

## Vanaf 2 miljard jaar geleden

Omstreeks 2 miljard jaar geleden warmde de aarde op na een koude periode van zo'n 400 miljoen jaar. Op ons fietspad afgemeten hebben we net het spandoek van de laatste 20 kilometer achter ons gelaten.

Wat volgde was een lange periode van ongeveer 1000 miljoen (=1 miljard) jaar waarin het klimaat aangenaam warm was. Verspreid over het aardoppervlak waren landmassa's in de vorm van grote eilanden ontstaan die langzaam over het aardoppervlak dreven, als gevolg van de continentale drift. Daaromheen bevonden zich zeeën en oceanen met een aangename temperatuur, waarin het leven zich volop kon ontwikkelen.

De atmosfeer leek in grote lijnen op de huidige situatie. Stikstof en zuurstof waren de hoofdbestanddelen, al was de concentratie zuurstof in het begin van deze periode wel lager dan in de huidige tijd. De concentratie koolzuur was waarschijnlijk hoger. De andere gassen uit de oeratmosfeer, zoals ammoniak en methaan waren echter geheel verdwenen.

De twee domeinen van het leven, de eukaryoten en de prokaryoten, waren een feit geworden. Beide soorten leefden in het water.

De beide hoofdvormen van de prokaryoten, de langst op aarde levende organismen, kregen de kans om zich verder te ontwikkelen en hun soortenrijkdom nam gedurende deze periode gestaag toe.

Van de eukaryoten bestonden echter nog maar 2 soorten. Schimmels en dieren waren er nog helemaal niet. Het plantenrijk bestond uit louter eencellige algen, voornamelijk groenwieren. Protisten kwamen in geringe aantallen voor.

Kort gezegd, al het leven op aarde bestond nog steeds uit eencellige organismen en het zou nog een lange tijd duren eer er sprake was van meercellig leven.

Het land was kaal, woest en onbewoond. De aardkorst was door de immer voortgaande afkoeling wel dikker en steviger geworden en verspreid over het aardoppervlak zullen zo nu en dan heftige vulkaanuitbarstingen hebben plaatsgevonden. Al snel raakte het oppervlaktewater gevuld met een immens grote hoeveelheid groenwieren, die badend in het zonlicht fotosynthese toepasten. Als gevolg hiervan steeg de concentratie zuurstof in de atmosfeer. Dat was wel pech voor de cyanobacteriën, ook zij waren afhankelijk van zonlicht. Deze levensvormen, die zo'n 2 miljard jaar het oppervlaktewater beheerst hadden, werden nu verdrongen door de groene algen. De cyanobacteriën gingen als het ware ondergronds.

Dit verschijnsel kennen we in onze huidige tijd nog steeds. 's Zomers, wanneer de dagen lang zijn en de zon hoog aan de hemel staat, vindt er in stilstaand water als meertjes, grachten en slootjes een explosieve toename van groene algen plaats. Dat is duidelijk te zien aan het groen kleuren van het water. De gracht in mijn woonplaats zie ik aldus elke zomer groen kleuren. Na een tijdje, zeker wanneer het een tijdlang niet regent en vrij warm is, neemt de hoeveelheid voedingsstoffen voor de groene algen snel af. De algen leggen daarop massaal het loodje. Dát is het moment dat de cyanobacteriën (ook wel ten onrechte blauwalgen genoemd) toeslaan. Ze nemen het stokje over van de groene algen en voeden zich met de afgestorven algenmassa. Deze bacteriën kunnen zich zeer snel vermenigvuldigen en in "no-time" is het water vergeven van deze organismen.

Dit verschijnsel kennen we onder de naam botulisme en vrijwel iedere zomer lees je wel berichten over zwemverboden in natuurlijk water als gevolg van dit botulisme. Voor elk dierlijk leven is het optreden van botulisme in het water zéér giftig. Vissen sterven massaal en wanneer je in dergelijk water gaat zwemmen, speel je letterlijk met je leven.

Welnu, je zou met enige fantasie kunnen zeggen dat de groenwieren en de cyanobacteriën lang geleden een onderlinge afspraak gemaakt hebben. De cyano's geven de groenwieren alle kans om te leven en te overleven. Wanneer zij zich echter té massaal voortplanten en aldus hun voedselreserves uitputten, slaan de cyano's onverbiddeijk toe en roeien daarbij alles uit wat op hun weg komt. Wanneer de cyano's de afgestorven biomassa hebben opgeruimd, trekken zij zich weer terug, vormen zichzelf om in sporen en wachten geduldig op de volgende gelegenheid om toe te slaan. Zo gaat het al 2 miljard jaar lang op aarde en zo gaat het in de huidige tijd nog steeds.

Dieper in het water leefden de protisten. In tegenstelling tot de groene algen hadden zij de beschikking over een voortbewegingsapparaat in de vorm van een zweephaar. Daarmee konden ze actief op zoek gaan naar voedsel. Hun cellichaam was voorzien van vele trilhaartjes. Sommige soorten gingen zich voeden met afgestorven organisch materiaal, dode algen en bacteriën, anderen leerden op jacht te gaan naar levende groene algen en bacteriën. Weer anderen begonnen te jagen op hun levende vegetarische soortgenoten. Ook was er een groep die zich op de zeebodem vestigde en leefde van het afgestorven organisch materiaal dat door het water naar de bodem dwarrelde.

Langzaamaan zult u nu het idee krijgen dat dit begint te lijken op dierlijk leven, op vegetariërs, op roofdieren, op aaseters enz. Het zou echter nog lange tijd duren voordat er werkelijk sprake was van dierlijk leven op aarde.

Gedurende deze hele periode leerden de diverse soorten hun speciale technieken verbeteren, de jagers leerden beter jagen enz. Voor alle technieken en alle verbeteringen daarin waren nieuwe genen nodig. Langzaam maar geleidelijk ontwikkelden de diverse soorten zich aldus verder.

Als gevolg van endo-symbiose en allerlei vormen van genetische vermenging nam ook het aantal soorten organismen gestaag toe. Naarmate de tijd verstreek, raakte het water steeds dichter bevolkt met een veelheid aan levensvormen.

De algen aan de oppervlakte begonnen koloniën van gelijksoortige individuen te vormen. Deze ontwikkeling vormt de basis voor het ontstaan van meercellig plantaardig leven en vandaar uit is het gehele plantenrijk op aarde ontstaan.

Allereerst zijn uit de algenkoloniën aan het eind van deze lange warme periode de zeewieren geboren. Tegenwoordig worden alle wieren verdeeld in drie hoofdgroepen. Dat zijn de groenwieren, de roodwieren en de bruinwieren. De onderverdeling wordt heel simpelweg gemaakt op basis van de kleur die deze organismen hebben.

De groenwieren staan aan de basis van het gehele plantenrijk, al zou het net als bij de dieren, nog lange tijd duren voordat de eerste landplanten op de aardbodem groeiden.

Zowel het ontstaan van planten als dieren komt in de volgende hoofdstukken uitgebreid aan de orde.

Op de zeebodem vond op een gegeven moment wel de grootste en meest ingrijpende verandering plaats. Het leven op de zeebodem was goed. De protisten die voor een bestaan op de bodem hadden gekozen, kregen volop te eten en de stroom voedseldeeltjes nam alleen maar toe naarmate de tijd verstreek. De hoeveelheid protisten nam dus ook toe volgens het aloude principe: Veel voedsel zorgt voor veel nakomelingen.

Al spoedig raakte de zeebodem bedekt met een dikke laag eencellige organismen, voorzien van de meest moderne snufjes zoals een celkern, zweephaartjes, trilhaartjes. De protisten hadden deze haartjes echter niet meer nodig om te zwemmen, er was geen enkele reden om actief op zoek te gaan naar voedsel.

Welnu, gelijk de algen aan de oppervlakte, vormden deze bodembewonende groep protisten grote koloniën en daarbij deden ze een belangrijke ontdekking. Het bleek mogelijk om via de haartjes elektrische signalen met elkaar uit te wisselen.

In een eerder hoofdstuk heb ik al uitgelegd over het elektrische systeem waarover een DNA-molecuul beschikt.

Kortom, de tril- en zweephaartjes gingen functioneren als elektrische stroomdraden. Aldus waren de afzonderlijke cellen in staat om signalen met elkaar uit te wisselen. Zo konden ze hun gedrag op elkaar afstemmen, zo vormde zich één groot samenwerkend elektrisch geheugen.

Deze ontdekking door de protisten leidde in eerste instantie tot het ontstaan van het rijk der schimmels en van daaruit tot het ontstaan van hersencellen. Ongeveer tegelijkertijd dat aan de oppervlakte de eerste wieren het levenslicht zagen, zijn op de zeebodem de eerste schimmels ontstaan. De protisten leerden hun trilhaartjes uit te laten groeien tot zenuwdraden, waarmee ze in direct contact kwamen te staan met hun soortgenoten. Aldus groeiden ze uit tot één samenwerkend organisme met een enorme grote geheugencapaciteit, een brein.

Uiteindelijk heeft deze ontwikkeling aan de basis gestaan voor de vorming van het gehele dierenrijk op aarde.

Heden ten dage vervullen de schimmels nog precies dezelfde taak. Ze zijn niet afhankelijk van zonlicht en ze voeden zich met afgestorven organisch materiaal. Ze komen snel en talrijk, ze verwerken het organisch afval en net zo snel als ze gekomen zijn, verdwijnen ze weer. Ook zij trekken zich terug en vormen sporen, gelijk de cyanobacteriën.

Het lijkt derhalve zeer aannemelijk dat er in de evolutie tenminste éénmaal sprake is geweest van een endo-symbiotische reactie, waarbij een cyanobacterie deel uit is gaan maken van de levende protistencel waarbij beiden konden profiteren van elkaars levensfunctie.

In dit verband kan ik nog opmerken dat dergelijke endo-symbiotische relaties ook hebben geleid tot het ontstaan van de wieren al heb ik verder geen kennis of inzicht hoe dit precies in zijn werk is gegaan.

Hiermee zijn we aan het eind gekomen van de lange warme periode die de aarde heeft meegemaakt. Omstreeks 1,1 miljard geleden kwamen de continenten tegen elkaar aan te liggen en aldus werd het supercontinent Rodinia gevormd. In het volgende hoofdstuk gaan we verder met de evolutie van het leven zoals zich dat in de laatste 1000 miljoen (1 miljard) jaar op aarde heeft afgespeeld.

Maar voor we hieraan beginnen, toon ik u eerst een meer gedetailleerde afbeelding van de geologische tijdschaal. Aan de hand hiervan heb ik de volgende hoofdstukken geschreven.

Links op de afbeelding vindt u uitdrukkingen als 0 Ma, 2.5 Ma, 65 Ma. Ma staat voor "million years ago" zoveel miljoen jaar geleden dus.

Daarnaast staan de benamingen van de diverse perioden, zoals deze door de wetenschappers zijn benoemd. De meeste van deze namen zijn afgeleid van rotsformaties, gebergtevorming of streken waar bepaalde fossielen uit die tijd zijn gevonden.

Geheel rechts ziet u rode en blauwe gebieden die aangeven wanneer het klimaat op aarde warm of koud was. Zoals u kunt zien hebben zich in de afgelopen 1000 miljoen jaar nog diverse ijstijden voorgedaan en zijn er ook perioden geweest waarin het op aarde gemiddeld veel warmer was dan in onze huidige tijd.

Op deze afbeelding is ook weer terug te zien dat wij in onze tijd in een ijstijd leven.

Het blauwe gebied bij 0 Ma is veel breder dan het rode gebied.

Zo is ook te zien dat pakweg 40 miljoen jaar geleden een zeer warm klimaat op aarde voorkwam.