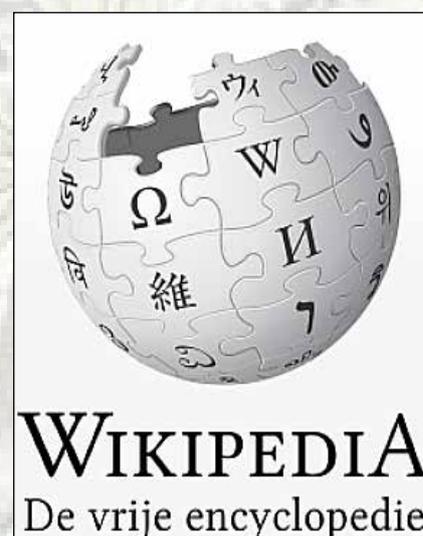
Evolutie van tetrapoden in het Laat-Devoon. Afstammelingen van pelagische kwastvinnigen als Eusthenopteron ondergingen een stapsgewijze evolutie: Panderichthys kon in modderig ondiep water leven; Tiktaalik had poot-achtige vinnen waarmee hij het land op kon; Acanthostega had poten met acht tenen, Ichthyostega had volgroeiende poten. Ook coelacanten stammen van kwastvinnigen af, zij trokken juist naar de diepzee.

geleedpotigen (Arthropoda) leven, zoals mijten, schorpioenen en duizendpotigen. Hoewel de oudst bekende fossiele insecten uit het Devoon komen wordt algemeen aangenomen dat insecten al eerder op het land verschenen, misschien al in het Cambrium. Sporenfossielen in Cambrische gesteenten (zoals Climactichnites) lijken hierop te wijzen. De oudste fossielen van gevleugelde insecten komen uit het Devoon, de vleugels verschillen sterk van de modernere soorten uit het Carboon.[8] Er is bewijs gevonden dat de soort Rhyniognatha rond 400 Ma al vleugels had. In het Laat-Devoon begaven ook de eerste gewervelden zich op het land. Dankzij vondsten van fossiele over-

De primitieve longen van longvissen ontwikkelden zich in organen die in de complete behoefte aan zuurstof konden voorzien, waarmee de eerste amfibieën ook langere tijd op het land konden doorbrengen. Hynerpeton was een overgangsvorm tussen vis en amfibie met complexere longen. In het Carboon zouden deze eerste amfibieën zich verder ontwikkelen en het land geheel koloniseren. Laat-Devonische extinctie

Op de overgang tussen Devoon en Carboon vond in het water een grote massa-extinctie plaats, waarbij ongeveer 40% van alle geslachten verdween. Het uitsterven concentreerde zich waarschijnlijk rond twee momen-

Met dank aan:



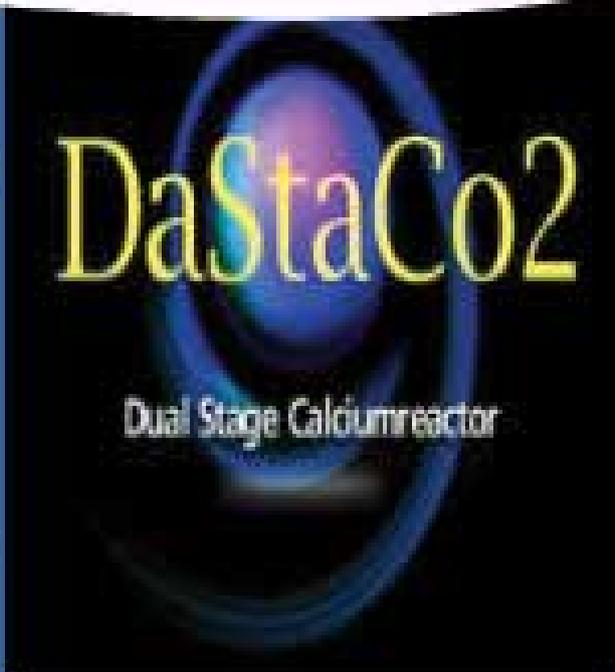


DaStaCo II Dual Stage kalkreactor

De betere kalkreactor op de markt

Eenvoudig, Compact, Stil, Zuinig en krachtig

- Geen Ph sturing meer nodig
- Geïntegreerde elektronische Co2-controlbox
- Volledig automatische ontluchting via extra schakelklok
- Dubbele kamer op een zeer beperkte ruimte
- Slechts een afroegepunt: keep it stupid, keep it simple
- Hoge KH en calcium uitstroom



AMS
Aquamarine supply

