

WAT IS BIODIVERSITEIT ?

E. GITTENBERGER

RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN &

NATIONAAL NATUURHISTORISCH MUSEUM, LEIDEN

SAMENVATTING Met de populaire term biodiversiteit wordt verwezen naar de enorme vormenrijkdom die het leven kenmerkt, van genen en eiwitmoleculen tot soorten van organismen en levensgemeenschappen. De huidige biodiversiteit is het resultaat van een zeer onregelmatig, principieel onvoorspelbaar evolutionair proces, gekarakteriseerd door tal van extreem asymmetrisch verlopende ontwikkelingen. Het toeval speelt bij de evolutie een belangrijkere rol dan regels en wetmatigheden. Naast het ontstaan van nieuwe vormen, is ook het verdwijnen, uitsterven, door geleidelijke verandering of letterlijk, min of meer incidenteel of catastrofaal, steeds een wezenlijke factor geweest. Dit kan en mag evenwel geen argument zijn om het actuele, massale uitsterven onder menselijke invloed als een 'natuurlijk gebeuren' te bagatelliseren. Een regeneratie van de biodiversiteit, volgend op een massaal uitsterven, is ongetwijfeld ook dit keer mogelijk, maar zal naar menselijke maatstaven heel lang duren, te lang.

INLEIDING Nu de term biodiversiteit in brede kring gebruikt wordt, zeker niet uitsluitend door biologen, is het zinvol zich af te vragen wat er gewoonlijk mee bedoeld wordt. Zelfs op deze wat slordig geformuleerde vraag is geen eenvoudig, voor alle gebruikers bevredigend, antwoord mogelijk. Bij biodiversiteit gaat het namelijk in elk geval om een heel complexe zaak. De bioloog zal, als nauwst betrokken wetenschapper, bij voorgestelde definities al gauw op vakinhoudelijke problemen gaan wijzen, en meer of minder sterk subjectief gekleurde nuanceringsen willen aanbrengen. Een meer pragmatisch ingestelde politicus daarentegen, die de term in het kader van het eigen partijprogramma wil uitbaten, heeft behoefte aan een 'hapklaar brok' dat kiezers overtuigt, en waarbij wetenschappelijk 'gezeur' uiteraard geen rol mag spelen. De term dreigt zodoende aan het eigen succes en dat van vele andere bio-combinaties ten onder te gaan. Dat is jammer, want zeker buiten het wetenschappelijk terrein is het woord goed bruikbaar. Wie het over biodiversiteit heeft, bedoelt daarmee de vormenrijkdom die zich in de levende natuur in de loop der evolutie heeft ontwikkeld. Deze omschrijving heeft de vaagheid die de term 'leven' kenmerkt in zich. Daarop wordt in dit kader niet nader ingegaan. Het tweede sleutelwoord, vormenrijkdom, in feite 'vorm', zorgt voor de grootste verschillen in opvatting. Vorm kan betrekking hebben op concrete vormen, zoals onderdelen van de achterpoot van een sprinkhaan die bij uiteenlopende sprinkhaansoorten verschillend gevormd zijn, of de vorm van radulae bij slakken (figuur 1), of de diverse vormen van meeldraden bij een groep van bloemplanten, enz. Men kan ook, abstracter, de vorm (structuur) van een eiwitmolecuul of een gen in gedachten hebben. Vorm kan ook, binnen nog weer een andere biologische subdiscipline, slaan op de organisatievorm van een levensgemeenschap en dus de structuur van een ecosysteem betreffen. Bij biodiversiteit wordt vaak (maar lang niet altijd) in de eerste plaats gedacht aan de meer of minder grote aantallen

figuur 1

De tanden van slakken
zijn soms bijzonder
ingewikkeld gebouwd
en aangepast aan het
eten van diverse
soorten voedsel;
deze vormenrijkdom
vertegenwoordigt een
aspect van de
biodiversiteit.

soorten van organismen die ergens voorkomen. Een 'grote biodiversiteit' betekent in dat geval eenvoudig 'veel soorten', elk met hun eigen karakteristieke, meer of minder sterk variërende kenmerken. We zullen ons vooral met dit laatste aspect van de biodiversiteit bezig houden, de soortenrijkdom, zonder ons daarbij zorgen te maken over de vraag wat we nu precies onder een soort dienen te verstaan. Systematici zullen in het algemeen deze benadering kiezen, dit in tegenstelling tot oecologen en genetici, die respectievelijk een hoger organisatieniveau dan wel een meer basaal genen-niveau zullen prefereren.

**DE EVOLUTIONAIRE
ONTWIKKELING VAN
DE BIODIVERSITEIT**

De huidige biodiversiteit is het resultaat van een zeer lange evolutionaire geschiedenis, waarin naast een zekere mate van wetmatigheid vooral ook het toeval een grote rol heeft gespeeld (Raup 1991). De geschiedenis van het leven is een verhaal van vallen en opstaan, van massaal uitsterven gevolgd door snelle veranderingen en opbloei van nieuwe levensvormen. Daarnaast zijn er perioden met betrekkelijkke rust en stabiliteit (stasis) geweest. Dat alles kent geen duidelijk patroon. Er is geen regelmatige openvolging van evolutionaire fasen. Bovendien, wat voor één bepaalde groep van organismen geldt, hoeft niet voor alle levensvormen, voor het leven als geheel, op te gaan. Kortom, de ontwikkeling van het leven voor te stellen met de metafoor van een zich regelmatig vertakkende, evenwichtige boomkruin, is uiterst misleidend. Reductionisme is hier uit den boze. Het zoeken naar de alles-verklarende toverformule, in de fysica wellicht realistisch, lijkt bij evolutiebiologische verschijnselen bij voorbaat tot mislukken gedoemd. Er zijn uiteraard ook binnen de biologie vele regels en wetmatigheden te herkennen, maar daarnaast ook vele unieke gebeurtenissen, die soms zeer belangrijke consequenties hebben gehad voor de uiteenlopende aspecten van de biodiversiteit op aarde. De biologische evolutie is enerzijds, retrospectief, tot op zekere hoogte begrijpelijk en als een logisch samenhangend geheel te beschrijven, terwijl het proces anderzijds, een in hoge mate onvoorspelbaar karakter heeft, zeker op wat langere termijn bezien. Er is al minstens 3,5 miljard jaar lang naast chemo- ook biodiversiteit op aarde. Opmerkelijk snel nadat de fysische omstandigheden het in theorie toelieten, ontwikkelde zich celloos (eencellig) leven op aarde. Deze prokaryoten (bacteriën, blauwieren) waren gedurende tweederde van de geschiedenis van het leven alleen op aarde. Tot op de dag van vandaag zijn ze in enorme aantallen aanwezig. Ze vormen verreweg het slechtst bekende gedeelte van de biodiversiteit. Hoe groot de soortenrijkdom bij deze zeer kleine organismen is, valt vooralsnog niet te zeggen. Overigens is vooral hier het begrip soort niet eenvoudig te hanteren. Pas zo'n 1,4 miljard jaar geleden evolueerde er op basis van symbiose tussen in origine onafhankelijke prokaryoten (Margulis 1981) een iets complexere, maar nog steeds kleine, celloze levensvorm: de eencellige eukaryoten. Hoewel we inmiddels weten dat de genoemde celloze organismen (ook prokaryoten) soms kolonies vormen, die doen denken aan meercellig leven, kan worden gesteld dat het wederom heel lang duurde voordat er iets wezenlijk anders ontstond. Pas in afzettingen die een

figuur 2

Kop, borststuk en achterlijf, kennelijk een succesformule die miljoenen keren in verschillende diersoorten wordt herhaald. De insecten vormen numeriek een zeer belangrijk onderdeel van de biodiversiteit.

Tekening

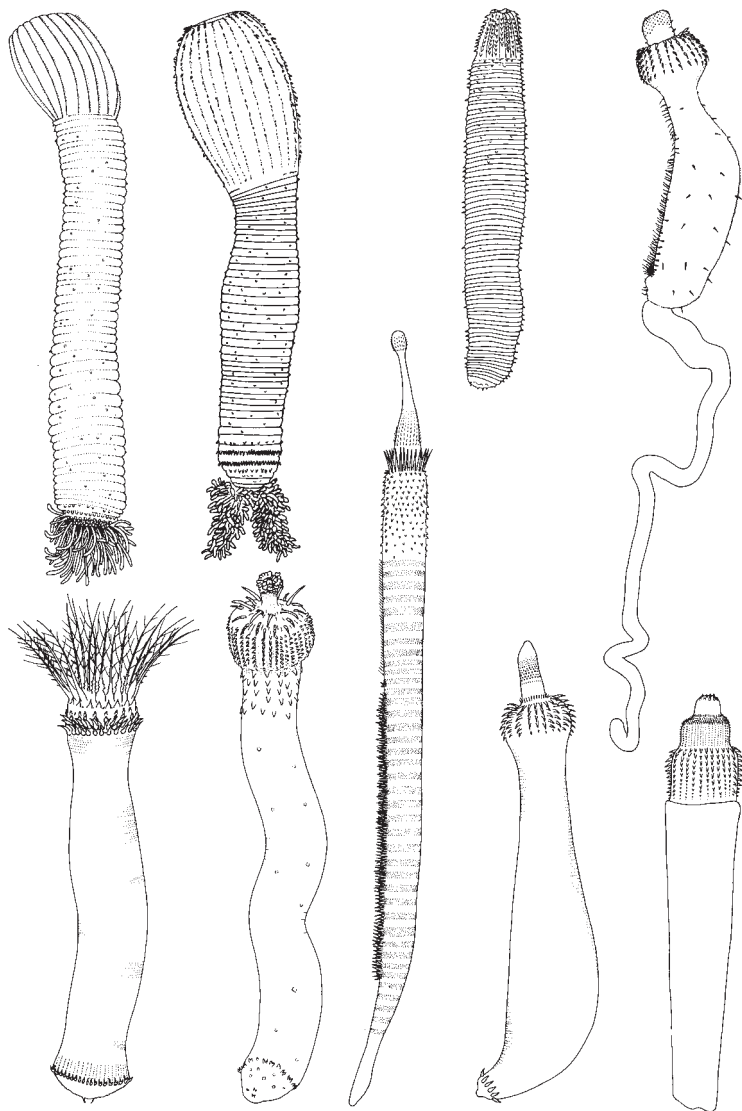
B. Blankevoort, NNM.



kleine 0,6 miljard jaar oud zijn, vinden we overblijfselen van de eerste echt meer-cellige eukaryoten. Er volgt dan, in het begin van het Cambrium, een explosief begin van meercellig leven. Geruime tijd kenden we deze in diverse opzichten unieke, zeer extreme versnelling in de evolutie voornamelijk door fossielen uit de zgn. Burgess Shale in Canada (Gould 1991). Een herinterpretatie van de desbetreffende fossielen leidde tot het inzicht dat er destijds in het vroege Cambrium in een onwaarschijnlijk korte periode van 5 à 10 miljoen jaar niet alleen vrijwel alle huidige phyla (basale bouwplan-typen van organismen, dus van een zeer hoge rangorde) maar ook nog tal van additionele, later weer verdwenen phyla ontstonden. Hoewel het laatste woord daarover nog lang niet gezegd is, wordt tegenwoordig niet of nauwelijks meer aangevochten dat de 'Cambrische explosie' reëel is. Het gaat niet om een artefact. De hernieuwde belangstelling voor dit fenomeen

figuur 3

Er bestaat slechts een zeer gering aantal Priapulida. Het bouwplan van deze 'wormen' is sinds het begin van het Cambrium niet wezenlijk veranderd.



heeft tot gericht zoeken en fascinerende ontdekkingen in diverse delen van de wereld geleid, dus ook buiten Canada. Deze nieuwe vondsten van fossielen hebben het genoemde beeld alleen maar kunnen bevestigen (Bowring et al. 1993). Na het Cambrium zien we een afname in basale bouwplan-typen, zonder een

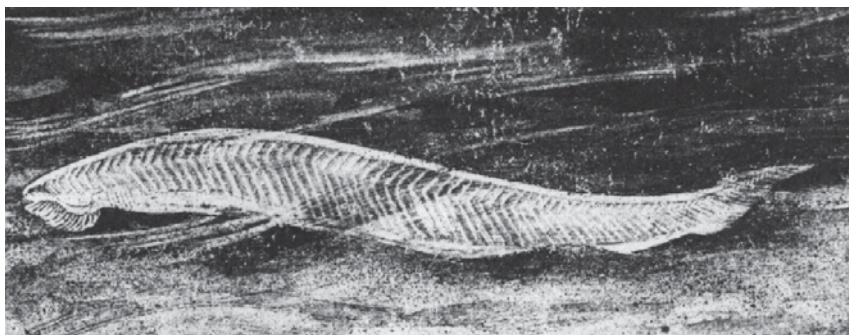
figuur 4

Ooit in het verre geologische verleden waren er talrijke soorten inktvissen met een schelp die oppervlakkig doet denken aan een slakkehuis. Nu is er nog maar een handjevol dergelijke diersoorten. De foto's tonen de schelp (onder een dwarsdoorsnede) van de nog recent voorkomende *Nautilus pompilius*.

compensatie door weer nieuwe vormen van een gelijke, hoge rangorde. Men zou de evolutionaire geschiedenis na het Cambrium dan ook kunnen aanduiden als een ontwikkeling met steeds meer variaties op steeds minder thema's. Miljoenen keren kop, borststuk, achterlijf en zes pootjes (figuur 2). Bij de talloze soorten insecten zien we steeds maar weer variaties op dat ene thema. Op een lager hiërarchisch niveau zien we een vergelijkbare morfologische verarming. Zo hebben de gewervelde dieren tegenwoordig allemaal vijf vingers en/of vijf tenen aan de extremititeiten, of een gereduceerd aantal waarbij het getal vijf alleen nog maar in de embryonale ontwikkeling te zien is. Dat was heel vroeger anders, toen waren er ook andere bouwplan-typen, waarvan evenwel alleen het bouwplan op basis van

figuur 5

Het nog recent voorkomende lancetvisje, een relatief eenvoudig gebouwde diersoort van het phylum Chordata, met een bouwplan dat sinds het begin van het Cambrium nauwelijks meer is veranderd.

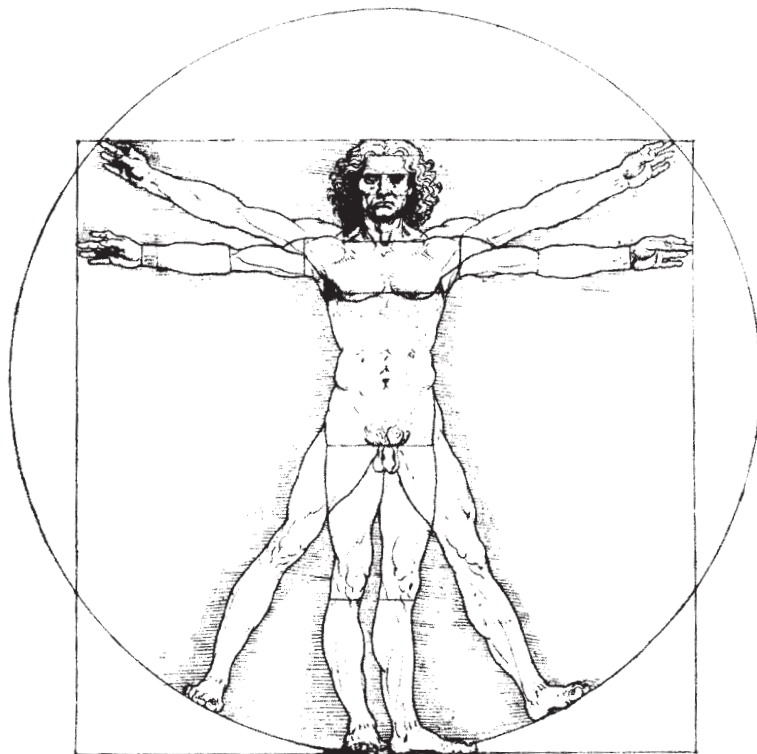


het getal vijf is overgebleven. Er werd al gerefereerd aan de miljoenen aantallen soorten insecten, die systematisch een onderdeel van het phylum Arthropoda (geleedpotigen) vormen. Sommige auteurs denken daarbij aan tientallen miljoenen (Erwin 1982, Wilson 1992). Zoals gezegd, hoeveel soorten prokaryoten er op aarde bestaan is totaal onbekend, maar dat het er veel zijn lijkt wel zeker, zelfs als niet elke soort tot een aantal soortspecifieke bacteriële ziektes zou hebben. Bij deze enorme aantallen steken de ons het best bekende, gewervelde dieren, zoals vissen, reptielen, vogels en zoogdieren, met in totaal enkele tienduizenden soorten, pover af. Maar het kan nog extremer. Het phylum Priapulida, wormachtige zeebeestjes, is enerzijds uiterst succesvol gebleken, gelet op het al bijna 0,6 miljard jaar lang vrijwel ongewijzigd gebleven bouwplan (figuur 3). Anderzijds, afgemeten aan soortenaantallen, is het een zielig groepje, met ruim tien soorten, mondiaal, hebben we alle bekende Priapulida in beeld. Wie een systematisch verantwoord boom van het leven wil tekenen, met hoofdtakken voor de phyla in de kruin, zal de dikte van die takken sterk verschillend moeten maken als die dikte de desbetreffende aantallen soorten enigszins zou moeten aanduiden. Er zijn phyla met miljoenen soorten, maar er zijn er ook met een handjevol. Ook op dit punt is de evolutie uiterst asymmetrisch. Een ander opmerkelijk verschijnsel dat aan het licht komt wanneer de biodiversiteit in uiteenlopende geologische tijdperken wordt vergeleken, betreft de soortenaantallen binnen diverse groepen van organismen. Die aantallen kunnen in de loop van de tijd zeer sterk wisselen. Er kan bijvoorbeeld een echte bloeiperiode geweest zijn. Zo leefden er ooit talrijke soorten inktvissen met stevige schelpen. Momenteel zijn er van die groep alleen nog maar een handjevol *Nautilus* soorten over (figuur 4). De al eerder genoemde Priapulida kennen we daarentegen uit geen enkel tijdperk in grote aantallen soorten. Ook wat betreft de aantallen soorten van bepaalde bouwplan-typen gedurende de geologische geschiedenis is er dus geen sprake van een duidelijke regel. Wie nog steeds een evolutionaire boom wil tekenen en daarin soortenaantallen wil visualiseren, moet de takken niet alleen zeer sterk in dikte laten verschillen, maar bovendien een voor echte bomen hoogst onnatuurlijke vorm geven: na een zeer dik gedeelte kunnen ze soms nog ver doorlopen als heel dun takje. Er werd al op gewezen dat de Priapulida vrijwel niet in bouwplan zijn veranderd sinds hun ontstaan. Men bedenke daarbij dat gedurende dezelfde periode een sterk op een lancetvisje (figuur 5) lijkend beestje, *Pikaia*, de aanzet was tot een evolutie die later onder andere *Homo sapiens* (figuur 6) zou voortbrengen. Uiteenlopende evolutielijnen vervolgend, kan men dus sterk verschillende evolutiesnelheden, tot vrijwel

stilstand, aantreffen. Behalve de genoemde verschillen tussen evolutielijnen, kunnen er ook binnen eenzelfde lijn perioden met snelle veranderingen worden waargenomen, afgewisseld door relatief langdurige stabiliteit. Dit soort waarnemingen is uiteraard steeds indirect; het gaat daarbij om vondsten van fossielen, die onderling met elkaar in verband worden gebracht. Daarom zijn er soms uiteenlopende interpretaties mogelijk. Nadat aanvankelijk de gemoederen binnen de wereld der paleontologen enigszins verhit waren geraakt met betrekking tot de vraag naar het waarheidsgehalte van enerzijds een beeld van kortstondige verandering en langdurige stabiliteit en anderzijds een model met langzame, geleidelijke veranderingen, zijn velen er inmiddels van overtuigd dat het bij deze contrasterende evolutiemodellen in feite om extremen gaat. Deze extremen kunnen inderdaad voorkomen, naast meer intermediaire situaties (Von Vaupel Klein 1994). Ook hier past geen reductionistisch wereldbeeld en is er geen simpele regel op te stellen. Het beeld van harmonisch op aarde evoluerende levensvormen, het leven evenwichtig zich vertakkend als de takken in een boomkruin, is geheel in strijd met de waarnemingen. De evolutie van de biodiversiteit blijkt een uiterst heterogeen beeld op te leveren, in meer dan een opzicht. Vallen en opstaan, zoals gezegd, met extreme asymmetrieën. Meer of minder omvangrijke golven van uitsterven, op basis van endo- en/of exogene invloeden hebben zich in de loop van de geologische geschiedenis op aarde herhaaldelijk voorgedaan. Het massale uitsterven op basis van de gevolgen van de botsing met een meteoriet, aan het einde van het Krijt, spreekt daarbij zeer tot de verbeelding. Het zou bijzonder triest en misplaatst zijn, wanneer ons inzicht met betrekking tot het verloop van de evolutie, in letterlijke zin

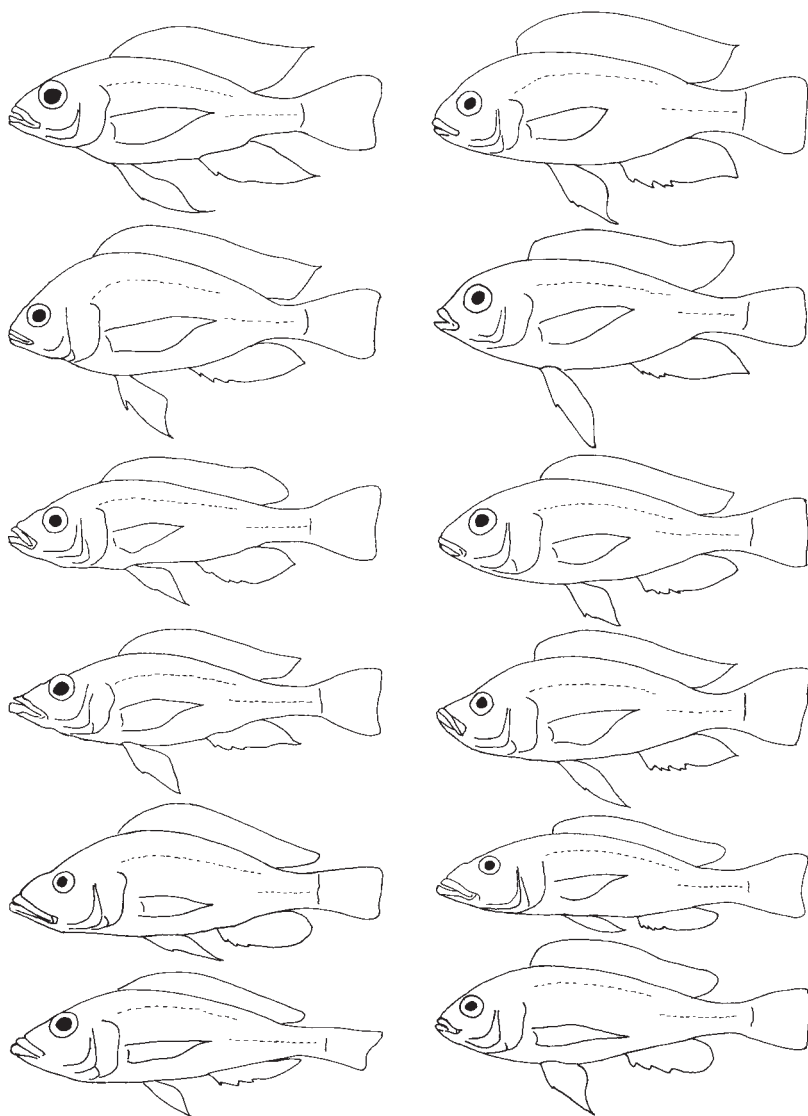
figuur 6

Homo sapiens, de mens, als voorbeeld van een vertegenwoordiger van het phylum Chordata die sterk afwijkt van de verwanten uit het vroege Cambrium.



figuur 7

Tal van endemische
soorten cichliden uit het
Victoria Meer zijn
recentelijk uitgestorven.



de natuurlijke historie van de biodiversiteit dus, werd misbruikt om het huidige, catastrofale uitsterven onder menselijke invloed te bagatelliseren. Het is beslist een feit dat er al diverse keren eerder in de evolutionaire geschiedenis sprake is geweest van een massaal uitsterven. Daarmee is het leven op aarde nooit helemaal verdwenen. Die constatering mag evenwel niet tot de conclusie leiden dat het antropogene uitsterven in feite onbelangrijk is, dat het om een natuurlijk verschijnsel gaat en dat het leven zich wel weer zal herstellen. Men dient egocentrisch, in positieve zin hier, te beseffen dat de herstelfase naar menselijke maatstaven heel lang, veel te lang, zou gaan duren, zo het er al van komt. Al die tijd zou het leven voor de mens in een biologisch sterk verarmde en daardoor (o.a.) slecht gebufferde wereld, wel eens weinig aangenaam kunnen zijn, waarbij men hoogstens het 'wat niet

weet, dat niet deert' kan aanvoeren. De paleontoloog en de evolutiebioloog denken in vele duizenden, zo niet miljoenen jaren, naar analogie aan het evolutionaire verleden, waarbij een miljoentje meer of minder er ook niet zo veel toe doet. Dat zijn heel wat op betere tijden wachtende menselijke generaties te veel. Soms wordt gesteld dat het met de huidige achteruitgang in biodiversiteit, het uitsterven onder menselijke invloed, nog wel meevalt. Dat is een gevaarlijke vergissing. Men zou nog kunnen stellen dat er van de ruim 4000 soorten recente zoogdieren, of de bijna 9000 soorten vogels jaarlijks geen grote aantallen uitsterven. Dan kijken we evenwel uitsluitend naar de meest populaire gewervelden, die bij beschouwingen over biodiversiteit en natuurbescherming altijd veel aandacht krijgen en relatief 'goed af' zijn. Eén bedreigde vogelsoort kan de gemoederen sterker in beweging zetten dan honderd uitgestorven soorten vissen, om van slakkesoorten maar helemaal te zwijgen. Het uitsterven van enkele honderden soorten vissen (Cichlidae) (figuur 7) uit het Victoria Meer (Goldschmidt 1994) en het vrijwel geruisloos voor altijd verdwijnen van zo'n 600 soorten endemische landslakken van Hawaïi (figuur 8), gedurende respectievelijk de laatste 10 en 100 jaar, maken dit duidelijk (Gittenberger 1989). De natuurhistorische musea in de wereld hebben grote aantallen feitelijk recente, maar inmiddels uitgestorven, diersoorten vertegenwoordigd in hun collecties. Laat daar geen twijfel over bestaan. Ongetwijfeld zijn tal van relatief onopvallende diersoorten onder invloed van de mens uitgestorven zonder dat ze ergens in een natuurhistorische collectie terecht kwamen. Dit aantal groeit nog steeds, want er zijn veel te veel soorten op aarde om door het relatief kleine en nog slinkende aantal systematici in de wereld allemaal binnen afzienbare termijn in kaart gebracht te kunnen worden, te beschrijven. Dat betekent dat ons beeld van de biodiversiteit fragmentarisch is en altijd zal blijven. We kunnen slechts hopen dat de huidige meer algemeen maatschappelijke bewustwording van de problematiek zal resulteren in een beter gecoördineerde aanpak van het systema-

figuur 8

Huisjes van 3 van de
20 *Carelia* soorten van
Kauai, Hawaïi Eilanden,
die allemaal uitstierven.

tisch en biogeografisch onderzoek, met als resultaat een completere momentopname van het produkt van miljarden jaren evolutie, de actuele biodiversiteit, en bovenal een betere bescherming daarvan.

VERWIJZINGEN

Bowring, S.A., Grotzinger, J.P., Isachsen, C.E., Knoll, A.H., Pelechaty, S.M. & Kolosov, P. 1993. Calibrating rates of early Cambrian evolution. – *Science*, 261: 1293-1298.

Erwin, T.L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. – *The Coleopterists Bulletin*, 36: 74-75.

Gittenberger, E. 1989. Uitsterven in stilte. – In: Prins R.A., & Emden H.M. van (red.), *Het verdwijnen van soorten*. Biologische Raad, KNAW, Amsterdam: 61-80.

Goldschmidt, T. 1994. Darwins hofvijver. Een drama in het Victoriameer. – Prometheus, Amsterdam.

Gould, S.J. 1991. Wonderlijk leven. Over toeval en evolutie. – Contact, Amsterdam.

Margulis, L. 1981. Symbiosis in cell evolution. – W.H. Freeman, San Francisco.

Raup, D.M. 1991. Extinction: bad genes or bad luck? – W.W. Norton, New York.

Vaupel Klein, J.C. von 1994. Punctuated equilibria and phyletic gradualism: even partners can be good friends. – *Acta Biotheoretica*, 42: 15-48.

Wilson, E.O. 1992. The diversity of life. – Penguin Group, London.