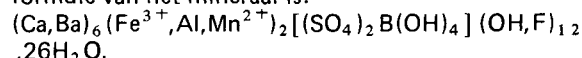


zijn medewerkers D.R. Peacor en M. Duggan voorgesteld het mineraal STURMANIET te noemen. We mogen aannemen, dat het voorstel inmiddels goedgekeurd is en dat drs. Burke (c.q. de Vrije Universiteit), de heer Singels en ik in het bezit zijn van een nieuw mineraal. Nu is het bezitten van een nieuw mineraal niet zo bijzonder. Er worden maandelijks nieuwe mineralen ontdekt. Meestal gaat het om uiterst kleine, vaak microscopisch kleine, specimens, waar nauwelijks iets aan te zien is met het blote oog. Het bijzondere van sturmaniet is, dat het als nieuw mineraal in grote handstukken overvloedig aanwezig is.

Beschrijving

Sturmaniet is genoemd naar B.D. Sturman van het Royal Ontario Museum in Toronto (Canada). De chemische

formule van het mineraal is:



Het mineraal hoort tot het hexagonale kristalsysteem en komt voor in hexagonale bipiramidale kristallen tot 5 mm grootte. De belangrijkste eigenschappen zijn: kleur: heldergeel, glans: glasglans, streepkleur: lichtgeel, doorsichtig tot doorschijnend, dichtheid: 1,84, hardheid: 2½, het fluoresceert niet onder UV-licht.

Het mineraal komt samen met bariet voor op mangaanoxide-erts. Het heeft een ettringietachtige structuur, waarbij in het kristalrooster 1/3 van de (SO₄)-plaatsen vervangen is door B(OH)₄-anionengroepen. De onderzoekers besluiten hun verhaal met de mededeling dat ettringietachtige mineralen misschien wat water verliezen bij zeer lage temperaturen. Van kleurveranderingen wordt door hen geen melding gemaakt.

Organismen en hun milieu

door E.G. van Diggelen

Inleiding

De planten en dieren op aarde leven in nauwe relatie met hun omgeving, het milieu. Er bestaat een ingewikkeld systeem van relaties tussen organismen onderling en hun omgeving. Zo is elk zeedier aangepast aan een bepaalde hoeveelheid zonlicht, aan een zekere temperatuur en een bepaald zoutgehalte. Zo'n aanpassing zien we het duidelijkst weerspiegeld in de levenswijze die het dier er op na houdt. Sommige zeedieren leven vrij in het water, anderen daarentegen, zullen een veilige plaats binnen het zeebodemsediment zoeken. Dergelijke ingegraven dieren komen veel voor in het getijdengebied, tussen de hoog- en laagwaterlijn, waar de aanrollende golven bij hoogwater voortdurend voor een verse voedsel- en zuurstofaanvoer zorgen. De golfwerking kan echter ook een groot gevaar vormen door uitspoeling van de dieren.

Het begrijpen van de ingewikkelde relaties die er bestaan tussen de thans levende dieren en hun omgeving kan een waardevolle bijdrage leveren tot een beter begrip van de zeker even ingewikkelde relaties die er bestaan moeten hebben tussen de fossiele organismen en de omgeving waarin zij miljoenen jaren geleden hebben geleefd.

Relaties in de natuur

De wetenschap die zich bezighoudt met de studie van levende organismen in hun onderlinge verband en in hun relaties tot de omgeving, is de **oecologie** of **ecologie**. Deze term werd voor het eerst gebruikt door Ernst Haeckel in 1869.

Elk organisme wordt bij zijn levensverrichtingen beïnvloed door omgevingsfactoren, terwijl deze factoren bij dieren ook het gedrag beïnvloeden. De organismen zijn daarom allen op hun manier zo goed mogelijk aangepast aan die omgeving. Dat moet ook wel, want hun leven is een voortdurende strijd met het (levende en levenloze) milieu. Een organisme leeft nooit alleen in zijn milieu, maar

steeds in contact met soortgenoten die dezelfde omgeving bewonen. Een groep levende organismen (gemeenschap) van verschillende soorten bij elkaar in een bepaald milieu, waarbinnen de levensvoorwaarden min of meer gelijk zijn, een zgn. biotoop, noemt men een **biocoenose**. De organismen onderhouden in zo'n levensgemeenschap onderlinge relaties en relaties met hun fysische en chemische omgeving. Er bestaat een ingewikkelde biogeochemische kringloop tussen producenten, consumenten en reduceren. Zo bouwen de groene planten (producenten) organische stoffen op met behulp van de zonne-energie, koolzuur, water en mineralen, terwijl de consumenten of direkt van de planten leven (herbivoren) of indirekt door het eten van herbivoren (carnivoren). Tenslotte worden de dode organismen door de reduceren (voornamelijk mikro-organismen) omgezet in minerale stoffen, die dan weer ter beschikking komen van de planten.

De relaties tussen organismen onderling en met hun omgeving zijn ingewikkeld. Maar we kunnen in ieder geval stellen dat als we ergens een aantal organismen aantreffen, deze tenminste op die plaats of in dat milieu thuishoren. Bij fossielen is dat lang niet altijd het geval. Vaak zullen er in zo'n levensgemeenschap uit het geologisch verleden soorten door de zee zijn afgezet of door de wind zijn aangevoerd, die er helemaal niet in thuishoren. Ze hebben dan dus een transport ondergaan na hun dood (post-mortaal transport). Bovendien hebben fysische en chemische processen na de dood van het organisme plaatsgevonden, waardoor dit is verdrukt, veranderd of (gedeeltelijk) opgelost.

Ook kunnen fossielen uit oudere gesteenten door de erosie zijn uitgeprepareerd en opnieuw tot afzetting gekomen in jongere sedimenten; men noemt dit **remaniëring**. Al deze processen bemoeilijken het verkrijgen van betrouwbare kennis omtrent het leefmilieu van een fossiele levensgemeenschap. We zijn hiermee gekomen op het studieterrein van de **paleo-ecologie**. De hoeveelheid te verkrijgen informatie is bij de paleo-ecologie dus veel geringer dan bij de ecologie. Fossiele organismen, planten en dieren die ook leefden en ademden, zich voedden en zich voortplant-

ten, bewogen en stierven, kunnen we immers niet meer waarnemen als levende wezens. Ons rest slechts de overblijfselen en sporen van hun aanwezigheid.

Een associatie van alle fossielen in een laag, dus alle overblijfselen van planten en dieren die gezamenlijk op één plaats hebben geleefd en daar zijn gefossiliseerd op hetzelfde moment, noemt men een **thanatocoenose**. Deze is dus ter plaatse bewaard gebleven. In wezen komt dit slechts zelden voor. In de praktijk worden meestal fossielen uit verschillende levensgemeenschappen in een laag samengebracht. Zo'n gemeenschap fossielen noemt men een **taphocoenose**.

In een (al dan niet fossiele) levensgemeenschap treft men een grote variatie aan overblijfselen van organismen aan. Zo vinden we er harde skeletdelen (schelpen, tanden, enz.), levenssporen, uitgescheiden materiaal (uitwerpselen) en organisch materiaal, bijvoorbeeld plantenresten. Vooral de harde skeletdelen kunnen transport ondergaan en zich na afzetting concentreren als schelpenbanken aan het strand of als grof materiaal in geulbodems van het waddengebied.

Levenssporen zijn voor de geoloog belangrijk, omdat ze aanwijzingen geven over de op de zeebodem levende dieren. In tegenstelling tot een taphocoenose zal een verzameling door dieren in het sediment achtergelaten sporen (**ichnocoenose**) bijna altijd op de plaats van ontstaan bewaard blijven. Zo'n sporenassociatie geeft dus informatie over de ter plaatse voorkomende (fossiele) levensgemeenschap. Fossiele sporen zijn daarom goed bruikbare hulpmiddelen om het milieu uit het geologisch verleden te reconstrueren.

Milieufactoren

Het leven van de organismen wordt in hoge mate bepaald door de milieufactoren, zoals licht, temperatuur, zoutgehalte, de aard van de ondergrond, water (of lucht-)bewegingen en onderlinge relaties tussen de levende wezens. Daar in de natuur alle factoren gecombineerd optreden, is er sprake van een complexe invloed op de organismen. De organismen dienen zich hieraan zo goed mogelijk aan te passen. Hoe beter de aanpassing, des te groter is de kans op overleven. Zo is de geografische verbreiding van rifkoralen aangepast aan een bepaalde hoeveelheid licht (ondiep en helder water), een bepaalde temperatuur (van 25° tot 30°C) en een normaal zoutgehalte. Bovendien moet het water zuurstof- en voedselrijk zijn. Koraalriffen zijn dan ook voornamelijk tot tropische zeeën beperkt en ontbreken voor de mondingen van rivieren. Fossiele koraalriffen, zoals die uit het Siluur van Gotland, zijn daarom goede milieu- en klimaatindicatoren.

We zullen een aantal milieufactoren de revue laten passeren:

I. Het licht

Zonlicht maakt de fotosynthese mogelijk en is daarom de fundamentele basis voor het leven op aarde. De planten op het land krijgen voldoende licht voor hun groei. Alleen de zonnehoogte legt beperkingen op. In het water is de toestand anders. Hier is de diepte tot waar zonlicht kan doordringen afhankelijk van de troebeling door organische en anorganische deeltjes, de waterbeweging en de zonnehoogte. De productie van plantaardig materiaal is in grote hoeveelheden alleen mogelijk tot een waterdiepte van 50 meter. Hierbeneden volgt een schaduwzone, waar de productie geringer is. Beneden de 200 meter diepte kunnen de lichtstralen niet meer tot de zeebodem door-

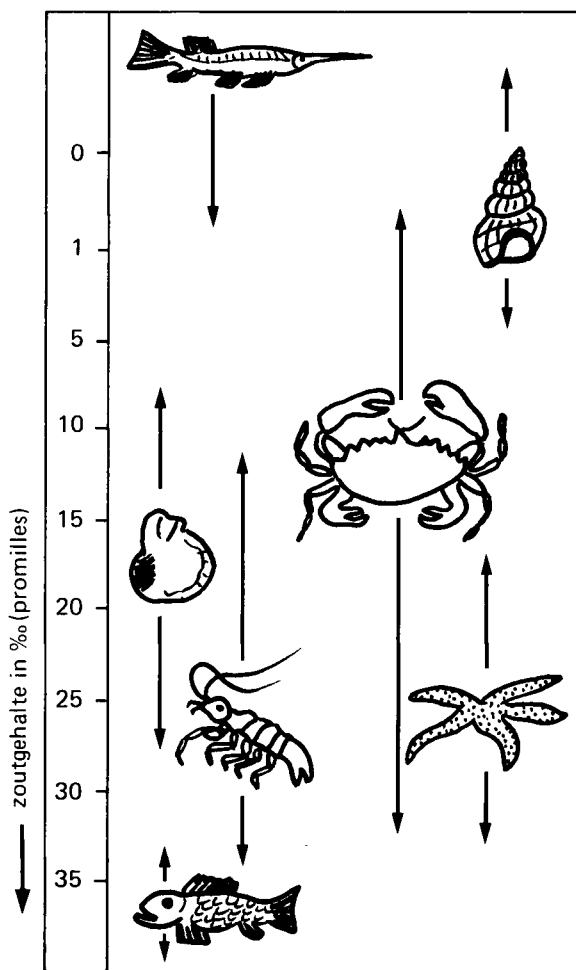
dringen en komen planten nauwelijks voor. We treden dan binnen in het rijk van de donkere diepzee. Omdat dieren allemaal direkt of indirekt afhankelijk zijn van planten voor hun voedsel, geldt dat zowel de hoeveelheid soorten als individuen beneden de 200 meter met de waterdiepte afnemen, omdat het aanbod van organische voedingsstoffen afneemt.

II. De temperatuur

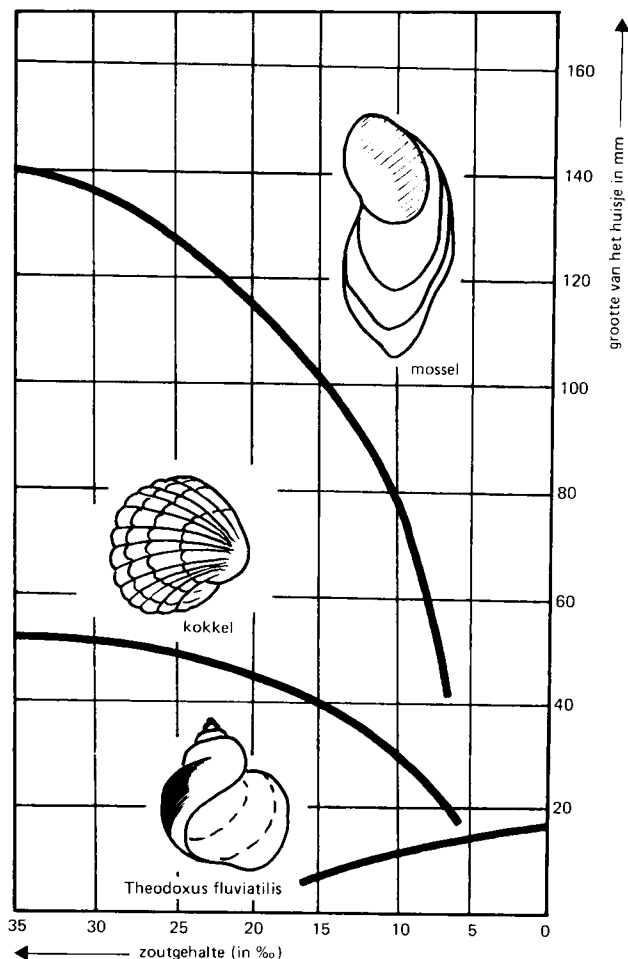
Afhankelijk van de hoeveelheid ontvangen zonnestraling (warmte) schommelt de temperatuur op aarde van plaats tot plaats. De temperatuur in polaire zeegebieden is lager dan in tropische wateren. De organismen zijn hieraan aangepast. Zo zijn bepaalde soorten sterk temperatuurgevoelig (stenotherme soorten, zoals rifkoralen en arctische schelpen). Andere soorten daarentegen kunnen grotere temperatuurschommelingen verdragen (euritherme soorten). Deze tolerantere soorten gedijen echter bij een bepaalde temperatuur het best.

III. Het zoutgehalte

Het zoutgehalte of de saliniteit is afhankelijk van de concentratie aan opgeloste zouten in het water. Door verdamping neemt de concentratie van zouten toe. Extreem zoute bekkens noemt men hypersalinen. In humide gebieden vinden we echter veelal brakwater-bekken,



Afb. 1. De zonerings in het zoutgehalte van een estuarium leidt tot een duidelijke verspreiding van organismen.



Afb. 2. Verband tussen het zoutgehalte en de grootte van schelpenhuisjes (naar A. Remane, uit Ziegler, 1972).

omdat hier voortdurend zoet rivierwater wordt aangevoerd. Planten en dieren zijn aan het zoutgehalte aangepast. Veel organismen gaan daarom snel dood als ze in water met een ander zoutgehalte worden geplaatst. Organismen die echter sterke schommelingen in het zoutgehalte kunnen tolereren, noemt men euryhalien. In afbeelding 1 staan een aantal bewoners van een estuarium (gebied waar zout en zoet water elkaar ontmoeten). Het zoutgehalte stelt onzichtbare, maar scherp omschreven grenzen aan de verspreiding van de organismen die in het estuarium leven. Zo kan de in het zoete rivierwater levende beendersnoek (afb. 1, bovenaan) zich maar weinig stroomafwaarts wagen. De zoetwaterslak is iets beter bestand tegen het hogere zoutgehalte. Krabben, oesters en garnalen kunnen een grotere variatie in het zoutgehalte verdragen. De zeester is meer aan het zoutere water gebonden en de Lutianidae (afb. 1, onderaan) zijn vissen uit de open zee.

Opvallend is ook dat de grootte van schelpenhuisjes afneemt van zout naar brak (mossel en kokkel) en van zoet naar brak tot zout (*Theodoxus*) (afb. 2). Bij fossiele schelpen dient men hier ook rekening mee te houden.

Als de hoeveelheid soorten in een bepaald milieu gering is als gevolg van een zeker zoutgehalte, dan betekent dat niet dat ook de produktie van de organische stof gering is. De blijvende soorten komen meestal in enorme hoeveelheden voor. Zo vinden we in ons wadengebied soortenarme, maar individuenrijke fauna's.

IV. Het substraat

De aard en de hardheid van de ondergrond, het substraat, zijn belangrijk voor de erop of erin levende dieren. Zowel vast als onverhard materiaal kan op het land of in de zee worden aangetroffen. Soms vormen organismen zelf een hard substraat, zoals de ophopingen van kokkels die door mossels worden bewoond.

Op een harde ondergrond, zoals vaste rots, leven hoofdzakelijk kruipende en vastzittende zeedieren, maar ook dieren die in het gesteente boorgangen maken. Los sediment wordt vooral bewoond door gravende dieren. De over de zeebodem kruipende dieren zijn er in de minderheid. Er zijn zowel zandbodembewoners (psammonten) als slijkbodembewoners. Slikken vinden we vooral op rustige plaatsen, waar de turbulentie van het water gering is en de fijnste deeltjes kunnen bezinken en de hoeveelheid aangevoerd detritus (organisch afval) enorm is. De voedselrijkdom neemt in wadden zeewaarts af. Omdat bovendien de korrelgrootte in die richting toeneemt, waardoor het sediment moeilijker is te doorgraven, neemt het aantal organismen van de slikken naar de zandplaten af (afb. 3).

Ook wordt de verspreiding van organismen door de hardheid van de ondergrond bepaald.

V. Waterbewegingen

Stromingen, golfslag en getijdenwerking zijn belangrijke milieufactoren, voornamelijk in kustgebieden. Zo moeten bewoners van het wad zijn aangepast aan het periodiek droogvallen van het gebied.

Uitdroging en vijanden vormen dan een groot gevaar. Vandaar dat zoveel dieren zich hebben ingegraven. Aan andere kusten moeten de dieren zich weer aanpassen aan de golfwerking. Aan- en afvoer van sediment is hier een groot gevaar voor het leven. Hier staat echter de voortdurende aeratie (luchtverversing, aanvoer van zuurstof) en voedselaanvoer tegenover. Stagneert het water dan kunnen er euxinische condities optreden (giftig milieu).

In zo'n giftig milieu, waar het diepe water geen of bijna geen zuurstof meer bevat, ontbreekt elk dierlijk leven. Wel vinden we er een flora van anaërobe bacteriën, die leven van de omzetting van resten van dode organismen die uit de hogere waterlagen naar de bodem zijn gezakt. Zwavelreducerende bacteriën zorgen voor de accumulatie van pyriet.

Een dergelijk milieu is, mede door het ontbreken van aaseters, uitstekend geschikt voor de conservering van gestikte organismen. Zulke gunstige fossilisatie-mogelijkheden hebben zich in het geologisch verleden o.a. in het gebied van Holzmaden (BRD) voorgedaan.

VI. Organismen

Naast alle fysische en chemische factoren in een milieu zijn er ook betrekkingen tussen de organismen onderling. Ze verschaffen elkaar immers voedsel (voedselketen) en bescherming (bijvoorbeeld dieren die zich verstoppert in de getijdenzone tussen zeewier).

Aan het begin van de voedselcyclus in de zee staat de zeeflora, die in hoofdzaak bestaat uit kleine, meest ééncellige organismen (het fytoplankton). Planten zijn immers in staat om door fotosynthese organische stof op te bouwen uit anorganische grondstoffen.

Het fytoplankton kan overigens ook oorzaak zijn van het optreden van giftige milieu-omstandigheden. Wanneer dit fytoplankton zich massaal ontwikkelt, kan al na enkele dagen het zeewater over enorme oppervlakten volledig vergiftigd zijn door de afscheiding van giftige stoffen

(neurotoxinen) en door het verbruik van alle vrije zuurstof uit het water.

Aan zulke omstandigheden danken we waarschijnlijk de prachtig geconserveerde fossielen van Solnhofen (Z-Duitsland). In het artikel van P.H. de Buissonjé (Gea, juni 1978) kunt u er alles over lezen.

De levenswijze van organismen

Organismen worden in hoge mate beïnvloed door de omgeving waarin ze leven. In de strijd om het bestaan hebben de soorten zich hierin aangepast. Vaak op een zodanige wijze, dat ze aan geringe veranderingen van één of meer milieufactoren het hoofd kunnen bieden. Het oorspronkelijke levensmilieu van alle planten en dieren was het water. Daar verkregen de organismen een groot aantal speciale organen, die een bepaalde levenswijze mogelijk maakten.

Later in het geologisch verleden hebben de organismen zich meester gemaakt van het land en uiteindelijk hebben ze zelfs het luchtruim veroverd. Andere organismen hebben zich in het sediment ingegraven, ter bescherming of op zoek naar voedsel.

Kennis omtrent de levenswijze van organismen is noodzakelijk willen we meer te weten komen over hun gedrag.

Het leven in het water

Organismen die vrij in het water leven bezitten een **pelagische** of nekto planktonische levenswijze. Hun leven is niet gebonden aan de zeebodem of aan de kust. Men onderscheidt hierbij: het **nekton** en het **plankton**, organismen met een nektonische en een planktonische levenswijze vrij in het water. Met het nekton worden alle zelfbewegende (zwemmende) organismen bedoeld, zoals de vissen. Het plankton zijn de passief drijvende of zwevende, niet-zelfbewegende maar door stromingen meegevoerde organismen. Het plantaardige plankton noemt men fytoplankton, het dierlijke plankton het zoöplankton. Het plankton is waarschijnlijk de oorspronkelijke levenswijze geweest van al het leven.

Tegenover de organismen die vrij in het water leven, staan de organismen die gebonden zijn aan de zeebodem. Deze aan de basis van het water levende organismen bezitten een **benthonische levenswijze**. Men duidt hen aan als het **benthos**. Een groot deel van die benthonische dieren leeft in nauwe ruimtelijke relatie met het sediment (afb. 4).

Sessiele bodembewoners zijn organismen die gebonden zijn aan een bepaalde plaats op de zeebodem. Dergelijke vastzittende organismen kunnen niet vluchten voor vijanden of sedimentatie. Ze zijn toegerust met speciale beschermingsorganen (schalen, pantsers en gifstekels) en vangapparaten en leven voornamelijk van detritus (organisch afval). Hiertoe behoren onder meer korallen, sponzen en bryozoën. Men onderscheidt wel hemisessiele organismen en fixisessiele. De hemisessiele bodembewoners kunnen zich nog wel voortbewegen, maar doen dit echter normaliter nauwelijks meer.

Hiertoe behoren bijvoorbeeld wormen, die in woonbouwsels leven en daardoor een beperkte bewegingsvrijheid bezitten. Deze dieren betrekken hun voedsel van buiten het sediment. Ze houden een voortdurende waterstroom in stand die de dieren voorziet van zuurstof en voedsel. Wormen doen dat door hun lange lichaam afwisselend te verdikken (samentrekken) en te verdunnen (uitrekken). Aan het strand vindt men vaak "wormhoopjes" op het sedimentoppervlak terug (afb. 5).

Ook schelpdieren zijn min of meer gebonden aan een bepaalde plaats binnen het sediment. Met behulp van sifo's wordt een waterstroom opgewekt, waaruit de dieren voedsel en zuurstof opnemen. Daarna wordt het water weer uitgespoten. Sifo's zijn uitstulpbaar en kunnen ver tot op het sedimentoppervlak worden uitgestrekt.

Vagiele bodembewoners zijn organismen die zich vrij op of binnen het sediment van de zeebodem kunnen verplaatsen. Bewegen ze zich over de zeebodem, dus op het sedimentoppervlak, dan spreekt men over het **epibenthos**, ook wel **epibionten** of epifauna genoemd.

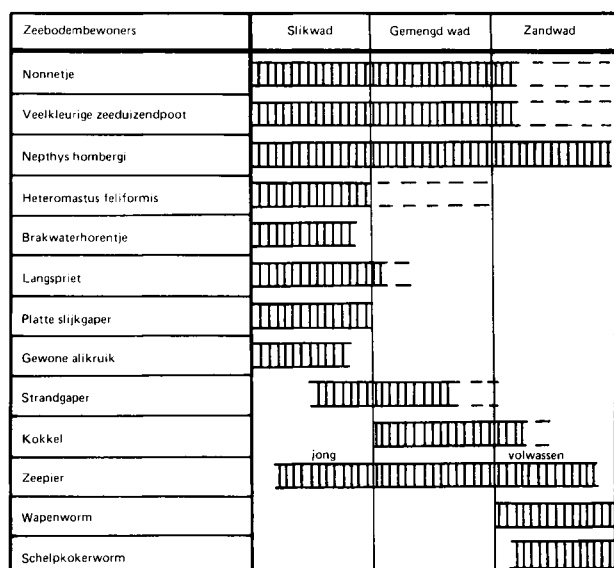
Dieren die zich daarentegen vrij binnen het sediment verplaatsen noemt men het **endobenthos** of **endobionten** (ook wel infauna of endofauna genoemd). Tenslotte zijn er nog organismen die gewoonlijk op het sedimentoppervlak leven, maar zich zo nu en dan tijdelijk ingraven ter bescherming tegen vijanden bij uitrusten. Men noemt ze **vagiel hemiendobenthos**.

Vooraf het epibenthos bezit harde skeletdelen ter bescherming van het weke lichaam in de vlakke goed-doorlichte wateren van het ondiep-marien milieu, in het bijzonder in het gebied beneden de laagwaterlijn.

Vele van deze organismen hebben fossiliseerbare delen (schelpen, slakken, arthropoden, echinodermen, foraminiferen). Tot het weekhuidige endobenthos behoren vooral de wormen. Endobionten met een skelet zijn onder meer gravende schelpen, slakken, schaaldieren, zeeëgels.

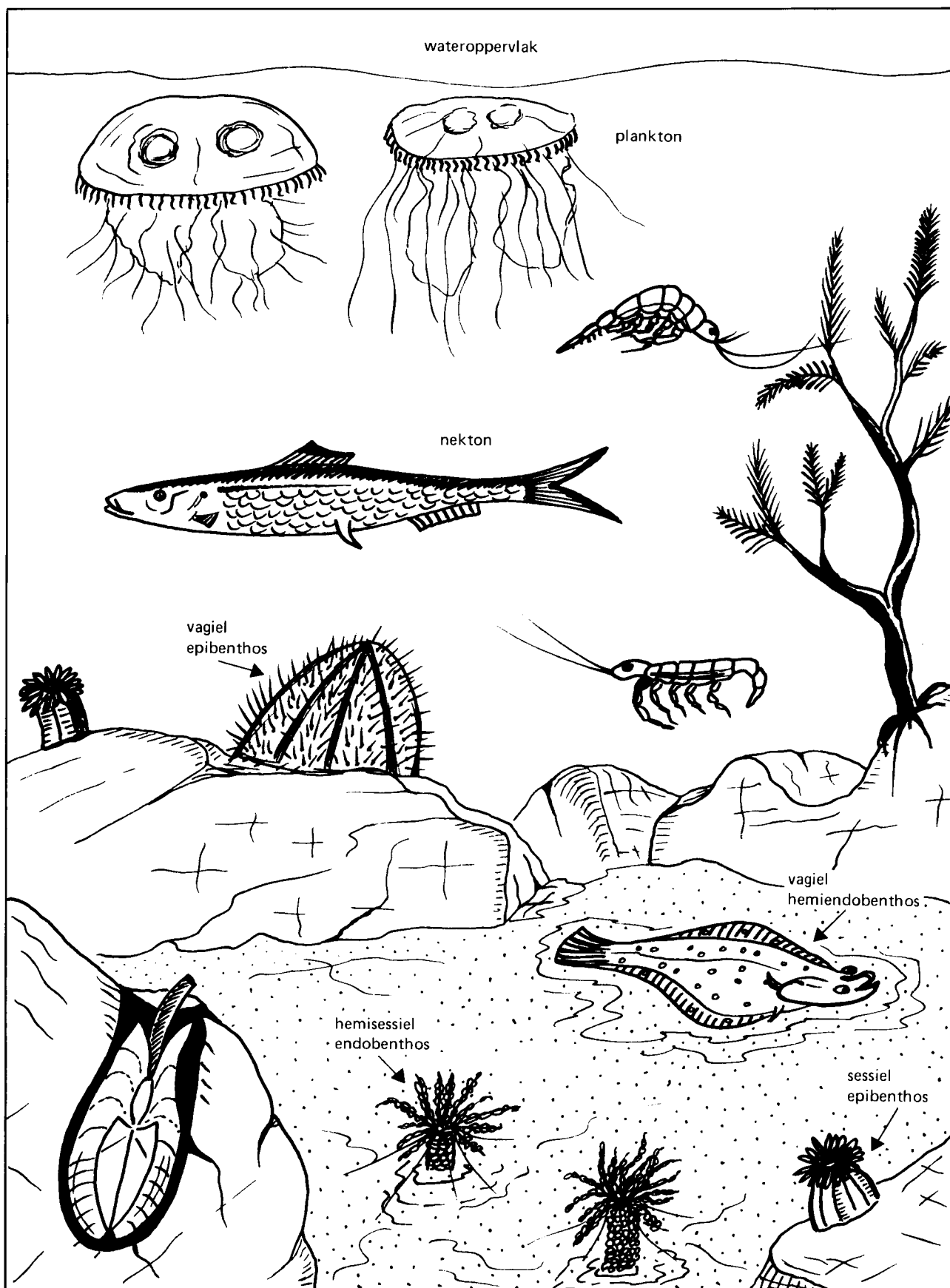
De bewegingswijzen van het endobenthos in het sediment zijn zeer gevarieerd. Bij verplaatsing in hard materiaal spreekt men over boren en in los sediment van graven of woelen. De voortbeweging geschiedt met behulp van de meest uiteenlopende organen en lichamen. Zo bezitten arthropoden (graaf-)poten, schelpen een kruipvoet, echinodermen ambulacraalvoetjes en stekels, terwijl wormen zich voortbewegen door contracties van de huidspierzak.

Ook de voedingswijze van het vagiele benthos is zeer uiteenlopend. Er zijn rovers, aaseters, planteneters en sedimenteters (detrituseters).



Afb. 3. De verspreiding van bodembewonende zeedieren in het waddegebied is onlosmakelijk verbonden met de aard van het wadsediment.

(vervolg pag. 64)



Afb. 4. Het leven in het water.

Sedimenteters zijn dieren die zich door het sediment heeneten en zich dus voedend binnen het sediment verplaatsen. Hiertoe behoren bijvoorbeeld verschillende soorten wormen. Tot de vagiele rovers binnen het sediment behoren het goudkammetje, het olifantstandje en de fluwelen zeemuis. Hun prooi bestaat uit allerlei kleine diertjes, zoals foraminiferen en kleine schaaldieren.

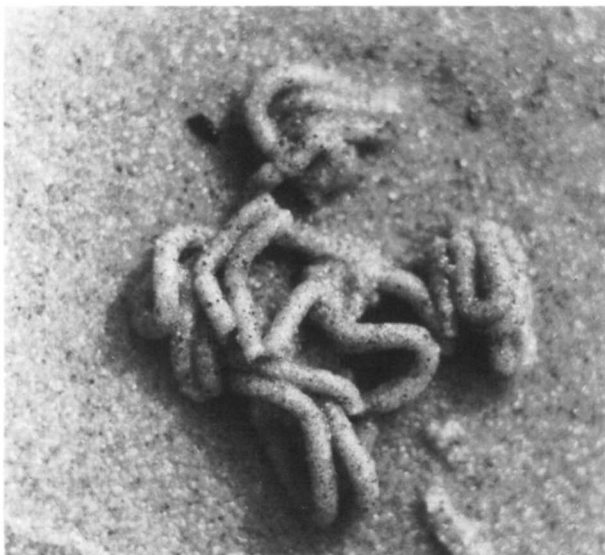
Het leven op het land

Voor het leven op het land hebben de organismen bepaalde aanpassingen moeten ondergaan. Zo hebben de organismen steunorganen nodig, die in het water, waar de opwaartse druk werkt, niet nodig waren. Ook kunnen dieren op het land niet meer ademhalen met kieuwen. Er komen daarom longen. De planten krijgen wortels om elementaire voedingsstoffen uit de bodem op te nemen. Op het land moeten de organismen zich ook tegen de verdamping beschermen. De dieren krijgen daarom een sterke epidermis en de planten speciale poriën. Ook moeten de organismen zich aanpassen aan de veel grotere temperatuurschommelingen op het land.

Het grootste deel van de terrestrische dieren leeft vagiel. Kruidende dieren waren de primitiefste landdieren. De sessiele organismen zijn in hoofdzaak de planten. Sessiele dieren zijn uitsluitend beperkt tot parasieten en de poppenstadia van insecten. Ook spinnen zijn met hun web voor korte of langere tijd aan een bepaalde plaats gebonden. De armoede aan sessiel dierenleven op het land is het gevolg van de onvoldoende voedselaanvoer.

Het mariene milieu

De benthonische en pelagische organismen zijn gebonden aan een bepaalde omgeving, waarin zij zich hebben aangepast aan de heersende milieucondities. We spreken ook van benthonische en pelagische milieus. Een benthonisch milieu op het land kan verder worden onderverdeeld in een aantal hoogtezones, terwijl in de zee de diepte van het water daarvoor wordt gebruikt.



Afb. 5. "Wormhoopjes" getuigen van de aanwezigheid van wormen binnen het sediment.

Gegevens over fossiele organismen uit het terrestrische milieu (het land) zijn schaars, omdat de conserveringsmogelijkheden beperkt zijn. Een landgebied is immers bovenal een erosiegebied. Afzettingmilieus op het land, zoals meren en rivieren, zijn tijdelijk. Bij verlaging van de erosiebasis vallen ook deze gebieden ten prooi aan de eroderende werking van de natuurkrachten.

Bijna alle informatie over het fossiele leven komt uit het mariene milieu (de zee). Vooral het ondiep-mariene milieu, het zeegebied tussen het land en de diepzee, is bijzonder geschikt voor de conservering van zowel de fossiele als de recente organismen.

De grens tussen land en zee is niet scherp. Zo zijn er brede vlakke gebieden die lange tijd droog liggen en vervolgens weer onder water staan. Dit zijn de wadden, waar de getijdenwerking over een grote oppervlakte wordt uitgespreid. Elders is deze tijdelijk droogvallende overgangszone tussen land en zee smal, zoals bij het strand (afb. 6) of bij klifkusten (afb. 7).

Het getijdengebied is het meest rusteloze deel van de kust. Er vindt een voortdurende afwisseling plaats van eb en vloed. In onze streken wordt het strand om de 12 uur afwisselend aan zeewater en lucht blootgesteld. Het hoogste deel van de getijdenzone wordt maar een paar uur per dag door het zeewater overspoeld.

Bij een rotsachtige kust, waar het geweld van de branding enorme krachten kan uitoefenen, moeten de organismen stevig verankerd zijn aan de rotsen. We treffen er veel wieren aan, zoals diverse soorten bruinwieren. Tot de vastzittende dieren behoren zeepokken, mosselen en schaalhorens.

Rotspoeltjes vormen er prachtige zeetuinen, waarin allerlei zoutwaterorganismen een toevlucht hebben gezocht. Naast wieren vinden we er purperslakken, garnalen, zeesterren, zeeanemonen, enz. Bij een regenbui kan het water in een zeetuin aanzienlijk verzoeten, terwijl op warme, zomerse dagen veel zeewater verdampt. Het zoutgehalte zal dan sterk toenemen. Bovendien kan de temperatuur tot meer dan 40°C oplopen.

Aan al deze extreme omstandigheden moeten de organismen zijn aangepast.

De zeebodem

Op biologische grondslag heeft men de zeebodem boven de 200 meter waterdiepte ingedeeld in een aantal dieptezones: (afb. 8)

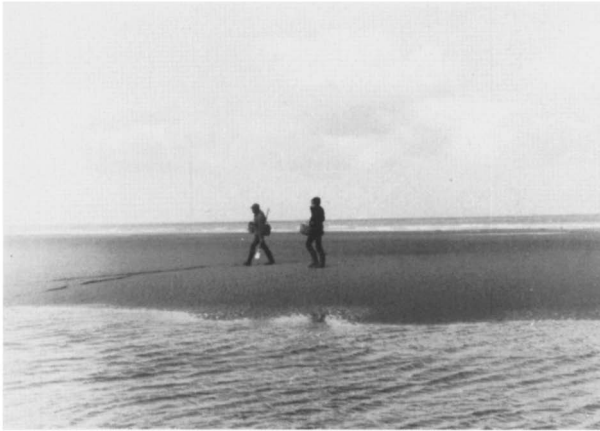
— het **supralitoraal** of de **spatzone**, het gebied boven de hoogwaterlijn, dat bij rotskusten meestal boven het hoogste punt van de zeepokken (*Balanus*) ligt en van boven begrensd is door de aanwezigheid van alikruiken (*Littorina*).

Dit deel van de kust wordt maar een paar dagen per maand door het zeewater overspoeld, namelijk bij springtij. De verscheidenheid aan soorten is daarom uiterst gering.

— het **eutloraal** of de **getijdenzone**, het gebied waarvan de bovengrens wordt gevormd door het hoogste punt tot waar zeepokken kunnen groeien, en dat van de laagste zone is afgegrensd door het hoogste punt tot waar *Laminaria's* (bruinwieren) kunnen voorkomen.

— het **sublitoraal**, het gebied dat zich zeewaarts uitstrekt vanaf de laagwaterlijn, het hoogste punt tot waar *Laminaria's* groeien.

Het gebied waar de golfwerking op de zeebodem duidelijk merkbaar is en waar opspattend water invloed uitoefent, noemt men de kustzone of **litorale zone**. Deze strook omvat het supralitoraal en het eutloraal. In de litorale zone kunnen de zonnestralen goed tot op de bodem doordringen. Het gebied beneden de laagwaterlijn tot 200



Afb. 6. Een drooggevalle strand. In het zand kunnen veel zeedieren zich uitstekend verstoppen tegen uitdrogen of tegen vijanden.



Afb. 7. Een klifkust is een gevaarlijk milieu voor het zeeleven. We treffen in de naar beneden gevallen rotsblokken vaak borende zeedieren aan.

meter diepte (de uiterste schaduwgrens) omvat het gehele continentale plat (shelf); men noemt het de **neritische zone**. In engere zin beperkt deze zone zich tot de watermassa in dit bereik, terwijl het bijbehorende deel van de zeebodem dan als sublitoraal wordt aangeduid. Het ondiepe deel, tot 50 meter diepte (de maximale diepte voor fotosynthese), staat bekend als het **infralitoraal**, het diepere deel als het **circa-litoraal**. In het diepere deel van deze neritische zone heerst schemering.

De overgang van litorale zone naar neritische zone is niet scherp. Meestal neemt men voor het gemak de laagwaterlijn, maar golfwerking komt in het ondiepe deel van de neritische zone nog voor.

Beneden 200 meter diepte kan het zonlicht niet meer tot op de zeebodem doordringen en begint de **bathyale zone** van het benthonische diepzee-milieu. Op 1000 meter diepte (bij sommige auteurs op 2000 of zelfs 4000 meter diepte) gaat het bathyale over in de **abyssale zone**. Het

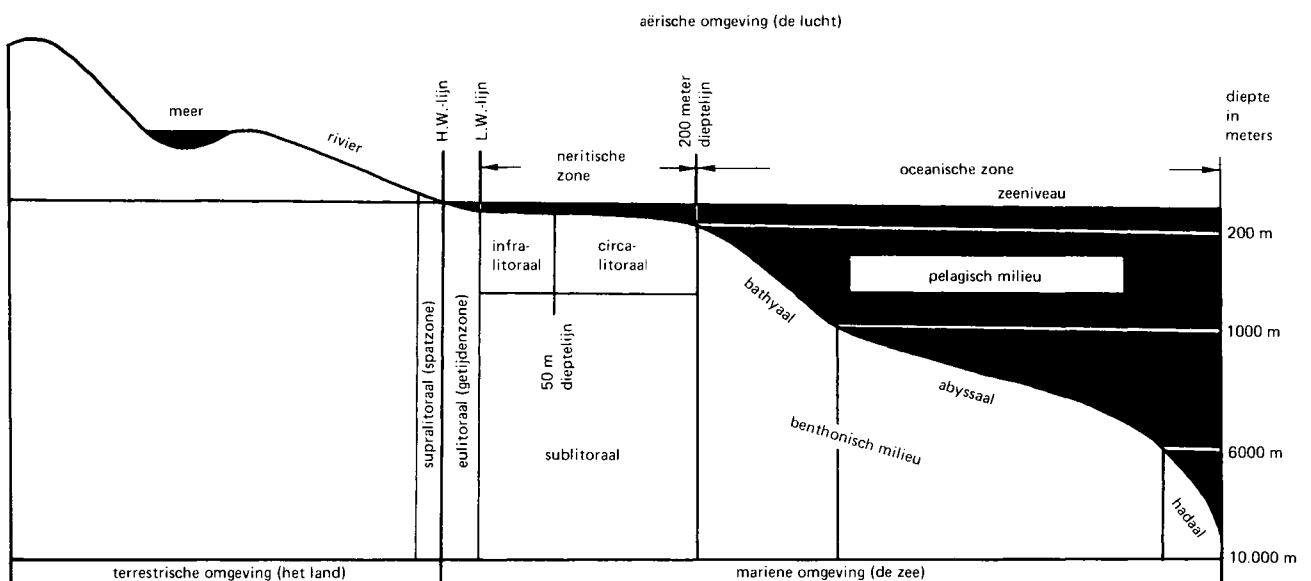
Afb. 8. Indeling van het mariene milieu (opgesteld naar gegevens van o.a. J.W. Hedgpeth en het Committee on Marine Ecology and Paleoecology).

grootste deel van de oceaانبodem wordt ingenomen door deze zone. Opvallend zijn de zeer vlakke gedeelten, de abyssale vlakten. De diepste delen van de oceaانبodem (beneden 6000 meter) staan bekend als de **hadale zone**. Hier kunnen diepten worden bereikt tot wel 11000 meter (diepzeetroggen).

Het vrije water

Het pelagische milieu, het vrije water, wordt ook volgens de diepte van het water onderverdeeld in een aantal zones. De waterdiepte van 200 meter (soms 120 meter) is de eigenlijke grens tussen het ondiep-mariene milieu en het diepzee-milieu, het eigenlijke oceanische milieu. Het continentale plat gaat hier plotseling over in de diepzeebodem. Beneden 200 meter diepte dringt het zonlicht nauwelijks meer door, zodat plantengroei onmogelijk is geworden.

Nog dieper, vanaf 500 meter, begint het rijk van de absolute rust en duisternis. Een donkere wereld, bevolkt door vreemde dieren. Onderzoek naar deze organismen vindt meestal plaats vanaf zeeschepen. Hier worden dan kabels neergelaten om sedimentmonsters op te



dreggen of diepzee-foto's te maken.

Voedsel is in het diepzee-milieu schaars en overleven hangt af van zo economisch mogelijk voedsel vergaren. Sedi-menteters moeten enorme hoeveelheden sediment afgrazen om voldoende voedsel binnen te krijgen. De voedsel-deeltjes komen uit het ondiepere water. Ook overblijfselen van bodembewoners en pelagische organismen, die op de zeebodem worden omgezet door bacteriën, worden door aaseters gegeten. Grazende dieren eten ook bacteriën, die op de zeebodem een zachte massa organisch afval vormen. Vastzittende dieren, zoals zeelelies, zijn voor hun voedsel aangewezen op detritus dat uit de hogere waterlagen naar de zeebodem zakt. Sommige dieren, zoals diep-zeevissen, hebben zich aan de duisternis aangepast door zelf licht te produceren. Hiervoor beschikken ze over bepaalde organen, die licht uitstralen (het verschijnsel van de bioluminescentie).

Zelfs op meer dan 4000 meter treffen we in de diepzee nog zeeëgels, schelpdieren, wormen, sponzen, zeekomkommers, enz. aan. Niet alleen over de zeebodem grazen de organismen zijn hier aanwezig, maar ook – zo bleek uit de foto's – ingegraven dieren.

De echinodermen zijn de belangrijkste dieren uit het diepzee-milieu. Hiertoe behoren zeeëgels, zeesterren, zeekomkommers. Zoals zoveel diepzeedieren zijn ook deze stekelhuidigen relatief groot. De meeste zijn vagiel. Opvallend is de langzame verplaatsing van de dieren, een gevolg van het zuurstofarme milieu.

Zeekomkommers zijn de grootste bodembewoners van de diepzee, tevens ook het talrijkst. Sommigen kunnen een lengte bereiken van een halve meter (zo groot als een kleine kat). De 5 orden die men wel onderscheidt, treft men alle in de diepzee aan. Velen zijn prachtig gekleurd (purper, violet, rose, oranje), in tegenstelling tot hun soortgenoten uit het ondiepe water die bruin of grijs zijn. De zeekomkommers leven zowel op het sedimentoppervlak als ingegraven. Deze sedimentbewoners laten bij het graven kegelvormige bergjes achter, waaronder ze zich verschuilen. Alleen bij het voedsel zoeken komen ze uit hun holen te voorschijn en grazen dan de zeebodem af.

Onbekende levensvormen

Bij recent onderzoek rond de warmwaterbronnen in de eeuwige duisternis van de zgn. midoceanische ruggen kwam een geheel nieuwe dierenwereld aan het licht. Zo trof men nabij de Galápagos-eilanden, ten westen van de kust van Ecuador, op 2500 meter diepte, reusachtige kokerwormen aan, die in dichte kolonies in het warme water (tot 23°C) vlak bij de bron leefden. Deze diepzeewormen, die tot 4 meter lang kunnen worden, bewonen witte, aan de bodem vastzittende kokers. De wormen bevatten veel hemoglobine en zijn daardoor rood van kleur. Zij bezitten geen ogen, mondopening, darmsysteem of anus. Zie afb. 9.

Daarnaast werden enorme – tot 30 cm lange – mosselen aangetroffen, die meer dan een kilo rood vlees bevatten. Deze diepzeemosselen zijn de enige thans bekende weekdieren die hemoglobine bevatten. Tot de fantastische dierenwereld behoren verder blinde witte krabben en kleine slakken van een soort waarvan men aannam dat die al 300 miljoen jaar geleden was uitgestorven.

Naast voedselopname uit het omringende water – het afval van de hogere waterlagen – speelt de voedselopname uit het bronwater een rol, die waarschijnlijk veel belangrijker is. Het bronwater is zeer rijk aan bacteriën die in staat zijn om het in dit water voorkomende zwavelwater-

stof te oxyderen. De hierbij vrijkomende chemische energie gebruiken zij voor het omzetten van anorganische stoffen in organisch voedsel (het proces van de chemosynthese).

De komende jaren zullen ongetwijfeld meer nieuwe gegevens over tot nog toe onbekende leefmilieus uit de donkere diepzee aan het licht komen.



Afb. 9. Een kolonie van meterslange kokerwormen, levend op 2,5 km zeediepte bij 20°C in de buurt van heetwaterbronnen.

Foto: Jack Donnelly, Galápagos-expeditie 1979, © Woods Hole Oceanographic Institution.

Enige inleidende literatuur

Ager, D.V., 1963 - Principles of Paleocology, McGraw-Hill Book Company, New York, 371 blz.

Barret, J. en C.M. Yonge, 1973 - Collins pocket guide to the sea shore, Collins, London, 272 blz.

Engel, L., 1967 - De zee, Parool/Life natuurserie, A'dam, 189 blz.

Farb, P., 1965 - De dieren en hun milieu, Parool/Life natuurserie, A'dam, 192 blz.

Heezen, B.C. en C.D. Hollister, 1971 - The face of the deep, Oxford Univ. Press, Inc., 659 blz.

National Geographic, 1979 - Strange world without sun, Vol. 156, no. 5, 680-705

Reineck, H.E. en I.B. Singh, 1973 - Depositional sedimentary environments (with reference to terrigenous clastics), Springer-Verlag, 439 blz.

Schäfer, W., 1962 - Aktuo-Paläontologie (nach Studien in der Nordsee), Kramer, Frankfurt am Main, 666 blz.

Seilacher, A., 1967 - Bathymetry of trace fossils, Marine Geology, Vol. 5, Elsevier, A'dam, 413-428

Ziegler, B., 1972 - Allgemeine Paläontologie: Einführung in die Paläobiologie, Teil 1, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 248 blz.