

Wat momentopnamen van fytoplankton ons kunnen vertellen over de geschiedenis van de kust

Friederike Wagner-Cremer, Farilde Steur (Universiteit Utrecht), René van Wezel, Geurt Verweij (Bureau Waardenburg BV, voormalig Koeman en Bijkerk BV), Frans Kouwets (Rijkswaterstaat)

In samenwerking met Koeman en Bijkerk, Rijkswaterstaat en de Universiteit Utrecht zijn alle gegevens uit het programma 'Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands' (MWTL) samengevoegd in een groot databestand. Deze database biedt nu een gebruikersvriendelijk platform om de informatie over algenbestanden in de Waddenzee te bestuderen. Tijdreeksen en de ruimtelijke verspreiding van diatomeeën en dinoflagellaten in de Waddenzee kunnen eenvoudig vergeleken worden met bijvoorbeeld nutriënten, temperatuur en saliniteit. Dit maakt het mogelijk systematisch te kijken naar veranderingen in biodiversiteit, vóórkomen van exotische soorten, maar ook andere aspecten van klimaatverandering of watervervuiling.

De ecologische status van oppervlaktewateren in Nederland wordt gecontroleerd met het programma 'Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands' (MWTL). Over een dicht netwerk van referentiepunten in de kustgebieden wordt hiervoor met regelmatige bemonstering het vóórkomen van fytoplankton gecontroleerd. Deze maandelijkse opnames worden lichtmicroscopisch uitgevoerd en zijn inmiddels voor een periode van meer dan vijftien jaar beschikbaar. Dusdanig lange tijdreeksen zijn ook voor de wetenschappelijke wereld van onschatbare waarde. Het is alsof een logboek opengeslagen wordt waarin bewegingen en veranderingen van het leven in onze kustwateren tot in detail beschreven staan.

Dit soort grote databestanden maakt het mogelijk om onderzoek te doen naar de invloed van de mens en het klimaat op onze kustgebieden, en ook om de natuurlijke dynamiek van fytoplankton over een relevante tijdsperiode te kunnen analyseren.

Het Future Delta-initiatief van de Universiteit Utrecht financiert op dit moment een samenwerking tussen het ecologisch adviesbureau Koeman en Bijkerk BV, Rijkswaterstaat en de afdeling Palaeoecologie van het departement Fysische Geografie. Hierbij wordt de MWTL-data systematisch gerangschikt en gereed gemaakt voor brede toepassingen. Onbeantwoorde vragen zijn er meer dan genoeg: zijn er veranderingen in biodiversiteit waarneembaar door de opkomst van invasieve soorten? Speelt verhoogde nutriëntentoevoer een rol in de verspreiding van soorten in de kustwateren? Zijn er veranderingen in temperatuur of saliniteit waar te nemen tussen verschillende jaren? En valt met deze data ook te voorspellen welke consequenties een stijgende zeespiegel en opwarming van het klimaat kunnen hebben?

Dit soort wetenschappelijk en maatschappelijk relevante vragen hopen wij met dit project beter te kunnen benaderen.

De microscopisch kleine wereld in zee

Fytoplankton staat aan de basis van de voedselpiramide en speelt daarmee een fundamentele rol in aquatische systemen. Het bepaalt de draagkracht voor het leven op alle hogere trofische niveaus. Fytoplanktonpopulaties reageren sterk en snel op veranderingen in het milieu, zoals saliniteit en de

beschikbaarheid van nutriënten. Informatie over de soortensamenstelling is daarom waardevol om de algemene waterkwaliteit te kunnen bepalen en veranderingen in het ecosysteem te detecteren. Om hier inzicht in te krijgen is monitoring voor langere tijdsperiodes noodzakelijk.

Op dit moment hebben de monitoringsdata vooral een belangrijke toepassing in ecohydrologisch onderzoek. Deze datareeksen zijn echter veel breder inzetbaar, bijvoorbeeld voor onderzoek naar trends in soortensamenstelling als gevolg van klimaatverandering of menselijk ingrijpen in kustsystemen. Ook kan met behulp van deze data de ontstaansgeschiedenis van de Noord- en Waddenzee in kaart worden gebracht.

Fytoplanktonmonitoring vraagt om een hoog specialistisch kennisniveau en voornoemde vraagstellingen eisen langdurige onderzoeksinspanningen. Dit maakt dat langjarige planktonmonitoring veelal als (te) duur wordt beschouwd en daardoor weinig prioriteit krijgt. Maar in dit artikel zullen de wetenschappelijke en maatschappelijke meerwaarde van planktonmonitoring worden getoond aan de hand van een aantal voorbeelden.

Actuele monitoring van fytoplankton

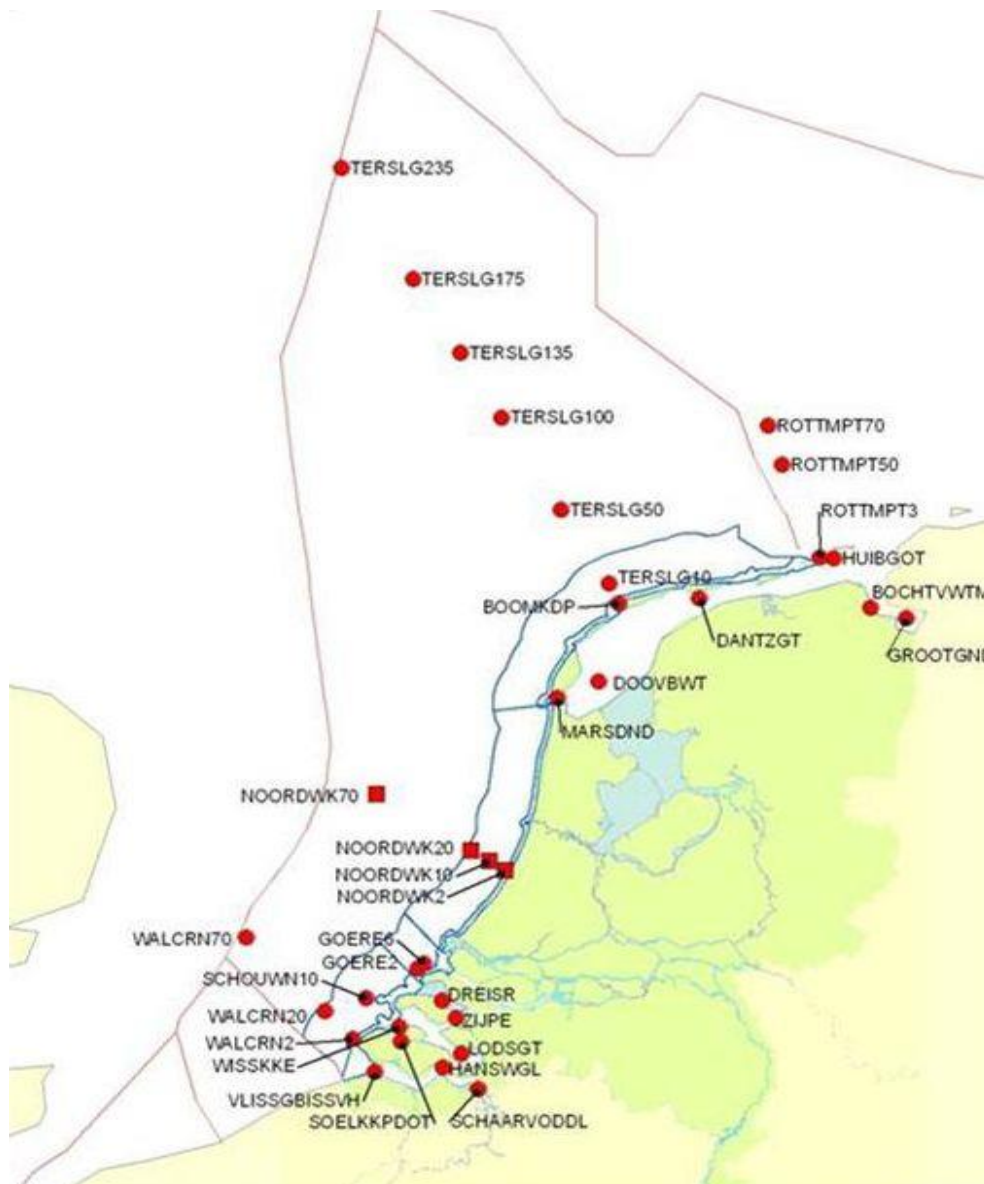
De Europese Kaderrichtlijn Water is in 2000 in werking getreden en stelt dat EU-lidstaten de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater moeten waarborgen. Hieruit voortvloeiend is men in Nederland binnen het MWTL-zoutprogramma begonnen met fytoplanktonanalyses in het Noordzee- en Waddengebied en de delta (zie afbeelding 1). Dit maakt deel uit van een monitoringnetwerk met daarin ook een omvangrijk chemische meetprogramma. Alle meetstations bevinden zich in zoute tot brakke wateren aan de Nederlandse kust en er zijn vijf transecten van locaties in de Noordzee op verschillende afstanden van de kust. Het resultaat hiervan is een continue dataset van fytoplanktongegevens over meer dan vijftien jaar. Deze data zijn nu gereed gemaakt voor statistische analyse, waarbij ze zijn gekoppeld aan de beschikbare saliniteits-, temperatuur-, stikstof- fosfor-, silica- en pH-data. Het is op dit moment de meest complete dataset voor fytoplankton voor de Nederlandse zoute tot brakke wateren.

Kustgebieden als proefvijver voor fytoplanktononderzoek

Kustgebieden lenen zich uitstekend voor onderzoek naar de oorsprong van zowel biodiversiteit als de variatie in aantallen van een soort. Door de getijdenwerking en de toevoer van zoetwater van rivieren is er een grote variatie in waterkwaliteit, zowel ruimtelijk als door de tijd. Omdat fytoplankton alles wat nodig is om te groeien en zich voort te planten uit het water haalt, reageert het sterk op veranderingen.

De grote groep algen die diatomeeën of kiezelwieren worden genoemd, bestaat uit eencellige planten met een uit silica bestaande celwand. Deze algen reageren sterk op verschillen in bijvoorbeeld temperatuur, saliniteit en nutriëntenconcentraties in het zeewater. In afbeelding 2 is het vóórkomen van drie veelvoorkomende diatomeeënsoorten op drie meetstations uit de kust van Rottumerplaat weergegeven. Het wordt duidelijk dat *Odontella aurita* (blauw) juist veel voorkomt dichtbij de kust, terwijl *Proboscia alata* (groen) juist verder uit de kust voorkomt. *Guinardia flaccida* (rood) wordt op alle locaties gevonden. Opvallend zijn de veranderingen in de totale hoeveelheid van de individuele soorten door de tijd. Aan het voorbeeld van *Proboscia alata* (groen) is duidelijk te zien dat deze in sommige jaren in hoge dichtheden wordt aangetroffen en in andere jaren lijkt te

ontbreken. Zo kunnen eenvoudig de verspreidingspatronen van verschillende soorten met elkaar vergeleken worden, of kunnen we vragen rond biodiversiteit benaderen.



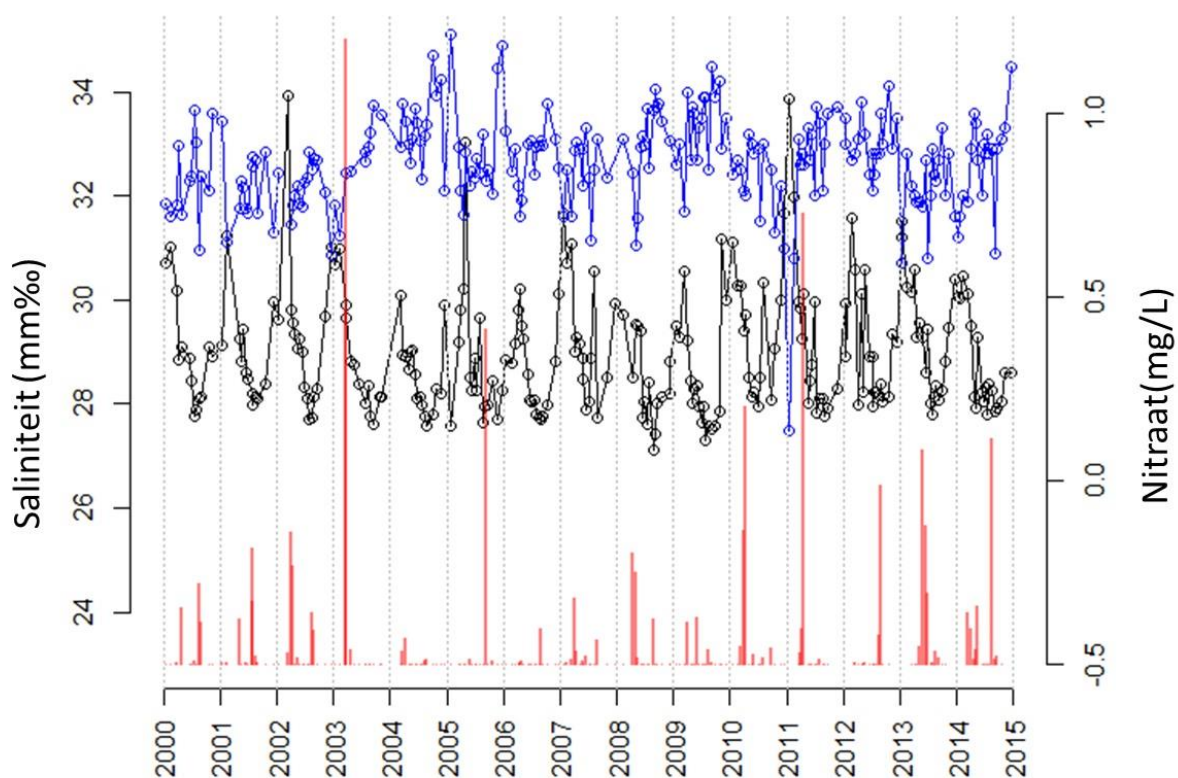
Afbeelding 1. Meetstations voor fytoplanktonmonitoring als onderdeel van het MWTL-programma



Afbeelding 2. het voorkomen van *Guinardia flaccida* (rood), *Odontella aurita* (blauw) en *Proboscia alata* (groen) sinds het jaar 2000 op drie locaties langs het Rottumerplaatstransect. Diatomeeënabundantie is geplot op een logaritmische schaal

Met behulp van de geherstructureerde dataset kunnen eveneens zeer makkelijk de oorzaken van variabiliteit in het voorkomen van enkele soorten worden onderzocht. Als voorbeeld zijn in afbeelding 3 de aantallen *Chaetoceros socialis*, zoals bepaald in het station Terschelling 10 kilometer uit de kust, geplot tegen de gemeten tijdsreeksen van saliniteit en nitraat. Hieruit blijkt deze soort in extreem hoge concentraties voor te komen vlak na periodes met hoge stikstofwaarden en buitengewoon lage saliniteit. De stikstofwaarden volgen de jaarlijkse cyclus, maar wat veroorzaakt de extreem lage saliniteit die kennelijk voor massale groei zorgt?

Alleen bij kennis van de relatie tussen biota en waterkwaliteit kunnen dit soort fenomenen grondig onderzocht worden en eventuele tegenmaatregelen getroffen worden. Meer onderzoek hiernaar is cruciaal om complexe ecosystemen zoals de Waddenzee te begrijpen en te kunnen voorspellen wat de consequenties zullen zijn van menselijke activiteit en toekomstige (klimaat-)veranderingen op het leven in de zee.

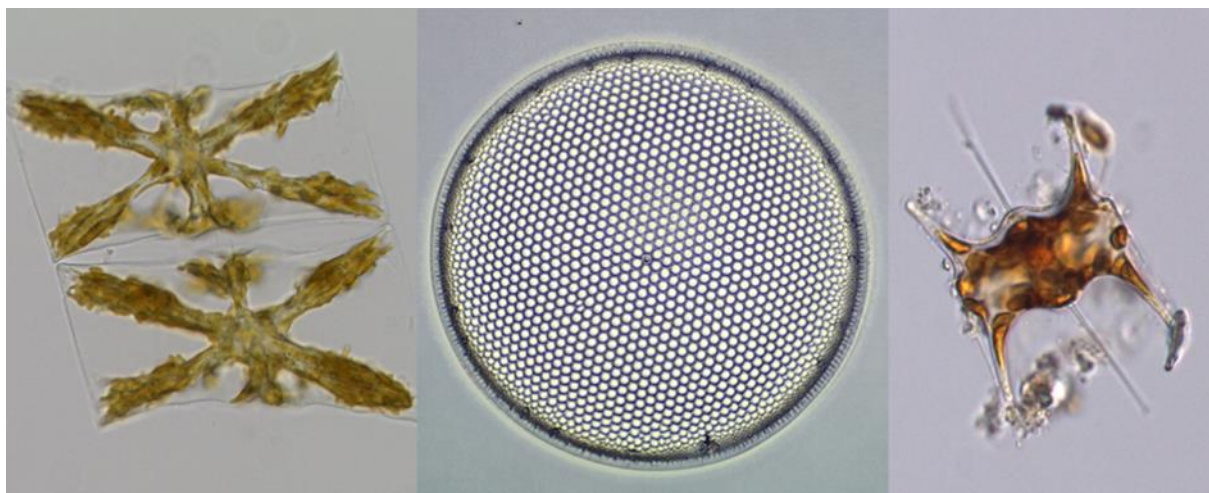


Afbeelding 3. Abundantie van *Chaetoceros socialis* sinds het jaar 2000 in het station Terschelling (10 km uit de kust, rood) geplot tegen de gemeten tijdsreeksen van saliniteit (blauw) en nitraat (zwart)

De schoonheid van het vreemde

Biodiversiteit is in alle ecosystemen een belangrijk onderwerp, zo ook in de microscopisch kleine wereld in zee. De bestandsopname van de diatomeeën in de kustgebieden toont veranderingen in de soortensamenstelling. Zeer opmerkelijk is hierbij het toenemende voorkomen van exotische soorten, waarvan er drie zijn afgebeeld in afbeelding 4.

Deze schoonheden zijn nieuw in de Nederlandse kustwateren. *Thalassiosira nodulolineata* wordt gevonden sinds grofweg 2005, *Mediopyxis helysia* is aanwezig sinds 2009 en *Odontella longicruris* sinds 2013. In het bijzonder *Mediopyxis helysia* bleek in staat inheemse soorten over te nemen en op deze manier de biodiversiteit te bedreigen. Tot op heden is het onduidelijk waar deze invasieve soorten vandaan komen en welke invloed het massale voorkomen op andere organismen kan hebben.



Afbeelding 4. microscopische opnames van diatomeeën. Van links naar rechts de soorten *Mediopyxis helysia*, *Thalassiosira nodulolineata* en *Odontella longicuris* (foto's: René van Wezel en Geurt Verweij)

Actuele data als sleutel tot het verleden

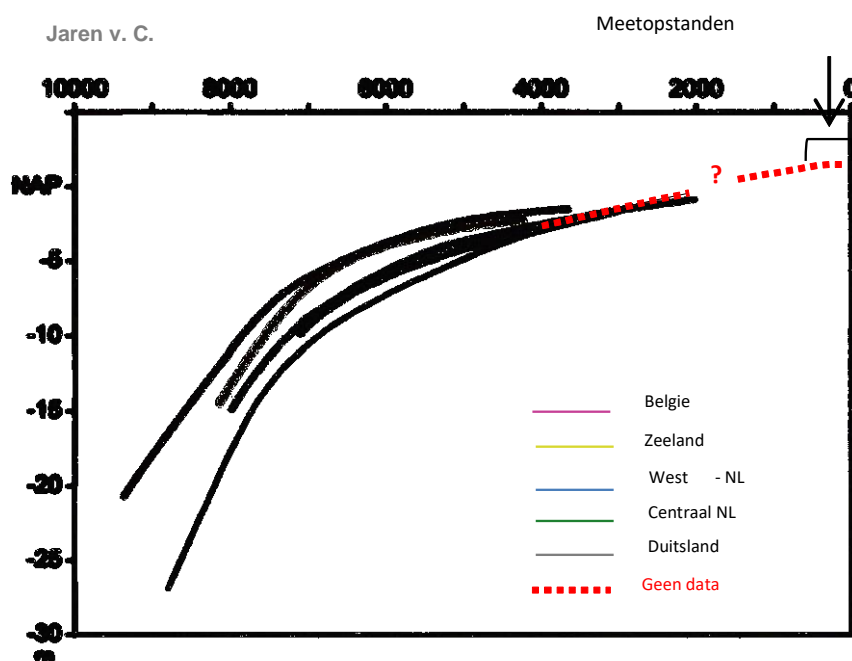
Al reageert fytoplankton snel op veranderingen in het milieu, veranderingen in soortensamenstelling zoals het verdwijnen en opkomen van soorten beslaan meestal langere tijdperioden. Zeker in de context van klimaatverandering, waarin veranderingen vaak geleidelijk over honderden of zelfs duizenden jaren verlopen, worden structurele veranderingen in soortensamenstelling pas duidelijk wanneer er ook op deze tijdschaal naar wordt gekeken. Wanneer we dit soort trends willen bestuderen zijn we afhankelijk van paleo-ecologische studies, waarin de fossiele resten van fytoplankton die in de sedimenten van de zeebodem bewaard zijn gebleven, worden geteld en als representatie dienen van de soortensamenstelling in het verleden.

Veel kiezelalgsorten die we in de waterkolom vinden komen uiteindelijk in het sediment terecht. Zo worden de schaaltes van de eerder genoemde *Odontella aurita* vaak in het sediment terug gevonden. Kennis van de autecologie (de ecologie van één soort) en dynamiek van deze soorten is belangrijk voor de interpretatie van paleo-ecologische studies. De mate van preservatie van de kiezelalgschaaltjes is echter afhankelijk van verschillende aspecten, zoals de morfologie van de soort (dikke of juist zeer dunne kiezelschaal), de waterkwaliteit, de sedimentatiesnelheid en de diepte van de waterkolom. Hierdoor worden niet alle aanwezige soorten in het sediment teruggevonden en geeft het sediment geen perfecte representatie van wat er oorspronkelijk in de waterkolom leefde.

De hier gepresenteerde dataset leent zich uitstekend als referentie voor wat vanuit de waterkolom in het sediment op de zeebodem terecht komt. Door tellingen van de watermonsters te vergelijken met de bovenste sedimentlaag krijgen we een idee over de daadwerkelijke representatie van het planktonische fytoplankton in het sediment. De verbanden tussen biologische groepen en milieuomstandigheden in de recente data (de 'transferfuncties') kunnen worden geprojecteerd op de data uit het verleden en zo resulteren in (kwantitatieve) milieureconstructies. De gevonden soortensamenstellingen van fytoplankton uit sedimenten dienen dus als een 'proxy', een indirecte informatiebron, voor klimaat- en milieuomstandigheden in het verleden.

De relevantie van paleo-ecologisch onderzoek in de Noord- en Waddenzee

De Noord- en Waddenzee zijn van hoge waarde vanwege grote economische belangen in de visserij en industriële activiteiten en de hoge bevolkingsdichtheid in de kustgebieden. Inzicht in consequenties van menselijke activiteiten zoals baggerwerkzaamheden, het opsputten of juist afgraven van zand en eutrofiëring in deze gebieden is daarom van groot belang. Maar ook in vele natuurlijke processen in deze gebieden speelt fytoplankton een grote rol. Denk hierbij aan sedimentstabilisatie en de opslag van koolstof in de zeebodem. Niet te vergeten zijn uiteraard de moeilijk in te schatten consequenties van klimaatopwarming en de daaraan gekoppelde zeespiegelstijging. Juist door het verleden te betrekken en te bestuderen kunnen we inzicht krijgen in het verloop van zeespiegelverandering en vervolgens accuratere voorspellingen doen. Kwantitatieve zeespiegelreconstructies voor de Noord- en Waddenzee beslaan echter vooral de zeer recente geschiedenis tot 300 jaar terug en de periode vanaf 3000 jaar geleden en ouder (afbeelding 5). In de laatste decennia staan directe metingen ter beschikking, voor het vroege Holoceen wordt gebruik gemaakt van sedimentologische en fysich-geografische technieken. Deze zijn helaas zeer moeilijk toe te passen op de meer recente geschiedenis van de kustgebieden, waar de sterke eigendynamiek van de Waddenzee en de matige zeespiegelstijging met elkaar interfereren. Hier zal onderzoek door middel van diatomeeën een toegevoegde waarde hebben. Vergeleken met de huidige soortensamenstellingen onder bekende omstandigheden kan de leefomgeving in het verleden worden gereconstrueerd. Met behulp van de gedetailleerde informatie uit de database kunnen vervolgens ook kleinschalige veranderingen in kaart gebracht worden.



Afbeelding 5. Zeespiegelreconstructie (NAP) op verschillende locaties in de Noordzee. De rode stippellijn geeft de periode aan waar op dit moment geen data van beschikbaar zijn. Figuur aangepast naar [1]

Van momentopnames naar database

De monitoringdata van het fytoplankton zijn nu voor het eerst gekoppeld aan de chemische gegevens en beschikbaar als complete database, per locatie, of als een combinatie van alle gewenste gebieden. Alle gegevens zijn systematisch geordend en kunnen bewerkt worden in het gebruikelijke Excel-format. Statistische analyses zoals hier gepresenteerd, worden in het programma 'R' uitgevoerd, maar zijn geschikt voor alle Excel-compatibele statistiek- of grafiekprogramma's. De taxonomische gegevens van het fytoplankton kunnen naar behoefte, van het hoogste niveau tot grote clusters of groepen, ingedeeld worden. Hierdoor is het mogelijk de veranderingen in ruimte en tijd te bestuderen voor individuele soorten en ecologische groepen, zoals bijvoorbeeld alle diatomeeën. Omdat naamgeving in de loop van de jaren veranderd kan zijn door voortschrijdend taxonomisch inzicht, zijn de gegevens over de aangetroffen soorten al grondig 'geharmoniseerd'. Hierdoor is gecompenseerd voor eventuele verschillende of dubbele naamgeving.

Een zee aan mogelijkheden

Bij deze pilotstudie zijn de MWTL-data dusdanig gestructureerd dat deze klaar is voor het statistisch benaderen van wetenschappelijk en maatschappelijk relevante vragen over de Nederlandse kustwateren. De invloed van mens en klimaat op de Waddenzee zal in de komende jaren verder versnellen. De eerste resultaten uit deze pilotstudie laten duidelijk zien dat langjarige monitoring van fytoplankton een zeer belangrijk instrument is om een beter inzicht te krijgen in welke aspecten het voorkomen van soorten sturen. Deze studie toont aan dat langdurige monitoring een groot multidisciplinair belang heeft.

Als logische vervolgstap op deze pilotstudie zal intensief aan de analyse en interpretatie van deze gegevens gewerkt worden, waarbij het beantwoorden van maatschappelijke relevante vraagstukken de hoogste prioriteit zal hebben. Nauwe samenwerking tussen wetenschappers, beleidsmakers en bedrijven staat hierbij centraal.

Bent u geïnteresseerd in deze database of hebt u vragen over beschikbaarheid en gebruik, dan kunt u gerust contact opnemen met Friederike Wagner-Cremer: f.wagner@uu.nl.

Referentie

1. Kiden P., Denys L., Johnston P., (2002). Late Quaternary sea-level change and isostatic and tectonic land movements along the Belgian-Dutch North Sea coast: geological data and model results. *Journal of Quaternary Science*, 17, 535–546.