

# Met isotopenonderzoek de kwaliteit van ecosysteem bepalen

## CSI in de ecologie

— Addo van der Eijk (schrijver), Marjolijn Christianen (Rijksuniversiteit Groningen), Tjisse van der Heide (Radboud Universiteit), Laura Govers (Rijksuniversiteit Groningen en Radboud Universiteit), Quirin Smeele (Natuurmonumenten)

Stabiele isotopen vertellen unieke verhalen. Over wat een dier gegeten heeft, en waar hij is geweest. Het onderzoeksproject Waddensleutels bracht met stabiele isotopen het voedselweb van de Waddenzee in kaart. Een voedselwebbenadering biedt beheerders nieuwe inzichten over bijvoorbeeld de robuustheid van ecosystemen en het effect van herstelmaatregelen.

> Natuurherstel en -beheer vergen gedegen kennis van het ecosysteem. Traditioneel monitoren beheerders hiervoor parameters als planten, vogels en waterkwaliteit. Toch schetst dit klassieke monitoren slechts een beperkt beeld. Het biedt onvoldoende inzicht in het volledige ecosysteem, waarin alle planten en dieren van elkaar afhankelijk zijn. Planten en dieren hebben elkaar nodig, in een complex voedselweb van eten en gegeten worden. Om het voedselweb te doorgronden, dient zich voor natuurbeheerders een nieuwe methode aan: stabiele isotopen-analyse. Het meten van koolstof- en stikstofisotopen (zie kader) van organismen is een probaat middel om een voedselweb te reconstrueren. Stabiele isotopen kunnen op moleculair niveau vertellen hoe



foto Peter Visser

Verzamelen van wadmonsters op een mosselbank.

robuust een ecosysteem is. Voor beheerders biedt het inzicht in de opbouw en het functioneren van het gehele systeem.

Voor voedselwebstudies is het analyseren van koolstof- en stikstofisotopen een interessante methode. Om te weten wat dieren eten, moeten onderzoekers ze anders langdurig observeren of de maaginhoud en uitwerpselen uitpluizen. Een tijdrovende en voor wat betreft het maagonderzoek destructieve exercitie. Isotopenonderzoek is niet alleen sneller en eenvoudiger, maar ook nauwkeuriger. Waar de maaginhoud en uitwerpselen vertellen wat het dier net heeft gegeten, laten koolstof- en stikstofisotopen het dieet over een langere periode zien: bloed het menu van enkele dagen, veren van grofweg een maand, spieren van drie maanden.

### Grootste isotopenverzameling

Het onderzoeksproject Waddensleutels – een samenwerking van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Rijksuniversiteit Groningen en het NIOZ – nam in de Waddenzee de proef op de som. Voor het in kaart brengen van het voedselweb verzamelden onderzoekers in vier jaar tijd meer dan twaalfduizend wadmonsters. Van alle monsters, variërend van bloed van lepelaars tot spierweefsel van krabben, zijn de stabiele isotopen gemeten. De enorme dataset levert een getrouw beeld op van de waddenpiramide. Onderaan staan de primaire producenten, zoals plankton en kwelderplanten, in het midden de consumenten als vissen en garnalen. Bovenin bevinden zich de top-predatoren, zoals visetende vogels en zeehonden.

Soortgelijke schetsen van het voedselweb van de Waddenzee bestaan al sinds jaar en dag. Nieuw is dat alle soortgroepen op de juiste plek staan en dat alle onderlinge connecties volgen uit de isotopenmetingen.

### Connectiviteit belangrijke maat

Een voedselweb gereconstrueerd met stabiele isotopen-analyse schetst een completer natuurbeeld dan gangbare inventarisaties. Inventarisaties beschrijven de diversiteit aan soorten, maar kijken niet naar de onderlinge 'wie-eet-wie'-connecties. De connectiviteit in een voedselweb vormt een belangrijke maat voor het beschermen van ecosystemen. Hoe meer connectiviteit – dus hoe meer soortgroepen en onderlinge verbindingen – hoe robuuster en veerkrachtiger een voedselweb is. Stel er valt in een robuust voedselweb een voedselbron weg, dan blijven er alternatieven over. Binnen een aangetast voedselweb is een soortgroep met weinig connecties kwetsbaar. Soortinventarisaties maken parameters als robuustheid en kwetsbaarheid niet inzichtelijk. Voedselwebben passen binnen een ecosysteembenadering, een benadering die steeds vaker leidend is voor (inter)nationaal beleid en regelgeving. Het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) streeft bijvoorbeeld naar een evenwichtig voedselweb. De voedselketen is uit balans, stelt PRW, onder meer door een gebrek aan toppredatoren en vissen. Ook de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) neemt de ecosysteembenadering als uitgangspunt. De KRM schrijft een monitoringsprogramma voor, met een gezond ecosysteem als één

van de indicatoren. De vraag is echter: hoe meten we dat? De methodiek met stabiele isotopen biedt in potentie een kansrijk instrumentarium.

### Kwalitatieve uitspraken

Isotopenanalyse levert kwantitatieve informatie. Om de gegevens op waarde te kunnen schatten, moeten we ze kunnen vergelijken met een referentie. Zonder vergelijking is het moeilijk om uitspraken te doen over de kwaliteit van systemen. Een beheerder kan bijvoorbeeld een aangetast beekdal in Nederland vergelijken met die van de ongerepte evenknie in het Poolse Biebrza. Of een verdroogd veengebied vergelijken met een hoogveenterrein waar regenwater wordt vastgehouden. Vergelijken kan ook door een analyse op verschillende momenten uit te voeren, bijvoorbeeld om het effect van herstelmaatregelen te bepalen.

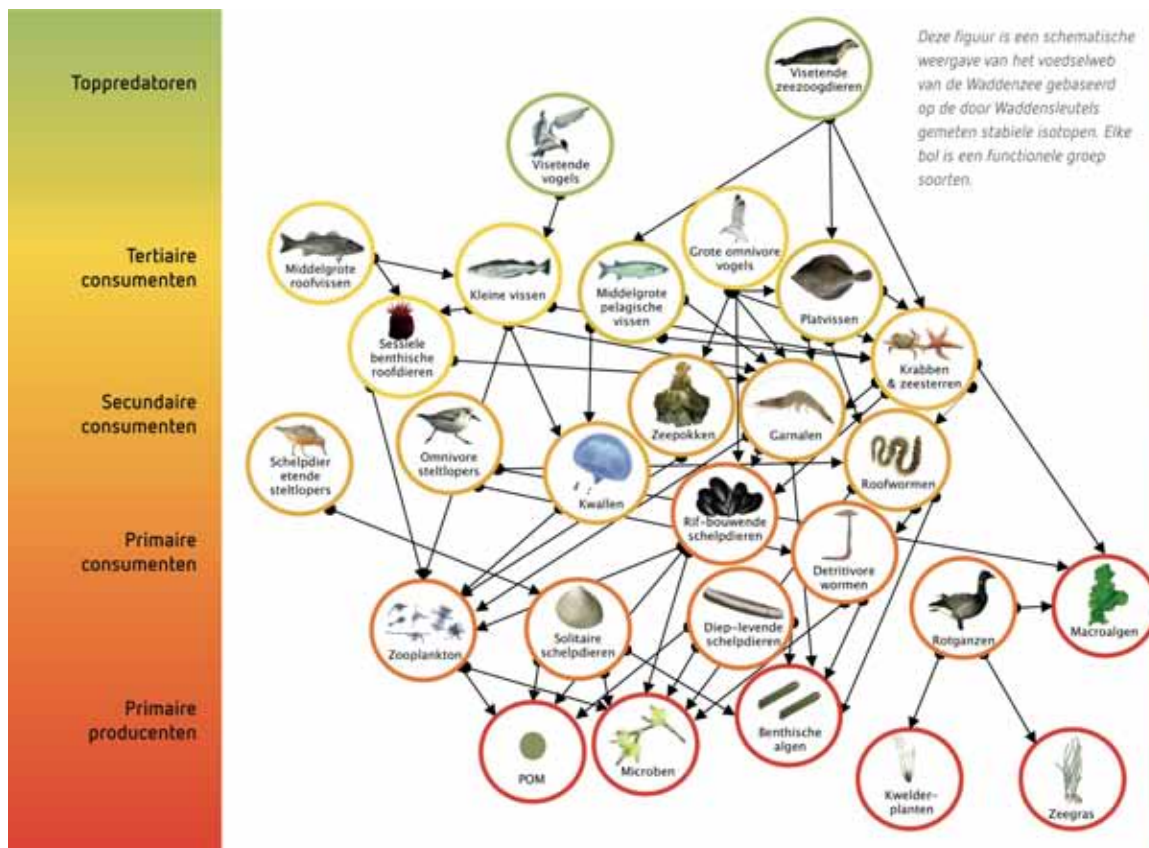
Om de meerwaarde van mosselbanken te bepalen, vergeleek Waddensleutels in de Waddenzee twee ecosystemen: mosselbanken en nabijgelegen zandplaten als referentie. Op zes locaties zijn alle aanwezige soorten van de twee systemen bemonsterd. Het verschil bleek groot: op mosselbanken leefden meer soorten met meer onderlinge connecties. Stabiele isotopen-analyse bevestigde hiermee het beeld dat mosselbanken het ecosysteem robuuster maken. Niet zozeer omdat veel soorten de mosselen eten, maar omdat de banken structuur bieden. Deze vaststelling was al eerder bekend, maar werd in de Waddenzee vaak ter discussie gesteld. De wetenschappelijke uitkomst met stabiele isotopen-analyse draagt bij aan het

### Stabiele koolstof- en stikstofisotopen

De voedselkringloop loopt via de maag. Je bent wie je eet. Wie een ander organisme eet, staat een tree - een zogeheten trofisch niveau - hoger op de ladder in de voedselpiramide. Na te zijn gegeten, laat de prooi een soort handtekening in het organisme achter. Deze 'verklikkers' in de vorm van isotopen zijn in het hele dierlijk lichaam terug te vinden: in onder meer bloed, haren, spieren en weefsel. Isotopen zijn atomen van hetzelfde chemische element, zoals stikstof (N) en koolstof (C), maar met een verschillend aantal neutronen. Als gevolg hiervan verschillen isotopen in gewicht: N-15 heeft bijvoorbeeld één neutron meer dan N-14 en is daarmee een fractie zwaarder. Er bestaan twee typen isotopen: stabiele en instabiele. Onze methode maakt gebruik van stabiele isotopen, omdat instabiele oftewel radioactieve isotopen in de loop van tijd vervallen.

In voedselwebstudies wordt gekeken naar stabiele koolstof- en stikstofisotopen. De stikstofisotopen N-14 en N-15 vertellen hoe hoog een organisme in het voedselweb zit. De verhouding tussen beide isotopen (d15N-waarde) verandert in de voedselketen. Hoe hoger een beest in het voedselweb zit, hoe hoger de d15N-waarde. Een toppredator heeft bijvoorbeeld een hogere d15N-waarde dan een primaire producent. De onderlinge verbindingen tussen de soorten – de 'wie-eet-wie'-connecties – wordt door een combinatie van koolstof- en stikstofisotopen bepaald. 99 procent van het atmosferisch stabiele koolstof bestaat uit de lichte variant C-12, de overige 1 procent uit het zwaardere C-13. De verhouding tussen licht en zwaar koolstof verschilt per soort. Elk monster heeft een unieke combinatie van koolstof- en stikstofisotopen. Een eigen signatuur. Met een statisch model kan worden berekend wat de soort heeft gegeten en hoeveel ze in percentages van de verschillende voedselbronnen naar binnen heeft gekregen. Een analyse van spierweefsel van een vis kan bijvoorbeeld uitwijzen welke prooien de vis de afgelopen periode heeft gegeten. Stabiele isotopen-analyse is in opkomst. Niet alleen onderzoekers van voedselwebben, ook anderen zetten de methode in. Bodemkundigen bijvoorbeeld, om de herkomst van gesteenten en de leeftijd van bodemlagen te achterhalen. Ook archeologen, forensisch onderzoekers en handhavers maken gebruik van stabiele isotopen. Forensisch onderzoekers kunnen bijvoorbeeld al met een plukje haar uitvinden waar iemand de afgelopen maanden is geweest.

Een schematische weergave van het voedselweb van de Waddenzee gebaseerd op de door Waddensleutels gemeten stabiele isotopen. Elke bol is een functionele groep soorten.





besef dat de waddennatuur gebaat is bij een groter areaal mosselbanken. Juist in de Waddenzee, waar meningen en feiten vaak moeilijk zijn te onderscheiden, is het genereren van wetenschappelijke kennis, gebaseerd op objectieve metingen, van groot belang.

Vergelijkbaar onderzoek bij andere biobouwers – soorten die hun omgeving aanpassen en een leefmilieu creëren voor anderen – laten hetzelfde beeld zien. In Mauritanië zijn zeegrasvelden van vijf jaar en dertig jaar oud met elkaar vergeleken. De analyse wees uit: hoe ouder het zeegrasveld, hoe rijker het voedselweb.

Denken vanuit het voedselweb leidt tot een meer doelmatige bescherming, gericht op soorten die daadwerkelijk een sleutelrol spelen in het ecosysteem. Natuurbeheerders focussen zich vaak op doelsoorten vanwege hun zeldzaamheid, omdat ze bij het grote publiek aanspreken en/of omdat ze representatief zijn voor een groter geheel. Denk aan ringslangen, zeearenden en bevers. Dergelijke iconische soorten zijn niet zonder meer sturend. Cruciale sturende soorten zitten vaak lager in het voedselweb. Isotopenanalyse kan helpen om deze soorten aan te wijzen. In de Waddenzee zet bijvoorbeeld herstel van schelpdieren en platvissen echt zoden aan de dijk.

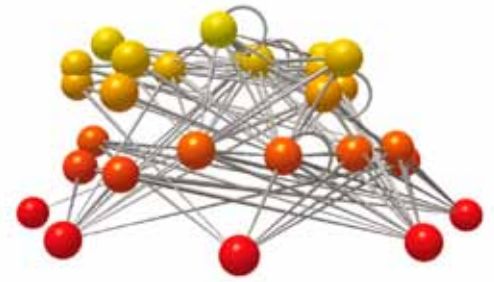
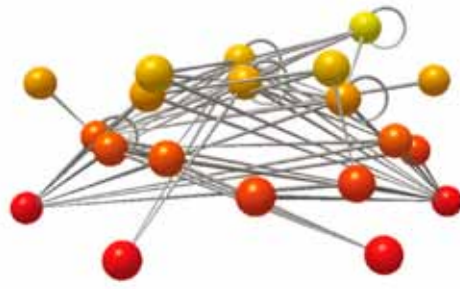
### Koolstofisotopen

Koolstofisotopen vertellen niet alleen waar het dieet uit bestaat, ze verklappen ook waar het organisme de afgelopen periode is geweest. Via eten en water krijgen ze koolstofisotopen binnen, waarbij het signaal per regio varieert. De verhouding tussen C-12 en C-13 maakt het mogelijk om onderscheid te maken tussen voedsel van mariene of van terrestrische oorsprong. Uit de dataset van Waddensleutels blijkt onder meer waar de primaire productie van het waddenvoedselweb vandaan komt, namelijk driekwart van kiezelwieren op de wadplaten en slechts een kwart van plankton uit het water. Deze bevinding betekent dat de Waddenzee grotendeels op eigen benen staat. Een belangrijk inzicht, dat de waarde en de urgentie van bescherming van droogvallende wadplaten vergroot.

Een andere mogelijke toepassing van koolstofisotopen is het bepalen van de oorsprong van koolstof dat ligt opgeslagen op kwelders. Recent onderzoek – dat niet binnen Waddensleutels is uitgevoerd – wijst uit dat kwelders niet alleen koolstof van lokale kwelderplanten vastleggen, maar vooral ook koolstof importeren door zwevende algen in het sediment vast te leggen. Kwelders slaan de koolstof op in het sediment, waar het voor eeuwen wordt opgeslagen. Door het vastleggen van koolstof spelen kwelders een rol in de strijd tegen klimaatverandering. Ook zeegrasvelden en mosselbanken leggen grote hoeveelheden koolstof vast, veel meer dan terrestrische systemen. Een extra reden om kustecosystemen actief te beschermen en te herstellen.

### Unieke informatie

Niet alleen over volledige ecosystemen, ook op soortniveau kan een stabiele isotopenanalyse nieuwe kennis aan het licht brengen. Isotopen-



Het voedselweb van een zandbank (links) is eenvoudiger dan van een mosselbank (rechts). Er leven niet alleen minder soorten, er zijn ook minder onderlinge connecties.

onderzoek van Waddensleutels wijst bijvoorbeeld uit dat lepelaars veel minder garnalen eten dan wetenschappers eerder dachten. Het dieet bestaat zelfs voor tachtig tot negentig procent uit platvis en grondels. Teruggang van deze vissoorten verklaart mogelijk waarom de groei van de lepelaarpopulatie in de Waddenzee stagneert. Onderzoek aan zeebaarzen laat zien dat hoe groter en ouder de vissen zijn, hoe hoger ze in het voedselweb zitten. Het dieet van jonge zeebaarzen bestaat vooral uit garnalen, later schakelen ze over naar een visdieet.

Eén enkele analyse, bijvoorbeeld van een veer met weefsel van een zeearend, kan al unieke informatie opleveren. Vijf milligram drooggewicht – bijvoorbeeld een tiental druppels bloed – is vaak al voldoende. De isotopenwaarden vertellen waar de toppredator overwegend foerageert, wat zijn menu is en uit hoeveel trofische niveaus het voedselweb onder hem bestaat. Herhaalde analyses van dezelfde soort of individu kan verschuivingen in beeld brengen.

### Steeds grotere schaal

In Nederland kunnen verscheidene laboratoria bij universiteiten de analyses uitvoeren, onder meer bij de Radboud Universiteit (RU), Rijksuniversiteit Groningen (RUG) en Wageningen Universiteit (WUR). Ook NIOZ beschikt in zowel Yerseke als Texel over de benodigde apparatuur. De prijs per meting wisselt, maar ligt grofweg rond de tien euro. Een betrouwbare voedselwebanalyse vraagt minstens drie tot vier individuele monsters per soort, waarbij alle monsters moeten worden ge-

vriesdood en geprepareerd. Naast het uitvoeren van metingen moeten onderzoekers zorgen voor een juiste interpretatie van de isotopenwaarden. Reconstructies van het voedselweb met stabiele isotopenanalyse is een veelbelovende methode om het herstel en behoud van ecosystemen te evalueren. De verwachting is dat stabiele isotopenanalyse op steeds grotere schaal wordt ingezet. Niet alleen binnen de ecologie, maar ook binnen andere sectoren. Met de groei zullen de kosten van de analyses dalen. De kennisontwikkeling binnen universiteiten en andere kennisinstellingen verloopt snel, ook op het terrein van andere stabiele isotopen, zoals waterstof-, zuurstof- en zwavelisotopen. Zo bekeken onderzoekers van Waddensleutels of waterstofisotopen aangeven of een monster afkomstig is uit zeewater, brak water of zoet water.

Door het specialistische karakter van isotopenmetingen wordt het instrument vooral in de wetenschap toegepast en – zoals bij Waddensleutels – wanneer wetenschappers en beheerders samenwerken. Voor ecologische adviesbureaus ligt hier een kans om gegevens uit isotopenmetingen te gebruiken bij het beheer van natuurgebieden.<

*Addo van der Eijk, freelance schrijver*

*Marjolijn Christianen, ecooloog Rijksuniversiteit Groningen*

*Laura Govers, ecooloog Rijksuniversiteit Groningen en Radboud Universiteit*

*Tjisse van der Heide, ecooloog Radboud Universiteit*  
*Quirin Smeele, projectleider Waddensleutels, medewerker Natuurmonumenten*

Aanleg mosselbank-experiment bij Terschelling.

foto Sander Holthuijsen

