

7 Leven in het water

De vraag hoe het leven is ontstaan, is voorwerp van uiteenlopende theorieën. Darwin dacht dat dit in het water van een warm meer was gebeurd. Sommige hedendaagse wetenschappers denken dat het leven ontstond in een 'oersoep', die deel uitmaakte van het zeewater. Anderen dat een waterbevattende gel ('hydrogel') daarvoor de geëigende plaats was. Weer anderen zien een cruciale rol voor bepaalde door water omgeven kristallen of voor de nabijheid van vulkanische warme bronnen ('zwarte rokers') op de zeebodem. Al deze theorieën hebben gemeen dat zonder water het leven niet had kunnen ontstaan. Als op een andere planeet wordt gekeken naar de aanwezigheid van leven, dan wordt in de eerste plaats naar water gezocht.

Het leven zoals zich dat in de wateren en met name in de zeeën heeft ontwikkeld, kent een enorme verscheidenheid die maar zeer gedeeltelijk in kaart is gebracht. De soorten in zoet oppervlaktewater zijn ongeveer even goed onderzocht als die op land, maar van de soorten in de zeeën is naar verhouding veel minder bekend. Vooral van de diepzee (90% van het watervolume van de zeeën) is weinig bekend. Slechts een zeer klein deel van de diepzee is onderzocht.

Dat is niet het enige verschil tussen water en land. Een wel zeer opvallend verschil is dat water in doorsnee veel minder groen oogt dan land. En dat in weerwil van het gegeven dat in het oppervlaktewater met zonlicht (fotosynthese) ongeveer evenveel kooldioxide wordt omgezet in plantaardig materiaal als op de continenten. De diatomeeën die behoren tot het fytoplankton (plantaardig plankton) zijn verantwoordelijk voor een even grote fotosynthese als alle continentale regenwouden. De regenwouden zijn echter opvallend groen en de diatomeeën niet. De voornaamste reden voor het weinig groene water is dat in het water zeer veel meer van de planten wordt geconsumeerd door andere organismen dan op het land. Dat maakt het overigens ook bijzonder lastig om in het oppervlaktewater grote hoeveelheden algen te produceren voor biobrandstof. Om de planteneters onder de duim te houden, zijn extreme omstandigheden nodig (zoals hoge concentraties soda of zout), en die zijn weer niet goed voor de algengroei.

De zeer grote consumptie van algen in de zeeën houdt enorme aantallen ongewervelde diertjes in leven. Deze hebben de verzamelnaam benthos, en worden gekenmerkt door een grote verscheidenheid. Er wordt wel geschat dat 98% van de diersoorten in de zee tot het benthos behoren.

7.1 Invloed van mensen op het waterleven

Vanouds wordt het waterleven door mensen geëxploiteerd. Opgravingen nabij het Turkana-meer in Kenya laten zien dat mensachtigen 1,95 miljoen jaar geleden onder meer vissen, schilpadden, nijlpaardachtigen en krokodillen vingen en de eetbare delen daarvan verorberden. Veel vroege nederzettingen van Homo sapiens ontstonden aan kusten en langs rivieren, deels met het oog op het vangen van waterdieren. In een grot te Pinnacle Point (Zuid-Afrika) zijn bewijzen gevonden dat (onze soort) mensen



daar 164 000 jaar geleden vooral in hun eiwitbehoefte voorzagen door op grote schaal schelpdieren (alijkruiken en mossels) te verorberen, en af en toe een zeehond en walvis. Van Neanderthalers is bekend dat ze tussen 125 000 en 30 000 jaar geleden in het Middellandse Zeegebied schelpdieren consumeerden. Bij opgravingen van nederzettingen in Delfland die dateren van 6300 tot 5300 jaar terug, is gevonden dat op ruime schaal vis en watervogels werden gegeten.

Overbevissing

Overbevissing was al vroeg een probleem. Langs de Afrikaanse kust zijn er plaatsen waar in de Steentijd, in samenhang met menselijke bewoning, schelpdiersoorten teloor gingen. En er zijn aanwijzingen dat vroege bewoners van de Europese kustgebieden regelmatig verder moesten trekken omdat de vangsten van zeedieren tezeer terugliepen. Op eilanden voor de kust van Californië waren de zee-otters 7500 jaar geleden al sterk gedecimeerd.

Niettemin bleef de rijkdom van het waterleven tot duizend jaar geleden groot. In de vierde eeuw schreef de dichter Ausonius bijvoorbeeld een lang lofdicht op de Moezel. Hij beschreef daarin 15 vissoorten, waaronder de inmiddels daar uitgestorven vlagzalm, alver en elft. Ook zag hij daar meervallen 'zo groot als een dolfin'.

Kijken we terug op de ontwikkeling van de visstand in en rond Nederland gedurende de afgelopen duizend jaar, dan valt te zien dat deze het eerst in de binnenwateren begint te dalen. In de twaalfde en dertiende eeuw begon in de Nederlandse binnenwateren het aantal graag gegeten vissen, zoals steur en snoek, al sterk terug te lopen. De Europese steur was in de Lage Landen al tijdens de middeleeuwen zo zeldzaam geworden dat deze niet meer door de gewone man werd gegeten, maar alleen nog door edelen. Na 1400 was er een wederopstanding van de steur in de Rijndelta, mogelijk samenhangend met de omvangrijke overstromingen in dat gebied. Maar deze duurde niet lang. Niettemin hield tot in de negentiende eeuw op de Noordzee en in de Waal nog altijd een aanmerkelijk aantal Europese steuren stand. In de twintigste eeuw kwam daaraan een eind. Dat was ook het geval in bijna alle andere Europese rivieren. De laatste overgebleven populatie van de Europese steur verblijft in het Gironde-estuarium.

Als reactie op de neergang van steur en snoek werd tijdens de late middeleeuwen de teelt van (uitheemse) karpers opgezet, bestemd voor de dis van bemiddelde lieden. Er werd ook in toenemende mate in de kustwateren van Zuiderzee, Waddenzee en Noordzee gevestigd, waar de steur nog wel in forse aantallen te vinden was en ook diverse andere populaire vissen in grote aantallen voorkwamen. Daarnaast werd in de binnenwateren in toenemende mate gebruik gemaakt van netten met zeer fijne mazen, die ook jonge vissen kunnen vangen. De graaf van Holland beveelt in 1341 de vissers van Dordrecht, Rotterdam en Schiedam daarmee te stoppen, omdat 'onze wateren visloos dreigen te worden'. Maar de in de praktijk gaat de overmatige bevissing door. De Staten van Holland en Westfriesland gaan ook in 1527 en 1610 krachtig tekeer tegen de fijne mazen.

Een van de slachtoffers van menselijk doen en laten werd de zalm. Deze vis was eeuwenlang een belangrijk bestanddeel van het Nederlandse voedsel, met name in het rivierengebied. De vis was zo gewild dat na het ontstaan van de Biesbosch in de vijftiende eeuw Geertruidenberg en Dordrecht een 'zalmoorlog' voerden over de visserij in dat gebied. De invloed van de omvangrijke consumptie op de stand van de zalm bleef lang beperkt. Gedurende de zeventiende eeuw werd de zalm in rivieren als de Rijn nog steeds in grote aantallen gevangen. De zalm was zo goedkoop dat volgens de zeventiende-eeuwse Engelse reiziger Nugent in de contracten voor dienstbodes te Dordrecht een maximum werd gesteld aan het aantal malen per week dat zalm op het menu mocht staan. In de fameuze achttiende-eeuwse Encyclopedie van de Franse Verlichters wordt de Maas uitdrukkelijk als visrijk omschreven. Een eeuw na de Verlichting was de Maas ver heen. Vissers nabij Woudrichem en Werkendam melden dan: 'De zalm lust het vuile Maaswater niet.' In de negentiende eeuw was de zalmstand in de Nederlandse rivieren sterk teruggelopen en probeerde men daar iets aan te doen door het uitzetten van gekweekte jonge zalmen. Dat was tevergeefs. In de twintigste eeuw ging de zalm in Nederland teloor.

Slechts een enkele vis deed het in Nederland mettertijd beter. De paling of aal profiteerde sterk van de aftakeling van het veenpakket en het ontstaan van grote aantallen poelen en meren. Veel populaire vissoorten krijgen in de negentiende en de eerste helft van de twintigste eeuw de genadeklap, maar de paling hield lang stand. Dat veranderde na 1975. Een belangrijke rol daarin speelde de liberalisering van de aalvangst in 1974 die overmatige vangsten in de hand werkte. Ook de toenemende infecties door virussen en nematoden, die hun oorsprong vinden in de import van kweekpalings uit andere werelddelen, dragen vermoedelijk bij aan de teloorgang van de aal. Sinds 1980 is de Nederlandse palingstand met naar schatting 95% afgenomen. En mede gezien de halfbakken beschermingsplannen voor redding van de paling in Europa wordt voorshands geen herstel van de aalstand verwacht.

Vervuiling

Vissen waren niet de enige soorten die het zwaar te verduren hadden. Ook diverse molusken (schelpdieren en slakken) en hogere planten zijn gedecimeerd. Vervuiling door agrarische activiteiten speelt daarbij een belangrijke rol. Een andere illustratie van teloorgang levert groot haft, een eendagsvlieg met een lengte van een decimeter. Rond 1900 kwamen grote haften langs de Rijn zo massaal voor dat de boeren deze vingen en als meststof over hun akkers uitstrooiden. Thans is groot haft uitgestorven.

Terugblikkend kan men stellen dat, bij de teruggang van soorten in de binnenwateren van de Lage Landen, overbevising, verdwijning van leefgebied en vervuiling een rol hebben gespeeld en spelen. Het rijkelijke gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen schaadt waterplanten. Veel waterdieren hebben last van voortplantingsstoornissen. Snoeken kunnen in een flink deel van het Nederlandse oppervlaktewateren hun prooi niet meer zien omdat het water door overbemesting troebel is. Ook is onder waterdieren op ruime schaal sprake van minder goed functionerende zenuwstelsels door te

hoge concentraties bestrijdingmiddelen. De opkomst van 'exoten' (uitheemse soorten) die de oorspronkelijk aanwezige soorten verdringen, is eveneens een belangrijke oorzaak voor de sterke teloorgang van natuurlijke soorten in zoete wateren. Nederland heeft in het zoete water thans 30 uitheemse waterplanten, 26 exotische vissen (30% van het totale aantal soorten zoetwatervis), 7 uitheemse amfibieën en 57 exotische krabben en kreeftensoorten. Slachtoffer daarvan zijn onder meer rietvoorn, snoek, rivierdonderpad, grote modderkruiper en diverse libellensoorten,

Moeizaam herstel

'Herstel' van eenmaal gedecimeerd leven in zoete oppervlaktewateren blijkt in de praktijk moeilijk. Hoewel er na de jaren zestig van de twintigste eeuw veel gedaan is aan herstel van West-Europese beken en rivieren, is de terugkeer van soorten bescheiden gebleven. In de Rijn komt de zalm weer voor, maar het gaat om een paar exemplaren. Van de vissoorten die in de middeleeuwen en de vroegmoderne tijd in Nederland en Duitsland verloren gingen, zijn de meeste niet teruggekeerd.

Buiten de Lage Landen werd en wordt het zoetwaterleven eveneens gedecimeerd. Ingrijpende veranderingen in het leefgebied, door onder meer de bouw van dammen, kanalisatie, kap van oeverbossen, overbevissing, vervuiling en de opkomst van uitheemse soorten, zijn ook daar belangrijke oorzaken voor teloorgang van natuurlijke soorten.

In delen van Frankrijk en Midden-Europa was in de veertiende eeuw de visstand eveneens zozeer afgenomen dat men daar de teelt van karpers startte. In Engeland werd in de middeleeuwen overgegaan tot de kweek van paling in tanks. Daarmee werden onder meer vermogende kloosterordes bediend.

Elders is inmiddels de decimering van zoetwatervis op een flink aantal plaatsen erger dan in Nederland. Rivieren waarvan het water gedurende flinke delen van het jaar de zee niet meer bereikt, maken nu het leven voor trekkende vissen nog moeilijker dan de Rijn en de Maas. Van de 177 langste rivieren ter wereld stromen er nog maar 21 niet door stuwen gehinderd naar de zee. De vervuiling en overmatige exploitatie van veel Aziatische rivieren zijn nu erger dan die van 'onze' grote rivieren. Daarbij passen spectaculaire verminderingen in soortenrijkdom. Zo is in de Yangtze de zoetwaterdolfijn waarschijnlijk uitgestorven, en daalt de populatie vinloze bruinvissen in de Yangtze met meer dan 50% per tien jaar.

De afgelopen decennia wordt voorts wereldwijd een dramatische neergang gezien van het aantal soorten amfibieën (waaronder kikkers en padden). In het tropische gebied van Zuid-Amerika is de afgelopen 20 tot 30 jaar maar liefst 67% van de harlekijnkikkersoorten verdwenen. Het verdwijnen van kikkers en padden heeft vaak aanzienlijke effecten op het hele water-ecosysteem waartoe deze behoorden. Een gedeeltelijke verklaring voor de neergang van amfibieën is dat door de opwarming van het water schimmelziekten meer kans krijgen. Waterverontreiniging met te grote hoeveelheden meststoffen en bestrijdingsmiddelen, speelt waarschijnlijk eveneens een rol.

In het algemeen ligt in het zoete water het uitsterven van soorten naar schatting ongeveer een factor vijf hoger dan op land.

Enkele zoete wateren zijn tot nu toe redelijk gespaard gebleven. Daartoe behoort het Baikalsee in Siberië dat door UNESCO tot Werelderfgoed is verheven. Daarbij heeft geholpen dat het Baikalsee in Rusland traditioneel wordt gezien als een 'heilig water'. De vooruitzichten voor dit meer, dat onder meer ongeveer 1200 unieke diersoorten en 300 unieke plantensoorten telt, zijn echter ongunstig. Door klimaatverandering en toenemende menselijke exploitatie staat het leven in het Baikalsee sterk onder druk. 'Als alles zo doorgaat' zullen de zoetwatersoorten in de komende decennia in een hoog tempo uitsterven. Een belangrijke factor daarbij is de invloed van klimaatverandering en wateronttrekking.

Zeedieren

De Noordzee was na het aflopen van de IJstijd zeer rijk met vis bedeed. Dat bleef ook langer zo dan in de binnenwateren. Rond 1200 schreef Saxo over de haringen in de Sont (tussen Denemarken en Zweden): 'er zijn er zoveel dat een lans overeind blijft staan als je hem er tussen steekt'. De bisschop Albertus Magnus, die in de dertiende eeuw door de lage Landen reisde, beschreef onder meer de fint die voor de kust van Stavoren in grote aantallen voorkwam. Volgens deze bisschop hoefde men maar een bel te luiden en de finten zwommen massaal het schepnet in. De fint stierf daarna in Nederland uit, maar maakt recent weer een zeer bescheiden comeback. En de fint is niet de enige soort onder de zeedieren die sterk in aantal terugging. De vleet, bekend van 'bij de vleet', is op de Noordzee bijna uitgestorven.

In Nederland zijn de laatste 2000 jaar in totaal 40 soorten uitgestorven die voor de kust (inclusief de Waddenzee) voorkwamen. Tien daarvan waren algen, 10 ongewervelde dieren (benthos), 12 vissen, 5 vogels en 4 zoogdieren. Bij zeker 17 van de uitgestorven soorten speelde bejaging of bevissing een belangrijke rol. Ongeveer 70% van de Noordzeebodem wordt bijvoorbeeld tenminste eenmaal per jaar van leven ontdaan door sleepnetten. Daardoor is de afgelopen eeuw een aantal fragiele en langzaam groeiende soorten bodembenthos uitgestorven. Bij 26 soorten was het verdwijnen van leefgebied een belangrijke factor bij het uitsterven in de Nederlandse zoute wateren, en bij drie soorten overmatige vervuiling. Ook zijn er voorbeelden van sterke teruggang zonder dat een soort uitsterft. In de zestiende eeuw was de oester in de Nederlandse wateren zo talrijk dat deze te Amsterdam als armelui's eten gold. In de negentiende eeuw leverde de omgeving van Texel jaarlijks nog altijd miljoenen oesters. Door overbevissing en het inpolderen van plaatsen waar oesterlarven goed konden opgroeien, werd aan deze rijkdom in de negentiende eeuw praktisch een einde gemaakt. De bruinvis heeft het in de Noordzee nog altijd zeer moeilijk, omdat vooral jonge dieren vol zitten met slecht afbreekbare giftige stoffen.

Hoog tempo van uitsterven

In de zeeën ligt het tempo waarin natuurlijke soorten uitsterven traditioneel lager dan in het zoete water, maar ook daar waren soms al vroeg grote veranderingen te zien. In de late dertiende eeuw verdween de haring bijvoorbeeld uit het zuiden van de Oostzee. Dit hing vermoedelijk samen met de sterk toegenomen belasting van de op de Oostzee uitmondende rivieren met slib en voedingsstoffen en met overbevissing. De haringstand in de zuidelijke Noordzee stortte na 1360 in. Meer recent treden in de zeeën in versterkte mate drastische veranderingen op. Voor een deel hangen deze



samen met het verdwijnen van gebieden waar soorten kunnen huizen, net als bij de Texelse oesters. De afgelopen vijftig jaar is bijvoorbeeld ongeveer een kwart van de zeegraslanden verdwenen, daardoor worden daarvan afhankelijke soorten op ruime schaal met lokaal uitsterven bedreigd. Ook de teloorgang van mangrovebossen hakt er stevig in. Daarnaast is het aannemelijk dat gedurende de afgelopen eeuw de fotosynthese in de zeeën achteruit is gegaan. Dit heeft waarschijnlijk over een breed front een neerwaarts affect op het dierenleven in de zeeën.

De zeeën worden verder intensief geëxploiteerd, eerst de kleinere zeeën zoals de Noordzee, daarna ook de oceanen. In de oceanen begon de exploitatie op betrekkelijk geringe diepte, later volgde ook grote diepte. De gevolgen daarvan zijn groot. De stand van de roofvissen in de zeeën is wereldwijd naar schatting nog maar een tiende van wat deze een eeuw geleden was. In de Noordzee is het aantal vissen met een gewicht tussen de 4 en 16 kilogram naar schatting 2,6% van wat deze zonder visvangst zou zijn geweest, voor vissen tussen de 16 en 66 kilo is dat nog maar 0,8%. Uit dagboeken van Caraïbische piraten weten we dat het aantal zeeschildpadden in dat gebied gedurende de zeventiende eeuw ongeveer een factor 100 hoger ligt dan nu. In 1796 schreef G. Gauld dat op de kust van de Florida Keys zoveel kreeften voorkwamen dat men in een paar uur een hele boot kon vullen. Het aantal kreeften is daar met ongeveer 99% gedaald. Voor de oester is de teloorgang dankzij de oesterteelt minder groot, maar nog altijd spectaculair. Decimering van oesters trad gedurende de afgelopen eeuwen niet alleen op in Nederland, maar ook in de Verenigde Staten, Frankrijk, Engeland en Duitsland. Nu is ook daar het eten van oesters chique. Dat heeft niet alleen gevolgen voor de portemonnee, maar ook voor het water. Oesters zijn namelijk fabelachtige waterzuiveraars. Voor een baai aan de oostkust van de Verenigde Staten (de Chesapeake-baai) is uitgerekend dat de oesters in de negentiende eeuw het baaiwater elke drie dagen volledig filterden. Nu is dat nog maar één keer per jaar.

De kabeljauw is, vanwege zijn rijkelijke voorkomen, in Nederland sinds de nieuwe Steentijd, een belangrijk volksvoedsel. Het is in dit licht niet verbazend dat de partijen in een Hollandse burgeroorlog gedurende de vijftiende eeuw Kabeljauwen en Hoeken (vishaken) werden genoemd. Een Engelse piraat die huishield voor de kust van Massachussets (USA) noemde een deel daarvan Cape Cod (Kaaip Kabeljauw), omdat de vele kabeljauwen daar het varen bemoeilijkten.

Nog in de negentiende eeuw hield de beroemde bioloog Huxley de kabeljauw voor praktisch onuitroeibaar. De hoeveelheid kabeljauw in de Noordzee en voor de kusten van Noord-Amerika ligt nu echter ongeveer een factor 100 lager dan een eeuw geleden. Overbevissing en de temperatuurstijging van het zeewater, welke nadelig is voor de soorten die kabeljauwen en kabeljauwlarven graag eten, hebben daaraan waarschijnlijk bijgedragen. Overmatige bevissing waarschijnlijk het meest. Zelfs nabij IJsland, waar de temperatuur voor de kabeljauw zeer gunstig is, komt de kabeljauw nog maar weinig voor.

Effect op ecosystemen

De teloorgang van sterk beveste soorten heeft vaak grote effecten op de rest van het ecosysteem. De neergang van algenetende vissen heeft bijvoorbeeld in zeegebieden

met koralen het effect dat algen de koralen overwoekeren. De teloorgang van kreeften heeft in delen van de Stille Oceaan geleid tot een opmars van de zee-egels en dit heeft op zijn beurt geleid tot een neergang van kelpbossen. In het oceaangebied rond Antarctica is de krill- (een garnaalachtige) en visstand door overbevissing zo sterk achteruit gegaan dat ook sommige populaties zeehonden en pinguïns sterk zijn teruggelopen. Kwallen domineren dezer dagen het dierenleven in de Zwarte Zee. Kwallen zijn ook dominant in wat vroeger een van de rijkste visgronden voor de sardine was: de Atlantische oceaan nabij Lüderitz in Namibië. De overbevissing van sardines heeft daar de weg vrijgemaakt voor kwallen. Die kwallen worden inmiddels enigszins onder de duim gehouden door een vis die bestand is tegen barre zuurstofloze omstandigheden (de gebaarde goby). Maar de sardines konden niet terug. En in Californische kustwateren vangen de vissers nu vooral 'exoten', die daar, via de handel in dieren of scheepvaart, 'per ongeluk' zijn beland.

'Duurzame' visserij

Pogingen om de visserij onder controle te brengen zijn vaak moeizaam. Thans wordt wereldwijd ongeveer een vijfde van de vis illegaal gevangen, en het optreden tegen illegale vangst haalt tot nu toe weinig uit. In 1995 werd er door de Wereldvoedselorganisatie (FAO), een deel van de Verenigde Naties, een code voor duurzame visserij opgesteld. Geen enkel land leeft de code geheel na. In Nederland ligt de mate waarin deze code wordt nageleefd onder de 50%.

Zelfs als de code zou worden nageleefd, dan geeft dat geen garantie dat de visstand niet spectaculair daalt. Ook los van de visserij, treden vaak grote fluctuaties op in het aantal vissen. De oorzaken van dergelijke fluctuaties worden maar zeer gedeeltelijk begrepen.

Niettemin zijn er verschillende stukken zee waar de teruggang van de visstand tot staan is gebracht door beperking van de visserij. Het al dan niet tijdelijk afsluiten van bepaalde stukken zee (mits daardoor de visserijdruk op aanpalende gebieden niet toeneemt), beperkingen aan het vistuig en beperking van het aantal vissersschepen en visdagen, spelen daarbij een rol. Een deel van de visserij heeft nu een keurmerk van de Marine Stewardship Council, en het predikaat 'duurzame visserij'. Voor de grootste 'duurzame' opbrengst zorgt de visserij op koolvis (pollock) in de Beringzee: ongeveer 1 miljard dollar. Ook de populatie van deze vis gaat echter sinds 2007 sterk naar beneden. Vermoedelijk hangt dat samen met het warmer wordende zeewater. Voorbeelden van 'visgronden' waar de visstand niet daalt, zijn de wateren rond Nieuw-Zeeland en de Californische Golfstroom.

Visteelt

In reactie op de dalende stand van vis en ander 'waterbanket' wordt in toenemende mate overgestapt op de teelt daarvan. Naar schatting 50% van het aanbod van vis en het merendeel van het garnalenaanbod komt thans uit de 'aquacultuur'. Nederland is bijvoorbeeld een Europese grootmacht in de teelt van zeewolf en paling. Het aanbod van gekweekt 'waterbanket' stijgt snel. In de jaren zeventig kwam nog maar 7% van het visaanbod uit aquacultuur. Nu beloopt de productie van gekweekte vis ongeveer 52 miljoen ton en daar zou, 'als alles zo doorgaat', in de periode tot 2030 nog 29 miljoen ton vis bij moeten komen. De aquacultuur laat de zeedieren echter niet



ongemoeid. Krill, vismeel en visolie worden op grote schaal gebruikt voor het voeden van kweekvis, vooral van roofvissen zoals zalm en kabeljauw. Naar schatting 90% van de visolieproductie en 60% van de vismeelproductie dient om kweekvis te voeren. Ruwweg is voor de teelt van 52 miljoen ton waterbanket ongeveer 24 miljoen ton zeevis en 3,5 miljoen ton krill nodig. Het gaat, wat de vis betreft, om kleine vissen, zoals ansjovis, haring en sardine. Dit is niet alleen een flinke aanslag op de visstand, maar schaadt ook een groot aantal arme mensen die voor hun inkomen, dan wel hun eiwitvoorziening, traditioneel in belangrijke mate zijn aangewezen op vis. Zo daalde in Afrika beneden de Sahara de visconsumptie per hoofd tussen 1973 en 1997 van 9 tot 6,6 kilo, terwijl deze wereldwijd van 12 tot 16 kilo steeg.

Daarnaast legt de visteelt in toenemende mate beslag op producten van de intensieve veehouderij te land. Zo gaan dezer dagen bijna alle kippenpoten uit de Verenigde Staten en Brazilië naar China, om daar te worden gegeten door teeltvis. De in de aquacultuur gebezigde praktijken hebben veel weg van die in de intensieve veehouderij. Net als voor de intensieve veehouderij wordt op grote schaal natuur 'geruimd'. Op de Filippijnen is bijvoorbeeld twee derde van de mangrovebossen gekapt om plaats te bieden aan de garnalenteelt. De hoge infectiedruk in viskwekerijen leidt vaak tot een intensief gebruik van antibiotica. Dit werkt resistentie tegen antibiotica sterk in de hand. In 1992 bleek tijdens een epidemie in Zuid-Amerika dat de verwekker van cholera immuun was geworden tegen gangbare antibiotica, vanwege de toepassing van deze antibiotica in de garnalenteelt. *Aeromonas*-bacteriën die aanwezig zijn in het afvalwater van de Nederlandse paling- en zeewolf-kwekerijen, zijn resistent tegen de voor de mens belangrijke antibiotica ampicilline en tetracyclines. Diverse leden van de *Aeromonas*-familie kunnen bij mensen infectieziekten veroorzaken. Bovendien kunnen de *Aeromonas*-bacteriën de resistentie overdragen aan andere soorten voor de mens gevaarlijke bacteriën, zoals *Salmonellabacteriën*. En net als in de intensive veehouderij kan het intensieve gebruik van antibiotica catastrofale epidemieën niet verhinderen. Door een dergelijke epidemie daalde bijvoorbeeld de zalmproductie in Chili van 670 000 ton in 2008 tot ongeveer 100 000 ton in 2010. Ook komen door de visteelt, net als in de intensieve veehouderij, veel meststoffen vrij. De variëteiten in de aquacultuur wijken voorts vaak fors af van de wilde soorten en dat kan problemen geven bij ontsnapping. Zo worden wilde zalmopopulaties bedreigd door ontsnapte zalmen uit de aquacultuur.

Niet alleen het leven in oppervlaktewateren heeft sterk te lijden onder de mens, de op veel plaatsen dalende grondwaterspiegels hebben eveneens grote gevolgen voor de natuur. In een land als Nederland hebben de traditioneel talrijke soorten die hielden van natte voeten in voedselarm water, het zeer zwaar te verduren gehad. Een aanmerkelijk deel ervan is uitgestorven en de rest kan zich met moeite handhaven in natuurgebieden.

Elders is de verdroging nog erger, zoals rond de eerder besproken gokstad Las Vegas. Daar zijn de gevolgen dramatisch voor de vaak bijzondere soorten die daar leven.

7.2 Toekomst van zeewater en het leven daarin

De zeeën hebben een enorm volume, en daarom gaan veranderingen in de samenstelling traag. Niettemin zijn er diverse veranderingen gaande die op termijn grote gevolgen kunnen hebben voor de natuurlijke soorten die in de zee leven. Sommige daarvan (zoals de plastic soep en de oplopende concentraties slecht- en niet-afbreekbare stoffen) kwamen aan de orde in hoofdstuk 2. Maar er zijn ook andere zorgelijke ontwikkelingen. Een daarvan betreft de beschikbaarheid van bouwstoffen. Diatomeeën gebruiken bijvoorbeeld silicaat voor de aanmaak voor hun buitenkant. Door de aanleg van dammen en de toegenomen hoeveelheid plantenvoedingsstoffen in de rivieren daalt de hoeveelheid silicaat die de zeeën bereikt. In de Oostzee wordt er daarom bijvoorbeeld mee gerekend dat de diatomeeën het in de komende decennia moeilijk zullen krijgen. Dat geldt waarschijnlijk ook voor de Westerschelde. Een tweede zorgelijke ontwikkeling betreft kooldioxide. De stijging van het kooldioxidegehalte in de lucht beïnvloedt het leven in het water langs verschillende lijnen die samenhangen met de drie voornaamste effecten: stijgende toevoer van CO₂, opwarming en verzuring. De verzuring belooft sinds het begin van de industriële revolutie ongeveer 0,1 pH-eenheid (overeenkomend met een 30% stijging van de hoeveelheid zuur) en reikt thans tot op een diepte van ongeveer duizend meter.

Het netto-effect van de oplopende hoeveelheid kooldioxide in de atmosfeer en de bijbehorende opwarming en verzuring van het zeewater op de 'primaire productie' of fotosynthese in de zeeën is waarschijnlijk negatief. Sinds het begin van de jaren 80 is deze productie wereldwijd met tenminste 6% gedaald. En deze dalende trend is waarschijnlijk al langer aan de gang. Ook worden de algen gemiddeld kleiner. Poolwaarts en in de grote cirkelstromen van de Stille Oceaan is de daling van de primaire productie relatief groot.

Verhuizen naar het noorden

Door de opwarming van het klimaat verschuiven in de zeeën de gebieden waar soorten kunnen leven. Wereldwijd is de verandering in de temperatuur van het zeewater over de afgelopen eeuw ongeveer 0,6 °C. Poolwaarts kan de opwarming hoger uitvallen.

Zo is de Noordzee nu 1,5 °C warmer dan 40 jaar terug. Daarom duiken in de Noordzee in toenemende mate aan relatief warm water gewende soorten als ansjovis en sardine op. Ook onder de planktonsoorten treden grote verschuivingen op. Soorten die aangewezen zijn op relatief koud zeewater verhuizen richting de pool. Er is onderzoek gedaan aan dierlijke planktonsoorten in het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan. Deze schuiven sinds 1999 ten gevolge van klimaatverandering jaarlijks naar schatting 10 kilometer noordwaarts. Kennelijk gaat de noordwaartse verschuiving van soorten in de zeeën sneller dan op land. Ook grotere dieren schuiven op. In en vanuit de Noordzee verschuiven soorten als haring, makreel en kabeljauw en diverse schaaldieren noordwaarts. De aantallen vissen ontwikkelen zich daarbij verschillend.

Het gaat goed met een haringvariëteit die in de Noordelijke Atlantische Oceaan en de Barentssee huist, maar slechter met de kabeljauw.

Heel wat visetende vogels moeten door de verschuivingen hun dieet veranderen. En dat bekommt niet altijd goed. Het veranderde dieet wordt bijvoorbeeld deels verantwoordelijk gesteld voor de 30% daling van het aantal broedende zeevogels aan de Schotse kust. Ook is er een tendens dat in de zee infectieziekten toenemen.

Minder leefruimte

Relatief vaak raken sterk koudeminnende soorten aangewezen op kleinere gebieden. In het Noordpoolgebied is de opwarming de laatste decennia tweemaal zo snel als het wereldgemiddelde. In samenhang daarmee neemt de dikte van het ijs en de oppervlakte in de zomer fors af. Sinds de jaren zeventig houden satellieten de hoeveelheid ijs in het Noordpoolgebied bij. De jaarlijkse minimale hoeveelheid daarvan is over die periode met ongeveer twee miljoen vierkante kilometer afgenomen. Dat is ten nadele van dieren die op het Noordpoolijs bivakkeren. Zo krijgen de ijsbeer en de narwal te steeds moeilijker. De toename van extreem weer helpt ook al niet. Zo hebben de rendieren sterk te lijden onder de toename van regen die na het neerkomen bevroest. Daardoor wordt de bovenkant van de sneeuwlaag zo hard dat ze er niet meer doorheen kunnen komen om hun voedsel onder de sneeuw te bereiken. In het Zuidpoolgebied raken van sommige pinguïnpopulaties de jongen in toenemende mate te vroeg te water, hetgeen voor hen een vroegtijdig einde betekent.

Vissoorten die een deel van hun leven in het zeewater doorbrengen en een ander deel in rivieren zullen door klimaatverandering naar alle waarschijnlijkheid flinke klappen oplopen. In Europa geldt dat bijvoorbeeld voor een 14 tal trekkende vissoorten die nu in de Kaspische Zee, de Zwarte Zee, de Middellandse Zee en de Oostzee verblijven. Ook veranderingen in neerslagpatroon, die samenhangen met klimaatverandering, kunnen de overlevingskansen voor sommige vissen sterk beïnvloeden. Zo gaat de grote Indiase karpers in de Ganges sterk achteruit omdat door het veranderende neerslagpatroon veel minder paaiplaatsen beschikbaar zijn.

Koraalriffen

Daarnaast hebben de koraalriffen en de daarmee verbonden soorten het zwaar te verduren. Dat komt waarschijnlijk vooral door opwarming, daling van de pH, toevloed van voedselrijk water en toename van het aantal zeer zware orkanen die koraalriffen kapot maken. Op plaatsen waar het water ondiep is en weinig stroomt, kan het effect van opwarming op koraalriffen groot zijn. Hogere temperaturen vergroten de kans dat het koraal verbleekt, wat correspondeert met verhoogde sterfte van koraaldiertjes. In 1998 en 2010 was er door warmte een massale verbleking van koraalriffen in de Indische en Stille Oceaan.

Tijdens recente zeer warme jaren zijn zeer grote stukken koraalrif in ondiepe gedeelten van de Perzische Golf afgestorven. In het midden van de Rode Zee is de snelheid waarmee het koraal groeit sinds 1998 met 30% gedaald. Het Grote Barrièrerif van

Australië heeft nu een groeisnelheid die beduidend ligt onder het niveau van de afgelopen 400 jaar. En met de riffen in het westelijk deel van de Atlantische oceaan gaat het veelal slecht. Door de aftakeling van de koraalriffen neemt onder meer de bescherming van een aantal laaggelegen kustgebieden tegen de zee af.

Verzuring

Er zijn zorgen over de effecten van verdere verzuring der oceanen door de toevloed van kooldioxide. 'Als alles zo doorgaat' loopt de daling van de pH deze eeuw mogelijk op tot ongeveer 0,4 pH-eenheid, wat overeen zou komen met een toename van de hoeveelheid zuur in de bovenlaag van de zeeën met ongeveer 150%. Door deze ontwikkeling daalt de concentratie van het carbonaation, en stijgt de concentratie van koper. De stijging van de koperconcentratie kan nadelig zijn voor algen. De eventuele ontzuring van de zeeën door natuurlijke processen duurt lang: waarschijnlijk duizenden jaren. Van de verzuring die, 'als alles zo doorgaat', kan optreden, wordt een in belang toenemend negatief effect op de kalkhuishouding en de voortplanting verwacht. Dat kan, wanneer aanpassing uitblijft, ten nadele zijn van de verscheidenheid aan formamiferen (eencelligen met een kalkskelet), koralen en schelpdieren. Er zijn sterke aanwijzingen dat de kalkskeletvorming bij foramiferen in wateren nabij de Noord- en Zuidpool negatief wordt beïnvloed door de afname van de pH.

Dat aanpassing aan de pH-verandering voorlopig uitblijft, is niet onwaarschijnlijk. De snelheid waarmee de zuurgraad van de zeeën verandert, ligt nu waarschijnlijk een factor 10 hoger dan door in het verleden gangbare geologische processen. De effecten zullen waarschijnlijk verschillen voor de verschillende onderdelen van het zoute oppervlaktewater. De sterkste effecten worden vooralsnog verwacht in de koude zeeën, vooral die nabij Antarctica, waar de gehalten kalk (vooral aragoniet) relatief sterk omlaag zullen gaan. Ook in de diepe Noord-Atlantische oceaan en in een aantal kustwateren, zoals de Californische, wordt met een verhoudingsgewijs aanzienlijk effect van zuurgraadverandering gerekend.

Onderzoek suggereert voorts dat zowel de schelpvorming als de voortplanting van schelpdieren negatief kan worden beïnvloed door verzuring. 'Als alles zo doorgaat', en wanneer geen aanpassing optreedt, worden foramiferen, koralen en schelpdieren op een termijn van een tot twee eeuwen fors gedecimeerd. Dit heeft nadelige gevolgen voor traditionele vormen van bestaan zoals die rond de 'Zeeuwse' mosselen en oesters. Op andere zeedieren heeft verzuring meer subtiele effecten. Zo wordt bij sommige krabben de bestendigheid tegen warmte nadelig beïnvloed. Over de effecten van opwarming en verzuring op de grootste groep natuurlijke soorten in de zeeën, de ongewervelde dieren (benthos), bestaat aanzienlijke onzekerheid. Het is aannemelijk dat deze op een termijn van eeuwen ook aanzienlijke schade kunnen oplopen. Ongeveer 56 miljoen jaar geleden waren de zeeën blootgesteld aan een sterke opwarming en verzuring. Onderzoek laat zien dat het benthos toen werd gedecimeerd.

Zuurstof

De afname van kalkhoudende organismen heeft als neveneffect dat er minder organisch materiaal naar de bodem van de zeeën zakt. En dat leidt er weer toe dat, wanneer de schelpdierenstand inderdaad daalt, in grote delen van de bovenlaag der zeeën waarschijnlijk het zuurstofgehalte zal dalen. Een doorzettende opwarming van de oceanen zal eveneens tot een daling van het zuurstofgehalte leiden. De oplosbaarheid van zuurstof in het zeewater wordt minder en de laagvorming neemt toe, waardoor de menging met zuurstofrijk water afneemt. Dit laatste leidt tot een verminderd transport van zuurstof naar diepere lagen. Langdurige metingen laten zien dat de hoeveelheid zuurstof in de oceanen de afgelopen 50 jaar daadwerkelijk daalt in het noorden van de Stille Oceaan en in de tropische delen van de Atlantische en Stille Oceaan.

Een daling van het zuurstofgehalte betekent dat de energievoorziening van dieren die aangewezen zijn op een zuurstofrijke omgeving minder goed zal gaan functioneren. Daardoor zal dit type dieren in de toekomst waarschijnlijk aanzienlijk in aantal teruglopen. Ook wordt op een groeiend aantal plaatsen een uitbreiding gezien van zeer zuurstofarm zeewater aan de rand van het continentale plat. Dat leidt daar tot een toenemende sterfte onder zeedieren die zich minder goed kunnen verplaatsen, zoals krabben en zeesterren.

Warme Golfstroom

En tenslotte is er nog de mogelijkheid dat door het vrijkomen van zeer veel smeltwater in het noorden van de Atlantische Oceaan de warme Golfstroom tot staan wordt gebracht. De huidige klimaatmodellen zijn niet goed in staat om een dergelijke stop betrouwbaar te voorspellen. Maar als de warme Golfstroom stopt, dan gaat het ecosysteem van de noordelijke Atlantische Oceaan over de kop. Dat hangt samen met de zeer grote aanvoer van warmte door de warme Golfstroom. Aannemelijk is dat het klimaat in Europa dan flink afkoelt en dat het patroon van de moessons over Afrika drastisch zal verschuiven.