

Als klein zijn geen bezwaar is kom je in aanraking met een wereld die erg verschilt van die zoals wij, mensen, die ervaren. Een wereld van extremen, van hollen of stilstaan, waar de omstandigheden 10 cm verderop al weer erg anders zijn, qua temperatuur, vochtigheid, nutriënten. Ik volg al geruime tijd het leven op microschaal in allerlei wateren, maar ook in (natte) bodems en, recent, ook in de strooisellaag op de bodem. Het is door de grote diversiteit vervolgens een hele toer om uit te vinden wat je door het microscoop eigenlijk te zien krijgt en niet zelden lukt dat niet en moet ik vondsten archiveren als *uso*: 'unidentified swimming object'. Vaak ook lukt het wel, en blijkt de soort zelden gezien te zijn, wat niet bewijst dat hij ook zeldzaam is, maar alleen illustreert hoe weinig mensen door een microscoop kijken. Toch vertelt het microleven veel over de kwaliteit van de omgeving, en is het vaak de oorzaak waarom grotere dieren en planten op een bepaalde plaats wel of niet kunnen leven. Door Sebastiaan Kooijman

# Als klein zijn geen bezwaar is: microben in het duin

## **Trefwoorden: microben, bacteriën, duinplassen, biodiversiteit**

De wereld op microschaal is slecht bekend, zelfs in de vakliteratuur. De auto's en huizen die we bouwen en de zaken waarvoor we ons van nature interesseren hebben een directe relatie met onze eigen lichaamsgrootte; naarmate dieren meer op onszelf lijken, hebben we er meer belangstelling voor. Recent ben ik begonnen om mijn waarnemingen op [waarneming.nl](http://waarneming.nl) in te voeren, en kwam tot de ontdekking dat het meest algemene dier van Nederland, het Mantelvisje (*Oikopleura dioica*), er niet in stond. Ook de klasse waartoe die behoort, de Mantelvisjes (*Appendicularia*), zal maar weinig mensen iets zeggen, wat zelfs geldt voor hun stam, de *Urochordata*. Dit zeediertje komt ook maar weinig in de vakliteratuur voor, wat waarschijnlijk te maken heeft met het feit dat hij klein en erg transparant is en veel zeebiologen de gewoonte hebben hun monsters te fixeren en pas geruime tijd later in het lab te bekijken; ze zijn dan verdwenen zonder een spoor achter te laten. Door over een ruime periode planktonmonsters langs te kust te verzamelen en die levend te bekijken, kwam ik er achter dat hij zeer algemeen is, het hele jaar door, mogelijk

met uitzondering van februari en maart, wanneer het planktonleven in de zee het even wat rustiger aan doet. Hij speelt ecologisch een belangrijke rol, omdat hij kans ziet om de zeer kleine deeltjes, zoals bacteriën, uit het water te filteren. Dat doet hij door met een grof filter, met maaswijdte van een paar  $\mu\text{m}$ , in de wand van zijn slijmhuysje de grotere deeltjes buiten te houden, en met een fijn filter binnen in het huisje de kleine deeltjes met grote snelheid met zijn staart naar zich toe te werken, om zodoende zijn week durende levenscyclus te kunnen voltooien. Op deze manier raakt het grof filter snel verstopt. Elke twee uur verlaat hij daarom zijn huisje en klopt het slijmlaagje dat hij inmiddels op zijn lijf heeft gevormd, op tot een nieuw huisje, met filter en al. Het verlaten huisje zakt langzaam naar de bodem en tijdens deze afdaling verzamelt het, als een stofdoek, een groot aantal in het water zwevende deeltjes, waardoor het steeds sneller gaat zakken. Deze 'marine snow' vormt een belangrijke transportroute van voedsel van de zone waar fotosynthese plaats vindt aan het oppervlak naar de donkere diepte, waar de bodemfauna het dankbaar in ontvangst neemt. Niet alleen in de zee aan de voet van de duinen, maar ook in de duinen zelf gebeurt veel op microschaal waarvan weinigen slechts weten, zoals



Figuur 1. Het kranswier *Chara globularis* in 'bloei'.

Veel van de plasjes in de kalkrijke Hollandse duinen staan vol met kranswier, door de Engelsen 'stink weed' genoemd, de directe evolutionaire voorlopers van de hogere planten; op zichzelf al een unieke situatie waar we zuinig op moeten zijn. Deze 'stank' is vanwege de zwavelhoudende organische stoffen die ze uitscheiden, die waarschijnlijk de zuurgraad van het water verhogen en mede oorzaak zijn van kalkafzettingen op deze wieren. Geologisch gezien zijn de kranswieren de belangrijkste kalkvormers van het zoete water. Alle foto's in dit artikel zijn gemaakt door Sebastiaan Kooijman.

ik zal illustreren in dit artikel. Ik hoop hiermee enige belangstelling te wekken voor het leven op microschaal. De aanschaf van een (tweedehands) microscoop ligt in ieders bereik en de ontdekkingsreis kan in de achtertuin beginnen, het hele jaar door, op elk gewenst moment van de dag. Om op gang te komen is Streble & Krauter 2002, Kosmos Verlag, *Das Leben im Wassertropfen* een aanrader voor het zoete water.

## Plasjes

In de duinen, die nu gelukkig weer wat natter worden, staan plasjes, vooral nabij de zeereep in het open duin in de Helmduinen, de Kikkervallei, de Ganzenhoek, Berkheide, de Coepelduynen (Guitendel), het Zwartevelde in de Amsterdamse Waterleiding Duinen (AWD) en zo verder. Sinds een paar jaar bemonster ik duinplasjes in de AWD intensief, die in Berkheide en Meijndel al langer, maar dan extensief (sinds een jaar intensiever), langs de hele kust meer incidenteel, en de rest van Europa nog meer incidenteel in termen van bemonsteringsdichtheid. Deze plasjes zijn meestal erg ondiep, met zeer glooiende oevers, en de waterspiegel

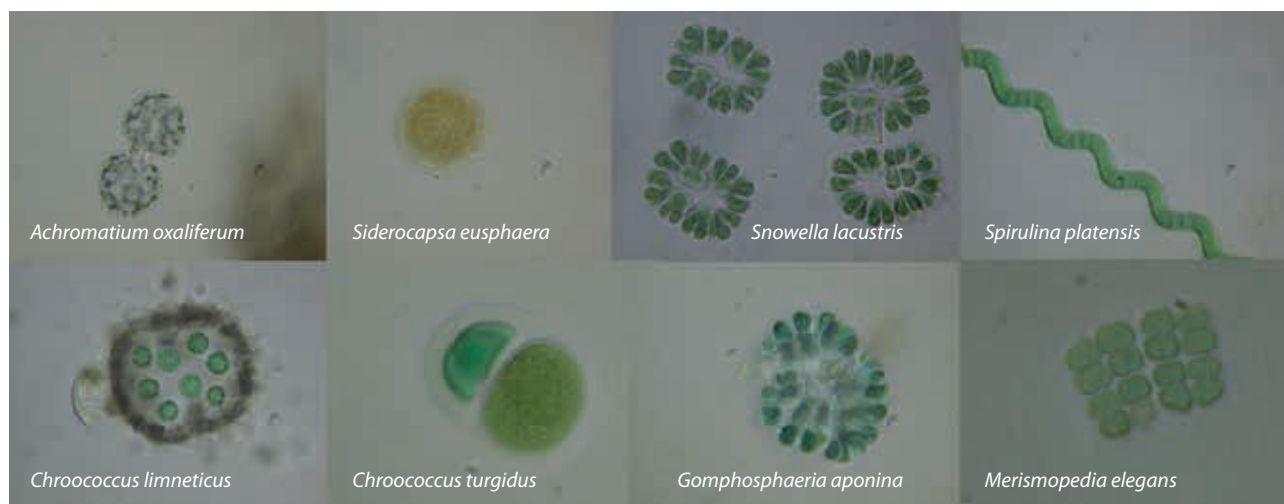
varieert behoorlijk, afhankelijk van de regenval en de waterregeling. Als je zo'n plasje van boven bekijkt zie je brede randgebieden die dan eens onder en dan weer boven water staan. Ik vroeg mij af welke organismen in deze randzone leven. Zwemmen ze heen en weer met de omtrek van de plasjes of kunnen ze tegen droogvallen? Ik ken geen veenmos, *Sphagnum*, zuidelijker dan halverwege de AWD. Struikheide (*Calluna vulgaris*) staat op piepkleine stukjes in Den Haag en Oud Wassenaar, verder plakken in het zuiden en midden – samen met Kraaiheide (*Empetrum nigrum*) – van de AWD en dan veel flink noordelijker. Kruisbladgentiaan (*Gentiana cruciata*), komt in Meijndel vrij veel voor, in Berkheide staat hij hier en daar en in de AWD kom je slechts enkele planten tegen. Waarnemingen die, in combinatie met andere, laten zien dat de duinen naar het noorden toe geleidelijk minder kalkrijk worden. De kalk is van biologische oorsprong, namelijk van subfossiele schelpenbanken, vooral de makkelijk fragmenterende strandschelpen, *Spisula*, die voor het zuidelijke deel van onze kust liggen en vroeger op grote schaal benut werden als grondstof voor ongebluste kalk. Naar het noorden domineert de Kokkel, *Cardium*, die veel minder makkelijk vergruist (zie [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)). In de

AWD staat op sommige plaatsen veenmos direct om plasjes heen, soms op maar een of twee meter afstand van het kranswier (Fig. 1), die door kalium tegen waterstof ionen uit te wisselen de lokale zuurgraad verlagen, terwijl kranswier de zuurgraad juist verhoogt. In de randzone van plasjes staan vaak veel planten, zoals russen, Kleine watereppe (*Berula erecta*), Lidsteng (*Hippuris vulgaris*), Stijve waterranonkel (*Ranunculus circinatus*), Rode waterereprijs (*Veronica catenata*), Waterpunge (*Samolus valerandi*) en mossen, vooral het Puntmos (*Cordiella cuspidata*). Deze planten dragen er toe bij dat de horizontale stroom in het water, dus van nutriënten, beperkt is en zorgen voor een ruime toevoer van organische stof. Deze waarnemingen laten al zien dat de horizontale verplaatsing van water uiterst beperkt moet zijn, en de organismen in de randen van de plasjes dus kennelijk tegen droogvallen kunnen en niet heen er weer zwemmen. Het sedimentoppervlak is een plaats van sterke verticale gradiënten, zoals van zuurstof, waarbij het diepere sediment arm is aan zuurstof. Deze horizontale en verticale milieugradiënten dragen bij tot een enorme biodiversiteit. Uit mijn monsters bleek dat we over de randzones van de duinplasjes moeten denken als een mozaïek van plekje van zo'n 10x10 cm die naast elkaar behoorlijk van bewoners kunnen verschillen, maar van plasje tot plasje als mozaïek vaak grote overeenkomsten kunnen vertonen. Wat zijn dat voor organismen die daar leven en tegen tijdelijke (en betrekkelijke) droogte kunnen? Deze vraag heeft

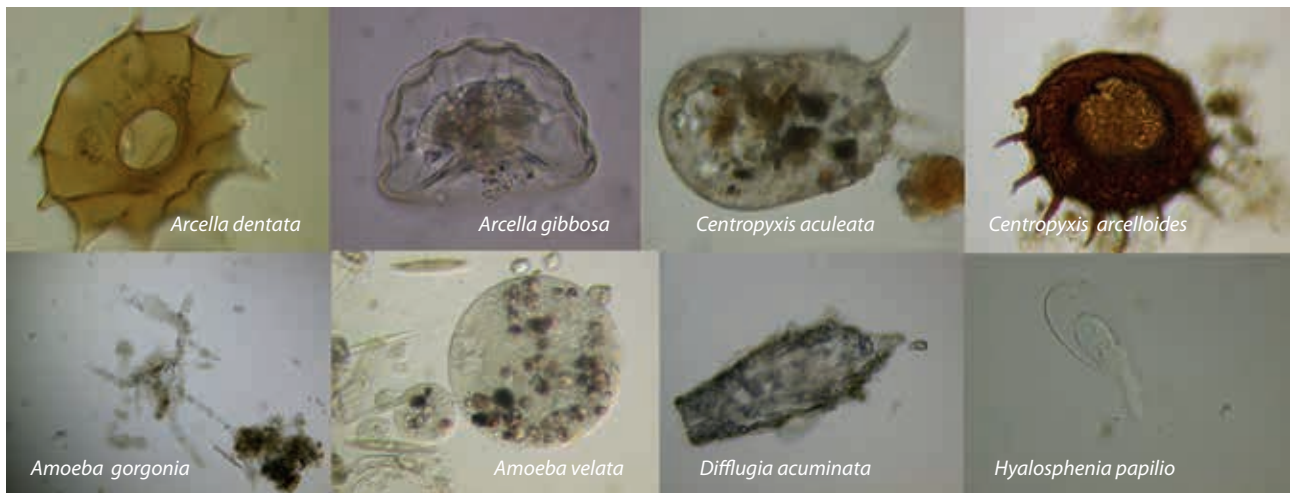
een grotere relevantie dan misschien mag lijken. De overgang van water, via sedimenten, naar bodems is slechts geleidelijk, wat betreft de bewoners. Veel leven in de bodem speelt zich af in het waterlaagje rond de bodemdeeltjes en komt tot (tijdelijke) stilstand wanneer dit waterlaagje opdroogt. Een organische coating maakt dat dit waterlaagje veel beter wordt vastgehouden, vergeleken met een 'blote' zandkorrel; er zit ook veel minder lucht rond de deeltjes waarin het water kan verdampen. In grof zand zakt het regenwater snel door naar dieper. Dit betekent ook dat het leven in mineraal (= geel) zand beperkt is, en slechts langzaam op gang kan komen, vergeleken met donkere aarde. Ook op droog zand zie je vaak kleine mijten racen, en wolfspinnen en insecten. Wat ik bedoel is, als je met een microscoop gaat kijken, dan zie je honderden organismen per vierkante centimeter op de donkere grond rond de duinplasjes; dit gaat niet lukken in mineraal zand.

## Biodiversiteit

Ik laat in acht figuren (Fig. 2 t/m 9) een paar markante groepen langskomen, zonder in de verste verte maar volledig te kunnen zijn. Eén over bacteriën (zonder kern), de rest over eukaryoten (met kern): vijf over unikonten (amoeben en dieren met één flagel (= kont) per cel) en twee over bikonten (zonne- en wimperdier-tjes met twee flagellen per cel).



Figuur 2. De meeste bacteriën (*Bacteria*) blijven onder het microscoop slechts stipjes, maar zijn ecologisch gezien zonder twijfel de belangrijkste groep in de stofkringloop. Sommige zijn echter relatief groot, zoals de Reuze zwavelbacterie (*A. oxaliferum*), die calciumcarbonaat en mineraal zwavel in zijn cel opslaat en hier juist bezig is met delen. *S. eusphaera* is taxonomisch niet goed plaatsbaar op dit moment. De blauwgroene bacteriën, ook wel cyanobacteriën genoemd, de zes andere, zijn meestal ook groot en de uitvinders van de oxidatieve fotosynthese, 2,7 miljard jaar geleden. Vele kunnen stikstofdioxide uit de lucht biologisch beschikbaar maken. Zij vormen vaak een slijmlaag rond de cellen, die waarschijnlijk helpt tegen uitdroging.

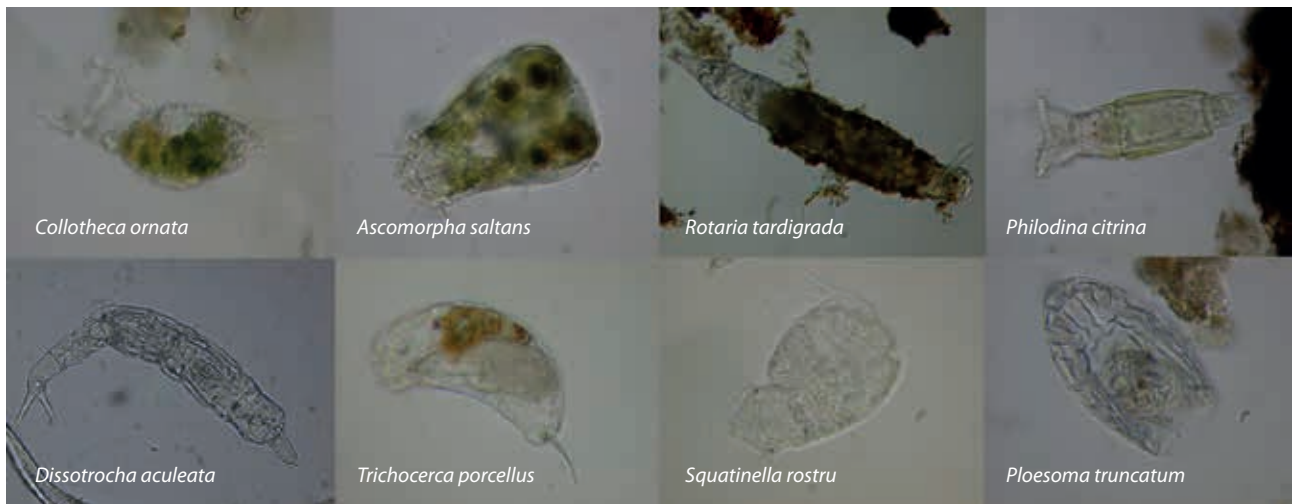


Figuur 3. De amoeben (*Amoebozoa*) vormen een algemene en diverse groep die vaak symbiotische bacteriën in hun cellen herbergen en zodoende bijvoorbeeld cellulose kunnen verteren. Sommige zijn 'naakt' (*A. gorgonia* en *A. velata*), zoals dat heet in de vakliteratuur, andere bouwen een kunstig huisje. *Arcella* doet dit in de vorm van een Franse alpinopet van (waarschijnlijk zelf geproduceerd) organisch materiaal dat aanvankelijk transparant is, maar later bruin wordt. Het huisje van *H. papilio* blijft transparant. *Diffugia* gebruikt kiezeldeeltjes en plakt die met wonderlijke precisie aan elkaar, terwijl *Centropyxis* organische deeltjes gebruikt.

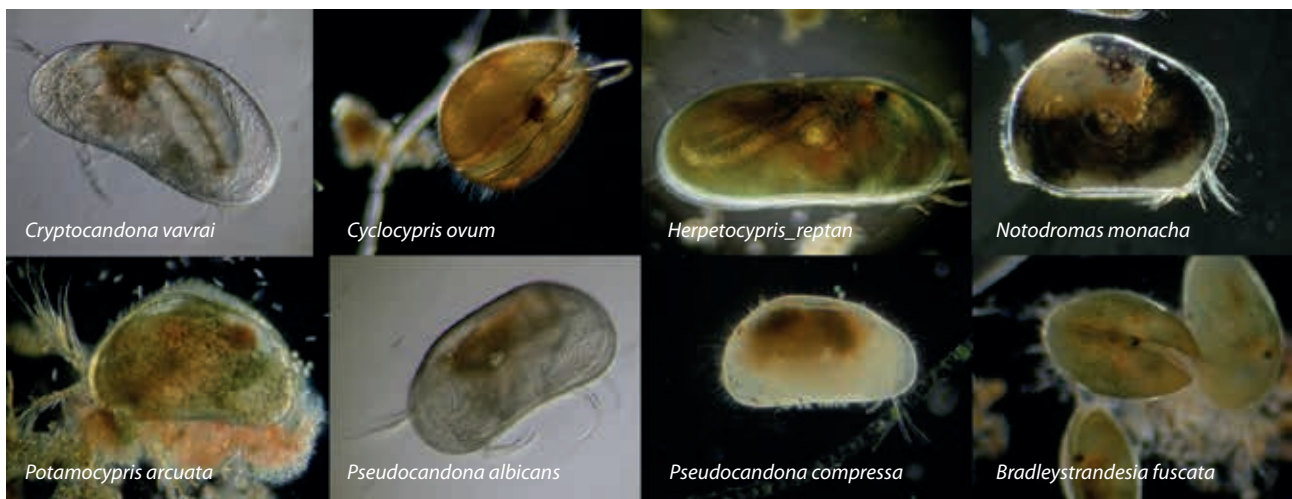


Figuur 4. Een opmerkelijke groep, die zeer algemeen is in mijn monsters van de randen van duinmeertjes, is die van de buikharigen (*Gastotricha*), die de Engelsen merkwaardig genoeg 'hairybacks' noemen. Ook al zo'n groep waarvan slechts weinigen gehoord hebben, wat zelfs geldt voor biologen, zoals ik heb ondervonden. Ik heb veel soorten in de duinmeertjes gevonden, waaronder soorten die sinds hun beschrijving niet meer gezien zijn, zoals *C. schlitzensis*. Buikharigen zwemmen snel met de vrij lange haren op hun buik (goed te zien op de foto van *C. macrochaetus*), wat het waarnemen niet makkelijker maakt. Het grootste geslacht, *Chaetonotus*, heeft vaak stevige borstels op de schubben op hun rug, zoals *C. heteracanthus*, andere hebben wel schubben, maar geen borstels, zoals *Lepidodermella*. Ze hebben een openstaand mondje, zoals roomse cherubijntjes (zie *C. hystrix*), twee voeten, waarmee ze zich tijdelijk aan de wereld kunnen plakken, hoewel ze dit zelden doen, en geen ogen. Ze grazen sedimentdeeltjes af, waarschijnlijk op zoek naar bacteriën en microalgen. Deze hermafrodieten zijn in mijn monsters veel algemener dan, bijvoorbeeld, de aaltjes (*Nematoda*) die in de literatuur veel meer aandacht krijgen, waarschijnlijk omdat sommige soorten parasieten van onze voedselplanten zijn. Ze zijn meestal kleiner dan een tiende millimeter en maken één relatief zeer groot ei, zo'n derde van hun eigen lengte, zie *H. gracile*. Hoewel ze het ei binnen het lijf dragen, moeten ze de baring van zo'n ei wel overleven, zou je zeggen, anders is het snel met ze afgelopen. Ik heb dat echter nooit zelf gezien. Ik weet niet hoe zij kans zien in de droge perioden in de oeverzone van de duinplasjes te overleven, maar ik denk dat ze dit doen in het eistadium, op eenzelfde manier als de raderdierjes (*Rotifera*) die ook erg algemeen en divers zijn in dit milieu.

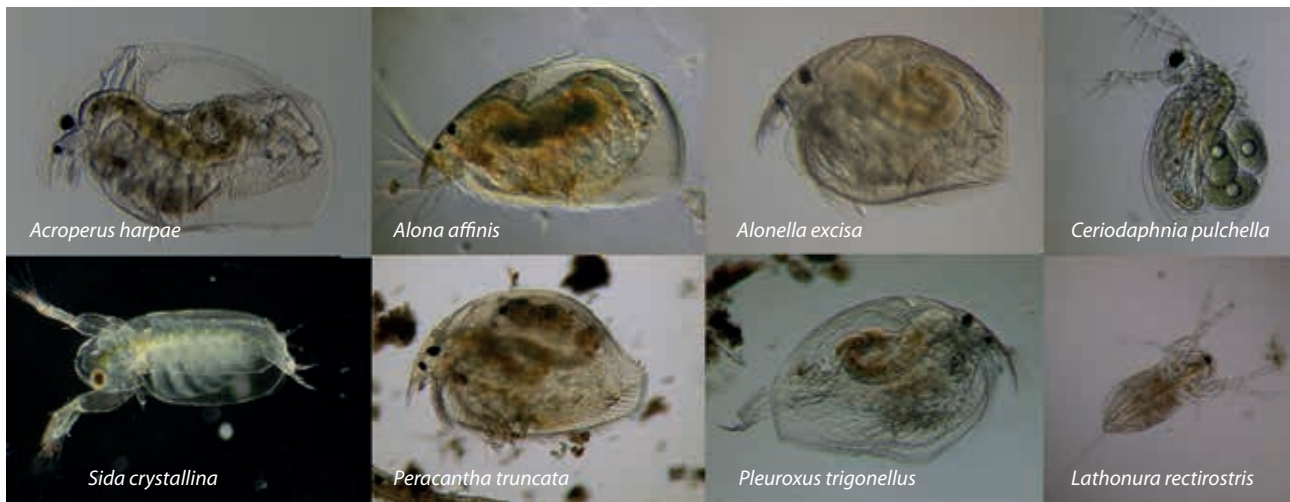




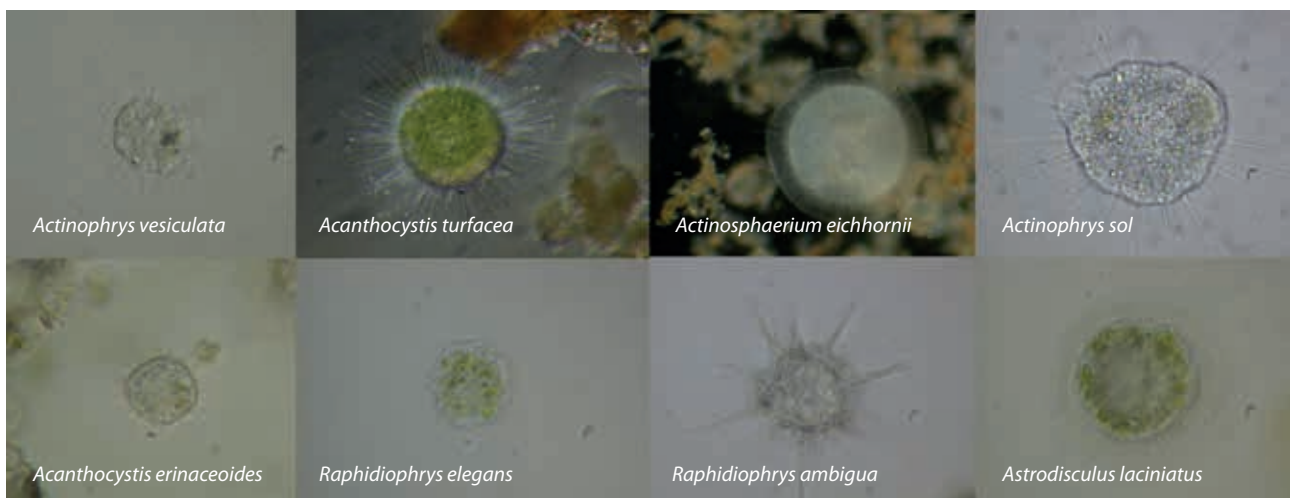
Figuur 5. Van raderdiertjes (*Rotifera*) is bekend dat ze bij het uitkomen van de eieren nauwelijks nog in aantal cellen en droge massa toenemen en alleen maar water opnemen, zodat ze binnen één dag al de eindgrootte hebben bereikt en vrijwel direct aan de voortplanting beginnen; ze leven slechts een paar weken. Ze zijn parthenogenetisch, vrouwtjes maken vrouwtjes zonder dat er mannetjes aan te pas komen, net als watervlooien. Raderdiertjes dragen de eieren buiten het lijf en vervellen niet (in tegenstelling tot mosselkreeftjes en watervlooien). Geslachtelijke voortplanting vindt slechts zelden plaats, waarna een ander soort eieren gemaakt worden, die een ruststadium doormaken. Raderdiertjes heten zo omdat de trilhaarkrans rond de mond door ritmisch slaan er uitziet als een radertje. Ze kunnen daarmee zwemmen en filteren, zie *P. citrina*, maar ze kunnen die krans ook naar binnen vouwen en grazen, zie *R. tardigrada* en *D. aculeata*. Ze hebben een kauwmaag, soms met tanden erin, goed te zien op de foto van *D. aculeata*. Andere, zoals *Asplanchna* (hier niet getoond), zijn weer gespecialiseerd in het eten van (andere soorten) raderdiertjes. *A. saltans* is mogelijk groen door symbiotische groenalgen, zoals besproken bij zonne- en wimperdiertjes (Fig. 8 en 9). De meeste raderdiertjes hebben twee voeten, sommige kunnen daarmee ook plakken, maar *Trichocerca* doet dat niet en *C. ornata* alsmaar, en ze hebben geen (*C. ornata*), één (*P. truncatum*) of twee (*S. rostrum*) ogen. Deze twee ogen staan meestal naast elkaar, maar *Elosa* (een niet-afgebeeld dier uit het veen) heeft ze schuin achter elkaar. *S. rostrum* heeft een soort shuffel op de kop, waarmee hij over het sediment schuift.



Figuur 6. Mosselkreeftjes (*Ostracoda*) heten zo omdat ze twee schaaltes hebben, zie *C. ovum* en *B. fuscata*, die ze geheel kunnen sluiten, hetgeen ze waarschijnlijk tegen uitdroging beschermt en waardoor ze mogelijk in de randzones van duinplasjes kunnen overleven. Er zijn mannetjes en vrouwtjes. Na de fruitvliegjes hebben de mannetjes de langste spermacellen onder de dieren, enkele malen langer dan hun eigen lengte, en hebben ze een speciaal orgaan, dat van Zenker genaamd, om een spermacel in het vrouwtje te pompen; hier goed te zien bij *C. vavrai* en de pomp alleen al neemt relatief veel ruimte in. De soort is nieuw voor Nederland, bevestigd door mosselkreeftjesexpert Claude Meisch in Luxemburg. Sommige hebben krachtige poten, waarmee ze goed kunnen zwemmen, zie *P. arcuata*, en in planten klimmen, maar de meeste scharrelen op het sediment rond op zoek naar bacteriën en algen. Sommige hebben geen ogen, zoals *Pseudocandona*, andere één en *N. monacha* heeft er twee, dicht naast elkaar.



Figuur 7. Watervlooien (*Branchiopoda*) planten zich parthenogenetisch voort, net als raderdiertjes. Sommige leven al filterend vrij in het water, zoals *C. pulchella*, andere plakken zich met een zuignap in de nek aan planten vast, zoals *S. crystallina*, of liggen op hun rug op het sediment, zoals *L. rectirostris*, of snuffelen net als mosselkreeftjes het sediment af, zoals de andere vijf. Ze dragen de eieren tot het uitkomen in een broedbuidel, zie *C. pulchella*, die de opening naar achteren heeft en afgesloten wordt met een uitgroeisels (plug) op het achterlijf. Deze speciale constructie maakt dat de reproductiecyclus gekoppeld is aan de vervellingscyclus. Als het moment daar is, klapt het vrouwtje het achterlijf naar voren en laat zodoende de jongen uit, vervelt en legt in de nog soepele broedbuidel nieuwe eieren. Watervlooien blijven dus gedurende hun hele leven (van een paar maanden) vervellen, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de éénoog-kreeftjes *Copepoda* die een vast aantal keer in hun leven vervellen. De meeste watervlooien hebben één groot samengesteld oog, en een kleinere, ocel geheten, ervoor. De foto van *P. trigonellus* laat de kam zien die op de rug loopt; sommige verwante Amerikaanse soorten hebben een heel honingraat van uitgroeisels op hun schild. Aan het einde van het achterlijf hebben ze een lange klauw, die ze gebruiken om hun pootjes te poetsen, die binnen het schild liggen. Watervlooien kunnen na bevruchting door mannetjes die ze incidenteel voortbrengen, zgn. wintereieren maken die een ruststadium overleven.



Figuur 8. De zonnediertjes (*Centrohelida*) hebben met diertjes weinig te maken. Ze heten zo omdat ze bolvormig zijn en de kiezelraden die uit hun cel steken iets weg hebben van 'zonnestrallen'. Naast deze stralen, die ze wat kunnen bewegen, hebben ze, afhankelijk van de soort, een variërend dikke laag slijm en schubben aan de buitenkant van hun cel. De precieze functie hiervan is mij niet duidelijk; het zijn (ééncellige) rovers die bacteriën, algen en dieren eten, soms zo groot als henzelf, en hun prooi door deze laag naar binnen werken. Een aantal soorten herbergen groenalgen in hun cel, zie *A. turfacea* en *A. laciniatus*, en zijn energetisch zelfvoorzienend. Deze samenleving heeft dezelfde grondslag als die van rifkoralen, waar de gastheer dieren vangt en zo zorgt voor de nutriënten voor de eiwitsynthese, en de symbiont zorgt voor de energie in de vorm van koolhydraten. Mogelijk is de overgang naar algen eten een geleidelijke, zie *R. elegans*, en is symbiose een lang uitgestelde voedselvertering, zoals bij ciliaten vaker voorkomt. De foto van *A. sol* laat mooi zien hoe een zonnediertje plast; de bubbel aan de buitenkant, genaamd watervacuole, zal binnen een paar seconden open springen en zijn inhoud legen. Doordat, net zoals in alle zoetwater organismen, de ionenconcentratie binnen de cel groter is dan daarbuiten, 'wil' water door osmosis naar binnen, via gespecialiseerde membraanproteïnen, genaamd aquaporinen, en is de cel voortdurend bezig dit water weer kwijt te raken. Wat je noemt: dweilen met de kraan open. De naalden van *A. turfacea* hebben een vorkje aan het einde, waardoor hij makkelijk te herkennen is.



Figuur 9. Ook de wimperdiertjes (*Ciliophora*) beter ciliaten genoemd, hebben weinig met dieren te maken. De zijn zeer divers en mijn verwachting is dat het beschreven aantal soorten nog flink zal stijgen. Ze hebben één grote kern, en vele kleine. Net als zonnediertjes zijn veel ciliaten groen door symbiotische groenalgen in hun cel, zoals hier *P. bursaria*, *C. pleuronemoides* en *E. daidaleos*. De blauwgroene bolletjes in *N. ornata* zijn mogelijk cyanobacteriën; de Latijnse naam geeft aan dat mensen hem mooi vinden. *C. nigricans* valt op door zijn zwarte pigment waarvan de functie mij onbekend is. De groenalgen in *Disematostoma* zijn mogelijk alleen voedsel, met geen of weinig symbiotische functie. Net als amoeben herbergen ook ciliaten vaak symbiotische bacteriën in hun cel. De meeste ciliaten hebben een goed gedefinieerde celmond (soms in een trechter) en anus, met een bewegende 'darm' ertussen in de vorm van een reeks voedingsblaasjes die een bepaalde weg door de cel afleggen. Op de meeste foto's zijn lichte plekken zichtbaar: de watervacuolen die een complex gebouwde toeleveringsstructuur voor intracellulair water rond zich hebben. Naast trilharen heeft *Euplotes* ook een soort van looppoten, cirri genaamd, die veel dikker zijn en waarmee hij over het sediment wandelt. *Blepharisma* is als een roze blad, zeer dun dus maar veel plastischer, en kan zich door de kleinste holtes in het sediment wurmen.

Het is zeker niet zo dat ééncellige organismen altijd kleiner zijn dan meercellige. Meercelligheid, inclusief functiedifferentiatie, komt bij bacteriën al voor en is in de evolutie meerdere malen ontstaan. Bij veel schimmels zijn de celwanden verdwenen, stroomt het cytoplasma met veel kernen door de draden en is het begrip meercellig slecht van toepassing. Ook is het niet zo dat alleen algen en planten aan fotosynthese doen. Symbiose is eerder regel dan uitzondering zoals de illustraties tonen; het groen (of rood) van groenalgen en planten, en het rood (of groen) van roodalganen komt door chloroplasten die evolutionair afgeleid zijn van endosymbiotische cyanobacteriën. Zowel groen- als roodalganen zijn vervolgens weer in andere organismen gaan leven, zoals de pantserwieren. Het is lang geleden dat biologen organismen wilden classificeren als plant (groen) of dier (niet groen); het leven is veel complexer, zoals we nu weten.

## Open water

Het open water, in grotere plassen en in kanalen, is een echt ander milieu waar door de wind aangestuurde turbulentie voor een ruimtelijke egaliserende zorgt, terwijl een verticale gelaagdheid mede door tempera-

tuur- en dus dichtheidsverschillen in het water enigszins in stand blijft, tenzij het heel hard gaat waaien. Daar zijn heel andere soorten organismen te vinden; algen die aanpassingen hebben om de turbulentie te gebruiken om in suspensie te blijven; de kleinere dieren moeten het hier veel meer van filteren hebben dan van grazen en er zijn grotere dieren die hier beter uit de 'voeten' kunnen om op de kleine te jagen. Waar het leven aan de rand van plasjes vooral gedomineerd wordt door de wisselende waterstand en grote input van plantenmateriaal, staat het milieu van het open water vooral onder invloed van nutriëntenbeschikbaarheid die deels weer met regenval te maken heeft. De temperatuur speelt, naast licht, natuurlijk ook een belangrijke rol en er is sprake van een sterke seizoenswisseling.

## Milieu kwaliteit

In het algemeen wordt de soortensamenstelling in het water bepaald door de concentratie nutriënten, zoals nitraten, fosfaten, ijzer, etc. Van laag naar hoog: oligo-, betameso-, alphameso-, eu- en polytroof. Veel duinplasjes classificeren als betamesotroof, het niveau waarop de biodiversiteit het hoogst is. Een tweede index is de concentratie van organische stoffen,

zoals polysacchariden en humuszuren. Van laag naar hoog opnieuw: oligo-, betameso-, alphameso- en polysaproob. Op grond van de soortsaamenstelling classificeren veel duinplasjes als alphamesosaproob. De relatief hoge score heeft, behalve door de plantengroei, te maken met de sterk-fluctuerende waterstand, waarbij zoogdieren en vogels aangetrokken worden door het water en het frisse groen eromheen, waardoor relatief veel keuteltjes indirect in het water terecht komen, bij stijging van het niveau.

Kreuz & Foissner 2006, Shaker Verlag, geven in hun motiverend boek vol met prachtige illustraties aan dat de 'Sphagnum ponds of Simmelreid in Germany' een hotspot zijn voor biodiversiteit voor microscopische organismen. Ik kan melden dat de duinplasjes minstens zo divers zijn, echt iets om zuinig en trots op te zijn. Door de directe koppeling met de stof-kringloop hebben micro-organismen potentie voor milieukwaliteitsmonitoring. Door hun snelle reactie zijn effecten van wisseling in regenval en temperatuur niet altijd eenvoudig te onderscheiden van meer structurele veranderingen. Als illustratie van deze snelle reactie kan ik melden dat Waternet onlangs een aantal dichtgroeïende plasjes in de AWD heeft uitgediept met gevolg dat er weer open water beschikbaar kwam. Hoewel deze plasjes alleen via grondwater contact met andere wateren hebben, duurde het minder dan een week voordat de watervlooi *Daphnia longispina* arriveerde die karakteristiek is voor open water. Mogelijk zijn die met eendenpoten meegereisd en binnen een paar dagen uitgegroeï tot een populatie die groot genoeg was om door mij gezien te worden. Voor een juiste beoordeling van data van micro-organismen is het nodig een ruim bestand op te bouwen voor een flink aantal plaatsen en over een langere tijd.

## Samenvatting/conclusie

Het leven van micro-organismen is nog slecht bekend, maar uit mijn onderzoek wordt wel duidelijk dat de kalkrijke duinen een zeer grote diversiteit herbergen, vooral op plaatsen met sterke milieugradiënten. Ik hoop met dit artikel enige belangstelling voor microben te hebben gewekt.

## Aanbevelingen voor de beheerder

Gelet op de feit dat microben de daadwerkelijke water- en bodemzuivering verzorgen, en grotere dieren en planten van ze afhankelijk zijn, lijkt het nuttig een kennisbank op te bouwen van het voorkomen van deze organismen en die te relateren aan hun eigenschappen. Met betrekking tot het beheer zou het onrealistisch zijn om hier op korte termijn profijt van te verwachten, maar op langere termijn lijkt mij dat zeer wel mogelijk. De zeer grote biodiversiteit in meertjes in het open duin rechtvaardigt een hoge beschermingsstatus.

## Dankbetuiging

Ik wil Dunea en Waternet gaarne bedanken voor het mogelijk maken van het onderzoek naar het microbiële wilde leven van de duinen en dit vast te leggen voor anderen.

---

S.A.L.M. Kooijman  
Voorschoten  
bas.kooijman@vu.nl