



# Ontwikkeling module diato- meeën voor Volg- en Stuursys- teem en KRW-verkenner

Natuur  
Water *Herman van Dam*





# Ontwikkeling module diatomeeën voor Volg- en Stuursysteem en KRW-verkenner

|                                 |                           |               |
|---------------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>in opdracht van</b>          | STOWA                     |               |
| <b>auteurs</b>                  | Dr. H. van Dam            |               |
| <b>namens<br/>opdrachtgever</b> | Drs. B. van der Wal       |               |
| <b>rapportnummer</b>            | <b>code opdrachtgever</b> | <b>status</b> |
| AWN 906                         | 443.230                   | Definitief    |
| <b>datum</b>                    | 18 oktober 2013           |               |

## Referaat

H. van Dam (2013): Ontwikkeling module diatomeeën voor Volg- en Stuursysteem en KRW-Verkenner. In opdracht van: STOWA. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur. Amsterdam. Rapport 906 (eindconcept). 70p.

Het doel van deze rapportage is om met behulp van de gegevens van diatomeeën, watertypen en de fysische en chemische samenstelling van het water uit optima en toleranties van de meest voorkomende taxa van diatomeeën te berekenen. Die kunnen in de het Volg- en Stuursysteem en de KRW-Verkenner worden gebruikt om de effecten van maatregelen ter verbetering van de ecologische waterkwaliteit te evalueren en te voorspellen. Daartoe zijn de diatomeeëngegevens van 10 805 monsters uit de Limnodata geselecteerd en bewerkt, samen met de begeleidende fysische en chemische variabelen (o.a. pH, doorzicht, chlorofyl-*a*, geleidbaarheid, chloride en andere macro-ionen, nutriënten en zuurstofhuishouding). De gegevens zijn uitgebreid voorbereid, met homogenisering van de naamgeving en correctie van decimale fouten als belangrijkste stappen. De optima en toleranties van de 419 meest voorkomende taxa zijn met een eenvoudig model berekend als gewogen gemiddelden van de milieuvariabelen in ruim vijfduizend geselecteerde monsters. De gevonden waarden komen goed overeen met de verwachtingen op grond van de bestaande (kwalitatieve) kennis en ervaring. Met de optima en toleranties van de taxa zijn de geschatte waarden van de milieuvariabelen in de geselecteerde monsters berekend. De geschatte waarden zijn zeer significant gecorreleerd met de berekende waarden, maar de afwijkingen van de gemeten waarden zijn nog groot. Door logaritmische transformatie van de milieuvariabelen verbetert de prestatie voor de meeste modellen, in het bijzonder voor fosfaat, maar de spreiding blijft groot. Door opsplitsing van de monsters in vier zoutgehalteklassen ontstaat inzicht in het belang van milieuvariabelen bij verschillende zoutgehalten. Verbetering van de relaties is mogelijk door gebruik van taxonomisch meer homogene monsters en door het achterhalen van relevante stuurvariabelen per watertype en eventueel per regio.

Trefwoorden: fytobenthos, diatomeeën, gewogen gemiddelden, milieuvariabelen, pH, geleidbaarheid, chloride, nutriënten, KRW-Verkenner, Limnodata

# Inhoud

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Samenvatting                                                                                                | 1  |
| 1. Inleiding                                                                                                | 3  |
| 1.1. Het Volg- en Stuursysteem en de KRW-verkenner.....                                                     | 3  |
| 1.2. Diatomeeën.....                                                                                        | 4  |
| 2. Methoden                                                                                                 | 7  |
| 2.1. Voorbewerking .....                                                                                    | 7  |
| 2.2. Berekening gewogen gemiddelden en toleranties .....                                                    | 7  |
| 3. Voorbewerking en selectie van de gegevens                                                                | 11 |
| 3.1. Diatomeeën.....                                                                                        | 11 |
| 3.2. Omgevingsvariabelen.....                                                                               | 13 |
| 3.3. Opbouw van een evenwichtig bestand voor berekeningen<br>optima en toleranties .....                    | 17 |
| 4. Resultaten                                                                                               | 23 |
| 4.1. Ongesplitste gegevens .....                                                                            | 23 |
| 4.2. Gesplitste gegevens .....                                                                              | 30 |
| 4.3. Vergelijking gesplitste en ongesplitste gegevens.....                                                  | 36 |
| 5. Evaluatie en perspectieven                                                                               | 39 |
| 5.1. Limnodata .....                                                                                        | 39 |
| 5.2. Berekeningsmethoden.....                                                                               | 41 |
| 6. Dankwoord                                                                                                | 43 |
| 7. Literatuur                                                                                               | 45 |
| Bijlagen                                                                                                    | 47 |
| Bijlage 1. Aantallen waarnemingen omgevingsvariabelen.....                                                  | 49 |
| Bijlage 2. Kwaliteit omgevingsvariabelen.....                                                               | 51 |
| Bijlage 3. Optima en toleranties van de taxa (ongesplitste<br>zoutgehalteklassen).....                      | 55 |
| Bijlage 4. Gemiddelde hoeveelheid taxa met optimum per<br>beheersgebied (ongesplitste zoutgehalteklassen) . | 59 |
| Bijlage 5. Karakterisering taxa zonder toegekende optima<br>en toleranties.....                             | 61 |

|            |                                                                                      |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bijlage 6. | Vergelijking modellen gewogen gemiddelden<br>(ongesplitste zoutgehalteklassen) ..... | 63 |
| Bijlage 7. | Soortensamenstelling geselecteerde monsters .....                                    | 65 |
| Bijlage 8. | Prestatiekenmerken WA-modellen (gesplitste<br>zoutklassen) .....                     | 67 |
| Bijlage 9. | Optima van de taxa (gesplitste zoutgehalte-<br>klassen) .....                        | 69 |

# Samenvatting

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doel                                       | Het doel van deze rapportage is om met behulp van de gegevens van diatomeeën, watertypen en de fysische en chemische samenstelling van het water uit de Limnodata optima en toleranties van de meest voorkomende diatomeeëntaxa te berekenen. Die kunnen worden gebruikt om een beter begrip te krijgen van het ecologisch functioneren van een watersysteem en eventuele knelpunten daarin, effectieve maatregelen te identificeren, voorspellen en evalueren en passende ecologische doelen af te leiden. De resultaten kunnen worden toegepast in instrumenten als het Volg- en Stuursysteem en de KRW-Verkenner.                                                                                                                                          |
| Stappen                                    | <p>De volgende stappen zijn doorlopen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Opzoeken gegevens in en exporteren gegevens uit Limnodata</li><li>2. Selectie, screening en aanpassing gegevens</li><li>3. Berekeningen optima en toleranties van diatomeeën voor de geselecteerde milieuvariabelen.</li><li>4. Schatting waarden van milieuvariabelen in monsters met optima en toleranties van de voorkomende diatomeeën.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Selectie, screening en aanpassing gegevens | <p>Uit de Limnodata zijn gegevens van 10 805 diatomeeënmonsters gevonden. Na aanpassing van de nomenclatuur resteerden er 1482 taxa, waarvan de 419 meest voorkomende (97,4% van alle diatomeeën) bij de berekeningen werden betrokken.</p> <p>Van 26 milieuvariabelen betreffende licht, macro-ionen, nutriënten en zuurstofhuishouding werden voldoende gegevens gevonden om te kunnen koppelen aan de diatomeeëngegevens. Zonodig werden correcties uitgevoerd en onwaarschijnlijke waarnemingen verwijderd.</p> <p>Om de oververtegenwoordiging van voedselrijke locaties te verminderen zijn daarvan veel locaties weggelaten en ongeveer de helft van de beschikbare monsters gebruikt voor het berekenen van optima en toleranties van de soorten.</p> |
| Berekeningen optima en toleranties         | <p>De optima en de toleranties van de taxa zijn berekend volgens de methode van de gewogen gemiddelden, in eerste instantie voor alle ruim 5000 geselecteerde monsters gezamenlijk en in tweede instantie voor deelverzamelingen van monsters uit zoete, zeer zwak brakke, zwak brakke, matig brakke en sterk brakke wateren. In het tweede geval zijn de waarden van de milieuvariabelen ook logaritmisch getransformeerd. De gevonden waarden komen goed overeen met de verwachtingen op grond van de bestaande (kwalitatieve) kennis en ervaring.</p>                                                                                                                                                                                                      |
| Schatting waarden van milieuvariabelen     | <p>Uit de berekende optima van de taxa voor de verschillende milieuvariabelen zijn vervolgens voor elk monster de gewogen gemiddelden bere-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

kend voor de betreffende milieuvariabelen. In verschillende modellen is nog rekening gehouden met de toleranties van de taxa en is ontkrimping toegepast.

De berekende waarden van de milieuvariabelen van de dataset als geheel zijn zonder uitzondering zeer significant gecorreleerd ( $p < 0,001$ ) met de werkelijke waarden, maar de afwijkingen met de gemeten waarden zijn nog groot. In de gesplitste dataset verbeteren de relaties voor de meeste milieuvariabelen, onder andere fosfaat, maar de spreiding blijft in de meeste gevallen nog erg groot.

### Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de ontwikkelde modellen alleen te gebruiken voor die variabelen waarvan bekend is dat ze van causaal belang zijn voor de verspreiding van diatomeeën, zoals zuurgraad, macro-ionen en fosfaat.

Verbetering van de relaties is waarschijnlijk mogelijk door gebruik van een taxonomisch meer homogene dataset en het per watertype en eventueel per regio achterhalen van de stuurvariabelen uit begeleidende abiotische gegevens.



# I. Inleiding

## I.1. Het Volg- en Stuursysteem en de KRW-verkenner

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | <p>Momenteel worden voor de waterbeheerders twee instrumenten ontwikkeld waarbij ecologische rekenregels van groot belang zijn: de KRW-Verkenner en het KRW Volg- en Stuursysteem (VSS). Deze instrumenten kunnen een belangrijke rol spelen bij het afleiden van maatregelen en doelen voor de tweede ronde stroomgebiedsbeheerplannen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| KRW Volg- en Stuursysteem | <p>Het KRW Volg- en Stuursysteem (VSS) is een instrument dat alle relevante informatie over het watersysteem ontsluit. Het instrument zorgt voor betere communicatie en samenwerking tussen alle geledingen binnen het waterschap (van bestuurders, beleidsambtenaren tot operationeel beheerders). Het VSS biedt een diagnostisch kader voor watersystemen. Hiermee is een beter begrip van het functioneren de basis voor het afleiden van effectieve maatregelen.</p> <p>Het VSS brengt diverse typen watergegevens (nutriëntenbelasting, hydrologie, grondsoorten, emissies, lichtklimaat, weer, gemelde klachten) bij elkaar en ontsluit deze in samenhang, om een goed beeld te krijgen van het ecologisch functioneren en mogelijke gebreken daarin.</p> <p>Het systeem combineert de ingebrachte gegevens met behulp van moderne rekenregels en modellen tot een aantal heldere voorwaarden waaraan moet worden voldaan voor een goede ecologische waterkwaliteit. Dit zijn ecologische sleutelfactoren (ESF's), zoals externe en interne nutriëntenbelasting, lichtklimaat, habitatgeschiktheid, organische belasting, beleving.</p> |
| KRW-verkenner             | <p>De KRW-Verkenner is een instrument voor het doorrekenen van het effect van maatregelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) worden genomen. Het geeft de gebruikers inzicht in de effectiviteit van maatregelen en maatregelpakketten op het gebied van chemie en ecologie in relatie tot de KRW doelstellingen (prognose). Daarnaast worden ook de kosten van de maatregelen meegenomen.</p> <p>De KRW-Verkenner is bedoeld voor kennisontsluiting over de effectiviteit van KRW- maatregelen, voor het afwegen van mogelijke maatregelen én voor communicatie met belanghebbenden op het niveau van het stroomgebied. In de KRW-Verkenner kunnen zowel de effecten van de landelijke maatregelen (met name brongericht) als van regionale maatregelen (met name effectgericht) inzichtelijk worden gemaakt (<a href="http://www.krwwerken.nl">www.krwwerken.nl</a>). In het hele proces van de implementatie van de KRW is door ecologen geen gebruik gemaakt van de KRW-Verkenner:</p>                                                                                                                                       |

het was te omslachtig en in de gevallen dat het is geprobeerd kwamen er vreemde uitkomsten (Reeze & De Vlieger 2009).

Toch is er behoefte aan een instrument dat de beschikbare kennis objectificeert en zo (meer) onderbouwing geeft aan de maatregelenpakketten. De interesse concentreert zich rond de kwantitatieve effecten van maatregelen op de score op de maatlatten. Dit is een moeilijk vraagstuk door de veelheid van factoren die van belang zijn bij het slagen van een project en de gebiedsspecifieke kenmerken die ook altijd een rol spelen. Het schaalniveau dat hierbij het meest relevant is, is dat van de maatregel (meestal een deel van het waterlichaam (herstel- en inrichtingsprojecten), soms het waterlichaam (actief biologisch beheer) of zelfs een stroomgebied (vismigratie). Een instrument moet in ieder geval gebruiksvriendelijk, eenvoudig, inzichtelijk en bovenal flexibel zijn, zodat kennisregels toegevoegd kunnen worden of aangepast aan gebiedsspecifieke omstandigheden (Reeze & De Vlieger 2009).

AqMad en AqMaPro

Voor het kwaliteitselement macrofyten zijn door Riegman (2007) twee modellen ontwikkeld die bij uitstek geschikt zijn voor toepassing in het Volg- en Stuursysteem en de KRW Verkenner. AqMaD identificeert de fysische, chemische en biologische knelpunten van een waterlichaam aan de hand van de aangetroffen water- en/of oeverplanten. AqMaPro berekent het effect van voorgenomen en/of uitgevoerde maatregelen op de vegetatie. Daartoe zijn gegevens van ecologische optima van 740 plantensoorten uit een groot aantal literatuurbronnen bijeengebracht.

Beide modellen zijn door STOWA gekocht en de verdere ontwikkeling en uitbreiding daarvan met andere biologische kwaliteitselementen, zoals macrofauna en diatomeeën (fytobenthos), is opgedragen aan Deltares.

## I.2. Diatomeeën

Diatomeeën of kiezelwieren zijn ééncellige algen, die meestal het belangrijkste deel uitmaken van het fytobenthos. Voor het berekenen van scores van het fytobenthos op KRW-maatlatten wordt daarom in de meeste EU-landen alleen van diatomeeën gebruik gemaakt (Birk e.a. 2012).

Perspectieven

Van Dam & Mertens (2010) geven een overzicht van de methoden voor het gebruik van diatomeeën in het biologisch wateronderzoek in het algemeen en de Kaderrichtlijn Water in het bijzonder. De belangrijkste factoren die de verspreiding van diatomeeën bepalen zijn zoutgehalte (geleidingsvermogen), zuurgraad, alkaliniteit, nutriënten (vooral fosfaat en waarschijnlijk in mindere mate minerale stikstof) en het complex van de beschikbaarheid van organisch afbreekbaar materiaal (organisch gebonden stikstof, biologisch zuurstofverbruik) en zuurstofhuishouding (biologisch zuurstofverbruik, ammonium-stikstof, zuurstofverzadiging). Door Van Dam e.a. (1994) zijn lijsten met indicatiewaarden van bijna duizend taxa uit zoete en zwak brakke wateren opgesteld, die (inter)nationaal zeer veel worden gebruikt. Een groot nadeel van deze lijsten is dat de indicatiegetallen kwalitatief zijn en daardoor slechts van beperkte waarde zijn (Denys 2004).

In de European Diatom Database (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/>) is een groot aantal gegevens, van 1361 meren in Europese heuvel- en

berggebieden opgenomen, die zijn gebruikt voor het construeren van z.g. transferfuncties voor saliniteit, pH en totaal-fosfaat. Met deze functies kan een kwantitatieve inschatting (inclusief onzekerheidsmarge) worden gemaakt van de betreffende milieuvariabelen. Door veel auteurs zijn ook voor andere datasets zulke transferfuncties ontwikkeld, voornamelijk voor pH en fosfaat (Ter Braak & Van Dam 1989, Stoermer & Smol 1999, AquaSense 2005a, Van Dam 2007).

De buitenlandse gegevens zijn in eerste instantie niet goed bruikbaar voor de Nederlandse situatie, voornamelijk door de afwijkende watertypen en andere bemonsteringsmethoden. De buitenlandse datasets bestaan bijna allemaal uit sedimentmonsters, die met boorkernen uit het midden van meren zijn verzameld. Daardoor zijn er naast littorale epifytische diatomeeën vooral veel schalen van afgestorven planktonische diatomeeën in die monsters. In de ondiepe Nederlandse wateren zijn de sedimenten vaak veel te veel verstoord voor dergelijk onderzoek. Daarom worden hier te lande vooral epifytische diatomeeën bemonsterd, meestal van rietstengels. Uit Vlaanderen is wel een dataset met transferfuncties voor diverse variabelen, o.a. COD en silicium gepubliceerd (Denys 2006), maar dit betreft ook sedimentdiatomeeën. Gemeenschappelijk aan alle binnen- en buitenlandse onderzoeken is wel dat ze gebruik maken van de door Ter Braak & Van Dam (1989) ontwikkelde methode van de gewogen gemiddelden.

Voor het gebruik binnen het VSS en de KRW Verkenner zijn vooral de relaties van de diatomeeën met variabelen als chloride, alkaliniteit en zuurgraad (herkomst van het water) en biologisch zuurstofverbruik, zuurstof en nutriënten (organische belasting en eutrofiëring) van belang. In verband met een relatie met de herkomst van het water geldt dat ook voor sulfaat en calcium (ionenverhouding)

#### Doel van dit rapport

Het doel van deze rapportage is om met behulp van de gegevens van diatomeeën, watertypen en de fysische en chemische samenstelling van Nederlandse wateren optima en toleranties van de meest voorkomende diatomeeëntaxa te berekenen. Deze kunnen worden gebruikt om een beter begrip te krijgen van het ecologisch functioneren van een watersysteem en eventuele knelpunten daarin, effectieve maatregelen te identificeren, voorspellen en evalueren en passende ecologische doelen af te leiden. De resultaten kunnen worden toegepast in instrumenten als het Volg- en Stuursysteem en de KRW-Verkenner.



## 2. Methoden

Uit de Limnodata ([www.limnodata.nl](http://www.limnodata.nl)) zijn de gegevens van duizenden diatomeeënmonsters uit verschillende Nederlandse watertypen, met (incomplete) gegevens omtrent watertype en fysisch-chemische gesteldheid van het water opgevraagd.

### 2.1. Voorbewerking

Eerst is de integriteit van de gegevens uit de database onderzocht door steekproefsgewijze vergelijking van de diatomeeëngegevens uit de Limnodata met een aantal oorspronkelijk laboratoriumrapporten.

Van de chemische gegevens is nagegaan in hoeverre ze in overeenstemming zijn met de te verwachten waarden en hoe gevoelig de bepalingsmethoden zijn. Dat laatste door vergelijking van de gemiddelde waarden met de meest gebruikte detectiegrenzen.

### 2.2. Berekening gewogen gemiddelden en toleranties

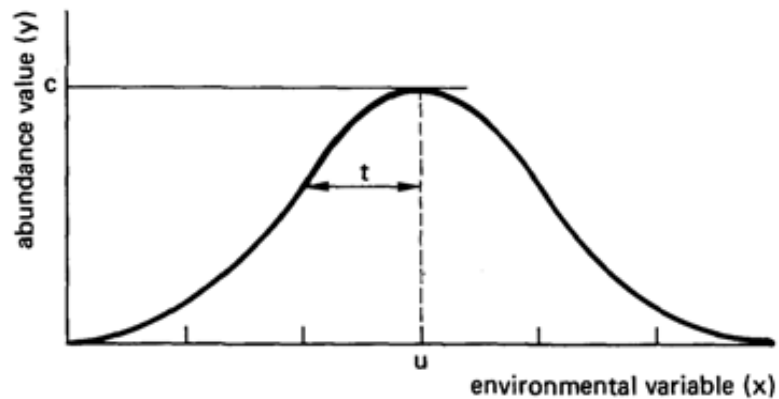
Van oudsher is er in de toegepaste hydrobiologie belangstelling voor het schatten van de waarden van milieuvariabelen uit het voorkomen van organismen. Daarbij wordt meestal uitgegaan van een zogenaamde Gaussische respons van organismen op milieuvariabelen (Figuur 1).

Om het optimum van elk daartoe geselecteerd taxon te schatten is gebruik gemaakt van de methode van de gewogen gemiddelden. Het geschatte optimum  $\underline{u}_k$  van het taxon  $k$  in  $n$  monsters is gelijk aan:

$$\underline{u}_k = \frac{\sum_i y_{ik} \times x_i}{\sum_i y_{ik}}, \quad (1)$$

waarin  $y_{ik}$  de abundantie van taxon  $k$  in monster  $i$  en  $x_i$  de waarde van de gemeten milieuvariabele in monster  $i$  voorstellen.





Figuur 1. De Gaussische respons voor de abundantie ( $y$ ) van een taxon op de milieuvariabele ( $x$ ) ( $u$  = optimum of modus,  $t$  = tolerantie,  $c$  = maximum) (Ter Braak & Van Dam 1989).

Berekening optima taxa  
Schatting milieuvariabelen in  
monsters

Als de optima van de taxa zijn berekend kan volgens Ter Braak & Van Dam (1989) voor een willekeurig monster waarin voldoende exemplaren van  $k$  taxa met aldus vastgestelde optima van de taxa voorkomen de geschatte waarde van de betreffende milieuvariabele ( $\underline{x}_i$ ) worden berekend met het gewogen gemiddelde:

$$\underline{x}_i = \frac{\sum_k y_{ik} \times \underline{u}_k}{\sum_k y_{ik}} \quad (2)$$

Soorten met een grotere spreiding rond het optimum hebben een grotere tolerantie ( $t$ ) voor de betreffende milieuvariabele dan soorten met een kleinere spreiding. Een eenvoudige schatter voor de tolerantie is:

$$\underline{t}_k = \{ \sum_k y_{ik} \times (x_i - \underline{u}_k)^2 / \sum_k y_{ik} \}^{1/2} \quad (3)$$

Als de tolerantie van de taxa onderling sterk verschilt kan het zinvol zijn om de taxa te wegen met het omgekeerde kwadraat van hun tolerantie (Ter Braak & Barendregt 1986). In plaats van met formule (2) kan het gewogen gemiddelde dan worden geschat met:

$$\underline{x}_i = \frac{\sum_k y_{ik} \times \underline{u}_k / \underline{t}_k^2}{\sum_k y_{ik} / \underline{t}_k^2} \quad (4)$$

Ontkrimping

Na toepassing van de formules (1) en (3) of (4) zijn twee maal gemiddelden uitgerekend, waardoor de range van de berekende waarden van de milieuvariabelen kleiner is dan die van de gemeten variabelen (de maxima worden lager en de minima hoger geschat). Om hiervoor te compenseren wordt nog een extra regressie uitgevoerd van de gemeten waarden van de milieuvariabele op de met de formules (2) of (4) berekende schattingen van de milieuvariabele, waarmee de uiteindelijke schatting wordt verkregen. Dat kan gebeuren op de klassieke manier, waarbij de regressiecoëfficiënt van aanvankelijke geschatte waarden ( $\underline{x}_i$ ) uit de vergelijkingen (2) of (4) met de gemeten waarden van de milieuvariabelen ( $x_i$ ) wordt berekend:

$$\text{aanvankelijke } \underline{x}_i = a + b \times x_i; \text{ uiteindelijke } \underline{x}_i = (\text{aanvankelijke } \underline{x}_i - a)/b \quad (5)$$

of door omgekeerde (inverse) regressie, waar het omgekeerde gebeurt:

$$x_i = a + b \times \text{aanvankelijke } \underline{x}_i; \text{ uiteindelijke } x_i = a + b \times \text{aanvankelijke } \underline{x}_i \quad (6)$$

De laatste methode is voor het eerst toegepast door Ter Braak & Van Dam (1989). Inverse regressie is meestal efficiënter dan klassieke regressie, gemeten naar de RMSE (formule 7), vooral voor waarden die rond het gemiddelde van de gemeten milieuvariabele liggen (Juggins & Birks 2012).

Aan het laatste kan enigszins worden tegemoetgekomen door ‘weighted averaging partial least squares regression (WAPLS) toe te passen. Dat is echter een gecompliceerd algoritme, wat slechts tot een verbetering van maximaal ongeveer 30%, maar vaak aanzienlijk minder, van de RMSE leidt (Ter Braak & Juggins 1993, Juggins & Birks 2012). Daarom is WAPLS hier niet toegepast.

Rekenprogramma's

Om een goed inzicht te krijgen in de variatie van de samenstelling van de monsters en de consequenties van keuzes in de berekeningsmethoden zijn alle berekeningen in eerste instantie uitgevoerd met Excel 2007.

Naderhand zijn de gegevens uitgesplitst naar zoutgehaltenklassen en zijn de gemiddelden en toleranties van de taxa berekend met het speciale programma C2 (Juggins 2007).

Gebruikte monsters en taxa

Voor de berekening van de optima en toleranties van de taxa is in eerste instantie gebruik gemaakt van het voorkomen van de taxa in 5143 geselecteerde monsters ('training set'). Hiervoor zijn in eerste instantie de 248 meest abundante taxa (van de in totaal 1466 taxa) gekozen. Deze hebben samen een procentuele hoeveelheid van 95% van de totale abundantie. Daarnaast zijn nog 171 uitgekozen die niet tot deze meest abundante taxa behoren, maar die in ten minste 25 monsters voorkomen. De milieuvariabelen zijn ook berekend uit de soortensamenstelling van de overige 5497 monsters, die daarmee als een validatieset ('test set') fungeren.

In tweede instantie is onderscheid gemaakt naar zoutgehalteklassen. Daarbij zijn de monsters ingedeeld volgens het ecologisch beoordelingssysteem van brakke binnenwateren (Tabel 1). De berekeningen zijn uitgevoerd met dezelfde 419 taxa als in de eerste exercitie.

Tabel 1. Indeling van binnenwateren naar zoutgehalte (Van Dam 2002).

| Klasse | Cl (mg/l)       | Omschrijving    |
|--------|-----------------|-----------------|
| 1      | <300            | zoet            |
| 2      | 300 - 1 000     | zeer licht brak |
| 3      | 1 000 - 3 000   | licht brak      |
| 4      | 3 000 - 10 000  | matig brak      |
| 5      | 10 000 - 25 000 | sterk brak      |

Effectiviteitsmaten

Voor het beoordelen van de effectiviteit van de berekeningen is, naast de product-moment-correlatiecoëfficiënt tussen de berekende en gemeten waarden van de milieuvariabelen, gebruik gemaakt van de RMSE, ofwel de 'Root mean squared error', die wordt gedefinieerd als:

$$RMSE = \{ \sum_i (x_i - \underline{x})^2 / n \}^{1/2} \quad (7)$$

Met het programma C2 is het ook mogelijk om bij ontstentenis van een validatieset iets over de effectiviteit van de berekeningen te zeggen. Hiervoor is gebruikt van 'bootstrapping'. Het is een herbemonsterings-procedure, waarvan de details o.a. worden beschreven op

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). De hierbij behorende schattingsfout staat bekend als 'Root mean squared error of prediction' (RMSEP) (Birks e.a. 1990).

Over het algemeen wordt verondersteld dat het model met de laagste RMSE de beste beschrijving geeft van de variatie in de dataset.

### Controle

Bij elke berekeningsstap werd zo goed mogelijk gecontroleerd of de tussenresultaten overeenkwamen met de verwachtingen. Als dit niet het geval was werden eventuele fouten opgespoord en verbeterd.

In het programma C2 worden grafieken aangemaakt waarin de berekende waarden van de omgevingsvariabelen worden uitgezet tegen de gemeten waarden. Voor elk model zijn deze grafieken visueel geïnspecteerd op uitschieters. Als deze aanwezig waren is steeds teruggegaan naar de originele milieugegevens en meestal bleek dat daar dan, ondanks de zorgvuldige screening vooraf, toch nog onregelmatigheden in waren. De afwijkende monsters zijn vervolgens verwijderd, waarna het betreffende model opnieuw is gedraaid.

## 3. Voorbewerking en selectie van de gegevens

### 3.1. Diatomeeën

#### 3.1.1. Integriteitscontrole

Medio 2009 werden alle beschikbare diatomeeëngegevens opgevraagd uit de Limnodata. Bij een eerste inspectie bleek dat veel monsters er dubbel of incompleet in aanwezig waren. Dat kon worden geconstateerd doordat in veel monsters waarvan bekend was dat er precies 200 of 400 exemplaren zouden moeten voorkomen minder, maar soms ook meer exemplaren werden gevonden. Ook bevatten de diatomeeënmonsters veel niet-diatomeeën. Na enkele herstructureringen van de Limnodata werd uiteindelijk begin oktober van dat jaar een bestand verkregen opgeleverd, dat grotendeels in orde leek te zijn.

#### 3.1.2. Selectie van diatomeeënmonsters en -taxa

Het complete bestand bevat 10 805 monsters, veel van rietstengels, maar ook van andere substraten. Hoewel bekend is dat het substraat invloed kan hebben op de soortensamenstelling (zie bijvoorbeeld Rimet 2012) is er bij de verdere verwerking is geen onderscheid gemaakt tussen verschillende substraten, omdat deze niet altijd bekend zijn. In de monsters varieert het aantal getelde exemplaren van 1 tot 58 584, met een mediaan van 205 exemplaren. Er zijn voor de abundanties drie soorten getallen gebruikt (tellingen tot een aantal van meestal rond 200 of 400 exemplaren, procentuele hoeveelheden tussen 0 en 100% en aantallen per oppervlakte-eenheid). Vóór het uitvoeren van de overige berekeningen zijn alle abundanties omgerekend naar procentuele hoeveel-

heden. In 165 monsters ligt de som van het getelde exemplaren beneden 80. Deze monsters zijn niet verder bij de analyses betrokken, omdat er hier kennelijk (te veel) informatie verloren is gegaan.

In veel monsters zijn ook nog taxa buiten de tellingen gescoord. Omdat dit echter lang niet altijd het geval is, zijn dergelijke taxa verwijderd uit de monsters. Meestal zijn ze te herkennen aan de hoeveelheid 0 (nul), maar soms worden voor taxa buiten de tellingen ook de hoeveelheden 0,1 of 0,5 aangegeven.

Na het verwijderen van de taxa die alleen buiten de tellingen werden gevonden en één niet-diatomee (*Euglena agilis*) resteerden nog 1735 taxa.

### 3.1.3. Taxonomische homogenisering

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Administratieve correcties      | In totaal komen zijn in de Limnodata 1747 namen van diatomeeëntaxa gebruikt. Veel van deze namen zijn doubletten, die zoveel mogelijk zijn verwijderd. Het gaat zowel om eenvoudige varianten, zoals <i>Navicula vandamii</i> v. <i>mertensiae</i> en <i>Navicula vandamii</i> var. <i>mertensiae</i> , verschrijvingen als <i>Rossithidium pertersenii</i> en <i>Rossithidium petersennii</i> in plaats van <i>Rossithidium petersenii</i> , maar ook om verschillende interpretaties van hetzelfde taxon, zoals <i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsalsus</i> naast <i>Actinocyclus normanii</i> morphotype <i>subsalsus</i> . Soms zijn verkeerde uitgangen gebruikt, zoals bij <i>Opephora burchardiae</i> , in plaats van <i>Opephora burchardtiana</i> . Ook zijn taxonnamen gebruikt die helemaal niet bestaan, zoals ' <i>Thalassiosira minuta</i> '. |
| Conversie naar TWN-nomenclatuur | Na het aanbrengen van enkele honderden van deze correcties werd de soortenlijst zoveel mogelijk in overeenstemming gebracht met de TWN-lijst ( <a href="http://www.idsw.nl">www.idsw.nl</a> ) van 20 januari 2010 (laatstelijk gewijzigd op 6 januari 2010), zodat een lijst van 1482 taxa ontstond. Hiervan staan er 1378 op de TWN-lijst, terwijl er 69 ontbreken. Het gaat hier om taxa die maar een enkele keer zijn aangetroffen in de monsters en die in veel gevallen nog moeten worden gevalideerd, zoals <i>Cymbella incerta</i> , <i>Navicula iranensis</i> en <i>Scoilioneis tumida</i> . In 35 gevallen is afgeweken van de TWN-lijst. Zo zijn de typevariëteiten tot de hoofdsort gerekend (bijvoorbeeld <i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>gibba</i> wordt <i>Rhopalodia gibba</i> ). <sup>1</sup>                                                    |
| Aggregatie                      | Verreweg de meeste monsters zijn gedetermineerd in de periode na het beschikbaar komen van de flora van Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991), wat de vergelijkbaarheid van de monsters zeer ten goede komt. Een aantal taxa dat in de loop der jaren niet consistent is gedetermineerd, is geaggregeerd. De belangrijkste aggregaten zijn vermeld in Tabel 2. Daarnaast zijn enkele taxa gespecificeerd, zoals <i>Hippodonta</i> in de Limnodata, dat vrijwel altijd betrekking heeft op <i>H. capitata</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

<sup>1</sup> Het is een goed principe om de typevariëteiten apart van de hoofdsort aan te geven, maar omdat dit nog maar sporadisch is gedaan is dat voor dit onderzoek nog niet zinvol. In de praktijk hebben de meeste opgaven van soorten zonder specificatie van de typevariëteit betrekking op de typevariëteit.

Tabel 2. Overzicht van een aantal belangrijke aggregaties van diatomeetaxa.

| Monsters | Naam in Limnodata                                | Aangepaste naam                   | Monsters | Naam in Limnodata                        | Aangepaste naam                |
|----------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|----------|------------------------------------------|--------------------------------|
| 3        | Achnanthis minutissimum v.gracillima             | Achnanthis minutissimum           | 11       | Pinnularia perirrata                     | Pinnularia appendiculata-groep |
| 9        | Achnanthis minutissima v.jackii                  | Achnanthis minutissima            | 47       | Pinnularia silvatica                     | Pinnularia appendiculata-groep |
| 4491     | Achnanthis minutissima                           | Achnanthis minutissima            | 447      | Pinnularia gibba                         | Pinnularia gibba-groep         |
| 3        | achnanthis minutissima v.inconspicua             | Achnanthis minutissima            | 20       | Pinnularia gibba v.linearis              | Pinnularia gibba-groep         |
| 73       | Achnanthis                                       | Achnanthis minutissima            | 1        | Pinnularia gibba v.mesogongyla           | Pinnularia gibba-groep         |
| 2172     | Achnanthis affine                                | Achnanthis minutissima            | 1        | Pinnularia gibba v.undulata              | Pinnularia gibba-groep         |
| 105      | Achnanthis minutissimum                          | Achnanthis minutissimum           | 2        | Pinnularia gibbiformis                   | Pinnularia gibba-groep         |
| 1        | A. minutissimum var. minutissimum                | Achnanthis minutissimum           | 1        | Pinnularia mesogongyla                   | Pinnularia gibba-groep         |
| 4154     | Cocconeis placentula                             | Cocconeis placentula s.l.         | 24       | Pinnularia pseudogibba                   | Pinnularia gibba-groep         |
| 579      | Cocconeis placentula v.euglypta                  | Cocconeis placentula s.l.         | 58       | Pinnularia subgibba                      | Pinnularia gibba-groep         |
| 1        | Cocconeis placentula v.klinoraphis               | Cocconeis placentula s.l.         | 11       | Pinnularia subgibba v.undulata           | Pinnularia gibba-groep         |
| 2396     | Cocconeis placentula v.lineata                   | Cocconeis placentula s.l.         | 8        | Pinnularia subgibba var. undulata        | Pinnularia gibba-groep         |
| 3        | Cocconeis placentula v.placentula                | Cocconeis placentula s.l.         | 767      | Pinnularia microstauron                  | Pinnularia microstauron-groep  |
| 203      | Cocconeis placentula v.pseudolineata             | Cocconeis placentula s.l.         | 4        | Pinnularia microstauron v.nonfasciata    | Pinnularia microstauron-groep  |
| 4        | Cocconeis placentula v.rouxii                    | Cocconeis placentula s.l.         | 5        | Pinnularia microstauron v.rostrata       | Pinnularia microstauron-groep  |
| 17       | Cocconeis placentula v.tenuistriata              | Cocconeis placentula s.l.         | 10       | Pinnularia microstauron var. nonfasciata | Pinnularia microstauron-groep  |
| 135      | Cocconeis placentula var. euglypta               | Cocconeis placentula s.l.         | 21       | Pinnularia microstauron var. rostrata    | Pinnularia microstauron-groep  |
| 558      | Cocconeis placentula var. lineata                | Cocconeis placentula s.l.         | 35       | Pinnularia submicrostauron               | Pinnularia microstauron-groep  |
| 49       | Cocconeis placentula var. pseudolineata          | Cocconeis placentula s.l.         | 56       | Pinnularia rupestris                     | Pinnularia viridis-groep       |
| 86       | Fragilaria capucina group distans/fragilarioides | Fragilaria capucina groep distans | 2        | Pinnularia rupestris v.cuneata           | Pinnularia viridis-groep       |
| 1        | Fragilaria capucina v. distans                   | Fragilaria capucina groep distans | 5        | Pinnularia subrupestris                  | Pinnularia viridis-groep       |
| 4        | Fragilaria capucina var. distans                 | Fragilaria capucina groep distans | 6        | Pinnularia subrupestris v.parva          | Pinnularia viridis-groep       |
| 2108     | Fragilaria capucina                              | Fragilaria capucina s.l.          | 127      | Pinnularia viridiformis                  | Pinnularia viridis-groep       |
| 13       | Fragilaria capucina [1]                          | Fragilaria capucina s.l.          | 1        | Pinnularia viridiformis (morphotype 4)   | Pinnularia viridis-groep       |
| 1        | Fragilaria capucina v.acuta                      | Fragilaria capucina s.l.          | 1        | Pinnularia viridiformis v.minor          | Pinnularia viridis-groep       |
| 2        | Fragilaria capucina var. capucina                | Fragilaria capucina s.l.          | 667      | Pinnularia viridis                       | Pinnularia viridis-groep       |
| 2590     | Hippodonta                                       | Hippodonta capitata               | 11       | Pinnularia viridis v.diminuta            | Pinnularia viridis-groep       |
| 103      | Pinnularia anglica                               | Pinnularia anglica-groep          | 1        | Pinnularia woerthensis                   | Pinnularia viridis-groep       |
| 1        | Pinnularia anglica morphotype 2                  | Pinnularia anglica-groep          | 8        | Achnanthis biasolettiana                 | Rosithidium linearis-groep     |
| 238      | Pinnularia appendiculata                         | Pinnularia appendiculata-groep    | 124      | Achnanthis linearis                      | Rosithidium linearis-groep     |
| 1        | Pinnularia interruptiformis                      | Pinnularia anglica-groep          | 4        | Achnanthis biasolettiana                 | Rosithidium linearis-groep     |
| 31       | Pinnularia pisciculus                            | Pinnularia anglica-groep          | 21       | Rosithidium linearis                     | Rosithidium linearis-groep     |
| 45       | Pinnularia subinterrupta                         | Pinnularia anglica-groep          | 853      | Sellaphora seminulum                     | Sellaphora seminulum           |
|          |                                                  |                                   | 123      | Surirella ovata                          | Surirella ovata (gesplitst)    |

### 3.1.4. Kwaliteitsoordeel determinaties

Het is moeilijk om een goed beeld te krijgen van de kwaliteit van de determinaties van alle diatomeeënmonsters. In een bestand van meer dan 10 000 monsters, die door analisten van verschillende instanties zijn gedetermineerd komen onvermijdelijk inconsequenties voor. In de loop der jaren is getracht door de organisatie van workshops de determinaties van de verschillende analisten zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen. Zoals verder uit de resultaten zal blijken is dat waarschijnlijk in voldoende mate gelukt, althans voor het doel van deze rapportage.

## 3.2. Omgevingsvariabelen

### 3.2.1. Selectie en definities

Uit het bestand van de Limnodata is een selectie gemaakt van beschikbare variabelen omtrent het watertype (CUWVO 1988) en KRW (Elbersen e.a. 2002, Evers e.a. 2007) en fysische, chemische en bacteriologische gegevens. De aantallen hiervan zijn samengevat in Bijlage 1.

Selectie

Uit de beschikbare gegevens zijn die variabelen geselecteerd waarvan voldoende waarnemingen beschikbaar zijn: ten minste enkele tientallen procenten van de diatomeeënmonsters. Ze zijn samengevat in Tabel 3,



Tabel 3. Overzicht van afkortingen, variabelen, gemiddelden, aantallen en detectiedrempels van geselecteerde omgevingsvariabelen.

| Groep               |                             | Eenh.  | Gemid-<br>delde<br>n | Percent. met waarde v. alle waarnemingen |       |        |       |      |          | aftp-<br>pings-<br>waarde‡ | % alle<br>waarn.<br>< det.dr. | Detectie-<br>drempels*    | Meest voorko-<br>mende detec-<br>tiedrempels* |
|---------------------|-----------------------------|--------|----------------------|------------------------------------------|-------|--------|-------|------|----------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|
| Afk.                | Variabele                   |        |                      | Alle                                     | Maand | Kwart. | Zomer | Jaar | Locaties |                            |                               |                           |                                               |
|                     |                             |        |                      |                                          |       |        |       |      |          |                            |                               |                           |                                               |
| Algemeen            |                             |        |                      |                                          |       |        |       |      |          |                            |                               |                           |                                               |
| D                   | Waterdiepte                 | m      | 1,0                  | 10                                       | 11    | 11     | 13    | 13   | 20       |                            | 0,002                         | 0,05                      | 0,05                                          |
| T                   | Temperatuur                 | °C     | 12,5                 | 85                                       | 89    | 89     | 89    | 90   | 94       |                            | 0,02                          | 0,01                      | 0,01                                          |
| DZ                  | Doorzicht                   | m      | 0,58                 | 73                                       | 76    | 73     | 75    | 76   | 82       |                            | 28                            | >0,02 - >7                | >0,2; >0,3; >0,4;                             |
| DZ>                 | Fractie DZ > waterdiepte    |        | 0,28                 | 28                                       | 29    | 14     | 43    | 5    | 4        |                            |                               |                           | >0,5; >0,6                                    |
| ZS                  | Zwevende stof               | mg/l   | 21                   | 22                                       | 22    | 28     | 31    | 31   | 34       |                            | 14,2                          | 1 - 10 (20)               | 5; 10                                         |
| Chl-a               | Chlorofyl-a                 | µg/l   | 50                   | 45                                       | 48    | 49     | 60    | 60   | 67       |                            | 17,8                          | 1 - 30 (100); >235 - >740 | 5; 10                                         |
| pH                  | Zuurgraad                   | -      | 7,7                  | 90                                       | 95    | 94     | 94    | 95   | 98       |                            | 0,004                         | 4; >10                    | 4; >10                                        |
| Macro-ionen         |                             |        |                      |                                          |       |        |       |      |          |                            |                               |                           |                                               |
| EC                  | Elektr. geleidingsverm.     | mS/m   | 165                  | 86                                       | 90    | 91     | 95    | 95   | 97       |                            | 0,01                          | 10 - 20                   | 10                                            |
| IR                  | Ionic Ratio                 | -      | 0,54                 | 29                                       | 32    | 50     | 80    | 81   | 85       |                            |                               |                           |                                               |
| Ca                  | Calcium                     | mg/l   | 93                   | 29                                       | 32    | 50     | 80    | 81   | 85       |                            | 0,4                           | 0,2 - 5 (20)              |                                               |
| K                   | Kalium                      | mg/l   | 13                   | 19                                       | 21    | 33     | 45    | 47   | 59       |                            | 0,6                           | 0,01 - 2                  | 0,5                                           |
| Cl                  | Chloride                    | mg/l   | 360                  | 92                                       | 96    | 98     | 99    | 99   | 99       | 25 000                     | 0,4                           | 0,01 - 5 (19)             | 5                                             |
| SO4                 | Sulfaat                     | mg/l   | 112                  | 43                                       | 46    | 59     | 88    | 89   | 92       |                            | 0,9                           | 1-20                      | 5                                             |
| Nutriënten          |                             |        |                      |                                          |       |        |       |      |          |                            |                               |                           |                                               |
| tP                  | Totaal-fosfaat              | mg/l P | 0,53                 | 86                                       | 92    | 97     | 98    | 98   | 98       | 5                          | 4,0                           | 0,01 - 0,1                | 0,04; 0,05; 0,1                               |
| oP                  | Ortho-fosfaat               | mg/l P | 0,37                 | 83                                       | 89    | 94     | 94    | 94   | 96       |                            | 19,9                          | 0,01; 0,05                |                                               |
| tN                  | Totaal-stikstof             | mg/l   | 4,53                 | 78                                       | 83    | 82     | 85    | 85   | 89       | 30                         | 3,7                           | 0,07 - 8 (29)             | 0,1; 0,5; 0,6                                 |
| oN                  | Organische stikstof         | mg/l   | 2,4                  | 76                                       | 81    | 81     | 84    | 84   | 89       | 30                         |                               |                           |                                               |
| kN                  | Kjeldahl-stikstof           | mg/l   | 2,5                  | 67                                       | 71    | 74     | 77    | 77   | 85       |                            | 1,0                           | 0,1 - 2                   | 0,5; 1                                        |
| NH3                 | Ammoniak-stikstof           | mg/l   | 0,02                 | 30                                       | 33    | 34     | 35    | 35   | 41       |                            | 31,1                          | 0,0001 - 0,01             | 0,01                                          |
| NH4                 | Ammonium-stikstof           | mg/l   | 0,75                 | 88                                       | 94    | 97     | 98    | 98   | 99       | 30                         | 18,8                          | 0,001 - 0,52              | 0,1; 0,2                                      |
| NO2                 | Nitriet-stikstof            | mg/l   | 0,05                 | 56                                       | 61    | 66     | 67    | 68   | 75       |                            | 18,8                          | 0,0001 - 0,15             | 0,01; 0,1                                     |
| NO3                 | Nitraat-stikstof            | mg/l   | 1,58                 | 62                                       | 67    | 71     | 73    | 74   | 84       | 30                         | 27,0                          | 0,0005 - 0,4              | 0,05; 0,1; 0,15                               |
| NO2-3               | Nitriet- + nitraat-stikstof | mg/l   | 2,15                 | 75                                       | 80    | 81     | 82    | 83   | 87       | 30                         | 12,7                          | 0,01 - 1 (11)             | 0,05; 0,1                                     |
| N/P                 | tN/tP                       | at/at  | 61                   | 77                                       | 82    | 81     | 84    | 84   | 89       | 1 500                      |                               |                           |                                               |
| Zuurstofhuishouding |                             |        |                      |                                          |       |        |       |      |          |                            |                               |                           |                                               |
| O2%                 | Zuurstofverzadiging         | %      | 75                   | 92                                       | 95    | 98     | 98    | 98   | 98       | 300                        | 0,03                          | <0,01, >10 - >30†         | 0,01†                                         |
| BOD                 | Bioch.zuurst.verbr. (5 d)   | mg/l   | 4,5                  | 59                                       | 66    | 85     |       | 85   | 84       | 50                         | 8,6                           | 0,5 - 5; >8 - >70         | 1; 2                                          |

\*ondergrenzen, tenzij anders aangegeven; † mg/l; ‡ zie tekst

met daarbij de aantallen van de waarnemingen die beneden de gebruikte detectiegrenzen liggen en de meest gebruikte detectiegrenzen. In de tabel zijn alleen de waarnemingen opgenomen van de jaren en locaties waarvan diatomeeënmonsters beschikbaar zijn. Totaal zijn dat 61 909 records (waarnemingen van verschillende milieuvariabelen van dezelfde locatie op dezelfde bemonsteringsdatum). In de kolom 'Alle' is aangegeven van welk percentage records waarnemingen van de betreffende variabele beschikbaar zijn. Van al deze records zijn 54 012 maandgemiddelden berekend (van sommige locaties en jaren zijn meerdere waarnemingen per maand bekend). Zo zijn er ook kwartaal-, zomer- (april – september), jaar- en locatiegemiddelden berekend.

## Definities

DZ> geeft de fractie van de doorzichtwaarnemingen aan die groter zijn dan de bodemdiepte ter plekke van het waarnemingspunt (boedemzicht)

Voor pH en elektrisch geleidingsvermogen zijn steeds de gemiddelden van de veld- en laboratoriummeting genomen. In de meeste gevallen is alleen een veld- of laboratoriumwaarneming beschikbaar. Zie voor het geleidingsvermogen ook hieronder.

De Ionic Ratio (IR) is de verhouding Ca/(Ca + Cl), waarbij de beide ionen als equivalenten zijn uitgedrukt. Samen met het elektrisch geleidingsvermogen geeft dit inzicht in de herkomst van het water. Een hoge IR duidt op relatief veel invloed van grondwater (Van Wirdum 1980, 1991).

Het gehalte aan organische stikstof is het verschil tussen Kjeldahl-stikstof en ammonium. De N/P-verhouding is de verhouding tussen het aantal atomen totaal-stikstof en totaal-fosfaat. Voor microscopische algen betekent  $N/P > \sim 16$  vaak fosfaatbeperking en  $N/P < \sim 16$  stikstofbeperking (Redfield 1958, Reynolds 2006).

#### Aftopping

De aftoppingswaarden voor enkele variabelen zijn zeer hoge waarden. Bij het berekenen van de optima en toleranties van soorten zijn metingen boven de aftoppingswaarden gelijk aan de aftoppingswaarden gesteld, om extreme en niet-realistische invloeden op de uitkomsten te voorkomen. Dat zijn voor de in Tabel 2 genoemde variabelen steeds maximaal maar enkele tientallen monsters op totalen van enkele duizenden.

#### Kwartaalgemiddelden

De monsters voor fysische en chemische analyse zijn lang niet altijd simultaan met de diatomeeënmonsters genomen. In beginsel zou daarom voor het leggen van verbanden met de diatomeeën gebruik gemaakt kunnen worden van maandgemiddelden. Deze gegevens zijn ook niet voor alle diatomeeënmonsters aanwezig, maar dan soms wel voor de voorafgaande of de volgende maand. Daarom is gebruik gemaakt van kwartaalgemiddelden (januari – maart, april – juni, juli – september, oktober – december). Dat heeft ook het voordeel dat er enige middeling optreedt van milieuvariabelen die sterke fluctuaties vertonen. Een tijdspanne van een kwartaal komt ook min of meer overeen met de tijdschaal waarop de successie van diatomeeëngemeenschappen op substraten optreedt. De kwartaalgemiddelden hebben nog het voordeel dat er van sommige belangrijke milieuvariabelen, zoals de macro-ionen calcium en magnesium veel meer waarnemingen beschikbaar zijn dan bij de maandgemiddelden (Tabel 3).

### 3.2.2. Omgang met detectiegrenzen

Voor het berekenen van gemiddelden van het doorzicht zijn bij waarnemingen met bodemzicht de waterdieptes vermenigvuldigd met een factor 1,5, evenals de waarnemingen van chlorofyl-a en biochemisch zuurstofverbruik boven de detectiegrenzen. De handvol waarnemingen van pH en zuurstof boven detectiegrenzen is weggelaten of ingeschat naar de waarden van nabijgelegen bemonsteringsdata. Waarnemingen beneden de detectiegrens zijn voor het berekenen van gemiddelden op de helft van de detectiegrens gesteld. Bij enkele, sporadisch voorkomende, uitzonderlijk hoge detectiegrenzen, zoals 29 voor totaal-stikstof en 19 voor chloride is van deze regel afgeweken en zijn waarden ingeschat van naburige bemonsteringsdata of weggelaten.

### 3.2.3. Berekening stikstoffracties

Voor monsters waarin zowel nitriet- als nitraat-stikstof is gemeten zijn deze waarden genomen als ze zijn<sup>2</sup>. Deze zijn gesommeerd tot nitriet- + nitraat-stikstof. Van veel monsters zijn geen aparte metingen van nitriet-

---

<sup>2</sup> Waarnemingen beneden de detectiegrens zijn op de helft daarvan gesteld.

en nitraat-stikstof verricht en wordt alleen deze som opgegeven. Deze is dan als zodanig gebruikt. In een aantal gevallen wordt wel de nitraat-, maar niet de nitrietconcentratie of de som van nitriet en nitraat opgegeven. In dergelijke gevallen wordt het nitraatgehalte als benadering voor de nitraat- + stikstofconcentratie gebruikt, omdat nitriet meestal erg laag is. De gemeten, dan wel berekende concentraties nitriet- + nitraat-stikstof zijn met het Kjeldahl-stikstofgehalte gesommeerd tot de berekende concentratie totaal-stikstof<sup>3</sup>. Indien het totaal-stikstofgehalte is vermeld, terwijl de componenten zelf afzonderlijk zijn vermeld, is van het opgegeven gehalte aan totaal-stikstof gebruik gemaakt.

### 3.2.4. Berekening zuurstofverzadiging

Van veel monsters wordt zowel het gemeten zuurstofgehalte (in mg/l) als de verzadiging (in %) opgegeven. Van een beperkt aantal wordt alleen de gemeten waarde in mg/l vermeld en bij een nog beperkter aantal (minder dan 10% van het totaal) alleen de mate van verzadiging. Van alle monsters met beschikbare waarden in mg/l en veldtemperatuur is de zuurstofverzadiging berekend met de vereenvoudigde formule van Mortimer (1981)<sup>4</sup>. De berekende waarden wijken meestal maar weinig af van de gemeten verzadigingswaarden. De berekende waarden zijn voor de verdere analyses gebruikt, maar als er uitsluitend opgegeven waarden van de verzadiging zijn, zijn die voor de analyses gebruikt.

### 3.2.5. Kwaliteitstoetsing

Voor elke milieuvariabele zijn de voorkomende waarden van laag naar hoog gerangschikt. De extremen zijn gemerkt, waarna de waarnemingen weer op volgorde van locatie en datum zijn gezet, zodat de extremen in hun context zichtbaar worden. Alle waarnemingen zijn daarop doorlopen, waardoor kon worden gezien of getallen systematisch te hoog of te laag zijn. Vaak betreft het waarden die door gebruik van afwijkende eenheden een factor 1 000 tot 1 000 000 te hoog of te laag zijn. Bij sterk fluctuerende milieuvariabelen, zoals totaal-fosfaat, is een afwijking met een factor 10 tot 100 van de werkelijke waarde echter niet altijd goed te herkennen. De foutieve opgaven zijn zoveel mogelijk gecorrigeerd.

Het aantal vermoedelijk foutieve waarden in de aan ons ter beschikking gestelde bestanden bedraagt enkele procenten van het totaal, maar bij sommige variabelen, zoals kalium en calcium is dat 6%. Ook bij de overige metalen komen veel fouten voor. De gegevens omtrent de alkaliniteit, die voor de verspreiding van diatomeeën van groot belang is, zijn in de huidige vorm, door decimale fouten en het gebruik van verschillende eenheden onbruikbaar voor verdere analyse. Het elektrisch geleidingsvermogen wordt gemeten in zeer verschillende eenheden, zoals mS/m, mS/cm en µS/cm. In de Limnodata is dit niet altijd correct

<sup>3</sup> Door deze enigszins gecompliceerde berekeningen wordt voorkomen dat bijvoorbeeld waarnemingen van totaal-stikstof < 4 mg/l op 2 mg/l worden gesteld, terwijl het <-teken eigenlijk alleen betrekking heeft op een nitriet-stikstofconcentratie < 0,01 mg/l.

<sup>4</sup> Verzadigingspercentage =  $100 \cdot O_2 / \exp((7,7117 - 1,31404 \cdot \ln(T + 45,93)))$ , waarin  $O_2$  is zuurstofconcentratie in mg/l en  $T$  = temperatuur in °C,  $\ln$  = natuurlijke logaritme

omgerekend. Hoewel getracht is daar zo goed mogelijk te corrigeren is het niet uitgesloten dat er hier en daar nog een waarneming die een factor tien te groot of te klein is over het hoofd is gezien. De gegevens van chloride, nutriënten en zuurstofhuishouding lijken goed bruikbaar. Dat is niet het geval met die van de zware metalen, die relatief schaars zijn en de detectiegrenzen in verhouding tot de gemiddelden te hoog.

In Bijlage 2 zijn de bevindingen per milieuvariabele afzonderlijk vermeld.

### **3.3. Opbouw van een evenwichtig bestand voor berekeningen optima en toleranties**

#### **3.3.1. Overzicht**

Tabel 4 en Figuur 2 geven een overzicht van het aantal locaties met metingen van het chloridegehalte per beheersgebied. Tevens zijn in de tabel de gemiddelden van de concentraties van chloride- en totaal-fosfaat vermeld. Omdat chloride en totaal-fosfaat vrijwel in alle monsters voor chemische analyse zijn gemeten geeft deze tabel een goed overzicht van de totale beschikbare aantallen locaties met monsters voor chemische analyse. De gebieden zijn gerangschikt naar oplopende fosfaatconcentratie, omdat fosfaat zowel voor de diatomeeën als voor de beheerders een belangrijke stuurvariabele is (AquaSense 2005a).

In totaal zijn er milieuv variabelen gerapporteerd van 3 565 locaties. Deze locaties zijn echter niet proportioneel over de verschillende beheersgebieden verdeeld. Zo zijn er relatief veel locaties in de gebieden van Hollands Noorderkwartier, Hollandse Delta, Brabantse Delta, Schieland, Delfland, Rijnland en Zuiderzeeland, terwijl andere gebieden ondervertegenwoordigd zijn, zoals het stroomgebied van de Dommel, Rijkswaterstaat, Hunze en Aa's, terwijl van Regge en Dinkel diatomeeënmonsters van 171 locaties, zonder begeleidende milieuv variabelen aanwezig zijn. De monsters van de Radbouduniversiteit komen van slechts vijf verschillende sloten en kanalen. Van Rijkswaterstaat zijn veel monsters zonder milieuv variabelen in de bestanden. Van de Dommel zijn er ook meer locaties zonder dan met milieuv variabelen in de bestanden. Van de meeste locaties zonder milieugegevens in de Limnodata zijn deze elders wel aanwezig.

#### **3.3.2. Selectie locaties voor alle zoutgehalteklassen samen**

Om enigszins tegemoet te komen aan de onevenwichtigheid in de bestanden en om tegelijkertijd een zo lang mogelijke fosfaatgradiënt te verkrijgen is een selectie van locaties uitgevoerd. Het streven daarbij is dat in geen van de beheersgebieden meer dan 5% van het totaal te analyseren locaties voorkomt. Uitzonderingen zijn gemaakt voor gradiënt-

Tabel 4. Overzicht van het aantal locaties waarvan chemische gegevens van de een of meer aldaar genomen monsters beschikbaar zijn. De selectiefactor geeft aan welke fractie van alle locaties is geselecteerd voor het berekenen van optima en toleranties van taxa. Tevens zijn de locatiegemiddelde concentraties van chloride en totaal-fosfaat vermeld. De gebieden zijn gerangschikt van een lage naar een hoge gemiddelde fosfaatconcentratie.

| Beheersgebied / instantie |                             | Alle locaties      |                      |                  |                            | Selectie-<br>factor | Geselecteerde locaties |                      |                  |                            |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|
|                           |                             | Chloride           |                      |                  | Tot. P<br>gemid.<br>(mg/l) |                     | Chloride               |                      |                  | Tot. P<br>gemid.<br>(mg/l) |
|                           |                             | aantal<br>locaties | percent.<br>locaties | gemid.<br>(mg/l) |                            |                     | aantal<br>locaties     | percent.<br>locaties | gemid.<br>(mg/l) |                            |
| Afk.                      | Naam                        | locaties           | locaties             | (mg/l)           | (mg/l)                     |                     | locaties               | locaties             | (mg/l)           | (mg/l)                     |
| WD                        | WS De Dommel                | 25                 | ,7                   | 13               | ,11                        | 1                   | 25                     | 1,1                  | 13               | ,11                        |
| WV                        | WS Veluwe†                  | 61                 | 1,7                  | 24               | ,15                        | 1                   | 61                     | 2,8                  | 24               | ,15                        |
| WGS                       | WS Groot Salland            | 84                 | 2,4                  | 57               | ,16                        | 1                   | 84                     | 3,8                  | 57               | ,16                        |
| RWS                       | Rijkswaterstaat             | 8                  | ,2                   | 114              | ,19                        | 1                   | 8                      | ,4                   | 114              | ,19                        |
| WRIJ                      | WS Rijn en IJssel           | 36                 | 1,0                  | 33               | ,19                        | 1                   | 36                     | 1,6                  | 32               | ,19                        |
| WA                        | A'damse Waterleidingduinen* | 36                 | 1,0                  | 111              | ,19                        | 1                   | 36                     | 1,6                  | 111              | ,19                        |
| WZZ                       | WS Zuiderzeeland            | 218                | 6,1                  | 232              | ,21                        | 0,5                 | 109                    | 4,9                  | 239              | ,17                        |
| WHA                       | WS Hunze en Aa's            | 12                 | ,3                   | 97               | ,21                        | 1                   | 12                     | ,5                   | 97               | ,21                        |
| WBD                       | WS Brabantse Delta          | 206                | 5,8                  | 86               | ,23                        | 0,5                 | 103                    | 4,6                  | 86               | ,23                        |
| WRW                       | WS Reest en Wieden          | 72                 | 2,0                  | 38               | ,24                        | 1                   | 72                     | 3,3                  | 38               | ,24                        |
| WVE                       | WS Vallei en Eem†           | 46                 | 1,3                  | 39               | ,24                        | 1                   | 46                     | 2,1                  | 39               | ,24                        |
| PNH                       | Provincie Noord-Holland     | 32                 | ,9                   | 119              | ,25                        | 1                   | 32                     | 1,4                  | 119              | ,25                        |
| PRU                       | Provincie Utrecht           | 85                 | 2,4                  | 102              | ,26                        | 1                   | 85                     | 3,8                  | 102              | ,26                        |
| HSR                       | HS de Stichtse Rijnlanden   | 58                 | 1,6                  | 54               | ,27                        | 1                   | 58                     | 2,6                  | 54               | ,27                        |
| WRO                       | WS Roer en Overmaas         | 131                | 3,7                  | 31               | ,28                        | 1                   | 131                    | 5,9                  | 34               | ,23                        |
| WPM                       | WS Peel en Maasvallei       | 111                | 3,1                  | 25               | ,30                        | 1                   | 111                    | 5,0                  | 45               | ,15                        |
| WRL                       | WS Rivierenland             | 116                | 3,3                  | 51               | ,30                        | 1                   | 116                    | 5,2                  | 51               | ,30                        |
| WAM                       | WS Aa en Maas               | 46                 | 1,3                  | 44               | ,32                        | 1                   | 46                     | 2,1                  | 44               | ,32                        |
| WF                        | Wetterskip Fryslân          | 265                | 7,4                  | 234              | ,33                        | 1                   | 265                    | 12,0                 | 234              | ,33                        |
| PRF                       | Provincie Friesland         | 12                 | ,3                   | 134              | ,34                        | 1                   | 12                     | ,5                   | 134              | ,34                        |
| WHD                       | WS Hollandse Delta          | 298                | 8,4                  | 483              | ,46                        | 0,35                | 104,3                  | 4,7                  | 312              | ,32                        |
| WVV                       | WS Velt en Vecht            | 63                 | 1,8                  | 59               | ,46                        | 1                   | 63                     | 2,8                  | 57               | ,42                        |
| WAN                       | HH Amstel, Gooi en Vecht*   | 33                 | ,9                   | 364              | ,56                        | 1                   | 33                     | 1,5                  | 364              | ,56                        |
| HHS                       | HH van Schieland            | 158                | 4,4                  | 137              | ,65                        | 0,3                 | 47                     | 2,1                  | 128              | ,55                        |
| PGR                       | Provincie Groningen         | 6                  | ,2                   | 288              | ,74                        | 1                   | 6                      | ,3                   | 288              | ,74                        |
| HHR                       | HH van Rijnland             | 264                | 7,4                  | 154              | ,80                        | 0,4                 | 105,6                  | 4,8                  | 166              | ,65                        |
| WN                        | WS Noorderzijlvest          | 27                 | ,8                   | 381              | ,85                        | 1                   | 27                     | 1,2                  | 482              | ,85                        |
| POV                       | Provincie Overijssel        | 61                 | 1,7                  | 55               | ,90                        | 1                   | 61                     | 2,8                  | 55               | ,90                        |
| HHN                       | HH Hollands Noorderkwartier | 550                | 15,4                 | 633              | ,92                        | 0,2                 | 110                    | 5,0                  | 750              | ,56                        |
| HHD                       | HH van Delfland             | 294                | 8,2                  | 123              | 1,03                       | 0,2                 | 59                     | 2,7                  | 119              | ,96                        |
| WZV                       | WS Zeeuws-Vlaanderen        | 16                 | ,4                   | 1463             | 1,19                       | 1                   | 16                     | ,7                   | 1463             | 1,19                       |
| WZE                       | WS Zeeuwse Eilanden         | 135                | 3,8                  | 4670             | 1,33                       | 1                   | 135                    | 6,1                  | 4670             | 1,33                       |
| KUN                       | Radbouduniversiteit         | 0                  |                      |                  |                            |                     | 0                      |                      |                  |                            |
| WRD                       | WS Regge en Dinkel          | 0                  |                      |                  |                            |                     | 0                      |                      |                  |                            |
|                           | Totaal                      | 3565               | 100,0                | 409              | ,56                        |                     | 2215                   | 100,0                | 447              | 0,43                       |

\*De gebieden van de Amsterdamse Waterleidingduinen en het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht worden thans beheerd door Waternet

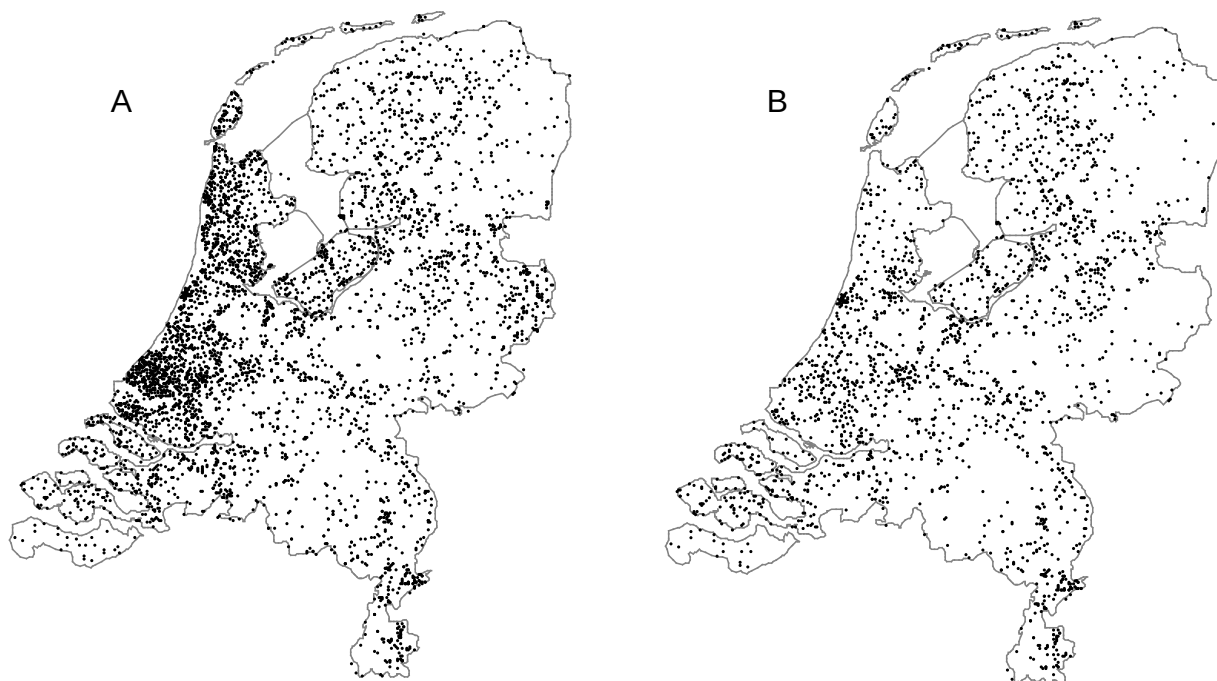
†Thans WS Vallei en Veluwe

rijke gebieden, zoals Peel en Maasvallei, Roer en Overmaas, Stichtse Rijnlanden en Friesland. In het laatste gebied is een zeer fraaie gradiënt met alle grondsoorten en zoutgehalten.

In de gebieden waarin locaties niet zijn meegenomen, zijn eerst alle locaties met de laagste gemiddelde concentraties totaal-fosfaat geselecteerd (ten hoogste enkele tientallen per gebied). De drempel hiervoor hangt van het gebied af: zo is deze bij de Brabantse Delta 0,05 mg/l P, maar bij Hollands Noorderkwartier 0,15 mg/l P. Vaak is dan nog in een range tussen deze drempel en de dubbele waarde daarvan de helft van alle locaties geselecteerd. In gebieden met matig tot sterk brakke locaties zijn ook deze locaties vrijwel allemaal geselecteerd. Van de overige locaties zijn zoveel mogelijk, evenwichtig verspreid binnen de beheersgebieden, die locaties geselecteerd waarover gegevens van de pH, het

geleidingsvermogen, de Ionic Ratio, biochemisch zuurstofverbruik en de gehalten aan chloride, totaal-fosfaat, totaal-stikstof bekend zijn.<sup>5</sup>

Het aantal geselecteerde locaties is aangegeven in Tabel 4 en de verspreiding in Figuur 2B. Vooral in het westen en noordwesten van het land zijn er veel locaties. De oostelijke helft van het land, met uitzondering van Limburg is minder goed vertegenwoordigd.



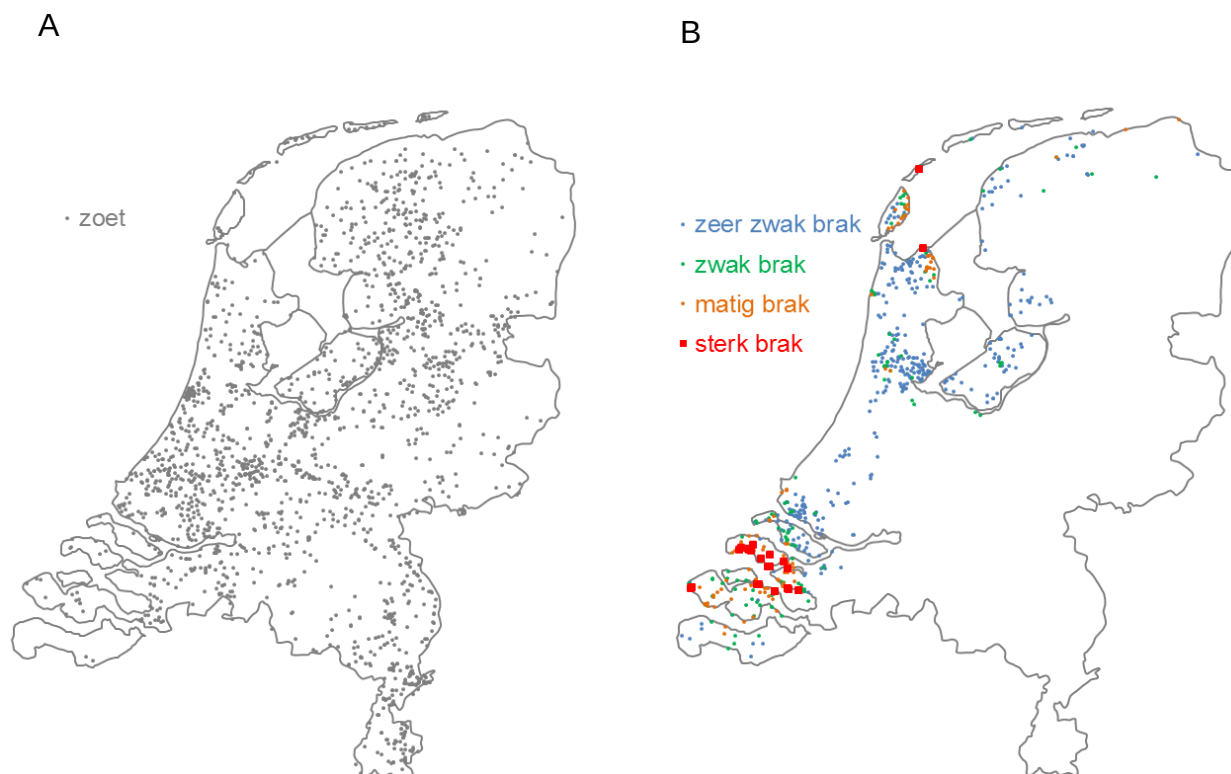
Figuur 2. Locaties waarvan ten minste één diatomeeënmonster met begeleidende milieugegevens beschikbaar is. A: alle locaties; B: geselecteerde locaties voor alle zoutgehalteklassen samen.

### 3.3.3. Selectie locaties voor afzonderlijke zoutgehalteklassen

Voor de berekeningen van de optima en toleranties van taxa voor de afzonderlijke zoutgehalteklassen zijn voor de zoete wateren (gemiddeld chloridegehalte < 300 mg/l) dezelfde locaties gebruikt als voor de analyse van alle zoutgehalteklassen samen. Voor brakke wateren (gemiddeld chloridegehalte  $\geq$  300 mg/l) zijn alle beschikbare monsters gebruikt (Figuur 2.1).

---

<sup>5</sup> De bestanden zitten vol voetangels en klemmen: zo werd bij deze selectie ontdekt dat er binnen het gebied van Velt en Vecht 16 monsters in duplo in de bestanden aanwezig zijn. De coderingen van deze monsters en soms ook de toegekende KRW-typen verschillen, maar de topografische coördinaten en bemonsteringsdata zijn identiek. De duplo's zijn voor de verdere verwerking verwijderd.



Figuur 2.1. Locaties waarvan ten minste één diatomeeënmonster met begeleidende milieugegevens beschikbaar is. A: geselecteerde locaties van zoete wateren; B: alle locaties van brakke wateren.

### 3.3.4. Monsteraantallen

Alle zoutgehalteklassen samen

Tabel 5 geeft een overzicht van het aantal monsters met begeleidende metingen van milieuvariabelen. In monsters waar milieuvariabelen in het bestand beschikbaar zijn, zijn chloride en totaal-fosfaat vrijwel altijd gemeten. Voor andere belangrijke macro-ionen, zoals calcium en sulfaat

Tabel 5.

Overzicht van het aantal monsters met begeleidende metingen van milieuvariabelen (kwartaalgemiddelden) bij alle en bij voor de berekening van optima en toleranties gebruikte monsters van geselecteerde locaties.

| Groep       |                         | Alle | Geselect. | Groep               |                              | Alle      | Geselect. |       |      |
|-------------|-------------------------|------|-----------|---------------------|------------------------------|-----------|-----------|-------|------|
| Afk.        | Variabele               | n    | 10640     | 5143                | Afk.                         | Variabele | n         | 10640 | 5143 |
| Algemeen    |                         |      |           | Nutriënten          |                              |           |           |       |      |
| D           | Waterdiepte             | 1010 | 750       | tP                  | Totaal-fosfaat               | 7362      | 4379      |       |      |
| T           | Temperatuur             | 6735 | 4109      | oP                  | Ortho-fosfaat                | 7020      | 4085      |       |      |
| DZ          | Doorzicht               | 5568 | 3486      | tN                  | Totaal-stikstof              | 6462      | 4123      |       |      |
| ZS          | Zwevende stof           | 2143 | 1505      | oN                  | Organische stikstof          | 6320      | 4052      |       |      |
| Chl-a       | Chlorofyl-a             | 4382 | 2995      | kN                  | Kjeldahl-stikstof            | 5953      | 3668      |       |      |
| pH          | Zuurgraad               | 7093 | 4276      | NH3                 | Ammoniak-stikstof            | 2624      | 2016      |       |      |
| Macro-ionen |                         |      |           | NH4                 | Ammonium-stikstof            | 7329      | 4362      |       |      |
|             |                         |      |           | NO2                 | Nitriet-stikstof             | 5097      | 3541      |       |      |
|             |                         |      |           | NO3                 | Nitraat-stikstof             | 5498      | 3510      |       |      |
|             |                         |      |           | NO2-3               | Nitriet- + nitraat-stikstof  | 6263      | 4125      |       |      |
|             |                         |      |           | N/P                 | Tot.-stikstof / Tot.-fosfaat | 6399      | 4100      |       |      |
|             |                         |      |           | Zuurstofhuishouding |                              |           |           |       |      |
| EC          | Elektr. geleidingsverm. | 7102 | 4250      | O2%                 | Zuurstofverzadiging          | 7324      | 4333      |       |      |
| IR          | Ionic Ratio             | 4769 | 2931      | BOD                 | Bioch. zuurst.verbr. (5 d)   | 6022      | 3495      |       |      |
| Ca          | Calcium                 | 4769 | 2931      |                     |                              |           |           |       |      |
| K           | Kalium                  | 3226 | 2223      |                     |                              |           |           |       |      |
| Cl          | Chloride                | 7390 | 4445      |                     |                              |           |           |       |      |
| SO4         | Sulfaat                 | 5147 | 3428      |                     |                              |           |           |       |      |



is dat in mindere mate het geval. De zuurstofverzadiging is bijna altijd gemeten, maar voor het biochemisch zuurstofverbruik is dat niet zo.

De meeste monsters zijn verzameld in het tijdvak 1999-2008, maar ook uit de tien jaar daarvoor zijn veel waarnemingen beschikbaar. Conform de aanwijzingen in de ecologische beoordelingssystemen (Franken e.a. 2006) zijn de meeste monsters in de periode april-juni verzameld, maar ook in andere perioden van het jaar, met name de maanden september en oktober zijn nog veel waarnemingen verricht.<sup>6</sup>

Tabel 6. Verdeling van de monsters over perioden en seizoenen voor alle en enkele geselecteerde milieuv variabelen.

| Variabele | Tijdvak    | Monsters van alle locaties |         |         |         |        | Monsters van geselecteerde locaties |         |         |         |        |
|-----------|------------|----------------------------|---------|---------|---------|--------|-------------------------------------|---------|---------|---------|--------|
|           |            | jan-mrt                    | apr-jun | jul-sep | okt-nov | totaal | jan-mrt                             | apr-jun | jul-sep | okt-nov | totaal |
| Alle      | 1980-1988* | 82                         | 322     | 321     | 52      | 777    | 32                                  | 202     | 131     | 72      | 437    |
|           | 1989-1998  | 138                        | 2135    | 984     | 401     | 3658   | 78                                  | 1090    | 519     | 212     | 1899   |
|           | 1999-2008  | 35                         | 4514    | 1355    | 301     | 6205   | 9                                   | 2001    | 641     | 156     | 2807   |
|           | totaal     | 255                        | 6971    | 2660    | 754     | 10640  | 119                                 | 3293    | 1291    | 440     | 5143   |
|           |            |                            |         |         |         |        |                                     |         |         |         |        |
| Chloride  | 1980-1988  | 57                         | 251     | 251     | 50      | 609    | 19                                  | 194     | 126     | 67      | 406    |
|           | 1989-1998  | 62                         | 1325    | 422     | 242     | 2051   | 63                                  | 943     | 413     | 181     | 1600   |
|           | 1999-2008  | 26                         | 3532    | 950     | 222     | 4730   | 8                                   | 1761    | 532     | 138     | 2439   |
|           | totaal     | 145                        | 5108    | 1623    | 514     | 7390   | 90                                  | 2898    | 1071    | 386     | 4445   |
|           |            |                            |         |         |         |        |                                     |         |         |         |        |
| Calcium   | 1980-1988  | 51                         | 180     | 177     | 50      | 458    | 14                                  | 126     | 65      | 62      | 267    |
|           | 1989-1998  | 36                         | 835     | 312     | 180     | 1363   | 47                                  | 705     | 323     | 148     | 1223   |
|           | 1999-2008  | 18                         | 2158    | 667     | 105     | 2948   | 5                                   | 1016    | 355     | 65      | 1441   |
|           | totaal     | 105                        | 3173    | 1156    | 335     | 4769   | 66                                  | 1847    | 743     | 275     | 2931   |
|           |            |                            |         |         |         |        |                                     |         |         |         |        |
| BOD       | 1980-1988  | 4                          | 105     | 93      | 0       | 202    | 3                                   | 130     | 86      | 17      | 236    |
|           | 1989-1998  | 51                         | 1163    | 245     | 176     | 1635   | 53                                  | 751     | 250     | 118     | 1172   |
|           | 1999-2008  | 23                         | 3183    | 788     | 191     | 4185   | 5                                   | 1531    | 428     | 123     | 2087   |
|           | totaal     | 78                         | 4451    | 1126    | 367     | 6022   | 61                                  | 2412    | 764     | 258     | 3495   |
|           |            |                            |         |         |         |        |                                     |         |         |         |        |

\*inclusief 5 monsters uit 1972

Afzonderlijke zoutgehalte-  
klassen

Het aantal monsters voor de analyse met de afzonderlijke zoutgehalte-  
klassen is vermeld in Tabel 7.

Tabel 7. Verdeling van de monsters over zoutgehalteklassen voor de gesplitste analyse..

| Klasse | Cl (mg/l)       | Omschrijving    | Aantal monsters |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1      | <300            | zoet            | 3713            |
| 2      | 300 - 1 000     | zeer licht brak | 813             |
| 3      | 1 000 - 3 000   | licht brak      | 245             |
| 4      | 3 000 - 10 000  | matig brak      | 195             |
| 5      | 10 000 - 25 000 | sterk brak      | 64              |

### 3.3.5. Transformaties

Voor de eerste exercitie, de berekeningen van optima en toleranties van alle beschikbare monsters samen, zijn geen transformaties toegepast.

Voor de tweede exercitie, waarbij de monsters zijn opgesplitst naar het zoutgehalte, is per milieuv variabelen per zoutgehalteklasse nagegaan of de waarden bij benadering normaal zijn verdeeld. Daartoe is het quotiënt berekend van het gemiddelde en de mediaan. Daartoe is het quotiënt berekend van het gemiddelde en de mediaan. Als dit groter is dan onge-

<sup>6</sup> In de bestanden komt een tiental monsters met de datum 1 januari voor. Waarschijnlijk zijn dit monsters van het betreffende jaar met ongespecificeerde datum.

veer 1,1 is de betreffende variabele logaritmisch (grondtal 10) getransformeerd vóór het uitvoeren van verdere berekeningen (Tabor 2010). Het resultaat is dat alle variabelen zijn getransformeerd, behalve temperatuur, pH en zuurstofverzadigingspercentage.

Na transformatie waren de milieuvariabelen bij benadering normaal verdeeld.

## 4. Resultaten

### 4.1. Ongesplitste gegevens

In deze sectie worden de resultaten beschreven van de berekeningen waar geen onderscheid is gemaakt naar klassen van zoutgehalten

#### 4.1.1. Optima en toleranties van de taxa

De optima (u) en toleranties (t) van de 419 geselecteerde taxa zijn vermeld in Bijlage 3. Tabel 8 is een uittreksel daarvan en bevat de 40 meest frequente soorten, gerangschikt naar oplopend optimum voor totaal-fosfaat, met optima en toleranties van negen geselecteerde milieuvariabelen, waarvan veel metingen beschikbaar zijn.

De berekende optima en toleranties komen goed overeen met de verwachtingen op grond van de meer kwalitatieve gegevens uit bijvoorbeeld Van Dam e.a. (1994) en de ervaringen die sindsdien door ons in veel projecten zijn opgedaan.

Opvallend is dat de toleranties van veel soorten vaak groot zijn (Tabel 8) en meestal sterk toenemen met de hoogte van het optimum, met uitzondering van temperatuur, pH en Ionic Ratio (Tabel 9). Voor de temperatuur en pH gaan lage waarden dus samen met een relatief grote tolerantie. Dat de tolerantie van de Ionic Ratio (IR) bij lagere waarden toeneemt wordt veroorzaakt door het feit dat een hoge chlorideconcentratie samengaat met een lage IR en de toleranties voor chloride juist toenemen bij een hogere chlorideconcentratie.

De tolerantie voor de zuurstofverzadiging neemt weliswaar toe bij hogere verzadigingspercentages, maar minder sterk dan bij andere variabelen. Taxa die goed kunnen leven bij lagere verzadigingswaarden kunnen fluctuaties daarvan goed aan en dat geldt ook voor taxa die bij oververzadiging voorkomen. In het middengebied zijn de taxa minder goed bestand tegen fluctuaties van de zuurstofverzadiging.

Tabel 8. Aantal monsters (n), gemiddelde procentuele hoeveelheid (a), optima (u) en toleranties (t) voor enkele milieuv variabelen van de 40 meest frequente taxa in de 5143 geselecteerde monsters. De taxa staan gerangschikt naar oplopend optimum voor totaal-fosfaat.

| n    | a    | Taxon                                 | pH  |     | EC  |     | IR   |      | Ca  |     | Cl   |      | SO4 |     | tP   |      | tN  |     | BOD5 |      |
|------|------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|
|      |      |                                       | u   | t   | u   | t   | u    | t    | u   | t   | u    | t    | u   | t   | u    | t    | u   | t   | u    | t    |
| 3463 | 15,2 | <i>Achnanthes minutissimum</i>        | 7,7 | 0,5 | 80  | 88  | 0,62 | 0,17 | 79  | 76  | 116  | 208  | 80  | 104 | 0,14 | 0,24 | 3,2 | 3,3 | 3,7  | 2,9  |
| 1033 | 0,9  | <i>Fragilaria capucina</i> s.l.       | 7,5 | 0,5 | 61  | 67  | 0,66 | 0,18 | 71  | 39  | 75   | 213  | 137 | 579 | 0,21 | 0,42 | 3,3 | 2,7 | 3,9  | 3,2  |
| 986  | 1,0  | <i>Fragilaria famelica</i>            | 7,5 | 0,4 | 202 | 315 | 0,56 | 0,20 | 127 | 184 | 463  | 924  | 184 | 411 | 0,22 | 0,47 | 3,6 | 3,0 | 4,0  | 3,1  |
| 887  | 0,2  | <i>Gomphonema acuminatum</i>          | 7,5 | 0,5 | 64  | 68  | 0,69 | 0,18 | 72  | 36  | 73   | 219  | 60  | 74  | 0,25 | 0,55 | 3,3 | 3,0 | 3,9  | 3,0  |
| 1238 | 0,4  | <i>Navicula radiosa</i> [1]           | 7,7 | 0,5 | 93  | 107 | 0,68 | 0,17 | 84  | 41  | 154  | 396  | 71  | 89  | 0,29 | 0,51 | 2,9 | 2,2 | 4,4  | 2,9  |
| 1344 | 0,5  | <i>Encyonema silesiacum</i>           | 7,8 | 0,5 | 89  | 71  | 0,63 | 0,15 | 80  | 48  | 120  | 222  | 82  | 110 | 0,31 | 0,35 | 3,9 | 3,5 | 5,3  | 3,5  |
| 1133 | 0,8  | <i>Fragilaria vaucheriae</i>          | 7,7 | 0,5 | 55  | 78  | 0,63 | 0,17 | 67  | 39  | 72   | 217  | 55  | 59  | 0,32 | 0,54 | 3,9 | 3,2 | 4,4  | 2,6  |
| 1089 | 0,3  | <i>Gomphonema truncatum</i> [2]       | 7,7 | 0,5 | 76  | 75  | 0,67 | 0,17 | 81  | 36  | 94   | 239  | 76  | 84  | 0,32 | 0,54 | 3,1 | 2,8 | 4,3  | 2,9  |
| 1598 | 0,8  | <i>Nitzschia dissipata</i>            | 8,0 | 0,5 | 116 | 159 | 0,56 | 0,15 | 85  | 39  | 203  | 534  | 104 | 92  | 0,32 | 0,44 | 3,1 | 2,9 | 4,2  | 3,1  |
| 1360 | 0,6  | <i>Ulnaria ulna</i>                   | 7,6 | 0,5 | 80  | 86  | 0,65 | 0,17 | 86  | 48  | 107  | 243  | 75  | 85  | 0,34 | 0,52 | 4,1 | 3,3 | 3,9  | 2,5  |
| 1741 | 0,8  | <i>Navicula cryptocephala</i>         | 7,5 | 0,5 | 62  | 103 | 0,67 | 0,17 | 61  | 33  | 81   | 288  | 56  | 91  | 0,35 | 0,65 | 3,5 | 3,2 | 4,4  | 3,1  |
| 1203 | 1,1  | <i>Diatoma tenuis</i>                 | 7,9 | 0,4 | 354 | 339 | 0,41 | 0,21 | 163 | 108 | 932  | 1050 | 214 | 154 | 0,36 | 0,39 | 3,5 | 2,6 | 5,0  | 3,6  |
| 1820 | 2,6  | <i>Eunotia bilunaris</i>              | 6,1 | 1,0 | 26  | 58  | 0,50 | 0,26 | 21  | 26  | 31   | 109  | 33  | 44  | 0,37 | 0,72 | 3,6 | 3,4 | 4,6  | 4,5  |
| 1265 | 1,2  | <i>Melosira varians</i>               | 7,7 | 0,5 | 95  | 110 | 0,62 | 0,18 | 79  | 40  | 156  | 365  | 71  | 86  | 0,37 | 0,40 | 3,8 | 3,0 | 3,7  | 2,7  |
| 3297 | 9,7  | <i>Cocconeis placentula</i> s.l.      | 7,7 | 0,5 | 152 | 375 | 0,61 | 0,17 | 78  | 47  | 406  | 1489 | 88  | 147 | 0,38 | 0,61 | 3,3 | 3,1 | 3,9  | 4,1  |
| 1107 | 0,4  | <i>Gomphonema clavatum</i>            | 7,7 | 0,5 | 127 | 131 | 0,62 | 0,19 | 99  | 64  | 219  | 318  | 106 | 126 | 0,42 | 0,62 | 3,6 | 3,5 | 5,0  | 8,5  |
| 1958 | 1,8  | <i>Gomphonema olivaceum</i>           | 8,0 | 0,5 | 141 | 166 | 0,56 | 0,17 | 99  | 46  | 246  | 347  | 108 | 93  | 0,42 | 0,45 | 3,4 | 2,6 | 4,8  | 3,3  |
| 1693 | 1,4  | <i>Amphora pediculus</i>              | 7,9 | 0,5 | 123 | 116 | 0,58 | 0,16 | 87  | 39  | 211  | 376  | 85  | 75  | 0,43 | 0,44 | 4,8 | 5,7 | 4,5  | 3,5  |
| 1785 | 0,9  | <i>Navicula cryptotenella</i>         | 7,9 | 0,6 | 110 | 115 | 0,57 | 0,16 | 90  | 103 | 187  | 407  | 95  | 85  | 0,44 | 0,53 | 3,9 | 4,0 | 5,3  | 3,7  |
| 870  | 0,5  | <i>Nitzschia archibaldii</i>          | 7,7 | 0,5 | 130 | 197 | 0,62 | 0,18 | 69  | 51  | 293  | 640  | 81  | 102 | 0,47 | 0,52 | 3,4 | 3,2 | 6,4  | 17,1 |
| 1467 | 0,8  | <i>Navicula tripunctata</i>           | 8,1 | 0,5 | 151 | 162 | 0,52 | 0,16 | 102 | 43  | 310  | 545  | 122 | 92  | 0,47 | 0,46 | 3,7 | 2,9 | 4,8  | 4,2  |
| 1340 | 0,9  | <i>Planorhynchium lanceolatum</i>     | 7,6 | 0,5 | 89  | 119 | 0,62 | 0,19 | 79  | 110 | 132  | 311  | 75  | 73  | 0,49 | 0,76 | 5,2 | 5,9 | 3,8  | 3,2  |
| 1152 | 0,3  | <i>Amphora copulata</i>               | 7,9 | 0,5 | 129 | 118 | 0,54 | 0,16 | 91  | 39  | 224  | 382  | 104 | 218 | 0,50 | 0,81 | 4,2 | 4,4 | 5,3  | 3,6  |
| 1489 | 0,7  | <i>Ctenophora pulchella</i>           | 7,8 | 0,5 | 193 | 237 | 0,49 | 0,20 | 97  | 59  | 492  | 751  | 138 | 129 | 0,50 | 0,69 | 4,1 | 3,0 | 5,4  | 5,6  |
| 1186 | 0,8  | <i>Planorhynchium frequentissimum</i> | 7,7 | 0,5 | 83  | 92  | 0,61 | 0,16 | 74  | 38  | 108  | 271  | 71  | 60  | 0,50 | 0,69 | 5,5 | 7,4 | 4,6  | 3,7  |
| 2413 | 2,6  | <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>       | 8,0 | 0,5 | 269 | 384 | 0,50 | 0,19 | 106 | 62  | 774  | 1421 | 161 | 194 | 0,53 | 0,56 | 3,4 | 2,7 | 5,1  | 4,8  |
| 1068 | 0,2  | <i>Hippodonta capitata</i>            | 7,7 | 0,5 | 97  | 115 | 0,64 | 0,17 | 78  | 40  | 144  | 315  | 97  | 219 | 0,53 | 1,11 | 4,9 | 5,6 | 5,4  | 3,6  |
| 3649 | 4,8  | <i>Gomphonema parvulum</i>            | 7,6 | 0,5 | 118 | 168 | 0,58 | 0,18 | 84  | 63  | 217  | 461  | 75  | 80  | 0,57 | 0,83 | 4,6 | 4,4 | 5,1  | 5,6  |
| 1931 | 2,2  | <i>Nitzschia paleacea</i>             | 8,0 | 0,6 | 129 | 170 | 0,53 | 0,19 | 80  | 68  | 249  | 498  | 91  | 80  | 0,58 | 0,70 | 3,3 | 2,7 | 5,5  | 6,1  |
| 1958 | 1,6  | <i>Eolimna minima</i>                 | 7,5 | 0,5 | 75  | 101 | 0,58 | 0,19 | 60  | 79  | 116  | 278  | 57  | 72  | 0,58 | 0,89 | 4,0 | 4,0 | 4,9  | 7,6  |
| 2180 | 1,6  | <i>Navicula gregaria</i>              | 8,0 | 0,5 | 282 | 311 | 0,45 | 0,20 | 139 | 105 | 807  | 1152 | 191 | 193 | 0,63 | 0,74 | 4,5 | 4,0 | 5,9  | 4,2  |
| 2609 | 1,8  | <i>Nitzschia palea</i>                | 7,6 | 0,6 | 98  | 121 | 0,59 | 0,19 | 68  | 73  | 181  | 373  | 72  | 83  | 0,64 | 1,20 | 4,7 | 5,0 | 5,3  | 6,1  |
| 1218 | 0,7  | <i>Cyclotella meneghiniana</i>        | 8,0 | 0,5 | 186 | 172 | 0,49 | 0,17 | 107 | 60  | 404  | 527  | 129 | 140 | 0,65 | 0,62 | 4,9 | 3,7 | 6,7  | 3,9  |
| 971  | 0,7  | <i>Stephanodiscus hantzschii</i>      | 8,2 | 0,7 | 123 | 112 | 0,55 | 0,17 | 89  | 44  | 232  | 399  | 93  | 77  | 0,66 | 0,85 | 4,8 | 4,2 | 6,7  | 4,1  |
| 1491 | 0,8  | <i>Nitzschia amphibia</i>             | 7,8 | 0,5 | 138 | 119 | 0,58 | 0,17 | 99  | 43  | 240  | 412  | 96  | 123 | 0,75 | 0,88 | 4,9 | 5,2 | 5,6  | 11,0 |
| 1403 | 1,1  | <i>Nitzschia frustulum</i>            | 8,0 | 0,6 | 352 | 380 | 0,39 | 0,22 | 114 | 182 | 951  | 1061 | 179 | 173 | 0,78 | 0,77 | 3,9 | 3,3 | 6,1  | 5,6  |
| 1535 | 0,9  | <i>Tabularia tabulata</i> -groep      | 8,0 | 0,5 | 755 | 838 | 0,43 | 0,20 | 151 | 360 | 2459 | 3114 | 306 | 292 | 0,85 | 0,79 | 3,8 | 2,8 | 7,3  | 7,5  |
| 1534 | 0,6  | <i>Navicula veneta</i>                | 7,9 | 0,6 | 237 | 242 | 0,53 | 0,18 | 103 | 53  | 560  | 755  | 121 | 123 | 0,96 | 1,23 | 5,3 | 5,1 | 6,6  | 11,0 |
| 1257 | 0,7  | <i>Nitzschia fonticola</i>            | 8,0 | 0,6 | 394 | 362 | 0,52 | 0,17 | 93  | 42  | 1119 | 1310 | 177 | 201 | 1,01 | 1,05 | 4,5 | 4,1 | 7,7  | 19,4 |
| 872  | 0,6  | <i>Lemnicola hungarica</i>            | 7,3 | 0,6 | 65  | 77  | 0,64 | 0,18 | 56  | 33  | 90   | 239  | 45  | 54  | 1,22 | 3,15 | 3,9 | 3,5 | 4,4  | 3,7  |

Tabel 9. Correlatie (r) tussen de berekende optima (u) en toleranties (t) en de gemiddelde verhouding u/t van alle 419 geselecteerde taxa.

| Groep              |                         |       |       | Groep                      |                              |      |      |
|--------------------|-------------------------|-------|-------|----------------------------|------------------------------|------|------|
| Afk.               | Variabele               | r     | u/t   | Afk.                       | Variabele                    | r    | u/t  |
| <b>Algemeen</b>    |                         |       |       | <b>Nutriënten</b>          |                              |      |      |
| Dd                 | Waterdiepte             | 0,79  | 1,15  | tPd                        | Totaal-fosfaat               | 0,70 | 0,78 |
| Td                 | Temperatuur             | -0,34 | 4,34  | oPd                        | Ortho-fosfaat                | 0,83 | 0,69 |
| DZd                | Doorzicht               | 0,83  | 1,43  | tNd                        | Totaal-stikstof              | 0,84 | 1,13 |
| ZSd                | Zwevende stof           | 0,80  | 1,06  | oNd                        | Organische stikstof          | 0,90 | 0,63 |
| Chl-ad             | Chlorofyl-a             | 0,75  | 0,67  | kNd                        | Kjeldahl-stikstof            | 0,76 | 1,28 |
| pHd                | Zuurgraad               | -0,58 | 14,44 | NH3d                       | Ammoniak-stikstof            | 0,64 | 0,43 |
| <b>Macro-ionen</b> |                         |       |       | NH4d                       | Ammonium-stikstof            | 0,85 | 0,55 |
| ECd                | Elektr. geleidingsverm. | 0,94  | 1,22  | NO2d                       | Nitriet-stikstof             | 0,74 | 0,96 |
| IRd                | Ionic Ratio             | -0,32 | 2,89  | NO3d                       | Nitraat-stikstof             | 0,91 | 0,58 |
| Cad                | Calcium                 | 0,77  | 1,33  | NO2-3d                     | Nitriet- + nitraat-stikstof  | 0,92 | 0,58 |
| Kd                 | Kalium                  | 0,81  | 1,22  | N/Pd                       | Tot.-stikstof / Tot.-fosfaat | 0,92 | 0,69 |
| Cl d               | Chloride                | 0,94  | 1,08  | <b>Zuurstofhuishouding</b> |                              |      |      |
| SO4d               | Sulfaat                 | 0,80  | 1,09  | O2%d                       | Zuurstofverzadiging          | 0,34 | 2,59 |
|                    |                         |       |       | BODd                       | Bioch. zuurstofverbr. (5 d)  | 0,76 | 1,13 |

De toleranties van de taxa liggen meestal in dezelfde orde van grootte als het optimum. Dat betekent een aanzienlijke onzekerheid bij het berekenen van de grootte van de milieuvariabelen uit de optima van de diatomeesoorten.

In Figuur 3 is ter illustratie het voorkomen van vijf taxa met verschillende ecologische eigenschappen vermeld, met daarbij de ligging van de optima en de grootte van de toleranties voor pH, chloride en totaal-fosfaat. Bij soorten met laag liggende optima voor totaal-fosfaat, zoals *Frustulia saxonica* (een soort uit zure wateren, vooral vennen) en mindere mate *Brachysira vitrea* (een soort van o.a. zwak gebufferde vennen en van petgaten) is aan de ligging van de punten op verticale lijnen duidelijk te zien dat veel waarnemingen zijn gedaan bij fosfaatconcentraties beneden de detectiegrenzen. Het werkelijke fosfaatoptimum van dergelijke soorten ligt waarschijnlijk lager dan berekend. *Achnanthes minutissimum*, de algemeenste zoetwaterdiatomee ter wereld, heeft ook in Nederland zijn optimum in zoet water, maar de spreiding voor fosfaat is groot. De berekende optimale fosfaatconcentraties voor de brakwatertaxa *Tabularia tabulata*-groep en *Amphora coffeaeformis* zijn aanzienlijk hoger dan voor de meest zoetwatersoorten.

#### 4.1.2. Betrouwbaarheid van de schattingen

Hoeveelheid taxa met optima en toleranties

In bijna 39% van alle 10 640 monsters behoren alle in de tellingen aangetroffen kiezelwieren tot de taxa met bekende optima en toleranties. In 99% van het aantal gevallen behoort meer dan 80% van de in de monsters aangetroffen aantallen exemplaren tot taxa met bekend optimum en tolerantie (Tabel 10). In Bijlage 4 zijn per beheersgebied de overeenkomstige gemiddelden vermeld. Over alle monsters samen is dit 97,4%. Dat is ruim voldoende voor de toepassing die in het verschiet ligt.

Tabel 10. Aantal monsters waarin procentuele hoeveelheden van de 419 taxa met berekende optima en toleranties voorkomen.

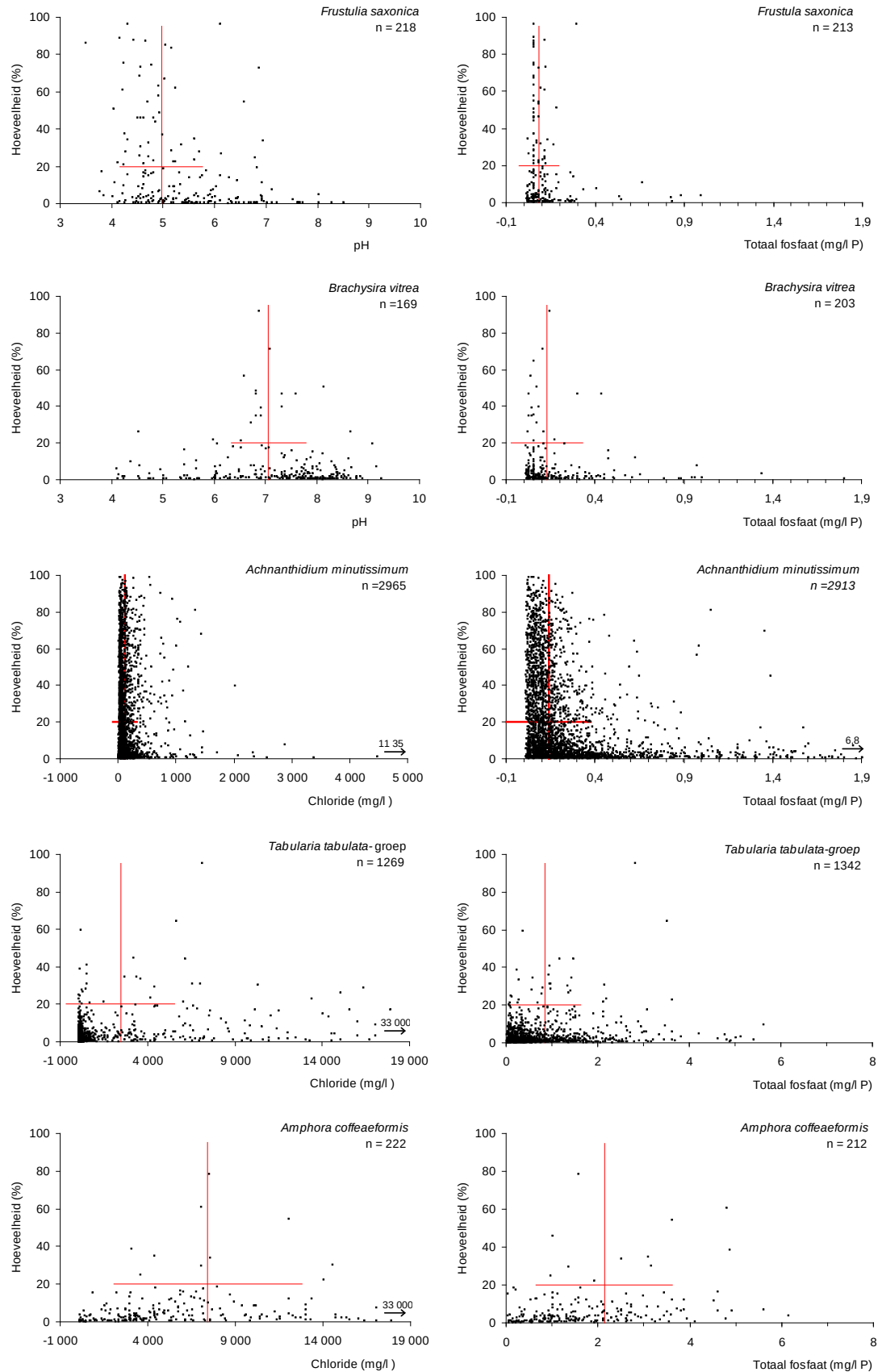
| Procentuele hoeveelheid | > 0    | > 10  | > 20  | > 30  | > 40  | > 50  | > 60  | > 70  | > 80  | > 90  | > 95 | 100  |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Aantal monsters         | 10640  | 10639 | 10635 | 10624 | 10608 | 10592 | 10558 | 10507 | 10396 | 10014 | 9322 | 4115 |
| Percentage monsters     | 100,00 | 99,99 | 99,95 | 99,8  | 99,7  | 99,5  | 99,2  | 98,8  | 97,7  | 94,1  | 87,6 | 38,7 |

Incidenteel komen er monsters voor met lage hoeveelheden (<50%) van taxa met berekende optima en toleranties. In deze monsters zijn de taxa niet tot op de soort gedetermineerd, er is sprake van verkeerde determinaties of komen nog maar kort geleden beschreven of zeldzame soorten voor, meestal uit vennen of brakke binnenwateren, maar soms ook uit gewone, voedselrijke wateren. Soms gaat het ook om soorten die vooral in fytoplankton en minder in het aangroeiisel voorkomen. Zie Bijlage 5 voor details.

Vergelijking berekeningsmethoden

De milieuvariabelen zijn geschat met vier modellen, op grond van:

1. alleen de gewogen gemiddelden van de optima, zonder extra regressie;
2. alleen de gewogen gemiddelden van de optima, met extra regressie;



**Figuur 3.** Relatie tussen enkele milieuvariabelen en geselecteerde diatomeesoorten. De rode verticale lijnen geven de ligging van het optimum en de horizontale rode lijnen de tolerantie. Pijltjes met getallen geven de ligging van enkele extreme waarden aan.

3. met gewogen gemiddelden van de optima, gewogen voor de tolerantie van de soorten, zonder extra regressie;
4. met gewogen gemiddelden van de optima, gewogen voor de tolerantie van de soorten, met extra regressie.

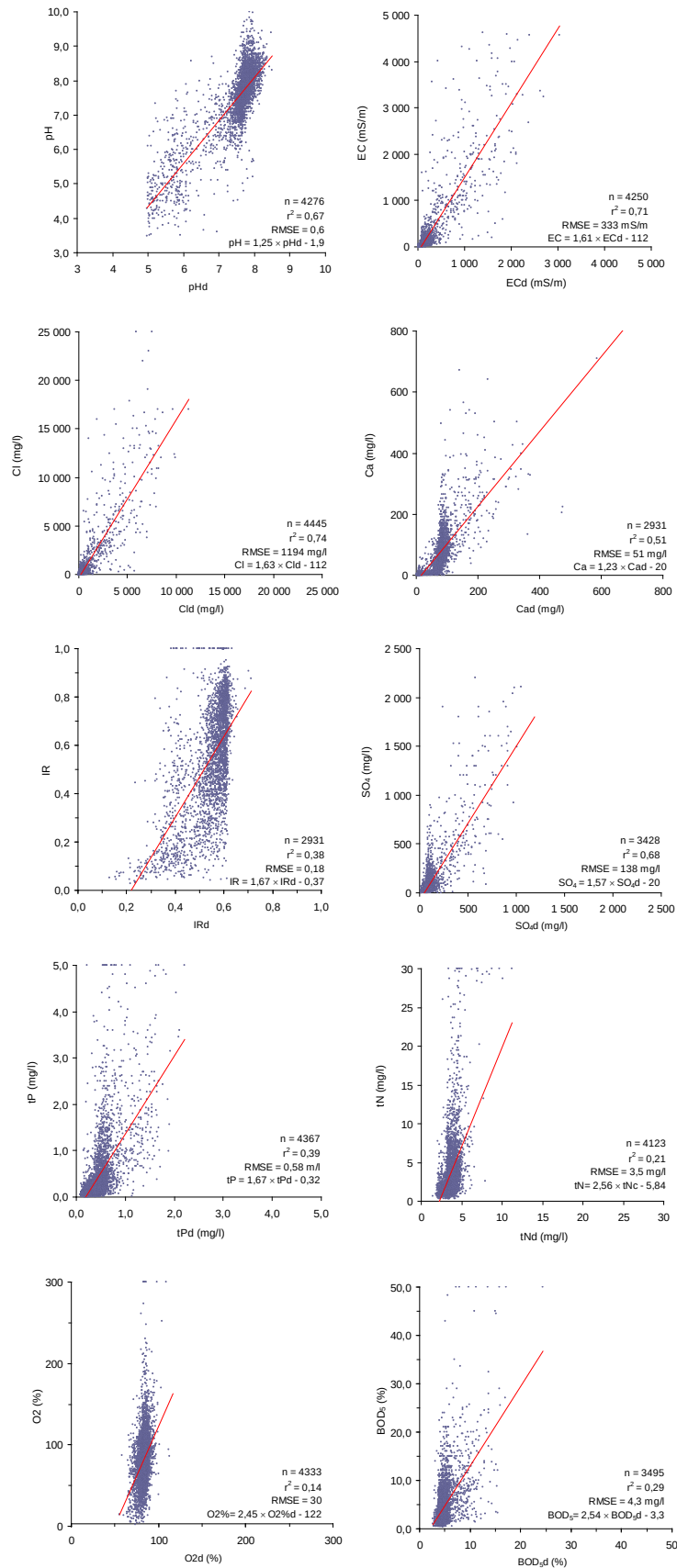
In Bijlage 6 zijn verschillende prestatiekenmerken van de vier modellen vermeld. Opvallend is dat de beide modellen waarin rekening met de toleranties van de taxa wordt gehouden over de hele linie slechter presteren dan de overeenkomstige modellen zonder extra regressie (zonder extra regressie zijn de RMSE's lager en de correlaties hoger). Waarschijnlijk heeft dit te maken met het feit dat de monsters hier niet zijn uitgesplitst in zoete en brakke wateren. In beide typen wateren lijkt het voorkomen van diatomeeën door andere milieuvariabelen bepaald (in brakke waren vooral door het zoutgehalte, in zoete wateren vooral door alkaliniteit en nutriënten).

De modellen met extra regressie geven over het geheel genomen betere resultaten dan de modellen zonder extra regressie, maar bij de extra regressie komen de berekende waarden van milieuvariabelen in de lagere ranges nogal eens negatief uit, wat niet reëel is. Daarom wordt voor de verdere weergave van de resultaten voorlopig gekozen voor het eenvoudigste model (1). De prestatiekenmerken zijn samengevat in Tabel 11, terwijl Figuur 4 een visuele indruk geeft van de gevonden relaties. De correlaties tussen de werkelijk gemeten milieuvariabelen en de met de gewogen gemiddelde geschatte milieuvariabelen (in de figuur aangegeven met Xd, waarin X de betreffende milieuvariabele is) zijn allemaal

Tabel 11. Aantallen monsters en gemiddeld gemeten waarden van milieuvariabelen en de correlatie en de RMSE van de met diatomeeën berekende schattingen daarvan.

| Groep               | Afk. | Variabele                    | Eenh.  | geselecteerde monsters |        |       |       | overige monsters |        |       |       |
|---------------------|------|------------------------------|--------|------------------------|--------|-------|-------|------------------|--------|-------|-------|
|                     |      |                              |        | aant.                  | gemid. | corr. | RMSE  | aant.            | gemid. | corr. | RMSE  |
| Algemeen            |      |                              |        |                        |        |       |       |                  |        |       |       |
| D                   |      | Waterdiepte                  | m      | 750                    | 0,9    | ,51   | 1,6   | 260              | 0,9    | ,47   | 0,9   |
| T                   |      | Temperatuur                  | °C     | 4109                   | 15,4   | ,34   | 3,6   | 2626             | 15,8   | ,27   | 3,2   |
| DZ                  |      | Doorzicht                    | m      | 3486                   | 0,6    | ,46   | 0,5   | 2082             | 0,5    | ,32   | 0,3   |
| ZS                  |      | Zwevende stof                | mg/l   | 1505                   | 24     | ,61   | 35    | 638              | 27     | ,28   | 26    |
| Chl-a               |      | Chlorofyl-a                  | µg/l   | 2995                   | 54     | ,32   | 127   | 1387             | 67     | ,31   | 85    |
| pH                  |      | Zuurgraad                    | -      | 4276                   | 7,6    | ,82   | 0,6   | 2817             | 8,0    | ,50   | 0,6   |
| Macro-ionen         |      |                              |        |                        |        |       |       |                  |        |       |       |
| EC                  |      | Elektr. geleidingsverm.      | mS/m   | 4250                   | 199    | ,84   | 333   | 2852             | 168    | ,84   | 158   |
| IR                  |      | Ionic Ratio                  | -      | 2931                   | 0,55   | ,62   | 0,18  | 1838             | 0,50   | ,41   | 0,17  |
| Ca                  |      | Calcium                      | mg/l   | 2931                   | 78     | ,72   | 51    | 1838             | 108    | ,65   | 57    |
| K                   |      | Kalium                       | mg/l   | 2223                   | 9      | ,58   | 13    | 1003             | 19     | ,64   | 24    |
| Cl                  |      | Chloride                     | mg/l   | 4445                   | 547    | ,86   | 1194  | 2945             | 331    | ,80   | 504   |
| SO4                 |      | Sulfaat                      | mg/l   | 3428                   | 111    | ,82   | 138   | 1719             | 130    | ,67   | 117   |
| Nutriënten          |      |                              |        |                        |        |       |       |                  |        |       |       |
| tP                  |      | Totaal-fosfaat               | mg/l P | 4379                   | 0,44   | ,62   | 0,58  | 2983             | 0,83   | ,40   | 0,95  |
| oP                  |      | Ortho-fosfaat                | mg/l P | 4085                   | 0,27   | ,55   | 0,51  | 2935             | 0,56   | ,34   | 0,80  |
| tN                  |      | Totaal-stikstof              | mg/l   | 4123                   | 3,7    | ,45   | 3,5   | 2339             | 5,3    | ,30   | 5,8   |
| oN                  |      | Organische stikstof          | mg/l   | 4052                   | 1,7    | ,49   | 3,1   | 2268             | 2,6    | ,20   | 5,3   |
| kN                  |      | Kjeldahl-stikstof            | mg/l   | 3668                   | 2,4    | ,47   | 2,1   | 2285             | 2,8    | ,36   | 2,6   |
| NH3                 |      | Ammoniak-stikstof            | mg/l   | 2016                   | 0,020  | ,17   | 0,109 | 608              | 0,025  | ,31   | 0,045 |
| NH4                 |      | Ammonium-stikstof            | mg/l   | 4362                   | 0,56   | ,38   | 1,36  | 2967             | 0,76   | ,07   | 9,61  |
| NO2                 |      | Nitriet-stikstof             | mg/l   | 3541                   | 0,045  | ,34   | 0,058 | 1556             | 0,054  | ,11   | 0,067 |
| NO3                 |      | Nitraat-stikstof             | mg/l   | 3510                   | 1,22   | ,53   | 2,88  | 1988             | 1,33   | ,17   | 2,99  |
| NO2-3               |      | Nitriet- + nitraat-stikstof  | mg/l   | 4125                   | 1,44   | ,49   | 3,03  | 2138             | 2,48   | ,22   | 5,34  |
| N/P                 |      | Tot.-stikstof / Tot.-fosfaat | at/at  | 4100                   | 61     | ,42   | 109   | 2299             | 40     | ,22   | 109   |
| Zuurstofhuishouding |      |                              |        |                        |        |       |       |                  |        |       |       |
| O2%                 |      | Zuurstofverzadiging          | %      | 4333                   | 83     | ,37   | 30    | 2991             | 77     | ,22   | 35    |
| BOD                 |      | Bioch. zuurst.verbr. (5 d)   | mg/l   | 3495                   | 5,0    | ,54   | 4,3   | 2527             | 5,6    | ,31   | 4,7   |





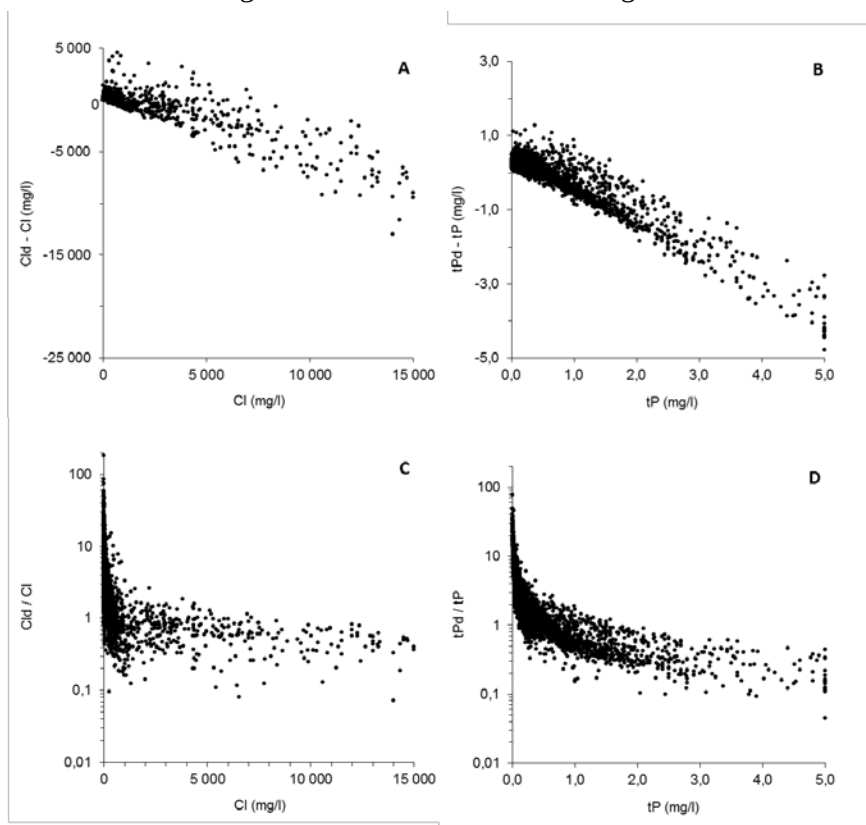
**Figuur 4.** Relatie tussen de gemeten waarden van geselecteerde milieuvariabelen met gewogen gemiddelden berekende waarden daarvan.

zeer significant ( $p < 0,001$ ). Dat is bij zulke grote aantallen monsters al gauw het geval. De spreiding van de resultaten is echter zeer groot. Dat blijkt niet alleen uit de figuren, maar ook uit de RMSE-waarden. De hoge RMSE-waarden voor het geleidingsvermogen en de macro-ionen worden waarschijnlijk veroorzaakt door de grote range hiervan. Met een hoog chloridegehalte gaat vaak een hoog fosfaatgehalte samen, waardoor ook de RMSE van totaal-fosfaat hoog is.

Voor de macro-ionen zijn de RMSE's voor het elektrisch geleidingsvermogen, chloride en sulfaat lager in de overige monsters dan in de geselecteerde monsters, terwijl die van de nutriënten, met name fosfaat in de overige monsters hoger zijn dan in de geselecteerde monsters. Dat hangt samen met het selecteren van monsters met lage fosfaatconcentraties.

Het verschil tussen de berekende en gemeten waarden van chloride en totaal-fosfaat neemt sterk toe met de gemeten waarden (Figuur 5 A,B). Ook bij de andere milieuvariabelen is dat het geval. Relatief gezien zijn de verschillen echter groter bij lage waarden van de variabelen. Zo kunnen chloridegehalten beneden 100 mg/l slecht worden voorspeld (Figuur 5 C) en worden fosfaatconcentraties beneden 0,5 mg/l P vaak sterk overschat en daarboven onderschat (Figuur 5 D).

De soortensamenstelling van een aantal monsters waarin de soorten van Figuur 3 veel voorkomen is vermeld in Bijlage 7. De waarden van enkele in deze monsters gemeten milieuvariabelen en de geschatte waarden



Figuur 5. A en B. Relaties tussen de verschillen van de berekende en gemeten waarden en de gemeten waarden van chloride en totaal-fosfaat. C en D. Relaties tussen de quotiënten van de berekende en gemeten waarden en de gemeten waarden van chloride en totaal-fosfaat.

hiervan zijn vermeld in Tabel 12. Ook hier blijkt weer dat de gewogen gemiddelden nog maar een vrij grove benadering geven van de werkelijkheid.

Tabel 12. Gemeten kwartaalgemiddelden ( $X_k$ ) en uit diatomeeën berekende gemiddelden ( $X_d$ ) van de monsters uit Bijlage 7.

| var.                          | Ven<br>Meinweg<br>2005 | Ven Duurs-<br>woude<br>2001 | Ven Wel-<br>lerlooi<br>1995 | Sloot<br>Grave<br>2005 | 'Beek'<br>Dalfsen<br>1996 | Sloot Leid-<br>schendam<br>1998 | Kanaal<br>Texel<br>1999 | Wetering<br>Tholen<br>1996 | Sloot<br>Texel<br>2003 | Kanaal<br>Goes<br>2000 |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| pH <sub>k</sub>               | 4,5                    | 5,0                         | 4,5                         | 6,6                    | 6,9                       | 8,2                             | 8,0                     | 8,5                        | 8,0                    | 8,3                    |
| pH <sub>d</sub>               | 5,1                    | 5,4                         | 7,4                         | 7,3                    | 7,7                       | 7,7                             | 8,0                     | 8,0                        | 8,1                    | 8,1                    |
| EC <sub>k</sub>               | 3                      | 6                           | 31                          | 51                     | 56                        | 93                              | 816                     | 870                        | 1181                   | 1447                   |
| EC <sub>d</sub>               | 6                      | 20                          | 73                          | 60                     | 111                       | 133                             | 723                     | 805                        | 1228                   | 927                    |
| IR <sub>k</sub>               | 0,51                   | 0,16                        | 0,31                        | 0,80                   | 0,84                      | 0,56                            | 0,14                    | 0,25                       | 0,13                   | 0,13                   |
| IR <sub>d</sub>               | 0,43                   | 0,44                        | 0,57                        | 0,54                   | 0,61                      | 0,57                            | 0,40                    | 0,36                       | 0,21                   | 0,25                   |
| C <sub>k</sub>                | 2                      | 1                           | 5                           | 70                     | 98                        | 76                              | 240                     | 529                        | 385                    | 210                    |
| C <sub>d</sub>                | 3                      | 13                          | 62                          | 50                     | 79                        | 91                              | 258                     | 191                        | 256                    | 193                    |
| Cl <sub>k</sub>               | 3                      | 8                           | 20                          | 31                     | 32                        | 98                              | 2630                    | 3557                       | 4410                   | 4533                   |
| Cl <sub>d</sub>               | 7                      | 34                          | 115                         | 94                     | 237                       | 283                             | 2331                    | 2883                       | 4403                   | 3030                   |
| SO <sub>4k</sub>              | 21                     | 7                           | 75                          | 120                    | 67                        | 240                             | 350                     | 579                        | 500                    | 440                    |
| SO <sub>4d</sub>              | 14                     | 24                          | 76                          | 71                     | 84                        | 107                             | 322                     | 410                        | 626                    | 411                    |
| tP <sub>k</sub>               | 0,05                   | 0,05                        | 0,11                        | 0,03                   | 0,02                      | 0,12                            | 0,56                    | 0,94                       | 0,15                   | 0,90                   |
| tP <sub>d</sub>               | 0,10                   | 0,18                        | 0,17                        | 0,18                   | 0,25                      | 0,35                            | 0,79                    | 1,13                       | 1,17                   | 1,50                   |
| tN <sub>k</sub>               | 0,4                    | 1,2                         | 13,0                        | 11,9                   | 2,8                       | 3,8                             | 3,7                     | 6,8                        | 2,4                    | 5,1                    |
| tN <sub>d</sub>               | 2,0                    | 2,4                         | 3,4                         | 3,5                    | 3,3                       | 3,7                             | 4,0                     | 5,1                        | 4,4                    | 4,5                    |
| O <sub>2</sub> % <sub>k</sub> | 95                     | 68                          | 45                          | 99                     | 58                        | 77                              | 122                     | 73                         | 94                     | 119                    |
| O <sub>2</sub> % <sub>d</sub> | 74                     | 75                          | 84                          | 82                     | 85                        | 86                              | 92                      | 84                         | 85                     | 89                     |
| BOD <sub>5k</sub>             | 0,5                    | 1,5                         | 1,0                         | 1,5                    | 1,1                       | 5,3                             | 12,0                    | 12,8                       | 8,9                    | 12,6                   |
| BOD <sub>5d</sub>             | 3,3                    | 3,9                         | 3,7                         | 3,5                    | 3,9                       | 4,6                             | 7,2                     | 9,0                        | 8,9                    | 8,1                    |

## 4.2. Gesplitste gegevens

In het programma C2 worden grafieken aangemaakt waarin de berekende waarden van de omgevingsvariabelen worden uitgezet tegen de gemeten waarden. Voor elk model zijn deze grafieken visueel geïnspecteerd op uitschieters. Als deze aanwezig waren is steeds teruggegaan naar de originele milieugegevens en meestal bleek dat daar dan, ondanks de zorgvuldige screening vooraf, toch nog onregelmatigheden in waren. De monsters zijn vervolgens verwijderd, waarna het betreffende model opnieuw is gedraaid. Het aantal verwijderde monsters bij elk model is vermeld in Bijlage 8 en bedraagt gemiddeld 0,2% van het totale aantal (0 – 31, mediaan 2).

In enkele gevallen is naast het model van de gewogen gemiddelden (WA) ook het WAPLS-model (weighted average partial least squares) gedraaid. De prestaties van dit laatste model blijken niet of nauwelijks beter te zijn dan van het WA-model.

### 4.2.1. Transfermodellen

#### Berekende modellen

In totaal zijn 110 modellen berekend. Voor chloride is alleen een model ontwikkeld voor alle zoutgehalteklassen samen. Voor de pH is voor de zoete wateren (klasse 1) ook een model ontwikkeld waarbij waarden

boven 8 buiten beschouwing zijn gebleven<sup>7</sup>. Voor brakke wateren zijn transferfuncties voor de pH zinloos. Voor ammoniak is vanwege het zeer grote aantal waarnemingen beneden de detectiegrens in de meeste klassen alleen voor klasse 2 een model ontwikkeld. Voor alle andere variabelen zijn steeds vier modellen berekend voor de verschillende zoutklassen: de gegevens voor de klassen 4 (matig brak) en 5 (sterk brak) zijn samengevoegd, wegens het geringe aantal monsters uit klasse 5.

De belangrijkste eigenschappen en prestatiekenmerken van de modellen zijn vermeld in Bijlage 8.  $R^2$  geeft de product-moment-correlatie aan tussen de berekende en gemeten waarden van de variabelen aan en  $\text{sig-nif } R^2$  de significantie hiervan. Wegens het grote aantal monsters zijn deze altijd zeer significant, hoewel de waarden soms laag zijn. De RMSE is de 'root mean squared error' van de berekende waarden. 'Boot\_  $R^2$ ' geeft de  $R^2$  aan tussen de berekende en gemeten waarden van de variabelen na herbemonstering ('bootstrapping') en RMSEP<sup>8</sup> de 'root mean squared error of prediction' hiervan. In de laatste kolommen staan de regressiecoëfficiënten van de ontkrimpingsvergelijking (6) van § 2.2 vermeld. Omdat omgekeerde ontkrimping veel betere resultaten geeft dan klassieke ontkrimping is steeds omgekeerde ontkrimping gebruikt.

Tabel 13 geeft een overzicht van de Boot\_  $R^2$  en de RMSEP in de meeste modellen. Enkele ervan zijn weergegeven in Figuur 6.

Het residu van de meeste modellen vertoont een trend (linkerkolom van Figuur 6). Dat wil zeggen dat de modellen te hoge uitkomsten geven bij lage concentraties en te lage uitkomsten bij hoge concentraties. Dat is een intrinsieke eigenschap van de methode van omgekeerde ontkrimping, die kan worden opgeheven door klassieke ontkrimping (Juggins & Birks 2012), maar in dat geval is de RMSEP gemiddeld weer hoger. Bij toename van de  $R^2$  neemt de trend in het residu af (S. Juggins, pers. med.)

De beste resultaten geven de modellen met de macro-ionen, zoals elektrisch geleidingsvermogen en chloride voor alle monsters samen (Boot\_  $R^2$  respectievelijk 0,75 en 0,70). Ook binnen de verschillende zoutklassen is de macro-ionensamenstelling zeer belangrijk, vooral voor de zoetwatermonsters (Boot\_  $R^2$  = 0,70 voor pH en 0,74 voor calcium). In de brakke wateren zijn de correlaties tussen de met de transferfuncties geschatte waarden en de gemeten waarden van de macro-ionen minder hoog, maar met waarden tot 0,49 voor kalium in de zwak brakke wateren nog altijd aanzienlijk.

Naast de macro-ionen zijn er voor ortho- en totaalfosfaat ook hoge waarden (0,33 – 0,43) voor de Boot\_  $R^2$ . In de brakke wateren liggen deze correlaties op hetzelfde niveau als voor de macro-ionen, maar in de zoete wateren zijn ze duidelijk lager dan die voor de macro-ionen. In de zwak brakke wateren scoren de nutriënten hoger dan de macro-ionen. Opvallend zijn de lage correlaties (Boot\_  $R^2$  < 0,3) tussen de berekende en

---

<sup>7</sup> Bij gemeten pH-waarden boven 8 is de met WA berekende waarde altijd ongeveer gelijk aan 8.

<sup>8</sup> De 95%- betrouwbaarheidsintervallen zijn bij benadering gelijk aan de geschatte waarde van  $x_i \pm 2 \times \text{RMSEP}$ . Voor log-getransformeerde gegevens moeten de betrouwbaarheidsintervallen of RMSEP's rond  $x_i$  op passende wijze worden teruggetransformeerd. De boven- en ondergrenzen van de RMSEP zijn dan  $\text{antilog}(x_i \pm \text{RMSEP})$  (Sokal & Rohlf 1994, Juggins & Birks 2012).

Tabel 13. Boot\_R<sup>2</sup> en RMSEP van transfermodellen van de verschillende zoutgehalteklassen (Tabel 1). Per kolom zijn de drie hoogste waarden vet onderstreept en de drie daarop volgende waarden normaal onderstreept (indien > 0,35). De afkortingen van de variabelen komen overeen met die in Tabel 3, maar worden vaak voorafgegaan door l (logaritmische transformatie en gevolgd door k (kwartaalgemiddelden). Relevante variabelen zijn *cursief* gedrukt.

| Groep                | Afk.     | Variabele ↓                  | Klasse → | Boot_R <sup>2</sup> |             |             |             |             | RMSEP |      |      |      |      |
|----------------------|----------|------------------------------|----------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|------|------|------|
|                      |          |                              |          | 1-5                 | 1           | 2           | 3           | 4-5         | 1-5   | 1    | 2    | 3    | 4-5  |
| Hydromorfologie      | IDk      | Waterdiepte                  |          | 0,18                | 0,13        | 0,17        | 0,31        | 0,23        | 0,35  | 0,33 | 0,33 | 0,29 | 0,36 |
| Algemeen             | Tk       | Temperatuur                  |          | 0,07                | 0,06        | 0,09        | 0,05        | 0,04        | 3,62  | 3,72 | 3,21 | 3,74 | 3,71 |
| Licht                | lChl-ak  | Chlorofyl-a                  |          | 0,19                | 0,11        | 0,14        | 0,11        | 0,11        | 0,51  | 0,51 | 0,46 | 0,58 | 0,50 |
|                      | IDZk     | Doorzicht                    |          | 0,22                | 0,19        | 0,18        | 0,12        | 0,13        | 0,25  | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,26 |
|                      | IZSk     | Zwevende stof                |          | 0,36                | 0,16        | 0,08        | 0,26        | 0,24        | 0,41  | 0,42 | 0,36 | 0,26 | 0,25 |
| Macro-ionen          | lECk     | Elektr. geleidingsverm.      |          | <u>0,75</u>         | <u>0,68</u> | 0,12        | <u>0,37</u> | <u>0,43</u> | 0,29  | 0,23 | 0,13 | 0,12 | 0,16 |
|                      | lIRk     | Ionic Ratio                  |          | <u>0,53</u>         | <u>0,37</u> | 0,21        | <u>0,31</u> | 0,25        | 0,18  | 0,15 | 0,12 | 0,15 | 0,18 |
|                      | pHk <8   | Zuurgraad (waarden <8)       |          | <u>0,70</u>         |             |             |             |             | 0,50  |      |      |      |      |
|                      | lClk     | Chloride                     |          | <u>0,70</u>         |             |             |             |             | 0,40  |      |      |      |      |
|                      | ISO4k    | Sulfaat                      |          | <u>0,49</u>         | 0,27        | 0,18        | <u>0,36</u> | <u>0,33</u> | 0,36  | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,23 |
|                      | lCak     | Calcium                      |          | <u>0,75</u>         | <u>0,74</u> | 0,26        | <u>0,40</u> | 0,15        | 0,29  | 0,30 | 0,16 | 0,14 | 0,18 |
|                      | lKk      | Kalium                       |          | <u>0,49</u>         | <u>0,34</u> | <u>0,35</u> | <u>0,49</u> | <u>0,36</u> | 0,30  | 0,30 | 0,14 | 0,17 | 0,22 |
| Nutriënten           | lOPk     | Ortho-fosfaat                |          | 0,46                | <u>0,36</u> | <u>0,42</u> | <u>0,43</u> | <u>0,33</u> | 0,54  | 0,53 | 0,55 | 0,54 | 0,39 |
|                      | lTPk     | Totaal-fosfaat               |          | 0,47                | <u>0,37</u> | <u>0,39</u> | <u>0,38</u> | <u>0,33</u> | 0,40  | 0,39 | 0,38 | 0,33 | 0,31 |
|                      | INO3k    | Nitraat-stikstof             |          | 0,16                | 0,16        | 0,16        | 0,20        | 0,18        | 0,73  | 0,75 | 0,71 | 0,70 | 0,66 |
|                      | INO2NO3k | Nitriet- + nitraat-stikstof  |          | 0,16                | 0,16        | 0,19        | 0,21        | 0,13        | 0,70  | 0,72 | 0,64 | 0,64 | 0,57 |
|                      | INH4k    | Ammonium-stikstof            |          | 0,16                | 0,14        | 0,21        | 0,25        | 0,10        | 0,49  | 0,48 | 0,49 | 0,54 | 0,58 |
|                      | lKnk     | Kjeldahl-stikstof            |          | 0,24                | 0,19        | 0,21        | 0,15        | 0,19        | 0,27  | 0,27 | 0,22 | 0,24 | 0,31 |
|                      | lONk     | Organische stikstof          |          | 0,17                | 0,17        | 0,22        | 0,18        | 0,24        | 0,69  | 0,71 | 0,61 | 0,64 | 0,54 |
|                      | lTNk     | Totaal-stikstof              |          | 0,17                | 0,15        | 0,17        | 0,15        | 0,19        | 0,29  | 0,30 | 0,23 | 0,23 | 0,30 |
|                      | IN/Pk    | Tot.-stikstof / Tot.-fosfaat |          | 0,34                | 0,24        | 0,31        | 0,33        | 0,32        | 0,39  | 0,40 | 0,37 | 0,35 | 0,29 |
| Zuurstof-huishouding | INH3k    | Ammoniak-stikstof            |          | 0,19                |             |             |             |             | 0,41  |      |      |      |      |
|                      | IBOD5k   | Bioch. zuurst.verbr. (5 dgn) |          | 0,22                | 0,13        | 0,14        | 0,09        | 0,13        | 0,32  | 0,32 | 0,29 | 0,34 | 0,38 |
|                      | O2%k     | Zuurstofverzadiging          |          | 0,13                | 0,13        | 0,14        | 0,24        | 0,12        | 25,3  | 24,3 | 26,8 | 28,8 | 28,4 |

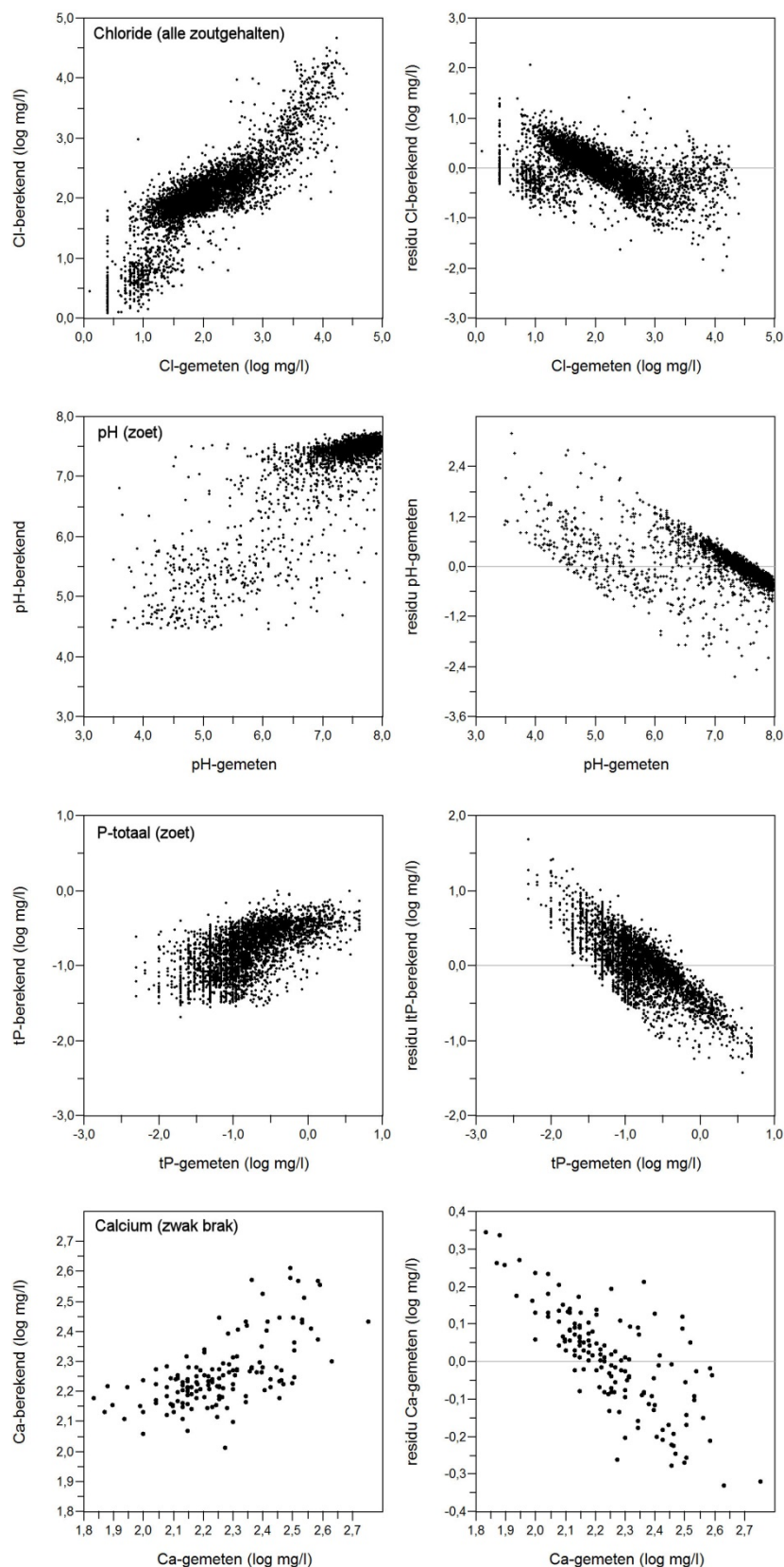
gemeten concentraties van de stikstofcomponenten, terwijl anorganische stikstof vooral in brakke wateren vaak meer dan stikstof als limiterend nutriënt voor algengroei wordt beschouwd en ook invloed op de soortensamenstelling kan hebben (zie bijvoorbeeld Rabalais 2001, Weckström 2006, Trobajo & Sullivan 2010). De correlaties tussen de berekende en gemeten waarden van de N/P-verhouding zijn met waarden rond 0,32 voor Boot\_R<sup>2</sup> niet uitgesproken laag.

Daar sommige soorten diatomeeën ook organisch gebonden stikstof assimileren (Cholnoky 1968, Scholz & Liebezeit 2012) is er ook een verband tussen organische stikstof en de soortensamenstelling, maar dat komt uit de Tabel 14 niet naar voren. Ook het verband tussen de zuurstofhuishouding en soortensamenstelling (Cholnoky 1968, Van Dam e.a. 1994) blijkt niet uit de gegevens..

Er kunnen geen goede transferfuncties worden opgesteld voor waterdiepte, temperatuur, chlorofyl, doorzicht en zwevende stof.

#### Relevante modellen

Juggins (2013) geeft een zeer kritisch overzicht van het gebruik van transferfuncties in de (paleo)limnologie. Hoewel dergelijke functies zeer veelvuldig worden gebruikt zijn er toch problemen aan de toepassing. Het belangrijkste is dat de gevonden relaties meestal niet op causale verbanden berusten, maar indirect van aard zijn. Daarnaast zijn veel van de modellen slechts geldig binnen een beperkt geografisch gebied en/of watertype.



Figuur 6. Relatie tussen de berekende en de gemeten waarden van enkele variabelen (linker figuren) en tussen de verschillen van berekende en gemeten waarden en de gemeten waarden (rechter figuren). Alle modellen met 'bootsrapping' en omgekeerde ontkrimping.

Tenslotte kunnen secundaire ('ruis')variabelen een grote, consistente, maar misleidende invloed hebben. Zijn belangrijkste aanbevelingen zijn daarom aan om in beginsel alleen modellen te ontwikkelen voor milieuvariabelen waarvan bekend is dat ze een causale relatie hebben met de biologische variabelen. De milieuvariabelen moeten bovendien een groot deel van de variatie in de dataset bepalen.

Het beste is om de belangrijkste milieuvariabelen uit de gegevens te extraheren met behulp van multivariate analysemethoden. Dat is binnen de context van dit project niet mogelijk. Op grond van literatuurgegevens noemen Van Dam & Mertens (2010) als belangrijkste abiotische variabelen:

1. zoutgehalte (chloride)
2. alkaliniteit, sterk gerelateerd aan pH en concentraties van macro-ionen (geleidbaarheid)
3. nutriëntenconcentraties, vooral fosfaat en silicium en in mindere mate anorganische stikstof
4. zuurstofhuishouding
5. microverontreinigingen (zware metalen, bestrijdingsmiddelen).

Het belang van het zoutgehalte is volgens de gegevens uit Tabel 13 evident. Helaas zijn er binnen de dataset geen geschikte gegevens over de alkaliniteit, maar het belang van verwante variabelen (macro-ionen, vooral calcium) blijkt ook duidelijk uit Tabel 13, evenals het belang van fosfaat. In Tabel 13 zijn de correlaties van berekende waarden van deze relevante variabelen met de gemeten variabelen *cursief* gedrukt. Daarbij is, enigszins arbitrair, gesteld dat de  $R^2$  groter moet zijn dan 0,30.

Het is niet zinvol om andere dan deze relevante variabelen toe te passen in instrumenten als het Volg- en Stuursysteem, en de KRW-Verkenner.

#### 4.2.2. Optima van de taxa

De optima van 419 taxa zijn vermeld in Bijlage 9. In de Excelbijlage zijn die voor de relevante en niet-relevante modellen in twee groepen weergegeven.

Voor nieuwe monsters kan uit de taxonomische samenstelling de betreffende milieuvariabele worden geschat door het gewogen gemiddelde optimum (aanvankelijke  $x_i$ ) te berekenen en vervolgens de uiteindelijke  $x_i$  ( $= a + b \times \text{aanvankelijke } \underline{x}_i$ ), met a en b uit Bijlage 8.

De optima van enkele milieuvariabelen voor 60 frequente taxa zijn vermeld in Tabel 14<sup>9</sup>. Ze zijn gerangschikt volgens hun optimum voor chloride, de belangrijkste milieuvariabele. De berekende optima voor chloride komen goed overeen met de verwachtingen op grond van de meer kwalitatieve gegevens uit bijvoorbeeld Van Dam e.a. (1994) en de ervaringen die sindsdien door ons in veel projecten zijn opgedaan.

Voor de pH is dat ook het geval, maar *Navicula salinarum* (Cl-optimum 833 mg/l) zou in zoet water een pH-optimum van 6,9 hebben. Dit komt doordat dit taxon maar in enkel monsters uit zoet water is gevonden,

<sup>9</sup> Per taxon is voor elke zoutklasse eerst het frequentiepercentage berekend en vervolgens het gemiddelde hiervan over de vier klassen. De 60 taxa met de hoogste gemiddelde frequenties zijn opgenomen in de tabel.



Tabel 14. Aantal monsters (n), gemiddelde procentuele hoeveelheid (a), Frequentiepercentages per zoutklasse (Tabel I) en optima per milieuvariabele per zoutklasse voor enkele milieuv variabelen van 60 frequente taxa in de 5030 monsters. Behalve voor de pH zijn de optima teruggetransformeerde waarden van de berekende logaritmische optima. De taxa zijn gerangschikt naar opklimmend optimum voor chloride. - = niet aangetroffen. Frequentiepercentages kleiner dan 10% en optima die hierop zijn gebaseerd zijn grijs gedrukt.

| n    | a    | Taxon↓                                                | Zoutklasse→ | % monsters |    |    |     | Cl   | pH  | Geleidbaarheid (mS/m) |     |     |      | Calcium (mg/l) |     |     |     | P-totaal (mg/l) |      |      |      |
|------|------|-------------------------------------------------------|-------------|------------|----|----|-----|------|-----|-----------------------|-----|-----|------|----------------|-----|-----|-----|-----------------|------|------|------|
|      |      |                                                       |             | 1          | 2  | 3  | 4-5 | 1-5  | 1   | 1                     | 2   | 3   | 4    | 1              | 2   | 3   | 4   | 1               | 2    | 3    | 4    |
| 1565 | 2,2  | <i>Eunotia bilunaris</i>                              |             | 41         | 7  | 2  | -   | 17   | 6,0 | 15                    | 184 | 426 |      | 7              | 124 | 142 |     | 0,15            | 0,17 | 0,25 | 1,00 |
| 1575 | 0,7  | <i>Navicula cryptocephala</i>                         |             | 39         | 12 | 6  | 4   | 47   | 7,3 | 45                    | 210 | 509 | 1336 | 50             | 125 | 144 | 223 | 0,17            | 0,22 | 0,69 | 0,60 |
| 1886 | 1,5  | <i>Eolimna minima</i>                                 |             | 42         | 34 | 17 | 3   | 66   | 7,3 | 45                    | 216 | 553 | 1471 | 42             | 97  | 164 | 297 | 0,30            | 0,62 | 0,99 | 1,37 |
| 3192 | 13,6 | <i>Achnanthes minutissimum</i>                        |             | 73         | 50 | 24 | 5   | 71   | 7,4 | 52                    | 211 | 450 | 2187 | 56             | 142 | 290 | 465 | 0,09            | 0,13 | 0,18 | 0,24 |
| 880  | 0,6  | <i>Lemnicola hungarica</i>                            |             | 19         | 17 | 9  | 2   | 72   | 7,2 | 47                    | 217 | 403 | 1195 | 48             | 101 | 161 | 345 | 0,43            | 1,02 | 0,74 | 0,56 |
| 1262 | 0,6  | <i>Ulnaria ulna</i>                                   |             | 29         | 21 | 8  | 1   | 72   | 7,4 | 57                    | 216 | 455 | 1823 | 71             | 131 | 233 | 454 | 0,19            | 0,46 | 0,46 | 0,20 |
| 1105 | 0,4  | <i>Navicula radiosa</i> [1]                           |             | 26         | 13 | 9  | 5   | 75   | 7,4 | 60                    | 179 | 578 | 1395 | 71             | 128 | 203 | 385 | 0,15            | 0,16 | 0,60 | 1,05 |
| 1313 | 0,8  | <i>Planorbulina lanceolata</i>                        |             | 28         | 27 | 11 | 6   | 80   | 7,4 | 59                    | 224 | 478 | 1528 | 59             | 110 | 183 | 253 | 0,24            | 0,70 | 0,58 | 1,12 |
| 1184 | 0,8  | <i>Planorbulina frequentissima</i>                    |             | 25         | 28 | 13 | 3   | 86   | 7,5 | 63                    | 213 | 461 | 1377 | 59             | 106 | 153 | 340 | 0,29            | 0,72 | 0,80 | 0,62 |
| 1193 | 0,4  | <i>Encyonema silesiacum</i>                           |             | 29         | 14 | 5  | -   | 88   | 7,5 | 67                    | 199 | 482 |      | 60             | 147 | 282 |     | 0,18            | 0,23 | 0,51 | 1,00 |
| 1287 | 1,2  | <i>Melosira varians</i>                               |             | 26         | 30 | 22 | 9   | 91   | 7,5 | 61                    | 218 | 526 | 1638 | 67             | 129 | 175 | 270 | 0,21            | 0,50 | 0,74 | 0,93 |
| 3140 | 9,1  | <i>Cocconeis placentula</i> s.l.                      |             | 67         | 59 | 29 | 41  | 92   | 7,4 | 60                    | 199 | 444 | 2334 | 65             | 95  | 132 | 347 | 0,18            | 0,38 | 0,46 | 1,18 |
| 1076 | 0,3  | <i>Hippodonta capitata</i>                            |             | 23         | 24 | 10 | 2   | 102  | 7,5 | 66                    | 210 | 467 | 1236 | 64             | 110 | 195 | 91  | 0,26            | 0,57 | 0,45 | 0,64 |
| 2687 | 2,0  | <i>Nitzschia palea</i>                                |             | 54         | 62 | 50 | 20  | 103  | 7,3 | 53                    | 209 | 482 | 1355 | 48             | 109 | 180 | 271 | 0,27            | 0,64 | 1,22 | 0,96 |
| 3660 | 5,4  | <i>Gomphonema parvulum</i>                            |             | 74         | 85 | 73 | 22  | 123  | 7,3 | 55                    | 224 | 474 | 1226 | 58             | 124 | 179 | 299 | 0,25            | 0,60 | 0,81 | 0,63 |
| 1138 | 0,4  | <i>Gomphonema clavatum</i>                            |             | 23         | 28 | 20 | 5   | 133  | 7,4 | 68                    | 238 | 495 | 1145 | 74             | 148 | 188 | 135 | 0,20            | 0,39 | 0,71 | 0,54 |
| 1562 | 0,9  | <i>Nitzschia dissipata</i>                            |             | 33         | 36 | 11 | 3   | 138  | 7,6 | 77                    | 208 | 622 | 2298 | 69             | 118 | 137 | 158 | 0,18            | 0,36 | 1,03 | 1,45 |
| 1771 | 0,9  | <i>Navicula cryptotenella</i>                         |             | 36         | 47 | 17 | 5   | 141  | 7,5 | 80                    | 207 | 450 | 1768 | 75             | 109 | 168 | 291 | 0,23            | 0,51 | 0,39 | 0,84 |
| 1662 | 1,4  | <i>Amphora pediculus</i>                              |             | 33         | 46 | 27 | 7   | 143  | 7,6 | 82                    | 223 | 495 | 1468 | 69             | 117 | 169 | 236 | 0,24            | 0,40 | 0,78 | 0,98 |
| 1003 | 1,0  | <i>Fragilaria famelica</i>                            |             | 19         | 25 | 23 | 22  | 151  | 7,3 | 53                    | 218 | 597 | 1337 | 62             | 127 | 286 | 351 | 0,12            | 0,23 | 0,25 | 0,41 |
| 946  | 0,7  | <i>Stephanodiscus hantzschii</i>                      |             | 18         | 24 | 21 | 9   | 153  | 7,7 | 79                    | 212 | 497 | 1181 | 69             | 129 | 174 | 282 | 0,41            | 0,48 | 0,69 | 1,60 |
| 1535 | 0,8  | <i>Nitzschia amphibia</i>                             |             | 29         | 47 | 27 | 4   | 166  | 7,6 | 88                    | 217 | 530 | 1210 | 83             | 122 | 160 | 244 | 0,39            | 0,51 | 0,98 | 0,70 |
| 775  | 0,2  | <i>Navicula slesvicensis</i>                          |             | 14         | 24 | 17 | 4   | 167  | 7,5 | 71                    | 222 | 449 | 1665 | 72             | 161 | 160 | 281 | 0,23            | 0,34 | 0,55 | 1,01 |
| 2043 | 2,7  | <i>Nitzschia paleacea</i>                             |             | 39         | 54 | 47 | 19  | 168  | 7,5 | 67                    | 201 | 525 | 1468 | 62             | 91  | 143 | 226 | 0,27            | 0,59 | 1,07 | 1,37 |
| 1184 | 0,3  | <i>Amphora copulata</i>                               |             | 23         | 33 | 20 | 3   | 177  | 7,6 | 87                    | 218 | 528 | 1186 | 75             | 116 | 170 | 151 | 0,28            | 0,48 | 0,54 | 0,45 |
| 812  | 0,3  | <i>Amphora veneta</i>                                 |             | 14         | 28 | 21 | 5   | 178  | 7,6 | 76                    | 208 | 443 | 1213 | 61             | 104 | 121 | 241 | 0,45            | 0,70 | 1,34 | 2,61 |
| 2012 | 1,9  | <i>Gomphonema olivaceum</i>                           |             | 37         | 60 | 47 | 8   | 180  | 7,7 | 81                    | 225 | 531 | 1127 | 80             | 144 | 172 | 236 | 0,21            | 0,37 | 0,76 | 0,58 |
| 753  | 0,4  | <i>Navicula antonii</i>                               |             | 14         | 27 | 9  | 2   | 192  | 7,7 | 92                    | 213 | 515 | 1573 | 84             | 138 | 131 |     | 0,33            | 0,50 | 0,61 | 0,64 |
| 1551 | 0,9  | <i>Navicula tripunctata</i>                           |             | 29         | 47 | 31 | 12  | 193  | 7,7 | 88                    | 215 | 467 | 1586 | 85             | 133 | 167 | 190 | 0,26            | 0,42 | 0,76 | 0,98 |
| 1632 | 0,9  | <i>Ctenophora pulchella</i>                           |             | 28         | 52 | 41 | 21  | 204  | 7,4 | 66                    | 225 | 506 | 1312 | 59             | 115 | 180 | 269 | 0,21            | 0,51 | 0,54 | 0,87 |
| 1244 | 0,8  | <i>Cyclotella meneghiniana</i>                        |             | 23         | 33 | 33 | 10  | 229  | 7,6 | 76                    | 234 | 536 | 1367 | 61             | 135 | 198 | 205 | 0,36            | 0,44 | 0,68 | 0,96 |
| 2521 | 2,9  | <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>                       |             | 45         | 68 | 67 | 52  | 234  | 7,6 | 76                    | 230 | 544 | 1731 | 72             | 123 | 159 | 266 | 0,22            | 0,45 | 0,87 | 1,07 |
| 587  | 0,2  | <i>Craticula buderi</i> -groep                        |             | 10         | 20 | 17 | 4   | 237  | 7,3 | 84                    | 253 | 470 | 1504 | 72             | 158 | 277 | 295 | 0,28            | 0,63 | 1,27 | 0,98 |
| 557  | 0,1  | <i>Navicula rhynchocephala</i> var. <i>amphiceros</i> |             | 8          | 25 | 21 | 4   | 256  | 7,5 | 85                    | 228 | 507 | 1488 | 76             | 136 | 154 | 294 | 0,31            | 0,46 | 0,73 | 0,79 |
| 750  | 0,3  | <i>Cymatosira belgica</i>                             |             | 10         | 33 | 24 | 22  | 271  | 7,7 | 114                   | 212 | 516 | 1692 | 99             | 129 | 162 | 295 | 0,53            | 0,58 | 0,82 | 1,20 |
| 1712 | 0,8  | <i>Navicula veneta</i>                                |             | 28         | 59 | 56 | 25  | 290  | 7,5 | 83                    | 227 | 532 | 1379 | 75             | 121 | 177 | 322 | 0,35            | 0,73 | 1,33 | 0,94 |
| 509  | 0,1  | <i>Tryblionella hungarica</i>                         |             | 8          | 18 | 18 | 12  | 299  | 7,7 | 90                    | 230 | 611 | 1629 | 81             | 122 | 172 | 244 | 0,48            | 0,81 | 1,22 | 1,27 |
| 1229 | 0,7  | <i>Nitzschia fonticola</i>                            |             | 23         | 28 | 25 | 33  | 299  | 7,6 | 75                    | 240 | 711 | 1638 | 71             | 104 | 163 | 189 | 0,30            | 0,56 | 1,53 | 1,30 |
| 720  | 0,3  | <i>Nitzschia supralittorea</i>                        |             | 10         | 29 | 31 | 19  | 307  | 7,6 | 89                    | 205 | 558 | 1619 | 75             | 107 | 155 | 297 | 0,48            | 0,71 | 1,05 | 1,39 |
| 2384 | 2,2  | <i>Navicula gregaria</i>                              |             | 41         | 70 | 69 | 47  | 320  | 7,6 | 76                    | 228 | 595 | 1313 | 71             | 117 | 194 | 364 | 0,27            | 0,52 | 0,82 | 0,90 |
| 1220 | 1,3  | <i>Diatoma tenuis</i>                                 |             | 21         | 34 | 43 | 20  | 384  | 7,6 | 67                    | 221 | 657 | 1125 | 62             | 123 | 222 | 290 | 0,15            | 0,26 | 0,47 | 0,31 |
| 470  | 0,2  | <i>Hippodonta hungarica</i>                           |             | 5          | 23 | 28 | 9   | 445  | 7,5 | 77                    | 228 | 503 | 1169 | 73             | 115 | 154 | 238 | 0,39            | 1,07 | 1,49 | 1,06 |
| 1683 | 1,8  | <i>Nitzschia frustulum</i>                            |             | 23         | 64 | 71 | 52  | 483  | 7,5 | 77                    | 241 | 553 | 1358 | 55             | 114 | 153 | 289 | 0,30            | 0,65 | 1,03 | 1,06 |
| 1643 | 1,1  | <i>Tabularia tabulata</i> -groep                      |             | 28         | 44 | 44 | 60  | 572  | 7,6 | 77                    | 235 | 634 | 1766 | 72             | 105 | 184 | 234 | 0,24            | 0,62 | 0,79 | 1,12 |
| 562  | 0,6  | <i>Thalassiosira pseudonana</i>                       |             | 7          | 16 | 32 | 33  | 622  | 7,7 | 85                    | 249 | 732 | 1462 | 75             | 175 | 171 | 233 | 0,28            | 0,32 | 0,78 | 1,81 |
| 509  | 0,5  | <i>Cyclotella atomus</i>                              |             | 6          | 18 | 31 | 18  | 640  | 7,6 | 100                   | 249 | 666 | 1526 | 84             | 156 | 192 | 269 | 0,33            | 0,56 | 0,93 | 1,92 |
| 569  | 0,2  | <i>Planorbulina delicatulum</i>                       |             | 6          | 21 | 26 | 38  | 679  | 7,6 | 69                    | 232 | 595 | 1721 | 53             | 91  | 168 | 280 | 0,27            | 0,72 | 1,17 | 1,10 |
| 259  | 0,1  | <i>Navicula salinarum</i>                             |             | 1          | 10 | 23 | 26  | 833  | 6,9 | 76                    | 230 | 619 | 1305 | 49             | 116 | 188 | 349 | 0,11            | 0,54 | 0,72 | 0,97 |
| 412  | 0,3  | <i>Navicula recens</i>                                |             | 3          | 19 | 40 | 25  | 964  | 7,8 | 88                    | 241 | 534 | 1306 | 66             | 115 | 178 | 303 | 0,40            | 0,57 | 0,75 | 1,19 |
| 205  | 0,1  | <i>Nitzschia microcephala</i>                         |             | 1          | 6  | 22 | 20  | 1182 | 7,7 | 72                    | 218 | 647 | 1584 | 47             | 114 | 194 | 270 | 0,19            | 0,20 | 0,84 | 1,27 |
| 361  | 0,1  | <i>Tryblionella apiculata</i>                         |             | 3          | 11 | 25 | 32  | 1260 | 7,5 | 85                    | 245 | 671 | 1953 | 59             | 135 | 184 | 286 | 0,31            | 0,63 | 0,74 | 1,39 |
| 409  | 0,2  | <i>Bacillaria paxillifer</i>                          |             | 4          | 11 | 35 | 39  | 1992 | 7,6 | 91                    | 241 | 755 | 1413 | 82             | 111 | 181 | 252 | 0,32            | 0,46 | 0,79 | 0,97 |
| 256  | 0,2  | <i>Nitzschia liebetruithii</i>                        |             | 2          | 7  | 22 | 33  | 2433 | 7,6 | 95                    | 241 | 640 | 1951 | 74             | 119 | 152 | 247 | 0,28            | 0,72 | 0,90 | 1,40 |
| 173  | 0,2  | <i>Nitzschia aurariae</i>                             |             | 0          | 5  | 19 | 29  | 3033 | 7,8 | 117                   | 269 | 649 | 1970 | 47             | 106 | 166 | 274 | 1,32            | 1,78 | 1,28 | 2,31 |
| 197  | 0,1  | <i>Navicula phyllepta</i> [1]                         |             | 1          | 4  | 18 | 34  | 3188 | 7,7 | 89                    | 268 | 864 | 2232 | 90             | 138 | 251 | 301 | 0,68            | 0,75 | 0,87 | 1,12 |
| 235  | 0,3  | <i>Navicula perminuta</i>                             |             | 1          | 7  | 21 | 32  | 3669 | 7,5 | 92                    | 304 | 636 | 1777 | 86             | 116 | 150 | 391 | 0,52            | 0,52 | 1,00 | 0,99 |
| 158  | 0,1  | <i>Navicula phylleptosoma</i>                         |             | 0          | 4  | 14 | 31  | 4390 | 7,6 | 96                    | 329 | 661 | 2125 | 67             | 190 | 148 | 348 | 0,26            | 0,26 | 0,74 | 0,95 |
| 310  | 0,4  | <i>Amphora coffeaeformis</i>                          |             | 0          | 4  | 31 | 71  | 4897 | 7,6 | 87                    | 445 | 735 | 1789 | 52             | 184 | 206 | 297 | 0,38            | 0,26 | 1,12 | 1,55 |
| 223  | 0,2  | <i>Berkeleya rutilans</i>                             |             | 0          | 3  | 26 | 46  | 5987 | 7,6 | 53                    | 650 | 694 | 1991 | 47             | 273 | 173 | 333 | 0,19            | 0,12 | 0,60 | 1,13 |
| 141  | 0,1  | <i>Amphora coffeaeformis</i> var. <i>acutiuscula</i>  |             | 0          | 0  | 10 | 41  | 7539 | 7,6 | 76                    | 275 | 765 | 2470 | 53             | 119 | 172 | 265 | 0,40            | 1,02 | 0,92 | 1,97 |

maar in één monster wel veel (44% abundantie). Omdat dergelijke waarnemingen weinig betrouwbare optima geven zijn alle optima die zijn gebaseerd op minder dan 10% van de monsters in een zoutklasse grijs gedrukt.

Uit de tabel komt duidelijk naar voren dat de gebruikte modellen meer statistische dan ecologische betekenis hebben. Zo zou een taxonomisch homogeen taxon als *Ctenophora pulchella*, die over het gehele zoutgehaltetraject veel voorkomt (een euryhalie soort) in zoutere wateren een hoger fosfaatoptimum hebben dan in zoete wateren. Dat is weliswaar mogelijk, maar niet waarschijnlijk. Bij taxonomisch heterogene taxa, vaak complexen van morfologisch en ecologisch verwante soorten, zoals *Rhoicosphenia abbreviata* en *Navicula veneta*, is het wel goed denkbaar dat er in de verschillende zoutgehalteklassen verschillende optima zijn, omdat het dan om verschillende taxa gaat.

### 4.3. Vergelijking gesplitste en ongesplitste gegevens

De efficiëntie van beide methoden kan worden vergeleken met behulp van de  $R^2$  en de RMSE van alle monsters (Tabel 15). De ongesplitste gegevens zijn die welke zijn besproken in § 4.1 en de 'gesplitste'

Tabel 15. Vergelijking van de resultaten uit de ongesplitste en de 'gesplitste' gegevens. *Cursief gedrukte* getallen hebben betrekking op logaritmisches getransformeerde milieuv variabelen, normaal gedrukte getallen betreffen ongetransformeerde variabelen. 'Verschil' (V) is het verschil tussen de 'gesplitste' en ongesplitste  $R^2$ . --:  $V < -0,1$ ; -:  $-0,1 < V < 0$ ; +:  $0 < V < 0,1$ ; ++:  $V > 0,1$ .

| Groep               | Afk.  | Variabele                    | Ongesplitst<br>(n = 5143) |      | 'Gesplitst'<br>(n = 5030) |      | Verschil (V)<br>$R^2$ |
|---------------------|-------|------------------------------|---------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------|
|                     |       |                              | $R^2$                     | RMSE | $R^2$                     | RMSE |                       |
| Hydromorfologie     | D     | Waterdiepte                  | 0,26                      | 1,6  | 0,33                      | 0,30 | +                     |
| Algemeen            | T     | Temperatuur                  | 0,11                      | 3,6  | 0,12                      | 3,5  | +                     |
| Licht               | Chl-a | Chlorofyl-a                  | 0,10                      | 127  | 0,23                      | 0,49 | ++                    |
|                     | DZ    | Doorzicht                    | 0,21                      | 0,5  | 0,27                      | 0,24 | +                     |
|                     | ZS    | Zwevende stof                | 0,37                      | 35   | 0,41                      | 0,39 | +                     |
| Macro-ionen         | EC    | Elektr. geleidingsverm.      | 0,71                      | 333  | 0,76                      | 0,28 | +                     |
|                     | IR    | Ionic Ratio                  | 0,38                      | 0,18 | 0,56                      | 0,17 | ++                    |
|                     | pH    | Zuurgraad                    | 0,67                      | 0,56 | 0,67                      | 0,52 | o                     |
|                     | Cl    | Chloride                     | 0,74                      | 1194 | 0,71                      | 0,39 | -                     |
|                     | SO4   | Sulfaat                      | 0,68                      | 138  | 0,51                      | 0,35 | --                    |
|                     | Ca    | Calcium                      | 0,51                      | 51   | 0,76                      | 0,28 | ++                    |
|                     | K     | Kalium                       | 0,34                      | 13   | 0,52                      | 0,29 | ++                    |
| Nutriënten          | oP    | Ortho-fosfaat                | 0,30                      | 0,51 | 0,48                      | 0,53 | ++                    |
|                     | tP    | Totaal-fosfaat               | 0,39                      | 0,58 | 0,49                      | 0,39 | ++                    |
|                     | NO3   | Nitraat-stikstof             | 0,28                      | 2,88 | 0,19                      | 0,71 | -                     |
|                     | NO2-3 | Nitriet- + nitraat-stikstof  | 0,24                      | 3,03 | 0,18                      | 0,69 | -                     |
|                     | NH4   | Ammonium-stikstof            | 0,14                      | 1,36 | 0,20                      | 0,47 | +                     |
|                     | kN    | Kjeldahl-stikstof            | 0,22                      | 2,1  | 0,27                      | 0,26 | +                     |
|                     | oN    | Organische stikstof          | 0,24                      | 3,1  | 0,21                      | 0,67 | -                     |
|                     | tN    | Totaal-stikstof              | 0,21                      | 3,5  | 0,20                      | 0,28 | -                     |
|                     | N/P   | Tot.-stikstof / Tot.-fosfaat | 0,18                      | 109  | 0,36                      | 0,38 | ++                    |
| Zuurstofhuishouding | BOD   | Bioch. zuurst.verbr. (5 d)   | 0,29                      | 4,3  | 0,25                      | 0,31 | +                     |
|                     | O2%   | Zuurstofverzadiging          | 0,14                      | 30   | 0,17                      | 24   | +                     |
| Alle                | -     | gemiddeld                    | 0,34                      |      | 0,38                      |      |                       |

gegevens betreffen alle monsters samen uit § 4.2. Op de temperatuur, de pH en de zuurstofverzadiging na zijn in § 4.2 alle milieuvariabelen eerst logaritmisches getransformeerd, in § 4.1 is dat niet het geval.

De  $R^2$  van de logaritmisches getransformeerde variabelen uit de ‘gesplittede’ dataset is met gemiddeld 0,39 iets hoger dan de  $Boot\_R^2$  (gemiddeld 0,36). Daarentegen is de RMSEP van deze gegevens met 0,41 iets hoger dan de RMSE, hetgeen ook de verwachting is. Groot zijn deze verschillen echter niet.

Naast een relatief klein verschil in het aantal monsters van beide datasets is het verschil voornamelijk de logaritmische transformatie. Voor de niet-getransformeerde variabelen (temperatuur, pH en zuurstofverzadiging) zijn de verschillen in  $R^2$  en RMSE gering (Tabel 15).

Gemiddeld zijn de correlaties tussen de door de modellen berekende en de gemeten waarden van de milieuvariabelen in de ‘gesplittede’ dataset hoger dan in de ongesplittede dataset. Dat is vooral het geval bij de Ionic Ratio, calcium, kalium, fosfaat en de N/P-verhouding. Bij sulfaat is het juist omgekeerd. Waarschijnlijk zijn deze verschillen het gevolg van de logaritmische transformatie.



## 5. Evaluatie en perspectieven

Dit is de eerste maal dat alle diatomeeëngegevens uit de Limnodata in onderlinge samenhang zijn verwerkt. Het is daarom zinvol eerst de sterke en de zwakke punten van de database op een rij te zetten en suggesties voor verbeteringen te geven, voordat de inhoudelijke resultaten worden geëvalueerd.

### 5.1. Limnodata

#### 5.1.1. Algemeen

De Limnodata is, ook in Europees kader, een uniek gegevensbestand, waarin hydrobiologische en milieugegevens van een groot aantal waterbeheerders zijn samengebracht. Het blijkt echter dat het zonder meer downloaden en verder verwerken van gegevens uit de Limnodata ten sterkste moet worden afgeraden. Voor het verkrijgen van zinvolle resultaten moeten de gegevens kritisch worden beschouwd en uitgebreid worden voorbereid (zie ook Netten e.a 2010).

De gegevens zijn in de meeste gevallen niet als primaire gegevens van de oorspronkelijke laboratoria in de Limnodata terecht gekomen, maar vooral geïmporteerd uit databases die op hun beurt soms ook weer uit andere bestanden zijn geïmporteerd. Het is bijna onvermijdelijk dat bij de verschillende conversiestappen soms fouten optreden, zoals bij dit onderzoek is gebleken.

Bij de biologische gegevens zijn monsters soms onvolledig geïmporteerd en bij de fysische en chemische gegevens betreft het vooral vergissingen in de gebruikte eenheden. De controle van de integriteit van de data bij de verschillende conversiestappen is daarom een punt van aandacht.

Een andere fout die soms wordt gemaakt is het dubbel importeren van monsters. Soms worden de hoeveelheden van de taxa dan gewoon bij

elkaar opgeteld, maar het komt ook voor dat hetzelfde monster onder twee verschillende locatie- en/of monsternummers in de Limnodata is opgeslagen; in een aantal gevallen dan ook nog met verschillend watertype.

### 5.1.2. Diatomeeën

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nomenclatuur en taxonomie   | Onder de 1747 namen van diatomeeën in de Limnodata bevinden zich vele dubletten, het betreft zowel eenvoudige administratieve verschillen, als ook meer gecompliceerde taxonomische interpretaties. Het verdient aanbeveling in elk geval de administratieve verschillen zoveel mogelijk glad te strijken en zoveel mogelijk de TWN-nomenclatuur te gebruiken. De oorspronkelijke gebruikte namen dienen echter altijd toegankelijk te blijven.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Integriteit van de monsters | Om de integriteit van de data beter te kunnen controleren is het wenselijk om een veld te reserveren voor het invullen van het oorspronkelijk getelde aantal exemplaren (zie ook Van Dam & Mertens 2010). Verdere mogelijkheden tot kwaliteitsverbetering zijn toevoeging van velden voor het gebruikte determinatiewerk en het analyselaboratorium en/of de analist.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Kwaliteit van de gegevens   | <p>Binnen het kader van dit onderzoek was het niet mogelijk de determinaties en nomenclatuur op het niveau van alle individuele 10 805 monsters te controleren en valideren. Structurele verschillen in determinaties zijn in de loop der tijd zoveel mogelijk voorkomen door deelname van veel van de betrokken analisten aan cursussen en workshops. Aangenomen mag worden dat eventuele incidentele verschillen in determinaties worden gecompenseerd door de wet van de grote aantallen<sup>10</sup>.</p> <p>De indruk bestaat dat de kwaliteit van de analyses voldoende is voor het onderhavige onderzoek. Voor eventuele verdere bewerkingen met gegevens uit de Limnodata, zoals clusteranalyse en ordinatie is het echter noodzakelijk om de consistentie van de analyses in de bestanden nader te onderzoeken en eventueel te verbeteren.</p> |
| Spreiding monsters          | De spreiding van de monsters met milieugegevens over het land is zeer ongelijk; er is een sterke oververtegenwoordiging van wateren in het westen van het land. Om een meer evenwichtig bestand voor de verdere verwerking te krijgen zijn veel monsters uit het westen niet bij de verdere bewerkingen betrokken, maar de leemten in het oosten zijn daardoor niet weggenomen. Daaraan kan deels worden tegemoet gekomen door de elders wel aanwezige milieugegevens alsnog aan de Limnodata toe te voegen. Hierna kan goed worden beoordeeld welke witte vlekken op de kaart van Figuur 2 dan nog blijven bestaan.                                                                                                                                                                                                                                    |

---

<sup>10</sup> In een statistische context zeggen wetten van grote aantallen dat het (steekproef)gemiddelde van een aselechte steekproef uit een populatie, met hoge waarschijnlijkheid weinig verschilt van het populatiegemiddelde (Wikipedia).

### 5.1.3. Watertypen

In dit onderzoek is nog geen aandacht besteed aan verschillen tussen watertypen. In de Limnodata zijn wel velden voor de CUWVO- en KRW-watertypen, maar vaak zijn deze niet ingevuld. Ook is de toekenning ervan niet eenduidig geschied. Zo zijn brakke sloten in stedelijk gebied daardoor als brak water, als stadswater of als sloot getypeerd. Voor verdere bewerkingen moet eerst de toekenning van typen consistent zijn.

Als alle monsters consequent getypeerd zijn, kan ook worden nagegaan welke typen eventueel over- of ondervertegenwoordigd zijn. Voor zover van de ondervertegenwoordigde typen nog analyses beschikbaar zijn die niet in de Limnodata zijn opgenomen, bijvoorbeeld van Drentse beken (AquaSense 2005b), zouden die nog kunnen worden toegevoegd. Voor zover dat niet het geval is kan de urgentie van bemonstering van ondervertegenwoordigde typen worden aangegeven.

### 5.1.4. Fysische en chemische gegevens

#### Onvolkomenheden

Het aantal vermoedelijk foutieve waarden in de aan ons ter beschikking gestelde bestanden bedraagt enkele procenten van het totaal, maar bij sommige variabelen, is dat 6%. Veel voorkomende fouten zijn decimale fouten (factor 10 tot 1 000 000 te hoog of te laag), die meestal gemakkelijk zijn te onderkennen. Decimale fouten komen het minst voor bij chloride, nutriënten en zuurstofhuishouding en het meest bij de metalen. De gegevens omtrent de alkaliniteit, die voor de verspreiding van diatomeeën van groot belang is, zijn in de huidige vorm, door decimale fouten en het gebruik van verschillende eenheden onbruikbaar voor verdere analyse. Vaak zijn ook nullen ingevuld (en soms enen) in plaats van ontbrekende waarden.

Na correctie van de deze fouten is een bruikbaar gegevensbestand ontstaan, waarin weinig evidente fouten of uitschieters werden geconstateerd, zeker niet na het berekenen van de kwartaalgemiddelden, die zijn gebruikt voor het berekenen van de optima en toleranties van de diatomeeën.

#### Monsters

Niet bij alle diatomeeënmonsters konden bijpassende fysische en chemische gegevens worden gevonden. Van het Waterschap Regge en Dinkel ontbreken deze voor alle 358 diatomeeënmonsters en ook bij de monsters van het Waterschap de Dommel en Rijkswaterstaat zijn ze vaak niet ingevoerd in de Limnodata.

## 5.2. Berekeningsmethoden

### 5.2.1. Toepassing van de gevonden relaties

Om inzicht te krijgen in de bruikbaarheid en structuur van de gegevens zijn deze in eerste instantie op een zo eenvoudig mogelijke manier ver-



werkt. De gevonden optima en toleranties van de soorten stemmen goed overeen met de bestaande kwalitatieve kennis en ervaring. De correlaties tussen de met de diatomeeën berekende waarden van de milieuvariabelen en de werkelijk gemeten waarden daarvan zijn zonder uitzondering zeer significant. De afwijkingen tussen de berekende en gemeten waarden zijn echter nog (te) groot.

In tweede instantie is er een verfijning toegepast door onderscheid te maken naar het zoutgehalte van het water. Dat leidt echter niet tot spectaculaire verbeteringen. Voor bijvoorbeeld totaal-fosfaat is er wel een aanzienlijke verbetering ( $R^2$  0,39  $\rightarrow$  0,49), maar dat is waarschijnlijk vooral het gevolg van de logaritmische transformatie van de milieuvariabelen, die in tweede instantie is toegepast. De spreiding van de berekende waarden van milieuvariabelen blijft nog steeds groot (zie bijvoorbeeld Figuur 6).

In lijn met het al in § 4.2.1 genoemde is het verstandig om de ontwikkelde modellen alleen te gebruiken voor de in Tabel 13 cursief aangegeven macro-ionen en nutriënten.

### **5.2.2. Verbetering van de modellen**

Verbeteringen van de gevonden relaties zijn mogelijk door:

1. Alleen gebruik te maken van goede inventarisatiegegevens van diatomeeën uit ongeveer de laatste tien jaar (in verband met taxonomische veranderingen), met begeleidende abiotische gegevens, zoveel mogelijk in overeenstemming met het Handboek Hydrobiologie (Van Dam & Mertens 2010);
2. per watertype en mogelijk per regio vaststellen van de belangrijkste stuurvariabelen met multivariate analyse;
3. alleen modellen te ontwikkelen voor de gevonden stuurvariabelen.

## 6. Dankwoord

Drs. ing. C.H.M. Evers en drs. J. Snijders (Haskoning Nederland B.V.) verzorgden de export van de gegevens uit de Limnodata.

Ing. A. Mertens (Grontmij) was behulpzaam bij het opstellen van Tabel 2.

Dr. G. van Geest (Deltares) en drs. S. Schep (STOWA) begeleidden het project in opdracht van de opdrachtgever.



## 7. Literatuur

- AquaSense (1999): Diatomeeën uit Limburgse vennen en veenwateren. In opdracht van: IWACO B.V. Rapport 99.1306. Amsterdam. 22p. + bijl.
- AquaSense (2005a): Relaties tussen nutriënten en kwaliteit van fyto-benthos: stuurbaarheid van doelvariabelen voor de Kaderrichtlijn Water. Rapport 05.2499. Grontmij | AquaSense, Amsterdam. 55p.
- AquaSense (2005b): Veranderingen in diatomeeëncombinaties in beken van het Drents plateau 1923-2004. In opdracht van: Waterschap Reest & Wieden, Waterschap Hunze & Aa's, Waterschap Velt & Vecht, Wetterskip Fryslân en Waterschap Noorderzijlvest. Eindrapport 05.2133. Amsterdam. 75p.
- Birks, H.J.B., J.M. Line, S. Juggins, A.C. Stevenson & C.J.F. ter Braak (1990): Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society (London)* B 327: 263-278.
- Braak, C.J.F. ter & C.W.N. Looman (1986): Weighted averaging, logistic regression and the Gaussian response model. *Vegetatio* 65: 3-11.
- Braak, C.J.F. ter & S. Juggins (1993): Weighted average partial least squares regression (WA-PLS): an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages. *Hydrobiologia* 269/270: 485-502.
- Braak, C.J.F. ter, H. van Dam (1989): Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia* 178: 209-223.
- Cholnoky, B.J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. Cramer, Lehre. 699p.
- CUWVO (1988): Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, Werkgroep V-1, Den Haag. 154p.
- Dam, H. van & A. Mertens (2010): Kiezelwieren. Hoofdstuk 9 in: R. Bijkerk (red). *Handboek Hydrobiologie*. STOWA, Amersfoort.
- Dam, H. van (red.) (2002): Ecologische beoordeling van brakke binnenwateren. Rapport 2002-01. STOWA, Utrecht. 103p. + CD-ROM.
- Dam, H. van, A. Mertens & J. Sinkeldam (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-131.
- Denys, L. (2006): Calibration of littoral diatoms to water chemistry in standing fresh waters (Flanders, lower Belgium): inference models for historical sediment assemblages. *Journal of Paleolimnology* 35: 763-787.
- Elbersen, J.W.H., P.F.M. Verdonchot, B. Roels & J.G. Hartholt (2002): Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW). I. Typologie Nederlandse oppervlaktewateren. Rapport 669. Alterra, Wageningen. 72p.
- Evers, C.H.M., A.J.M. van den Broek, R. Buskens, A. van Leerdam & R.A.E. Knoben, (2007): Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Ka-

- derrichtlijn Water. STOWA-rapport 2007-32b / RWS-WD-rapport 2007-019. STOWA, Utrecht. 144p.
- Franken, R.J.M., J.J.P. Gardeniers & E. Peeters (2006): Handboek Nederlandse ecologische beoordelingssystemen (EBEO-systemen), Deel A. Filosofie en beschrijving van de systemen. Rapport 2006-4. STOWA, Utrecht. 255p. + CD-ROM.
- Juggins, S. & H.J.B. Birks (2012): Quantitative environmental reconstructions from biological data. In: H.J.B. Birks, A.F. Lotter, S. Juggins & J.P. Smol (Eds.) Tracking environmental change using lake sediments: data handling and numerical techniques. Developments in Paleoenvironmental Research 5. Springer, Dordrecht. p. 431-494.
- Juggins, S. (2007): C2: software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. User guide version 1.5. School of Geography, Politics and Sociology, University of Newcastle, Newcastle upon Tyne. 73p.
- Juggins, S. (2013): Quantitative reconstructions in palaeolimnology: new paradigm or sick science? Quaternary Science Reviews 64: 20-32.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot (1986-1991): Bacillariophyceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1-4. Fischer, Stuttgart. .
- Mortimer, C.H. (1981): The oxygen content of air-saturated fresh waters over ranges of temperature and atmospheric pressure of limnological interest. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie - Mitteilungen 22: 1-23.
- Netten, J., N. Evers, B. van der Wal & R. Knobben (2010): Kwaliteit monitoringsgegevens niet altijd voldoende. H<sub>2</sub>O 43(16): 26-28.
- Rabalais, N.N. (2002): Nitrogen in aquatic ecosystems. Ambio 31: 102-112.
- Redfield, A.C. (1958): The biological control of chemical factors in the environment. American Scientist 46: 205-221.
- Reeze, A.J.G. & B. de Vlieger (2009): KRW verkenner ecologie. 1. Verbeterpunten en verdere ontwikkeling. 2. Literatuuroverzicht maatregel-effect relaties. Rapport 074053119:0.1. Arcadis, Apeldoorn. 26p. + bijl.
- Reynolds, C.S. (2006): Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, New York. 535p.
- Riegman, R. (2007): Aquatische Macrofyten Diagnose (AqMaD) en Prognose: AqMaPro. Riegman & Starink, Vledder. 4p.
- Scholz, B. & G. Liebezeit (2012): Growth responses of 25 benthic marine Wadden Sea diatoms isolated from the Solthörn tidal flat (southern North Sea) in relation to varying culture conditions. Diatom Research 27: 65-73.
- Sokal, R. & J. Rohlf (1994): Biometry (3<sup>rd</sup> ed). Freeman, Oxford. 896p.
- Stoermer, E.F. & J.P. Smol (1999): The diatoms: applications for the environmental and earth sciences. Cambridge University Press, Cambridge. 469p.
- Tabor, J. (2010): Investigating the investigative task: testing for skewness. An investigation of different test statistics and their power to detect skewness. Journal of Statistics Education 18(2): 13p.
- Trobajo, R. & M.J. Sullivan (2010): Applied diatom studies in estuaries and shallow coastal environments. In: J.P. Smol & E.F. Stoermer (Eds) The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences (2<sup>nd</sup> ed.). p. 309-323.
- Weckström, K. (2006): Assessing recent eutrophication in coastal waters of the Gulf of Finland (Baltic Sea) using subfossil diatoms. Journal of Palaeolimnology 35: 571-592.
- Wirdum, G. van (1980): Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop. Rapporten en Nota's CHO-TNO 5: 118-143.
- Wirdum, G. van (1991): Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Proefschrift. Universiteit van Amsterdam. 310p.

# Bijlagen





## Bijlage I. Aantallen waarnemingen omgevingsvariabelen

In de tabel zijn alle waarnemingen over alle bemonsteringsjaren vermeld van alle locaties waarvan ten minste één diatomeeënmonster beschikbaar is. In totaal zijn er 229 201 monsters waarvan ten minste één omgevingsvariabele is bepaald.

| Groep                                      | Aantal waarn. |       | Groep                                       | Aantal waarn. |       |
|--------------------------------------------|---------------|-------|---------------------------------------------|---------------|-------|
| Variabele                                  | Absol.        | Perc. | Variabele                                   | Absol.        | Perc. |
| <b>Afmetingen en stroming</b>              |               |       | <b>Nutriënten</b>                           |               |       |
| Diepte (m)                                 | 32 081        | 14    | Fosfor-totaal (mg P/l)                      | 193 014       | 84    |
| Breedte (m)                                | 2 827         | 1     | Ortho-fosfaat (mg P/l)                      | 178 452       | 78    |
| Stroomsnelheid (cm/s)                      | 8 332         | 4     | Stikstof-totaal (mg N/l)                    | 88 124        | 38    |
| Debiet (m <sup>3</sup> /s)                 | 993           | 0,4   | Kjeldahl stikstof (mg N/l)                  | 166 462       | 73    |
|                                            |               |       | Ammoniak (mg N/l)                           | 59 757        | 26    |
| <b>Algemeen</b>                            |               |       | Ammonium (mg N/l)                           | 193 480       | 84    |
| Temperatuur (°C)                           | 191 669       | 84    | Nitriet (mg N/l)                            | 112 279       | 49    |
| Doorzicht (m)                              | 142 065       | 62    | Nitraat (mg N/l)                            | 102 880       | 45    |
| Opgelost organisch koolstof (mg/l)         | 580           | 0,3   | Nitriet+nitraat (mg N/l)                    | 134 829       | 59    |
| Zwevende stof (mg/l)                       | 57 101        | 25    | Silicium (mg/l)                             | 2 158         | 0,9   |
| Chlorofyl-a (µg/l)                         | 98 375        | 43    | Silicaat (mgSiO <sub>2</sub> /l)            | 226           | 0,1   |
| Faeofytine (µg/l)                          | 55 305        | 24    |                                             |               |       |
| Zuurgraad (-)                              | 58 718        | 26    | <b>Zuurstofhuishouding en bacteriologie</b> |               |       |
| Zuurgraad (veldmeting) (-)                 | 142 379       | 62    | Zuurstof (mg/l)                             | 187 759       | 82    |
| Electr. geleidingsvermogen (mS/m)          | 58 354        | 25    | Zuurstofverzadiging (%)                     | 105 172       | 46    |
| Electr. geleidingsverm. (veld) (mS/m)      | 126 055       | 55    | Biochem. zuurstofverbr. 5 dgn (mg/l)        | 140 117       | 61    |
| EGV 25 °C veldmeting (mS/m)                | 5             | 0,00  | Chemisch zuurstofverbruik (mg/l)            | 12 581        | 5     |
|                                            |               |       | Totaal coli-achtigen (37 °C) (/ml)          | 3 456         | 2     |
| <b>Kationen</b>                            |               |       | Thermotolerante coli (44 °C) (/ml)          | 4 265         | 2     |
| Natrium (mg/l)                             | 31 128        | 14    | E-coli (/ml)                                | 31            | 0,01  |
| Kalium (mg/l)                              | 30 790        | 13    | Intestinale enterococcen (/100ml)           | 63            | 0,03  |
| Calcium (mg/l)                             | 41 190        | 18    |                                             |               |       |
| Magnesium (mg/l)                           | 30 922        | 13    | <b>Zware metalen</b>                        |               |       |
| IJzer (mg/l)                               | 17 025        | 7     | Cadmium (µg/l)                              | 30 277        | 13    |
| Mangaan (mg/l)                             | 463           | 0,2   | Chroom (µg/l)                               | 29 259        | 13    |
| Aluminium (µg/l)                           | 3 288         | 1     | Koper (µg/l)                                | 43 801        | 19    |
|                                            |               |       | Kwik (µg/l)                                 | 25 632        | 11    |
| <b>Anionen, koolstof, buffercapaciteit</b> |               |       | Nikkel (µg/l)                               | 33 195        | 14    |
| Chloride (mg/l)                            | 204 562       | 89    | Lood (µg/l)                                 | 29 516        | 13    |
| Sulfaat (mg/l)                             | 80 713        | 35    | Zink (µg/l)                                 | 43 808        | 19    |
| Koolstofdioxide (mg/l)                     | 295           | 0,1   | Zilver (µg/l)                               | 355           | 0,2   |
| Bicarbonaat (mg/l)                         | 23 454        | 10    |                                             |               |       |
| Carbonaat (mg/l)                           | 2 660         | 1     |                                             |               |       |
| totale hardheid (mg/l)                     | 12            | 0,01  |                                             |               |       |
| m-getal (meq/l)                            | 6 613         | 3     |                                             |               |       |
| p-getal (meq/l)                            | 3 826         | 2     |                                             |               |       |
| Sulfide (mg/l)                             | 11            | 0,00  |                                             |               |       |



## Bijlage 2.

## Kwaliteit omgevingsvariabelen

In onderstaande lijst zijn eventuele tekortkomingen per milieuvariabele vermeld, samen met de acties die zijn ondernomen om deze te compenseren.

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Waterdiepte                   | De diepten van een enkele wetering en een sloot, met opgegeven waarden >50 m zijn door 100 gedeeld.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Temperatuur                   | Enkele tientallen waarnemingen < 0,01 °C zijn op 0 °C gesteld. Enkele tientallen waarnemingen van 0 °C in de periode april-september betreffen kennelijk missende waarnemingen en zijn als zodanig behandeld.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Doorzicht                     | Net als bij de temperatuur zijn ook hier waarden 0 enkele tientallen malen ingevuld bij missende waarnemingen, voornamelijk bij Waterschap Zeeuwse Eilanden en Hoogheemraadschap van Delfland. Enkele waarnemingen van 1375 m zijn verwijderd en 85 waarnemingen van sloten zijn gedeeld door 100 om plausible getallen te verkrijgen. Zes waarnemingen van > 2 m in sloten zijn verwijderd. Omdat bijna 30% van de waarnemingen groter is dan de waterdiepte ter plekke is voorzichtigheid bij de interpretaties vereist.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zwevende stof                 | Er zijn 14 waarnemingen uit het Noorderkwartier door 1 000 gedeeld en 12 waarnemingen uit het gebied van Rijn en IJssel met 1 000 vermenigvuldigd om plausible waarnemingen te verkrijgen. Enkele tientallen waarnemingen zijn wellicht nog een factor 10 te hoog. Ruim 14% van de waarnemingen ligt beneden de veel voorkomende detectiegrenzen 5 en 10 mg/l, die in verhouding tot het gemiddelde (21 mg/l) vrij hoog zijn.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Chlorofyl-a, faeofytine       | Bij chlorofyl-a zijn de opgegeven waarden plausibel. Er lijken geen decimale fouten te zijn gemaakt. Hoewel een enkele waarneming van > 800 µg/l in een sloot en een zevental waarnemingen van 999 µg/l (missende waarnemingen?) verdacht voorkomen zijn deze niet verwijderd. Bijna 18% van de waarnemingen ligt beneden veel voorkomende detectiegrenzen als 5 en 10 µg/l, die in verhouding tot het algemeen gemiddelde van 50 µg/l nog net acceptabel zijn. De waarnemingen van faeofytine zijn niet nader geanalyseerd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Zuurgraad                     | Enkele tientallen pH-waarnemingen, voornamelijk uit Rijnland zijn voor de verdere analyse door 1 000 of 10 000 gedeeld. Hoewel correcte waarnemingen van de pH niet eenvoudig zijn, zeker in de zwakgebufferde wateren als vennen, is een goede controle hiervan achter het bureau nauwelijks uitvoerbaar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Elektrisch geleidingsvermogen | In beginsel is de meting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV of EC) zeer eenvoudig, maar in de praktijk is dit een problematische maat. Om te beginnen is het EGV bij de veel gebruikte standaardtemperatuur van 25 °C 10% hoger dan bij de nog vaker gebruikte standaardtemperatuur van 20 °C en 14% hoger dan bij de nog maar weinig gebruikte standaardtemperatuur van 18 °C, maar de referentietemperatuur (die ook nog de veldtemperatuur kan zijn) is niet in de Limnodata vermeld. Daarnaast wordt soms nog gecorrigeerd voor de geleidbaarheid van protonen (alleen belangrijk bij pH < 5), maar ook dat wordt niet vermeld. Tenslotte zijn er veel verschillende eenheden in gebruik, die niet altijd goed uit elkaar gehouden worden, waardoor verschillen van de werkelijke waarde met een factor 1 000 of meer kunnen optreden |

Als zowel de veld- als de laboratoriumwaarnemingen naast elkaar worden gerapporteerd zijn verschillen in eenheden relatief gemakkelijk op te sporen. Er is dan gekozen voor de meest plausibele waarden, gezien de chlorideconcentraties, waarin weinig fouten zijn gemaakt en eventueel de calciumconcentraties. Daarnaast zijn de gerapporteerde EGV-waarden in grafiek gezet met chloride en is de verhouding EGV/Cl berekend. Hoewel er wel een spreiding is kunnen extreme waarden ( $EGV/Cl < 0,5$  of  $> 2$ ) snel worden herkend. Bij de controle zijn 12 nullen (missende waarnemingen uit Noord-Holland) verwijderd en zijn ook enkele onwaarschijnlijk hoge waarnemingen ( $> 5\,200\text{ mS/m}$ ) geschrapt. Ruim honderd waarnemingen  $> 10\,000$ , voornamelijk uit Friesland, zijn door 1 000 gedeeld. De metingen van het Waterschap Zuiderzeeland uit de periode september – december 2006 lijken veel te laag en zijn weggelaten.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kalium                                  | Meer dan 700 (6% van het totaal) waarnemingen zijn een factor 1 000 tot 10 000 of zelfs 1 000 000 te hoog, vooral in Noord-Holland, Limburg en Vallei en Eem. Daartegenover zijn bijna 400 (3%) waarnemingen te laag, vooral in Noord-Holland, maar ook in Rijnland, Schieland en de Stichtse Rijnlanden. Als deze waarnemingen zijn zo goed mogelijk gecorrigeerd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Calcium                                 | Vijftien nullen (missende waarnemingen) zijn verwijderd. Ruim duizend (bijna 6%) van de waarnemingen is een factor 10 tot 1 000 000 te groot, speciaal in Limburg. Deze fouten zijn zo goed mogelijk gecorrigeerd door gebruik te maken van waarnemingsreeksen per locatie en door vergelijking met eerdere rapportages (bijvoorbeeld AquaSense 1999), maar het kan toch niet worden uitgesloten dat enkele waarnemingen nog een factor 10 te hoog of te laag zijn.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Natrium, magnesium, ijzer               | Deze metalen zijn niet verder bij de analyses gebruikt, omdat uit oppervlakkige beschouwing is gebleken dat hier ook erg veel decimale fouten in voorkomen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Chloride                                | De opgegeven chlorideconcentraties lijken goed in overeenstemming te zijn met de verwachte waarden. Er zijn in enkele reeksen slechts een paar decimale correcties uitgevoerd. Slechts weinig waarnemingen liggen beneden de detectiegrenzen, die in vergelijking met de gemiddelde concentratie laag zijn.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sulfaat                                 | Evenals bij chloride lijkt ook bij sulfaat de kwaliteit van het basismateriaal goed. Enkele analyses uit Noord-Holland met waarden die 10 000 maal te hoog zijn opgegeven konden gemakkelijk worden onderkend en gecorrigeerd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Alkaliniteit en gerelateerde variabelen | De alkaliniteit is weliswaar een van de belangrijkste – in beginsel ook eenvoudig te bepalen – milieuvariabelen voor het voorkomen van diatomeeën, maar er zijn maar weinig analyses van aanwezig. De alkaliniteit wordt voornamelijk bepaald door de concentratie bicarbonaat, die slechts in ruim 18% van de monsters is gemeten. De fouten in de opgegeven concentraties zijn ten minste even talrijk als bij calcium het geval is, terwijl de zaak nog gecompliceerder wordt doordat zeer waarschijnlijk een aantal waarden niet in mg/l, maar in micro-, milliequivalenten of equivalenten is genoteerd, hoewel dat niet wordt vermeld. Van de gerelateerde maten m-getal en p-getal zijn te weinig waarnemingen beschikbaar voor zinvolle analyse. |
| Fosfaten                                | Vrijwel alle waarnemingen van totaal-fosfaat lijken in orde. Alleen drie zeer hoge waarnemingen, die kleiner zijn dan de gelijktijdig gemeten ortho-fosfaatconcentratie zijn weggelaten. Één waarneming is door                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Stikstoffracties

1 000 gedeeld. Krap 4% van de waarnemingen ligt beneden de detectielimieten, die in verhouding tot het gemiddelde niet erg hoog zijn. In voedselarme wateren echter kan hierdoor de berekend totaal-fosfaat-concentratie systematisch worden onderschat.

Ook de waarnemingen van ortho-fosfaat lijken in orde. Slechts vier waarnemingen zijn duidelijk een factor 1 000 te hoog. Bijna een vijfde van alle waarnemingen ligt beneden de detectielimieten, waarvoor hetzelfde geldt als voor totaal-fosfaat.

### *Ammoniakstikstof*

De opgegeven waarden lijken in orde te zijn. Wel ligt bijna een derde van de waarden beneden de detectiedrempels, waarvan 0,01 mg/l de meest voorkomende is. Omdat het gemiddelde 0,02 mg/l bedraagt zijn de waarden voor ons doel niet erg bruikbaar.

### *Ammoniumstikstof*

Enkele nullen stellen waarschijnlijk missende waarnemingen voor en zijn geschrapt. Verder lijken de opgegeven waarden in orde te zijn. Bijna een vijfde van de waarden ligt beneden de detectielimieten, maar de meest voorkomende hiervan (0,1 en 0,2 mg/l) liggen betrekkelijk ver van het gemiddelde van 0,75. De opgegeven waarden zijn wel bruikbaar voor ons doel.

### *Nitrietstikstof*

Voor ruim 700 waarnemingen wordt een waarde nul opgegeven: deze zijn gesteld op 0,00005 mg/l: de helft van de laagste detectiegrens. Verder zijn de opgegeven waarden plausibel. Bijna een vijfde van de waarden ligt beneden de detectiegrenzen, waarvan 0,1 mg/l veel voorkomt. Dat is een hoge waarde in vergelijking met het gemiddelde van 0,05 mg/l. Regressies van diatomeeën met nitriet hebben daarom niet veel zin. De waarden zijn alleen van belang bij het berekenen van het totale gehalte aan gebonden stikstof.

### *Nitraatstikstof*

Ruim 100 waarnemingen van 0 mg/l en 14 waarnemingen <0 mg/l, voornamelijk van de Veluwe zijn op 0,005 mg/l gesteld. Enkele waarnemingen uit het gebied van de Stichtse Rijnlanden en Brabantse kanalen zijn kennelijk een factor 10 – 10 000 te hoog en gecorrigeerd. Ruim een kwart ligt beneden de detectiegrenzen (meestal 0,05 – 0,15 mg/l), hetgeen niet veel is in verhouding tot het gemiddelde van 1,58 mg/l.

### *Nitriet- + nitraatstikstof*

Een waarneming van 91 mg/l in een sloot is geschrapt en één waarneming moest worden gedeeld door 1000. De overige waarnemingen lijken in orde te zijn. Bijna 13% hiervan ligt beneden de detectiedrempels, die in het algemeen echter veel kleiner zijn dan de gemiddelde concentratie. De waarden zijn goed bruikbaar.

### *Kjeldahl-stikstof*

Een kleine twintig waarnemingen moet met factoren 1 000 of 10 000 worden vermenigvuldigd of gedeeld om waarden te verkrijgen die binnen het totaalbeeld passen. Slechts 1% van de waarnemingen ligt beneden de detectiegrenzen, zodat deze goed bruikbaar zijn.

### *Totaal-stikstof*

In de meeste gevallen is totaal-stikstof berekend. In een aantal gevallen was dit niet mogelijk en zijn de opgegeven concentraties gebruikt. Daarvan zijn er 14 door 1 000 gedeeld om passende waarden te verkrij-

gen. Het aantal waarnemingen beneden de detectiegrenzen bedraagt nog geen 4%. De meest voorkomende detectiegrenzen (0,1 – 0,6 mg/l) zijn aanzienlijk lager dan het gemiddelde (4,5 mg/l), zodat de waarden goed bruikbaar zijn.

Zuurstof

Vooral binnen het gebied van de Hollandse Delta zijn enkele tientallen nullen, die hier missende waarnemingen voorstellen, verwijderd. Veel van de opgegeven waarden van het verzadigingspercentage binnen het gebied van Aa en Maas zijn door 100 of 1 000 gedeeld om plausibele waarden te verkrijgen.

Biochemisch  
zuurstofverbruik

Enkele uitschieters van 20 en 100 mg/l passen niet in de reeksen van de betreffende locaties en zijn verwijderd. Een kleine 9% van de waarnemingen ligt beneden de detectiegrenzen, waarvan 1 en 2 mg/l de meest algemene zijn. Dat is niet echt laag ten opzichte van het gemiddelde zuurstofverbruik van 4,5 mg/l. Bij de interpretatie moet hiermee rekening worden gehouden.

Zware metalen

Bij koper zijn er vijf waarnemingen van Vallei en Eem een factor 1 000 te hoog en bij zink is dat waarschijnlijk het geval met 21 waarnemingen uit Friesland. Verder lijken de opgegeven getallen in orde. De zware metalen zijn slechts in 11 – 19 % van de onderzochte monsters bepaald. Verder zijn de detectielimieten voor de zware metalen ongeveer even hoog als de gemiddelde waarden, terwijl 19% (chromium) tot 75% (kwik) van de waarnemingen beneden de gehanteerde detectiegrenzen ligt. Daarom zijn verdere berekeningen hiermee niet zinvol.

## **Bijlage 3.**

### **Optima en toleranties van de taxa (ongesplitste zoutgehalteklassen)**

Optima (u) en toleranties (u) van 418 taxa. De afkortingen van de milieuvariabelen zijn vermeld in de Tabellen 3 en 5.

De aantallen (aant), gemiddelde (gem), minimale (min) en maximale (max) procentuele hoeveelheden geven het voorkomen van het betreffende taxon aan in alle 5143 geselecteerde monsters. Niet alle milieuvariabelen zijn steeds in al deze monsters bepaald (zie Tabel 5).

Alleen de eerste 105 taxa zijn vermeld. Zie de Excelbijlage voor alle taxa

## Bijlagen

| Taxon                                    | aant | gem   | min | max | uD  | tD  | uT   | tT  | uDZ | tDZ | uZS | tZS   | uChl-a | tChl-a | upH | tpH | uEC  | tEC  | uIR  | tIR  | uCa  | tCa | uK    | tK    | uCI   | tCI  |     |
|------------------------------------------|------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------|--------|--------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|------|-----|
| Achnanthes [1]                           | 137  | 0,07  | ,2  | 59  | 0,5 | 0,4 | 14,3 | 3,8 | 0,4 | 0,4 | 10  | 10,9  | 37     | 45     | 7,1 | 1,0 | 88   | 167  | 0,72 | 0,16 | 80   | 28  | 7,3   | 6,1   | 143   | 476  |     |
| Achnanthes brevipes                      | 31   | 0,02  | ,3  | 15  | 1,1 | 0,7 | 17,8 | 3,1 | 0,5 | 0,2 | 48  | 26,0  | 46     | 57     | 7,8 | 0,9 | 2292 | 1328 | 0,15 | 0,14 | 246  | 115 | 33,5  | 28,0  | 8641  | 5176 |     |
| Achnanthes brevipes var. intermedia      | 60   | 0,02  | ,3  | 11  | 1,1 | 0,7 | 18,1 | 3,6 | 0,3 | 0,2 | 85  | 65,1  | 203    | 623    | 8,3 | 0,4 | 1886 | 1217 | 0,10 | 0,20 | 307  | 620 | 164,2 | 161,8 | 7158  | 5185 |     |
| Achnantheidium eutrophilum               | 115  | 0,10  | ,3  | 69  | 0,9 | 0,5 | 17,1 | 2,6 | 0,5 | 0,3 | 33  | 21,4  | 42     | 72     | 7,9 | 0,4 | 81   | 88   | 0,61 | 0,11 | 73   | 22  | 6,7   | 4,2   | 104   | 324  |     |
| Achnantheidium exiguum                   | 64   | 0,01  | ,2  | 7   | 1,2 | 0,6 | 14,2 | 5,5 | 0,9 | 0,5 | 9   | 11,5  | 21     | 31     | 7,4 | 0,6 | 63   | 74   | 0,64 | 0,09 | 46   | 35  | 6,0   | 3,5   | 79    | 219  |     |
| Achnantheidium minutissimum              | 3463 | 15,25 | ,1  | 99  | 1,1 | 2,3 | 15,3 | 3,5 | 0,7 | 0,5 | 12  | 14,6  | 32     | 50     | 7,7 | 0,5 | 80   | 88   | 0,62 | 0,17 | 79   | 76  | 7,0   | 5,5   | 116   | 208  |     |
| Achnantheidium saphophilum               | 38   | 0,02  | ,3  | 10  | 0,9 | 0,1 | 17,0 | 2,9 | 0,6 | 0,2 | 10  | 11,4  | 54     | 67     | 7,8 | 0,2 | 93   | 70   | 0,64 | 0,13 | 76   | 22  | 8,1   | 5,7   | 117   | 231  |     |
| Achnantheidium thermale                  | 46   | 0,04  | ,4  | 29  | 1,1 | 0,2 | 16,8 | 2,5 | 0,5 | 0,3 | 35  | 10,3  | 51     | 41     | 7,5 | 0,4 | 389  | 446  | 0,50 | 0,26 | 201  | 166 | 11,1  | 9,9   | 1060  | 1576 |     |
| Actinocyclus normanii                    | 89   | 0,02  | ,2  | 5   | 1,3 | 0,3 | 16,7 | 4,6 | 0,7 | 0,4 | 15  | 17,1  | 59     | 51     | 7,9 | 0,6 | 109  | 106  | 0,53 | 0,11 | 93   | 37  | 9,1   | 6,4   | 166   | 354  |     |
| Adlafia bryophila                        | 50   | 0,01  | ,2  | 4   | 2,1 | 2,0 | 16,0 | 2,8 | 0,7 | 0,5 | 30  | 23,4  | 80     | 97     | 7,8 | 0,8 | 55   | 69   | 0,62 | 0,17 | 60   | 32  | 5,3   | 5,7   | 73    | 202  |     |
| Adlafia minuscula var. muralis           | 27   | 0,01  | ,2  | 6   | 0,6 | 0,6 | 16,7 | 3,1 | 0,9 | 0,6 | 9   | 9,4   | 32     | 50     | 7,5 | 0,7 | 83   | 79   | 0,54 | 0,13 | 71   | 38  | 7,7   | 4,9   | 149   | 237  |     |
| Amphipleura pellucida                    | 128  | 0,03  | ,1  | 23  | 1,0 | 0,4 | 16,8 | 4,0 | 1,5 | 1,2 | 8   | 12,3  | 14     | 28     | 7,5 | 0,4 | 59   | 71   | 0,67 | 0,12 | 59   | 28  | 4,0   | 4,3   | 83    | 182  |     |
| Amphora coffeaeformis                    | 230  | 0,28  | ,1  | 81  | 0,6 | 0,6 | 16,2 | 4,3 | 0,3 | 0,2 | 97  | 84,8  | 135    | 347    | 8,2 | 0,4 | 1890 | 1327 | 0,14 | 0,24 | 312  | 335 | 65,6  | 52,6  | 7430  | 5371 |     |
| Amphora coffeaeformis var. acutiuscula   | 127  | 0,14  | ,5  | 84  | 0,5 | 0,5 | 16,8 | 4,6 | 0,2 | 0,2 | 139 | 120,2 | 159    | 427    | 8,4 | 0,4 | 2603 | 1879 | 0,11 | 0,20 | 226  | 79  | 25,7  | 3,3   | 10691 | 8137 |     |
| Amphora copulata                         | 1152 | 0,31  | ,1  | 29  | 1,4 | 1,0 | 15,6 | 3,5 | 0,6 | 0,4 | 31  | 75,7  | 57     | 69     | 7,9 | 0,5 | 129  | 118  | 0,54 | 0,16 | 91   | 39  | 11,0  | 9,1   | 224   | 382  |     |
| Amphora holsatica [2]                    | 57   | 0,02  | ,2  | 15  | 0,5 | 0,6 | 15,9 | 2,8 | 0,3 | 0,2 | 49  | 23,3  | 103    | 98     | 8,2 | 0,5 | 1588 | 914  | 0,18 | 0,24 | 284  | 108 | 49,5  | 27,2  | 5137  | 3253 |     |
| Amphora marina                           | 30   | 0,02  | ,1  | 24  | 0,4 | 0,6 | 17,4 | 2,7 | 0,3 | 0,2 | 96  | 53,5  | 131    | 82     | 8,4 | 0,4 | 2707 | 1488 | 0,06 | 0,21 | 351  | 184 |       |       | 10457 | 5710 |     |
| Amphora montana                          | 39   | 0,01  | ,1  | 28  | 0,5 | 0,3 | 15,8 | 3,3 | 1,0 | 1,0 | 22  | 11,3  | 31     | 46     | 7,9 | 0,4 | 89   | 73   | 0,64 | 0,24 | 64   | 28  | 8,0   | 8,2   | 147   | 220  |     |
| Amphora normanii                         | 27   | 0,01  | ,2  | 6   | 1,5 | 1,5 | 3,7  | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 27  | 22,8  | 58     | 53     | 7,8 | 0,3 | 93   | 79   | 0,66 | 0,13 | 64   | 35  | 2,9   | 5,5   | 110   | 269  |     |
| Amphora ovalis                           | 247  | 0,04  | ,1  | 10  | 1,0 | 0,6 | 15,9 | 3,1 | 0,6 | 0,3 | 16  | 16,1  | 38     | 45     | 7,7 | 0,5 | 96   | 98   | 0,63 | 0,15 | 82   | 29  | 7,7   | 5,6   | 130   | 256  |     |
| Amphora pediculus                        | 1693 | 1,41  | ,1  | 77  | 1,1 | 1,2 | 15,8 | 3,3 | 0,6 | 0,4 | 21  | 24,7  | 55     | 87     | 7,9 | 0,5 | 123  | 116  | 0,58 | 0,16 | 87   | 39  | 8,3   | 5,6   | 211   | 376  |     |
| Amphora pseudoholsatica                  | 36   | 0,02  | ,1  | 8   | 0,9 | 0,6 | 15,4 | 3,2 | 0,4 | 0,3 | 77  | 49,2  | 69     | 71     | 8,2 | 0,4 | 2065 | 1408 | 0,19 | 0,13 | 198  | 75  | 23,9  | 3,4   | 7488  | 5384 |     |
| Amphora subholsatica                     | 35   | 0,01  | ,1  | 9   | 0,4 | 0,5 | 17,1 | 4,4 | 0,3 | 0,3 | 95  | 65,6  | 76     | 89     | 8,3 | 0,4 | 2303 | 1794 | 0,21 | 0,15 | 198  | 111 | 26,0  | 3,4   | 8333  | 7386 |     |
| Amphora veneta                           | 729  | 0,26  | ,1  | 43  | 0,6 | 0,7 | 15,5 | 3,4 | 0,6 | 0,4 | 42  | 94,3  | 50     | 64     | 8,1 | 0,7 | 149  | 144  | 0,52 | 0,17 | 79   | 41  | 11,2  | 17,7  | 304   | 468  |     |
| Anomooneis sphaerophora                  | 118  | 0,02  | ,2  | 8   | 0,3 | 0,6 | 15,1 | 3,1 | 0,4 | 0,4 | 41  | 16,0  | 54     | 68     | 7,9 | 0,3 | 245  | 114  | 0,52 | 0,19 | 123  | 64  | 16,0  | 26,0  | 508   | 779  |     |
| Asterionella formosa                     | 169  | 0,06  | ,1  | 37  | 1,4 | 0,7 | 15,5 | 3,0 | 0,7 | 0,5 | 10  | 12,6  | 52     | 52     | 7,8 | 0,5 | 46   | 78   | 0,61 | 0,12 | 58   | 35  | 5,5   | 7,3   | 64    | 212  |     |
| Aulacoseira                              | 60   | 0,02  | ,2  | 9   | 1,5 | 1,5 | 3,0  | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 21  | 17,6  | 48     | 46     | 7,7 | 0,4 | 47   | 98   | 0,58 | 0,10 | 42   | 44  | 6,9   | 3,6   | 80    | 260  |     |
| Aulacoseira ambigua                      | 69   | 0,04  | ,3  | 27  | 1,6 | 0,6 | 17,5 | 3,3 | 0,6 | 0,2 | 44  | 28,0  | 64     | 51     | 7,8 | 0,5 | 73   | 87   | 0,49 | 0,17 | 40   | 49  | 9,0   | 11,0  | 93    | 250  |     |
| Aulacoseira granulata                    | 335  | 0,29  | ,1  | 86  | 1,4 | 0,5 | 16,3 | 3,8 | 1,0 | 1,3 | 23  | 12,0  | 51     | 44     | 7,9 | 0,6 | 59   | 83   | 0,58 | 0,14 | 53   | 37  | 6,3   | 6,3   | 81    | 248  |     |
| Aulacoseira italica                      | 102  | 0,07  | ,1  | 65  | 1,1 | 0,6 | 15,6 | 3,7 | 0,6 | 0,2 | 17  | 9,2   | 38     | 37     | 7,8 | 0,3 | 62   | 66   | 0,55 | 0,14 | 58   | 34  | 7,4   | 3,2   | 81    | 193  |     |
| Bacillaria paxillifer                    | 336  | 0,18  | ,1  | 50  | 1,0 | 0,6 | 16,4 | 2,9 | 0,4 | 0,2 | 43  | 21,6  | 82     | 73     | 8,1 | 0,3 | 981  | 546  | 0,19 | 0,21 | 202  | 87  | 30,7  | 19,1  | 3136  | 1981 |     |
| Berkeleya rutilans                       | 180  | 0,20  | ,1  | 94  | 0,6 | 0,5 | 16,2 | 2,9 | 0,4 | 0,2 | 75  | 38,4  | 82     | 71     | 8,2 | 0,3 | 1794 | 1037 | 0,12 | 0,18 | 373  | 661 | 76,1  | 77,8  | 8336  | 4739 |     |
| Brachysira brebissonii                   | 32   | 0,02  | ,4  | 18  | 0,5 | 0,2 | 11,2 | 5,5 | 0,5 | 0,5 | 4   | 9,1   | 12     | 36     | 6,2 | 0,5 | 18   | 22   | 0,29 | 0,17 | 7    | 16  | 2,6   | 2,8   | 27    | 42   |     |
| Brachysira vitrea                        | 356  | 0,52  | ,2  | 92  | 0,4 | 0,4 | 15,4 | 4,5 | 0,8 | 0,9 | 8   | 9,8   | 37     | 55     | 7,1 | 0,7 | 46   | 54   | 0,50 | 0,19 | 33   | 33  | 8,5   | 12,7  | 75    | 141  |     |
| Caloneis amphibaena                      | 205  | 0,03  | ,1  | 6   | 0,5 | 0,5 | 15,2 | 3,2 | 0,4 | 0,3 | 41  | 28,9  | 71     | 57     | 7,8 | 0,4 | 162  | 182  | 0,52 | 0,19 | 113  | 63  | 14,3  | 19,9  | 377   | 816  |     |
| Caloneis bacillum                        | 323  | 0,07  | ,1  | 11  | 1,6 | 2,4 | 15,3 | 3,5 | 0,6 | 0,3 | 21  | 24,9  | 45     | 149    | 7,7 | 0,5 | 89   | 80   | 0,59 | 0,14 | 72   | 36  | 6,8   | 4,9   | 128   | 261  |     |
| Caloneis silicula                        | 198  | 0,02  | ,2  | 8   | 1,0 | 0,7 | 15,1 | 4,1 | 0,4 | 0,3 | 14  | 13,1  | 40     | 47     | 7,7 | 0,5 | 74   | 68   | 0,65 | 0,16 | 73   | 38  | 7,6   | 6,7   | 102   | 228  |     |
| Campylosira cymbelliformis               | 73   | 0,01  | ,2  | 2   | 0,8 | 0,5 | 15,9 | 3,0 | 0,4 | 0,3 | 61  | 48,3  | 97     | 121    | 8,2 | 0,7 | 185  | 201  | 0,51 | 0,19 | 111  | 51  | 13,9  | 6,6   | 356   | 709  |     |
| Chaetoceros                              | 31   | 0,02  | ,1  | 27  | 1,1 | 0,7 | 15,6 | 5,5 | 0,3 | 0,3 | 80  | 48,2  | 197    | 228    | 8,5 | 0,5 | 1342 | 638  | 0,21 | 0,15 | 160  | 64  |       |       | 4421  | 2507 |     |
| Chamaepinnularia evanida                 | 26   | 0,01  | ,4  | 3   | 0,4 | 0,4 | 13,1 | 4,8 | 0,4 | 0,2 | 18  | 5,9   | 36     | 56     | 7,2 | 0,5 | 42   | 59   | 0,70 | 0,16 | 61   | 21  | 8,4   | 4,9   | 40    | 192  |     |
| Chamaepinnularia mediocris               | 33   | 0,01  | ,3  | 12  | 0,5 | 0,1 | 14,7 | 4,5 | 2,6 | 0,4 | 6   | 7,3   | 10     | 46     | 5,6 | 0,5 | 18   | 13   | 0,39 | 0,19 | 8    | 11  | 3,0   | 1,7   | 22    | 19   |     |
| Cocconeis neothumensis                   | 29   | 0,00  | ,3  | 3   | 2,6 | 6,1 | 15,9 | 2,8 | 1,1 | 0,9 |     |       |        | 15     | 42  | 8,3 | 0,6  | 157  | 182  | 0,42 | 0,25 | 95  | 80    | 11,5  | 6,3   | 355  | 726 |
| Cocconeis pediculus                      | 674  | 0,46  | ,1  | 60  | 4,2 | 9,5 | 15,7 | 3,0 | 0,8 | 0,5 | 21  | 29,2  | 38     | 57     | 8,0 | 0,5 | 95   | 79   | 0,58 | 0,14 | 80   | 33  | 7,6   | 4,9   | 141   | 262  |     |
| Cocconeis placentula s.l.                | 3297 | 9,73  | ,2  | 100 | 1,1 | 2,8 | 15,6 | 4,2 | 0,7 | 0,5 | 20  | 44,6  | 35     | 55     | 7,7 | 0,5 | 152  | 375  | 0,61 | 0,17 | 78   | 47  | 8,0   | 6,2   | 406   | 1489 |     |
| Coscinodiscophyceae                      | 77   | 0,05  | ,3  | 37  | 0,7 | 0,6 | 13,8 | 4,8 | 0,6 | 0,4 | 52  | 43,2  | 40     | 79     | 7,7 | 0,3 | 84   | 150  | 0,75 | 0,16 | 89   | 40  | 7,8   | 15,6  | 71    | 169  |     |
| Craticula accomoda                       | 122  | 0,02  | ,2  | 21  | 0,6 | 0,3 | 15,5 | 3,5 | 0,5 | 0,2 | 15  | 18,9  | 31     | 71     | 7,7 | 0,4 | 146  | 112  | 0,55 | 0,18 | 100  | 46  | 34,8  | 99,0  | 261   | 350  |     |
| Craticula buderi-groep                   | 536  | 0,19  | ,1  | 90  | 0,5 | 0,5 | 15,5 | 3,2 | 0,5 | 0,4 | 23  | 57,4  | 51     | 45     | 7,7 | 0,6 | 198  | 160  | 0,56 | 0,17 | 132  | 83  | 27,2  | 24,0  | 371   | 499  |     |
| Craticula cuspidata                      | 230  | 0,03  | ,1  | 10  | 0,3 | 0,5 | 12,8 | 4,5 | 0,4 | 0,3 | 31  | 26,8  | 38     | 53     | 7,6 | 0,5 | 87   | 70   | 0,66 | 0,15 | 79   | 39  | 9,3   | 24,0  | 127   | 250  |     |
| Craticula molestiformis                  | 282  | 0,06  | ,2  | 13  | 0,9 | 0,4 | 16,0 | 3,4 | 0,5 | 0,3 | 24  | 61,4  | 40     | 56     | 7,7 | 0,6 | 82   | 111  | 0,57 | 0,17 | 59   | 37  | 8,7   | 6,1   | 122   | 308  |     |
| Ctenophora pulchella                     | 1489 | 0,72  | ,1  | 34  | 0,8 | 0,5 | 15,0 | 3,3 | 0,5 | 0,3 | 25  | 42,9  | 59     | 91     | 7,8 | 0,5 | 193  | 237  | 0,49 | 0,20 | 97   | 59  | 14,2  | 15,3  | 492   | 751  |     |
| Cyclodstephanos dubius                   | 494  | 0,22  | ,1  | 71  | 1,0 | 0,5 | 15,8 | 3,5 | 0,6 | 0,3 | 18  | 14,2  | 62     | 51     | 8,0 | 0,4 | 92   | 80   | 0,61 | 0,15 | 80   | 47  | 14,0  | 25,2  | 121   | 255  |     |
| Cyclodstephanos invisitatus              | 255  | 0,10  | ,1  | 26  | 1,2 | 0,5 | 15,8 | 3,0 | 0,6 | 0,3 | 24  | 22,4  | 54     | 65     | 8,1 | 0,6 | 91   | 111  | 0,65 | 0,15 | 84   | 39  | 8,5   | 8,4   | 118   | 358  |     |
| Cyclotella [2]                           | 67   | 0,02  | ,3  | 17  | 0,6 | 0,6 | 15,8 | 2,9 | 0,6 | 0,5 | 16  | 9,6   | 55     | 70     | 8,0 | 0,4 | 349  | 175  | 0,51 | 0,15 | 107  | 68  | 11,5  | 4,8   | 1519  | 1411 |     |
| Cyclotella atomus                        | 439  | 0,43  | ,1  | 69  | 1,2 | 0,5 | 17,3 | 3,3 | 0,3 | 0,2 | 42  | 36,1  | 129    | 88     | 8,1 | 0,5 | 499  | 358  | 0,29 | 0,17 | 176  | 79  | 13,2  | 7,0   | 1449  | 1174 |     |
| Cyclotella distinguenda var. unipunctata | 54   | 0,03  | ,3  | 17  | 1,2 | 0,6 | 16,5 | 3,1 | 0,3 | 0,1 | 45  | 35,1  | 119    | 80     | 8,3 | 0,3 | 875  | 627  |      |      |      |     |       |       |       |      |     |



# Ontwikkeling module diatomeeën voor Volg- en Stuursysteem en KRW-verkenner

| Taxon                                    | uSO4 | tSO4 | utP  | ttP  | uoP  | toP  | utN  | ttN  | uoN  | toN  | ukN | tkN | uNH4 | tNH4 | uNO2-3 | tNO2-3 | uN/P | tN/P | uo2% | to2% | uBOD5 | tBOD5 |
|------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|--------|------|------|------|------|-------|-------|
| Achnanthes [1]                           | 43   | 64   | 0,27 | 0,37 | 0,12 | 0,33 | 3,1  | 2,6  | 1,5  | 1,8  | 2,0 | 2,2 | 0,54 | 1,82 | 1,06   | 1,65   | 74   | 116  | 80   | 22   | 7,4   | 5,8   |
| Achnanthes brevipes                      | 1109 | 679  | 1,53 | 1,02 | 1,22 | 0,93 | 2,9  | 2,2  | 0,7  | 0,9  | 2,4 | 2,0 | 0,53 | 0,47 | 0,55   | 0,77   | 7    | 18   | 87   | 35   | 6,1   | 6,0   |
| Achnanthes brevipes var. intermedia      | 854  | 578  | 1,88 | 1,06 | 1,33 | 0,87 | 5,3  | 3,9  | 0,4  | 0,8  | 4,8 | 3,8 | 0,81 | 1,46 | 0,36   | 0,75   | 8    | 19   | 104  | 46   | 18,6  | 35,3  |
| Achnanthidium eutrophilum                | 48   | 65   | 0,36 | 0,38 | 0,17 | 0,35 | 3,7  | 4,3  | 1,9  | 4,3  | 1,8 | 1,0 | 0,20 | 0,38 | 1,82   | 4,39   | 33   | 35   | 84   | 20   | 4,8   | 3,1   |
| Achnanthidium exiguum                    | 58   | 41   | 0,15 | 0,28 | 0,06 | 0,19 | 3,0  | 3,0  | 1,6  | 2,4  | 1,7 | 0,9 | 0,36 | 0,37 | 1,51   | 2,44   | 63   | 72   | 84   | 22   | 2,5   | 2,5   |
| Achnanthidium minutissimum               | 80   | 104  | 0,14 | 0,24 | 0,05 | 0,17 | 3,2  | 3,3  | 1,6  | 2,8  | 1,9 | 1,8 | 0,43 | 1,36 | 1,42   | 2,84   | 118  | 218  | 87   | 27   | 3,7   | 2,9   |
| Achnanthidium saprophilum                | 54   | 46   | 0,20 | 0,30 | 0,07 | 0,26 | 3,4  | 2,0  | 1,6  | 1,7  | 1,8 | 1,0 | 0,35 | 0,41 | 1,62   | 1,72   | 65   | 96   | 81   | 17   | 4,4   | 2,8   |
| Achnanthidium thermale                   | 956  | 1164 | 0,15 | 0,31 | 0,05 | 0,23 | 6,1  | 5,9  | 0,8  | 1,1  | 5,4 | 5,9 | 3,53 | 4,85 | 0,86   | 1,03   | 111  | 113  | 77   | 29   | 3,5   | 3,9   |
| Actinocyclus normanii                    | 80   | 69   | 0,34 | 0,33 | 0,18 | 0,25 | 4,0  | 2,4  | 2,5  | 2,3  | 1,6 | 1,3 | 0,36 | 0,58 | 2,53   | 2,31   | 39   | 25   | 109  | 110  | 3,4   | 2,7   |
| Adlafia bryophila                        | 60   | 48   | 0,20 | 0,28 | 0,07 | 0,18 | 3,9  | 3,6  | 1,8  | 3,2  | 2,6 | 2,5 | 0,37 | 0,53 | 1,64   | 3,22   | 69   | 91   | 96   | 24   | 5,2   | 4,1   |
| Adlafia minuscula var. muralis           | 55   | 47   | 0,39 | 0,47 | 0,25 | 0,42 | 2,0  | 2,2  | 0,4  | 1,5  | 1,7 | 1,4 | 0,28 | 0,43 | 0,48   | 1,14   | 32   | 45   | 68   | 27   | 2,8   | 2,7   |
| Amphipleura pellucida                    | 43   | 60   | 0,09 | 0,25 | 0,03 | 0,17 | 1,5  | 2,1  | 0,4  | 1,5  | 1,1 | 1,0 | 0,13 | 0,36 | 0,40   | 1,44   | 61   | 48   | 66   | 36   | 2,2   | 2,5   |
| Amphora coffeaeformis                    | 843  | 516  | 2,14 | 1,48 | 1,50 | 1,36 | 6,2  | 4,0  | 0,5  | 1,5  | 5,7 | 4,0 | 1,17 | 1,65 | 0,49   | 1,49   | 12   | 28   | 74   | 40   | 15,5  | 20,3  |
| Amphora coffeaeformis var. acutiuscula   | 1079 | 689  | 2,26 | 1,41 | 1,21 | 0,83 | 8,4  | 6,0  | 0,4  | 0,9  | 8,0 | 6,2 | 0,94 | 0,90 | 0,36   | 0,80   | 10   | 16   | 89   | 39   | 27,0  | 31,6  |
| Amphora copulata                         | 104  | 218  | 0,50 | 0,81 | 0,28 | 0,52 | 4,2  | 4,4  | 2,1  | 3,9  | 2,3 | 2,0 | 0,49 | 1,49 | 1,94   | 3,92   | 46   | 92   | 84   | 30   | 5,3   | 3,6   |
| Amphora holsatica [2]                    | 650  | 443  | 1,47 | 1,00 | 1,04 | 1,07 | 4,7  | 2,3  | 1,0  | 1,6  | 4,0 | 2,0 | 1,53 | 2,20 | 0,70   | 1,42   | 16   | 23   | 89   | 28   | 9,2   | 8,6   |
| Amphora marina                           | 1421 | 760  | 1,90 | 0,87 | 1,58 | 0,88 | 4,0  | 2,0  | 0,1  | 0,8  | 3,8 | 1,9 | 0,51 | 0,39 | 0,13   | 0,72   | 5    | 23   | 80   | 39   | 11,2  | 6,8   |
| Amphora montana                          | 72   | 37   | 0,97 | 1,02 | 0,52 | 0,65 | 2,8  | 2,9  | 1,2  | 2,2  | 1,7 | 1,7 | 0,41 | 0,65 | 5,28   | 5,97   | 188  | 234  | 94   | 21   | 3,1   | 2,7   |
| Amphora normanii                         | 62   | 56   | 0,29 | 0,29 | 0,14 | 0,24 | 11,3 | 10,7 | 10,5 | 11,4 | 1,7 | 1,1 | 0,34 | 0,35 | 10,89  | 12,17  | 201  | 199  | 79   | 19   | 2,3   | 3,2   |
| Amphora ovalis                           | 64   | 59   | 0,34 | 0,42 | 0,19 | 0,35 | 4,0  | 4,1  | 2,4  | 4,2  | 1,7 | 1,2 | 0,33 | 0,49 | 2,31   | 4,19   | 73   | 132  | 80   | 27   | 4,3   | 3,0   |
| Amphora pediculus                        | 85   | 75   | 0,43 | 0,44 | 0,25 | 0,40 | 4,8  | 5,7  | 3,1  | 5,9  | 2,0 | 1,3 | 0,36 | 0,63 | 2,99   | 6,04   | 81   | 181  | 81   | 29   | 4,5   | 3,5   |
| Amphora pseudoholsatica                  | 828  | 463  | 1,49 | 0,88 | 1,03 | 0,70 | 4,7  | 4,3  | 0,6  | 0,9  | 4,1 | 4,3 | 0,65 | 0,71 | 0,63   | 0,89   | 10   | 16   | 89   | 36   | 9,6   | 8,2   |
| Amphora subholsatica                     | 635  | 416  | 1,69 | 1,18 | 0,99 | 0,68 | 6,7  | 6,0  | 0,3  | 0,9  | 6,4 | 6,1 | 0,93 | 0,85 | 0,32   | 0,90   | 11   | 13   | 65   | 44   | 12,6  | 10,3  |
| Amphora veneta                           | 76   | 122  | 1,29 | 2,70 | 0,82 | 1,57 | 5,4  | 5,9  | 2,4  | 5,0  | 3,4 | 3,5 | 0,85 | 2,05 | 2,20   | 5,00   | 37   | 107  | 81   | 39   | 6,7   | 8,8   |
| Anomooneis sphaerophora                  | 385  | 504  | 0,95 | 1,41 | 0,49 | 0,82 | 4,9  | 4,3  | 1,7  | 3,1  | 2,9 | 1,9 | 1,07 | 2,27 | 2,02   | 3,45   | 34   | 46   | 76   | 32   | 5,1   | 4,3   |
| Asterionella formosa                     | 40   | 69   | 0,13 | 0,24 | 0,03 | 0,16 | 2,3  | 1,5  | 1,3  | 1,2  | 1,6 | 0,9 | 0,21 | 0,37 | 0,54   | 1,16   | 117  | 145  | 95   | 19   | 3,9   | 2,5   |
| Aulacoseira                              | 29   | 67   | 0,15 | 0,28 | 0,07 | 0,21 | 3,1  | 3,1  | 1,9  | 1,3  | 3,3 | 4,1 | 0,25 | 0,42 | 0,65   | 1,37   | 92   | 92   | 82   | 18   | 4,8   | 4,4   |
| Aulacoseira ambigua                      | 45   | 54   | 0,42 | 0,36 | 0,25 | 0,34 | 3,7  | 1,8  | 2,4  | 1,9  | 1,8 | 1,0 | 0,27 | 0,35 | 2,04   | 1,69   | 52   | 62   | 92   | 24   | 4,5   | 2,3   |
| Aulacoseira granulata                    | 46   | 60   | 0,32 | 0,37 | 0,17 | 0,28 | 3,1  | 2,1  | 1,3  | 1,7  | 1,9 | 1,1 | 0,34 | 0,55 | 1,27   | 1,70   | 68   | 91   | 90   | 31   | 4,0   | 2,5   |
| Aulacoseira italica                      | 53   | 40   | 0,20 | 0,24 | 0,07 | 0,19 | 3,0  | 2,2  | 1,3  | 1,9  | 1,7 | 0,9 | 0,25 | 0,35 | 1,19   | 1,68   | 39   | 32   | 86   | 21   | 4,8   | 3,4   |
| Bacillaria paxillifer                    | 475  | 260  | 1,08 | 0,68 | 0,74 | 0,62 | 4,2  | 2,9  | 0,9  | 1,2  | 3,5 | 2,9 | 0,89 | 2,25 | 0,79   | 1,15   | 18   | 24   | 91   | 33   | 7,8   | 6,4   |
| Berkeleya rutilans                       | 1020 | 457  | 1,41 | 0,87 | 1,04 | 0,76 | 4,2  | 2,6  | 0,7  | 0,9  | 3,9 | 2,4 | 0,92 | 1,59 | 0,63   | 0,86   | 12   | 17   | 95   | 40   | 9,6   | 7,2   |
| Brachysira brebissonii                   | 25   | 28   | 0,04 | 0,17 | 0,04 | 0,10 | 1,9  | 4,1  | 1,3  | 4,7  | 1,0 | 1,1 | 0,33 | 0,48 | 1,21   | 4,57   | 107  | 109  | 61   | 28   | 1,6   | 2,3   |
| Brachysira vitrea                        | 67   | 91   | 0,13 | 0,20 | 0,05 | 0,14 | 3,6  | 4,6  | 1,9  | 4,0  | 2,0 | 3,0 | 0,56 | 2,44 | 1,77   | 3,92   | 181  | 326  | 79   | 23   | 3,2   | 2,4   |
| Caloneis amphisbaena                     | 210  | 369  | 0,88 | 1,64 | 0,61 | 1,26 | 5,7  | 6,6  | 2,2  | 4,7  | 3,7 | 4,5 | 1,48 | 3,81 | 2,08   | 4,76   | 41   | 60   | 83   | 34   | 5,8   | 4,2   |
| Caloneis bacillum                        | 64   | 54   | 0,27 | 0,37 | 0,12 | 0,25 | 5,4  | 6,4  | 3,6  | 6,2  | 2,2 | 2,9 | 0,67 | 2,52 | 3,50   | 6,41   | 121  | 230  | 79   | 26   | 3,7   | 4,4   |
| Caloneis silicula                        | 63   | 58   | 0,35 | 1,25 | 0,13 | 0,25 | 4,0  | 4,3  | 2,0  | 4,5  | 2,1 | 1,3 | 0,47 | 0,61 | 1,86   | 3,91   | 89   | 170  | 87   | 35   | 5,5   | 3,3   |
| Campylosira cymbelliformis               | 171  | 136  | 0,77 | 1,39 | 0,44 | 0,87 | 6,0  | 5,9  | 3,4  | 5,4  | 2,9 | 1,9 | 0,46 | 1,13 | 3,34   | 5,51   | 26   | 30   | 88   | 35   | 6,7   | 4,0   |
| Chaetoceros                              | 565  | 250  | 1,82 | 1,35 | 0,95 | 0,67 | 6,6  | 3,0  | 0,7  | 1,0  | 5,9 | 3,6 | 0,44 | 0,50 | 0,68   | 0,92   | 11   | 18   | 90   | 28   | 12,5  | 5,8   |
| Chamaepinnularia evanida                 | 49   | 42   | 0,21 | 0,25 | 0,09 | 0,17 | 5,9  | 4,6  | 3,4  | 4,3  | 2,5 | 1,1 | 0,50 | 0,75 | 3,38   | 4,38   | 105  | 109  | 79   | 21   | 4,1   | 3,5   |
| Chamaepinnularia mediocris               | 36   | 28   | 0,05 | 0,15 | 0,03 | 0,09 | 1,3  | 1,5  | 0,3  | 0,8  | 1,1 | 1,4 | 0,20 | 0,45 | 0,29   | 0,51   | 122  | 90   | 80   | 30   | 2,0   | 3,7   |
| Cocconeis neothumensis                   | 147  | 158  | 0,30 | 0,33 | 0,12 | 0,26 | 5,0  | 4,9  | 2,4  | 3,6  | 2,6 | 2,4 | 0,44 | 0,74 | 2,44   | 3,64   | 88   | 96   | 105  | 32   | 6,6   | 6,2   |
| Cocconeis pediculus                      | 69   | 57   | 0,37 | 0,36 | 0,20 | 0,30 | 4,1  | 3,6  | 2,1  | 3,0  | 1,9 | 1,3 | 0,55 | 0,94 | 2,23   | 2,97   | 59   | 94   | 85   | 27   | 3,6   | 2,6   |
| Cocconeis placentula s.l.                | 88   | 147  | 0,38 | 0,61 | 0,22 | 0,42 | 3,3  | 3,1  | 1,5  | 2,7  | 2,0 | 1,6 | 0,38 | 0,86 | 1,44   | 2,80   | 63   | 120  | 83   | 78   | 3,9   | 4,1   |
| Coscinodiscophyceae                      | 56   | 49   | 0,28 | 0,34 | 0,08 | 0,32 | 3,9  | 1,8  | 1,7  | 1,7  | 1,9 | 1,3 | 0,32 | 0,95 | 1,55   | 1,63   | 54   | 49   | 95   | 35   | 5,7   | 6,4   |
| Craticula accomoda                       | 70   | 79   | 1,24 | 1,44 | 0,90 | 1,38 | 6,5  | 5,4  | 3,0  | 4,4  | 5,4 | 4,6 | 3,15 | 4,41 | 2,91   | 4,40   | 47   | 69   | 65   | 40   | 5,5   | 4,2   |
| Craticula buderi-groep                   | 435  | 1176 | 0,91 | 1,10 | 0,68 | 0,99 | 4,7  | 4,2  | 1,0  | 2,7  | 3,9 | 3,6 | 1,25 | 2,21 | 1,08   | 2,86   | 46   | 74   | 68   | 46   | 5,7   | 4,3   |
| Craticula cuspidata                      | 74   | 64   | 0,89 | 2,68 | 0,46 | 1,45 | 5,1  | 4,9  | 1,9  | 3,0  | 3,5 | 4,1 | 1,29 | 3,06 | 1,80   | 3,06   | 73   | 126  | 76   | 32   | 5,1   | 3,5   |
| Craticula molestiformis                  | 48   | 63   | 0,81 | 1,76 | 0,48 | 0,89 | 4,4  | 4,6  | 1,9  | 4,0  | 2,6 | 2,4 | 0,52 | 0,80 | 1,77   | 4,03   | 31   | 66   | 78   | 32   | 5,2   | 3,9   |
| Ctenophora pulchella                     | 138  | 129  | 0,50 | 0,69 | 0,31 | 0,54 | 4,1  | 3,0  | 1,9  | 2,4  | 2,8 | 2,0 | 0,55 | 1,22 | 1,56   | 2,52   | 59   | 96   | 90   | 46   | 5,4   | 5,6   |
| Cyclostephanos dubius                    | 96   | 108  | 0,41 | 0,39 | 0,25 | 0,32 | 3,0  | 2,4  | 1,2  | 2,2  | 2,0 | 1,0 | 0,35 | 0,48 | 1,43   | 2,77   | 41   | 66   | 80   | 28   | 5,0   | 2,7   |
| Cyclostephanos invisitatus               | 64   | 95   | 0,52 | 0,54 | 0,33 | 0,42 | 4,6  | 4,1  | 2,5  | 3,9  | 2,2 | 1,3 | 0,38 | 0,66 | 2,53   | 4,08   | 38   | 44   | 88   | 32   | 5,6   | 3,4   |
| Cyclotella [2]                           | 345  | 305  | 1,16 | 2,70 | 0,89 | 1,74 | 3,6  | 3,4  | 1,1  | 1,4  | 2,9 | 3,4 | 0,64 | 2,17 | 0,82   | 1,35   | 43   | 69   | 85   | 27   | 4,6   | 3,0   |
| Cyclotella atomus                        | 295  | 220  | 1,07 | 0,93 | 0,59 | 0,68 | 4,9  | 2,5  | 1,2  | 2,0  | 3,7 | 2,0 | 0,53 | 1,09 | 1,24   | 1,96   | 25   | 40   | 103  | 81   | 10,3  | 5,6   |
| Cyclotella distinguenda var. unipunctata | 516  | 371  | 1,51 | 1,30 | 1,00 | 1,11 | 4,5  | 1,9  | 0,8  | 1,1  | 3,8 | 1,8 | 0,56 | 0,92 | 0,79   | 1,05   | 18   | 25   | 98   | 39   | 10,0  | 5,6   |
| Cyclotella glomerata                     | 60   | 51   | 0,47 | 0,50 | 0,19 | 0,37 | 4,5  | 2,8  | 1,5  | 1,3  | 3,1 | 2,3 | 0,90 | 1,83 | 1,66   | 1,45   | 32   | 34   | 125  | 64   | 6,3   | 2,6   |
| Cyclotella kuetzingiana                  | 494  | 297  | 1,69 | 1,32 | 1,12 | 1,12 | 4,6  | 1,8  | 0,7  | 1,1  | 3,9 | 1,7 | 0,68 | 0,78 | 0,78   | 1,10   | 14   | 36   | 96   | 41   | 10,2  | 4,9   |
| Cyclotella meneghiniana                  | 129  | 140  | 0,65 | 0,62 | 0,39 | 0,53 | 4,9  | 3,7  | 2,4  | 3,3  | 2,7 | 1,6 | 0,54 | 1,09 | 2,33   | 3,35   | 39   | 65   | 88   | 39   | 6,7   | 3,9   |
| Cyclotella ocellata                      | 79   | 55   | 0,10 | 0,17 | 0,03 | 0,11 | 1,6  | 2,3  | 0,7  | 1,7  | 1,1 | 1,0 | 0,21 | 0,24 | 0,37   | 1,27   | 51   | 77   | 79   | 23   | 2,1   | 1,7   |
| Cyclotella striata                       | 69   | 53   | 0,43 | 0,39 | 0,17 | 0,29 | 3,8  | 2,7  | 2,1  | 2,3  | 1,7 | 1,3 | 0,36 | 0,97 | 2,10   | 2,40   | 37   | 37   | 94   | 24   | 4,6   | 2,2   |
| Cymatopleura librile                     | 79   | 103  | 0,45 | 1,30 | 0,21 | 0,58 | 4,5  | 4,2  | 2,5  | 3,9  | 2,2 | 1,5 | 0,45 | 0,86 | 2,36   | 3,98   | 67   | 125  | 85   | 30   | 4,9   | 3,3   |
| Cymatosira belgica                       | 177  | 127  | 0,90 | 1,64 | 0,58 | 1,04 | 5,5  | 5,3  | 2,4  | 4,5  | 3,3 | 2,5 | 0,66 | 1,50 | 2,21   | 4,52   | 38   | 88   | 86   | 33   | 7,1   | 4,9   |
| Cymbella affinis                         | 76   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |        |        |      |      |      |      |       |       |



## Bijlage 4. Gemiddelde hoeveelheid taxa met optimum per beheersgebied (ongesplitste zoutgehalteklassen)

Per beheersgebied/instantie is aangegeven wat het aantal geselecteerde en overige monsters is en de gemiddelde hoeveelheid van kiezelwieren waarvan optima en toleranties zijn berekend.

| Afk. | Beheersgebied/instantie     | Aantal monsters |        | Gemiddelde hoeveelh. (%) |        |
|------|-----------------------------|-----------------|--------|--------------------------|--------|
|      |                             | Geselecteerd    | Overig | Geselecteerd             | Overig |
| WF   | Wetterskip Fryslân          | 560             | 20     | 97,3                     | 93,7   |
| PRF  | Provincie Friesland         | 24              | 4      | 98,5                     | 99,7   |
| PGR  | Provincie Groningen         | 12              | 9      | 98,5                     | 96,1   |
| WN   | WS Noorderzijlvest          | 23              | 76     | 98,3                     | 97,0   |
| WHA  | WS Hunze en Aa's            | 18              | 48     | 96,6                     | 97,8   |
| WVV  | WS Velt en Vecht            | 93              | 57     | 98,5                     | 98,5   |
| WRW  | WS Reest en Wieden          | 177             | 65     | 96,3                     | 97,1   |
| WGS  | WS Groot Salland            | 151             | 26     | 98,1                     | 99,4   |
| POV  | Provincie Overijssel        | 115             | 3      | 98,9                     | 98,9   |
| WRD  | WS Regge en Dinkel          |                 | 358    |                          | 95,4   |
| WRIJ | WS Rijn en IJssel           | 51              | 48     | 97,4                     | 95,8   |
| WV   | WS Veluwe                   | 91              | 5      | 98,2                     | 98,6   |
| WVE  | WS Vallei en Eem            | 88              | 5      | 97,2                     | 97,2   |
| PRU  | Provincie Utrecht           | 122             | 49     | 98,0                     | 96,1   |
| HSR  | HS de Stichtse Rijnlanden   | 171             | 58     | 98,0                     | 98,9   |
| PNH  | Provincie Noord-Holland     | 199             | 430    | 99,0                     | 96,9   |
| HHN  | HH Hollands Noorderkwartier | 246             | 966    | 98,0                     | 97,4   |
| WA   | A'damse Waterleidingduinen  | 68              | 27     | 99,4                     | 99,4   |
| WAN  | HH Amstel, Gooi en Vecht    | 109             | 10     | 98,8                     | 99,7   |
| HHR  | HH van Rijnland             | 181             | 344    | 96,8                     | 97,8   |
| HHD  | HH van Delfland             | 189             | 766    | 99,0                     | 98,9   |
| HHS  | HH van Schieland            | 230             | 352    | 97,9                     | 98,6   |
| WRL  | WS Rivierenland             | 110             | 14     | 92,3                     | 95,8   |
| WHD  | WS Hollandse Delta          | 264             | 514    | 98,0                     | 97,4   |
| WBD  | WS Brabantse Delta          | 238             | 309    | 96,8                     | 95,9   |
| WD   | WS De Dommel                | 61              | 273    | 95,3                     | 98,3   |
| WAM  | WS Aa en Maas               | 219             | 158    | 99,0                     | 98,1   |
| WPM  | WS Peel en Maasvallei       | 370             | 37     | 98,4                     | 97,1   |
| WRO  | WS Roer en Overmaas         | 311             | 51     | 97,2                     | 94,5   |
| WZE  | WS Zeeuwse Eilanden         | 320             | 24     | 92,0                     | 84,2   |
| WZV  | WS Zeeuws-Vlaanderen        | 32              | 13     | 96,0                     | 99,0   |
| WZZ  | WS Zuiderzeeland            | 273             | 307    | 98,7                     | 98,9   |
| KUN  | Radbouduniversiteit         |                 | 11     |                          | 91,8   |
| RWS  | Rijkswaterstaat             | 27              | 60     | 90,5                     | 88,5   |
|      | Totaal                      | 5143            | 5497   | 97,4                     | 97,4   |



## Bijlage 5.

### Karakterisering taxa zonder toegekende optima en toleranties

In sommige monsters komen in verhouding weinig taxa met berekende optima en toleranties voor. Ze kunnen als volgt worden gekarakteriseerd:

- In de meren, plassen, sloten en kanalen in het westen des lands gaat het meestal om taxa die niet tot op de soort, maar slechts tot op geslacht (bijvoorbeeld *Amphora*, *Cymbella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Skeletonema*) of familieniveau, zoals Fragilariaceae of Coscinodiscophyceae zijn gedetermineerd;
- een enkele keer gaat het om een hoogstwaarschijnlijk verkeerd gedetermineerde soort. Zo wordt uit een diepe plas in het westen des lands één keer *Rhoicosphenia marina* vermeld, terwijl in alle andere bemonsteringen uit dezelfde plas niet deze soort, maar *R. abbreviata* voorkomt. In een Peelkanaal zou de mariene *Petronella granulata* zijn aangetroffen.
- sommige soorten uit vennen en voedselarme beken zijn niet bij de berekeningen betrokken, zoals *Aulacoseira alpigena*, diverse *Achnanthes*- en *Brachysira*-soorten (o.a. *A. jackii*, *B. garrensis* en *B. neoexilis*), *Peronia fibula*, *Psammodictyon*-soorten (bijv. *P. helveticum* en *P. scoticum*);
- in matig- en sterk brakke wateren komen nogal wat soorten voor, die in enkele monsters veel, maar daarbuiten niet of nauwelijks zijn aangetroffen, zoals diverse *Fragilaria*- en *Amphora*-soorten in het gebied achter de Hondsbossche zeedijk. Op de Zeeuwse eilanden komen behalve ook diverse *Amphora*- en *Cocconeis*-soorten ook andere soorten met een sterk brakke, danwel mariene inslag voor, zoals *Licmophora gracilis*, *Melosira moniliformis* var. *octogona*, *Haslea crucigera* en *Navicula salinicola*. Ook in de Rijkswateren, zoals het Haringvliet wordt de laatste soort wel eens aangetroffen;
- sommige soorten horen meer thuis in het fytoplankton en minder in het aangroei, zoals *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, die veel in een geëutrofiëerd Brabantse ven (Grote Melanen) is gesignaleerd en de typische estuariumsoort *Cyclotella choctawhatcheeana* uit het (brakke) Oostvoornse Meer.
- sommige soorten worden pas recent van andere, verwante taxa onderscheiden, zoals *Gomphonema innocens* uit het Meeven bij Bergen op Zoom;
- sommige soorten zijn gewoon wezenlijk zeldzaam, zoals *Navicula schroeteri*, die in een monster uit de Beemsterringvaart veel is gevonden, maar niet in andere, schijnbaar overeenkomstige wateren.



## Bijlage 6. Vergelijking modellen gewogen gemiddelden (ongesplitste zoutgehalteklassen)

In de kolommen zijn de verschillende beoordelingsparameters voor de met diatomeeën geschatte milieuvariabelen vermeld.

|                                                   | Dd   | Td   | DZd  | ZSd  | Chl-ad | pHd  | ECd  | IRD  | Cad  | Kd   | ClD  | SO4d | tPd  | oPd  | tNd  | oNd  | kNd  | NO2-3d | N/Pd | O2%d | BOD5d |
|---------------------------------------------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-------|
| <b>Zonder toleranties, zonder extra regressie</b> |      |      |      |      |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |       |
| correlatie geselecteerde monsters                 | ,51  | ,34  | ,46  | ,61  | ,32    | ,82  | ,84  | ,62  | ,72  | ,58  | ,86  | ,82  | ,62  | ,55  | ,45  | ,49  | ,47  | ,49    | ,42  | ,37  | ,54   |
| correlatie alle monsters                          | ,47  | ,32  | ,43  | ,57  | ,32    | ,77  | ,84  | ,56  | ,70  | ,64  | ,85  | ,79  | ,52  | ,46  | ,39  | ,36  | ,43  | ,37    | ,37  | ,31  | ,46   |
| RMSE geselecteerde monsters                       | 1,6  | 3,6  | 0,5  | 35   | 127    | 0,6  | 333  | 0,18 | 51   | 13   | 1194 | 138  | 0,58 | 0,51 | 3,5  | 3,1  | 2,1  | 3,03   | 109  | 30   | 4,3   |
| RMSE overige monsters                             | 0,9  | 3,2  | 0,3  | 26   | 85     | 0,6  | 158  | 0,17 | 57   | 24   | 504  | 117  | 0,95 | 0,80 | 5,8  | 5,3  | 2,6  | 5,34   | 109  | 35   | 4,7   |
| RMSE alle monsters                                | 1,4  | 3,5  | 0,4  | 32   | 116    | 0,6  | 277  | 0,18 | 53   | 17   | 979  | 131  | 0,75 | 0,65 | 4,5  | 4,0  | 2,3  | 3,97   | 109  | 32   | 4,5   |
| <b>Zonder toleranties, met extra regressie</b>    |      |      |      |      |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |       |
| correlatie geselecteerde monsters                 | ,51  | ,34  | ,46  | ,61  | ,32    | ,82  | ,84  | ,62  | ,72  | ,58  | ,86  | ,82  | ,62  | ,55  | ,45  | ,49  | ,47  | ,49    | ,42  | ,37  | ,54   |
| correlatie alle monsters                          | ,47  | ,32  | ,43  | ,57  | ,32    | ,77  | ,84  | ,56  | ,70  | ,64  | ,85  | ,79  | ,52  | ,46  | ,39  | ,36  | ,43  | ,37    | ,37  | ,31  | ,46   |
| RMSE geselecteerde monsters                       | 1,4  | 3,5  | 0,4  | 34   | 125    | 0,5  | 287  | 0,18 | 50   | 12   | 996  | 122  | 0,55 | 0,49 | 3,4  | 2,9  | 2,0  | 2,84   | 106  | 29   | 4,2   |
| RMSE overige monsters                             | 1,1  | 3,1  | 0,3  | 26   | 84     | 0,6  | 147  | 0,17 | 56   | 21   | 540  | 116  | 0,92 | 0,78 | 5,6  | 5,2  | 2,5  | 5,23   | 107  | 34   | 4,7   |
| RMSE alle monsters                                | 1,4  | 3,4  | 0,4  | 32   | 114    | 0,5  | 241  | 0,17 | 53   | 15   | 845  | 120  | 0,72 | 0,63 | 4,3  | 3,9  | 2,2  | 3,83   | 106  | 32   | 4,4   |
| <b>Met toleranties, zonder extra regressie</b>    |      |      |      |      |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |       |
| correlatie geselecteerde monsters                 | ,34  | ,34  | ,43  | ,54  | ,31    | ,81  | ,76  | ,61  | ,70  | ,44  | ,78  | ,77  | ,62  | ,55  | ,40  | ,39  | ,46  | ,38    | ,37  | ,39  | ,50   |
| correlatie alle monsters                          | ,34  | ,32  | ,41  | ,51  | ,31    | ,76  | ,75  | ,55  | ,66  | ,50  | ,77  | ,74  | ,54  | ,48  | ,38  | ,32  | ,44  | ,34    | ,37  | ,33  | ,45   |
| RMSE geselecteerde monsters                       | 1,6  | 3,6  | 0,5  | 37   | 129    | 0,6  | 451  | 0,19 | 55   | 14   | 1691 | 174  | 0,60 | 0,52 | 3,6  | 3,2  | 2,2  | 3,13   | 112  | 30   | 4,6   |
| RMSE overige monsters                             | 1,0  | 3,2  | 0,3  | 27   | 87     | 0,6  | 229  | 0,17 | 69   | 27   | 693  | 139  | 0,89 | 0,76 | 4,9  | 5,3  | 2,3  | 4,59   | 63   | 34   | 4,4   |
| RMSE alle monsters                                | 1,5  | 3,5  | 0,4  | 35   | 117    | 0,6  | 378  | 0,18 | 61   | 19   | 1382 | 163  | 0,73 | 0,63 | 4,1  | 4,1  | 2,2  | 3,70   | 97   | 32   | 4,5   |
| <b>Met toleranties en extra regressie</b>         |      |      |      |      |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |       |
| correlatie geselecteerde monsters                 | ,34  | ,34  | ,43  | ,54  | ,31    | ,81  | ,76  | ,61  | ,70  | ,44  | ,78  | ,77  | ,62  | ,55  | ,40  | ,39  | ,46  | ,38    | ,37  | ,39  | ,50   |
| correlatie alle monsters                          | ,34  | ,32  | ,41  | ,51  | ,31    | ,76  | ,75  | ,55  | ,66  | ,50  | ,77  | ,74  | ,54  | ,48  | ,38  | ,32  | ,44  | ,34    | ,37  | ,33  | ,45   |
| RMSE geselecteerde monsters                       | 1,6  | 3,5  | 0,5  | 36   | 126    | 0,6  | 349  | 0,18 | 51   | 13   | 1232 | 137  | 0,55 | 0,49 | 3,5  | 3,0  | 2,0  | 3,01   | 109  | 29   | 4,3   |
| RMSE overige monsters                             | 1,0  | 3,1  | 0,3  | 26   | 84     | 0,6  | 190  | 0,17 | 62   | 24   | 625  | 119  | 0,81 | 0,70 | 4,7  | 5,1  | 2,1  | 4,40   | 63   | 34   | 4,3   |
| RMSE alle monsters                                | 1,4  | 3,4  | 0,4  | 33   | 114    | 0,6  | 296  | 0,18 | 56   | 17   | 1034 | 131  | 0,67 | 0,59 | 4,0  | 3,9  | 2,1  | 3,55   | 95   | 31   | 4,3   |
| <b>Aantal waarnemingen</b>                        |      |      |      |      |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |       |
| geselecteerde monsters                            | 750  | 4109 | 3486 | 1505 | 2995   | 4276 | 4250 | 2931 | 2931 | 2223 | 4445 | 3428 | 4379 | 4085 | 4123 | 4052 | 3668 | 4125   | 4100 | 4333 | 3495  |
| overige monsters                                  | 260  | 2626 | 2082 | 638  | 1387   | 2817 | 2852 | 1838 | 1838 | 1003 | 2945 | 1719 | 2983 | 2935 | 2339 | 2268 | 2285 | 2138   | 2299 | 2991 | 2527  |
| alle monsters                                     | 1010 | 6735 | 5568 | 2143 | 4382   | 7093 | 7102 | 4769 | 4769 | 3226 | 7390 | 5147 | 7362 | 7020 | 6462 | 6320 | 5953 | 6263   | 6399 | 7324 | 6022  |





## Bijlage 7. Soortensamenstelling geselecteerde monsters

Procentuele hoeveelheid van taxa uit enkele geselecteerde monsters. De vet gedrukte taxa zijn de voorbeelden uit Figuur 3.

| Taxa                                                  | Ven Meinweg 2005 | Ven Duurswoude 2001 | Ven Wel-lerlooi 1995 | Sloot Grave 2005 | 'Beek' Dalfsen 1996 | Sloot Leid-schendam 1998 | Kanaal Texel 1999 | Wetering Tholen 1996 | Sloot Texel 2003 | Kanaal Goes 2000 |
|-------------------------------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|------------------|------------------|
| <b><i>Frustulia saxonica</i></b>                      | <b>69</b>        | <b>37</b>           |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Eunotia fallax</i>                                 |                  | 2                   |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Eunotia naegelii</i>                               | 17               | 31                  |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Eunotia incisa</i>                                 | 8                |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Tabellaria flocculosa</i>                          | 5                |                     | 1                    |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Nitzschia paleaeformis</i>                         |                  | 9                   |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Eunotia bilunaris</i>                              |                  | 12                  |                      | 2                |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <b><i>Brachysira vitrea</i></b>                       |                  |                     | <b>26</b>            | <b>57</b>        |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <b><i>Achnanthydium minutissimum</i></b>              |                  |                     | <b>56</b>            | <b>29</b>        | <b>57</b>           | <b>40</b>                |                   |                      |                  |                  |
| <i>Gomphonema insigne</i>                             |                  |                     |                      | 2                |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Gomphonema parvulum</i>                            |                  |                     |                      | 2                |                     | 4                        |                   | 1                    |                  |                  |
| <i>Gomphonema clavatum</i>                            |                  |                     |                      |                  |                     | 15                       |                   |                      |                  |                  |
| <i>Navicula slesvicensis</i>                          |                  |                     |                      | 1                |                     | 1                        |                   |                      |                  | 1                |
| <i>Nitzschia paleacea</i>                             |                  | 7                   | 1                    |                  |                     |                          |                   |                      |                  |                  |
| <i>Cocconeis placentula</i> s.l.                      |                  |                     |                      |                  | 35                  | 5                        |                   |                      |                  |                  |
| <i>Navicula rhynchocephala</i> var. <i>amphiceros</i> |                  |                     |                      |                  |                     | 3                        |                   |                      |                  |                  |
| <i>Ctenophora pulchella</i>                           |                  |                     |                      |                  |                     | 26                       |                   | 9                    |                  | 4                |
| <i>Fragilaria famelica</i>                            |                  |                     |                      |                  |                     | 2                        |                   | 8                    | 2                |                  |
| <i>Navicula veneta</i>                                |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 3                    |                  |                  |
| <i>Psammothidium punctulatum</i>                      |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 3                    |                  |                  |
| <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>                       |                  |                     |                      |                  |                     |                          | 2                 |                      |                  |                  |
| <i>Navicula gregaria</i>                              |                  |                     |                      |                  |                     | 3                        | 12                | 24                   | 11               |                  |
| <i>Nitzschia supralitorea</i>                         |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 8                    |                  |                  |
| <i>Nitzschia frustulum</i>                            |                  |                     | 2                    |                  |                     |                          |                   | 2                    |                  |                  |
| <i>Diatoma tenuis</i>                                 |                  |                     |                      |                  |                     |                          | 25                |                      |                  |                  |
| <i>Navicula recens</i>                                |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 2                    |                  | 6                |
| <i>Thalassiosira pseudonana</i>                       |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  | 4                |
| <b><i>Tabularia tabulata</i> -groep</b>               |                  |                     |                      |                  |                     |                          | <b>35</b>         |                      | <b>1</b>         | <b>19</b>        |
| <i>Navicula salinarum</i>                             |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 1                    | 2                |                  |
| <i>Nitzschia microcephala</i>                         |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      | 2                |                  |
| <i>Tryblionella apiculata</i>                         |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  | 3                |
| <i>Bacillaria paxillifer</i>                          |                  |                     |                      |                  |                     |                          | 5                 |                      | 3                | 19               |
| <i>Navicula normaloides</i>                           |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      |                  | 28               |
| <i>Fallacia tenera</i>                                |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      | 46               | 3                |
| <i>Nitzschia aurariae</i>                             |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 5                    |                  | 1                |
| <i>Navicula phylleptosoma</i>                         |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      | 10               |                  |
| <i>Navicula perminuta</i>                             |                  |                     |                      |                  |                     |                          | 11                |                      | 1                |                  |
| <i>Berkeleya rutilans</i>                             |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   |                      | 2                | 1                |
| <i>Navicula phyllepta</i> [1]                         |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | 2                    |                  | 2                |
| <b><i>Amphora coffeaeformis</i></b>                   |                  |                     |                      |                  |                     |                          |                   | <b>25</b>            | <b>18</b>        |                  |
| Overige taxa                                          |                  |                     | 7                    | 7                | 1                   |                          | 4                 | 7                    |                  | 8                |



## Bijlage 8.

## Prestatiekenmerken WA-modellen (gesplitste zoutklassen)

De afkortingen van de variabelen komen overeen met die in Tabel 5.

<sup>10</sup>Logaritmisch getransformeerde variabelen worden voorafgegaan door 'l'. De k achter de afkorting betekent dat de milieuvariabelen kwartaal-gemiddelden zijn.

| Variabele | zout-<br>klasse | monsters<br>in model | monsters<br>uit model | taxa in<br>model | R2   | signif. |      |      | Boot<br>R2 | signif. |       |  | Regressiecoëfficiënten |          |
|-----------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------|------|---------|------|------|------------|---------|-------|--|------------------------|----------|
|           |                 |                      |                       |                  |      | R2      | RMSE |      |            | Boot_R2 | RMSEP |  | a                      | b        |
| IBOD5k    | 1-5             | 3995                 | 0                     | 418              | 0,25 | 0,00000 | 0,31 | 0,22 | 0,00000    | 0,32    |       |  | -0,471007              | 1,825590 |
| IBOD5k    | 1               | 2789                 | 0                     | 417              | 0,19 | 0,00000 | 0,30 | 0,13 | 0,00000    | 0,32    |       |  | -0,843289              | 2,725210 |
| IBOD5k    | 2               | 746                  | 0                     | 360              | 0,23 | 0,00000 | 0,27 | 0,14 | 0,00000    | 0,29    |       |  | -0,976552              | 2,418780 |
| IBOD5k    | 3               | 215                  | 0                     | 293              | 0,37 | 0,00000 | 0,28 | 0,09 | 0,00000    | 0,34    |       |  | -1,074950              | 2,293690 |
| IBOD5k    | 4-5             | 245                  | 0                     | 223              | 0,37 | 0,00000 | 0,31 | 0,13 | 0,00000    | 0,38    |       |  | -1,659700              | 2,775970 |
| ICak      | 1-5             | 3256                 | 31                    | 418              | 0,76 | 0,00000 | 0,28 | 0,75 | 0,00000    | 0,29    |       |  | -0,395302              | 1,229520 |
| ICak      | 1               | 2467                 | 31                    | 408              | 0,75 | 0,00000 | 0,29 | 0,74 | 0,00000    | 0,30    |       |  | -0,350444              | 1,221260 |
| ICak      | 2               | 517                  | 3                     | 336              | 0,40 | 0,00000 | 0,14 | 0,26 | 0,00000    | 0,16    |       |  | -3,042580              | 2,466540 |
| ICak      | 3               | 141                  | 4                     | 241              | 0,59 | 0,00000 | 0,11 | 0,40 | 0,00000    | 0,14    |       |  | -2,113690              | 1,936680 |
| ICak      | 4-5             | 124                  | 0                     | 185              | 0,53 | 0,00000 | 0,12 | 0,15 | 0,00001    | 0,18    |       |  | -4,256670              | 2,731280 |
| lChl-ak   | 1-5             | 3252                 | 13                    | 418              | 0,23 | 0,00000 | 0,49 | 0,19 | 0,00000    | 0,51    |       |  | -1,213270              | 1,857130 |
| lChl-ak   | 1               | 2366                 | 7                     | 417              | 0,18 | 0,00000 | 0,48 | 0,11 | 0,00000    | 0,51    |       |  | -2,194730              | 2,692290 |
| lChl-ak   | 2               | 490                  | 5                     | 349              | 0,31 | 0,00000 | 0,40 | 0,14 | 0,00000    | 0,46    |       |  | -2,831150              | 2,687630 |
| lChl-ak   | 3               | 177                  | 2                     | 278              | 0,46 | 0,00000 | 0,42 | 0,11 | 0,00001    | 0,58    |       |  | -3,250090              | 2,809120 |
| lChl-ak   | 4-5             | 216                  | 2                     | 202              | 0,38 | 0,00000 | 0,39 | 0,11 | 0,00000    | 0,50    |       |  | -4,387530              | 3,398300 |
| lClk      | 1-5             | 5030                 | 0                     | 419              | 0,71 | 0,00000 | 0,39 | 0,70 | 0,00000    | 0,40    |       |  | -0,869493              | 1,426510 |
| lDk       | 1-5             | 820                  | 0                     | 397              | 0,33 | 0,00000 | 0,30 | 0,18 | 0,00000    | 0,35    |       |  | 0,410787               | 2,992610 |
| lDk       | 1               | 421                  | 5                     | 386              | 0,33 | 0,00000 | 0,27 | 0,13 | 0,00000    | 0,33    |       |  | 0,382723               | 2,890500 |
| lDk       | 2               | 113                  | 1                     | 234              | 0,54 | 0,00000 | 0,23 | 0,17 | 0,00000    | 0,33    |       |  | 0,324009               | 3,409650 |
| lDk       | 3               | 97                   | 4                     | 198              | 0,60 | 0,00000 | 0,21 | 0,31 | 0,00000    | 0,29    |       |  | 0,256865               | 2,404780 |
| lDk       | 4-5             | 179                  | 0                     | 397              | 0,48 | 0,00000 | 0,28 | 0,23 | 0,00000    | 0,36    |       |  | 0,511877               | 2,897060 |
| lDZk      | 1-5             | 3854                 | 1                     | 419              | 0,27 | 0,00000 | 0,24 | 0,22 | 0,00000    | 0,25    |       |  | 0,381665               | 2,131040 |
| lDZk      | 1               | 2826                 | 4                     | 418              | 0,24 | 0,00000 | 0,24 | 0,19 | 0,00000    | 0,25    |       |  | 0,345896               | 2,175020 |
| lDZk      | 2               | 620                  | 0                     | 363              | 0,33 | 0,00000 | 0,21 | 0,18 | 0,00000    | 0,23    |       |  | 0,598769               | 2,480030 |
| lDZk      | 3               | 190                  | 0                     | 285              | 0,41 | 0,00000 | 0,17 | 0,12 | 0,00000    | 0,21    |       |  | 0,571347               | 2,061890 |
| lDZk      | 4-5             | 214                  | 1                     | 204              | 0,38 | 0,00000 | 0,21 | 0,13 | 0,00000    | 0,26    |       |  | 0,950216               | 2,696260 |
| lEck      | 1-5             | 4775                 | 13                    | 419              | 0,76 | 0,00000 | 0,28 | 0,75 | 0,00000    | 0,29    |       |  | -0,682271              | 1,359070 |
| lEck      | 1               | 3510                 | 2                     | 418              | 0,69 | 0,00000 | 0,23 | 0,68 | 0,00000    | 0,23    |       |  | -0,445848              | 1,267920 |
| lEck      | 2               | 791                  | 7                     | 363              | 0,30 | 0,00000 | 0,11 | 0,12 | 0,00000    | 0,13    |       |  | -5,296700              | 3,261280 |
| lEck      | 3               | 224                  | 6                     | 296              | 0,53 | 0,00000 | 0,10 | 0,37 | 0,00000    | 0,12    |       |  | -3,369520              | 2,224460 |
| lEck      | 4-5             | 241                  | 3                     | 223              | 0,55 | 0,00000 | 0,14 | 0,43 | 0,00000    | 0,16    |       |  | -3,464860              | 2,069330 |
| lIRk      | 1-5             | 3273                 | 14                    | 418              | 0,56 | 0,00000 | 0,17 | 0,53 | 0,00000    | 0,18    |       |  | 0,251203               | 1,715210 |
| lIRk      | 1               | 2488                 | 10                    | 408              | 0,40 | 0,00000 | 0,14 | 0,37 | 0,00000    | 0,15    |       |  | 0,076024               | 1,289190 |
| lIRk      | 2               | 507                  | 13                    | 332              | 0,33 | 0,00000 | 0,11 | 0,21 | 0,00000    | 0,12    |       |  | 0,769488               | 2,499950 |
| lIRk      | 3               | 140                  | 5                     | 242              | 0,50 | 0,00000 | 0,12 | 0,31 | 0,00000    | 0,15    |       |  | 0,655256               | 1,843650 |
| lIRk      | 4-5             | 120                  | 4                     | 185              | 0,51 | 0,00000 | 0,13 | 0,25 | 0,00000    | 0,18    |       |  | 1,063650               | 2,022950 |
| lKk       | 1-5             | 2462                 | 10                    | 414              | 0,52 | 0,00000 | 0,29 | 0,49 | 0,00000    | 0,30    |       |  | -0,323826              | 1,401010 |
| lKk       | 1               | 2010                 | 8                     | 403              | 0,38 | 0,00000 | 0,29 | 0,34 | 0,00000    | 0,30    |       |  | -0,223696              | 1,321870 |
| lKk       | 2               | 336                  | 8                     | 323              | 0,45 | 0,00000 | 0,13 | 0,35 | 0,00000    | 0,14    |       |  | -1,035590              | 1,836450 |
| lKk       | 3               | 69                   | 2                     | 207              | 0,74 | 0,00000 | 0,12 | 0,49 | 0,00000    | 0,17    |       |  | -1,243570              | 1,845600 |
| lKk       | 4-5             | 38                   | 1                     | 125              | 0,81 | 0,00000 | 0,11 | 0,36 | 0,00006    | 0,22    |       |  | -1,223970              | 1,699380 |
| lKnk      | 1-5             | 4027                 | 2                     | 419              | 0,27 | 0,00000 | 0,26 | 0,24 | 0,00000    | 0,27    |       |  | -0,279545              | 1,961410 |
| lKnk      | 1               | 3025                 | 3                     | 418              | 0,24 | 0,00000 | 0,26 | 0,19 | 0,00000    | 0,27    |       |  | -0,364625              | 2,576660 |
| lKnk      | 2               | 579                  | 0                     | 359              | 0,36 | 0,00000 | 0,19 | 0,21 | 0,00000    | 0,22    |       |  | -0,814819              | 2,941400 |
| lKnk      | 3               | 193                  | 2                     | 278              | 0,41 | 0,00000 | 0,19 | 0,15 | 0,00000    | 0,24    |       |  | -0,661908              | 2,260860 |
| lKnk      | 4-5             | 229                  | 0                     | 214              | 0,45 | 0,00000 | 0,24 | 0,19 | 0,00000    | 0,31    |       |  | -1,209140              | 3,128850 |
| lN/Pk     | 1-5             | 4454                 | 0                     | 419              | 0,36 | 0,00000 | 0,38 | 0,34 | 0,00000    | 0,39    |       |  | -1,038610              | 1,709460 |
| lN/Pk     | 1               | 3418                 | 0                     | 418              | 0,27 | 0,00000 | 0,38 | 0,24 | 0,00000    | 0,40    |       |  | -1,938400              | 2,249900 |
| lN/Pk     | 2               | 597                  | 1                     | 419              | 0,39 | 0,00000 | 0,34 | 0,31 | 0,00000    | 0,37    |       |  | -1,332810              | 2,015410 |
| lN/Pk     | 3               | 202                  | 2                     | 282              | 0,53 | 0,00000 | 0,29 | 0,33 | 0,00000    | 0,35    |       |  | -1,089070              | 1,998540 |
| lN/Pk     | 4-5             | 234                  | 0                     | 217              | 0,47 | 0,00000 | 0,25 | 0,32 | 0,00000    | 0,29    |       |  | -0,973374              | 2,116290 |
| lNH3k     | 2               | 234                  | 0                     | 325              | 0,48 | 0,00000 | 0,31 | 0,19 | 0,00000    | 0,41    |       |  | 3,128530               | 2,679950 |
| lNH4k     | 1-5             | 4922                 | 4                     | 419              | 0,20 | 0,00000 | 0,47 | 0,16 | 0,00000    | 0,49    |       |  | 1,149300               | 2,872630 |
| lNH4k     | 1               | 3611                 | 5                     | 418              | 0,19 | 0,00000 | 0,46 | 0,14 | 0,00000    | 0,48    |       |  | 1,395270               | 3,101280 |
| lNH4k     | 2               | 808                  | 1                     | 366              | 0,33 | 0,00000 | 0,44 | 0,21 | 0,00000    | 0,49    |       |  | 1,217960               | 3,357160 |
| lNH4k     | 3               | 243                  | 0                     | 299              | 0,43 | 0,00000 | 0,45 | 0,25 | 0,00000    | 0,54    |       |  | 0,626812               | 2,416700 |
| lNH4k     | 4-5             | 258                  | 0                     | 223              | 0,41 | 0,00000 | 0,44 | 0,10 | 0,00000    | 0,58    |       |  | 0,945648               | 3,754750 |

| Variabele | zout-<br>klasse | monsters<br>in model | monsters<br>uit model | taxa in<br>model | signif. |         |       | Boot<br>_R2 | signif.<br>Boot_R2 | RMSEP | Regressiecoëfficiënten |          |
|-----------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------|---------|-------|-------------|--------------------|-------|------------------------|----------|
|           |                 |                      |                       |                  | R2      | R2      | RMSE  |             |                    |       | a                      | b        |
| INO2NO3k  | 1-5             | 4497                 | 3                     | 419              | 0,18    | 0,00000 | 0,69  | 0,16        | 0,00000            | 0,70  | 0,581749               | 2,235560 |
| INO2NO3k  | 1               | 3418                 | 3                     | 418              | 0,19    | 0,00000 | 0,70  | 0,16        | 0,00000            | 0,72  | 0,502827               | 2,107760 |
| INO2NO3k  | 2               | 622                  | 4                     | 361              | 0,32    | 0,00000 | 0,57  | 0,19        | 0,00000            | 0,64  | 1,251200               | 3,593410 |
| INO2NO3k  | 3               | 213                  | 0                     | 294              | 0,47    | 0,00000 | 0,50  | 0,21        | 0,00000            | 0,64  | 0,769247               | 2,515110 |
| INO2NO3k  | 4-5             | 240                  | 0                     | 218              | 0,35    | 0,00000 | 0,48  | 0,13        | 0,00000            | 0,57  | 0,993113               | 2,482680 |
| INO3k     | 1-5             | 3980                 | 5                     | 419              | 0,19    | 0,00000 | 0,71  | 0,16        | 0,00000            | 0,73  | 0,743275               | 2,227520 |
| INO3k     | 1               | 2848                 | 5                     | 419              | 0,20    | 0,00000 | 0,72  | 0,16        | 0,00000            | 0,75  | 0,602527               | 2,059970 |
| INO3k     | 2               | 672                  | 3                     | 358              | 0,28    | 0,00000 | 0,64  | 0,16        | 0,00000            | 0,71  | 1,408990               | 3,124920 |
| INO3k     | 3               | 206                  | 0                     | 275              | 0,46    | 0,00000 | 0,54  | 0,20        | 0,00000            | 0,70  | 1,038720               | 2,687840 |
| INO3k     | 4-5             | 251                  | 0                     | 220              | 0,38    | 0,00000 | 0,56  | 0,18        | 0,00000            | 0,66  | 1,164920               | 2,315910 |
| IoNk      | 1-5             | 4407                 | 6                     | 419              | 0,21    | 0,00000 | 0,67  | 0,17        | 0,00000            | 0,69  | 0,486685               | 2,471580 |
| IoNk      | 1               | 3371                 | 6                     | 418              | 0,21    | 0,00000 | 0,69  | 0,17        | 0,00000            | 0,71  | 0,422669               | 2,387510 |
| IoNk      | 2               | 590                  | 4                     | 359              | 0,34    | 0,00000 | 0,54  | 0,22        | 0,00000            | 0,61  | 0,818752               | 3,315100 |
| IoNk      | 3               | 201                  | 1                     | 290              | 0,45    | 0,00000 | 0,49  | 0,18        | 0,00000            | 0,64  | 0,622091               | 2,578510 |
| IoNk      | 4-5             | 234                  | 0                     | 217              | 0,43    | 0,00000 | 0,45  | 0,24        | 0,00000            | 0,54  | 0,809553               | 2,336730 |
| IoPk      | 1-5             | 4639                 | 7                     | 419              | 0,48    | 0,00000 | 0,53  | 0,46        | 0,00000            | 0,54  | 0,740820               | 1,664090 |
| IoPk      | 1               | 3354                 | 4                     | 418              | 0,39    | 0,00000 | 0,52  | 0,36        | 0,00000            | 0,53  | 1,284250               | 1,992100 |
| IoPk      | 2               | 786                  | 3                     | 365              | 0,48    | 0,00000 | 0,51  | 0,42        | 0,00000            | 0,55  | 0,803954               | 1,976390 |
| IoPk      | 3               | 238                  | 3                     | 295              | 0,57    | 0,00000 | 0,46  | 0,43        | 0,00000            | 0,54  | 0,484605               | 1,946580 |
| IoPk      | 4-5             | 252                  | 6                     | 223              | 0,45    | 0,00000 | 0,35  | 0,33        | 0,00000            | 0,39  | 0,193709               | 2,126070 |
| ISO4k     | 1-5             | 3800                 | 0                     | 419              | 0,51    | 0,00000 | 0,35  | 0,49        | 0,00000            | 0,36  | -0,793664              | 1,449870 |
| ISO4k     | 1               | 2896                 | 0                     | 416              | 0,30    | 0,00000 | 0,34  | 0,27        | 0,00000            | 0,35  | -0,724012              | 1,448440 |
| ISO4k     | 2               | 550                  | 8                     | 345              | 0,37    | 0,00000 | 0,25  | 0,18        | 0,00000            | 0,30  | -5,753520              | 3,764250 |
| ISO4k     | 3               | 162                  | 0                     | 254              | 0,60    | 0,00000 | 0,23  | 0,36        | 0,00000            | 0,30  | -3,116270              | 2,352710 |
| ISO4k     | 4-5             | 184                  | 0                     | 202              | 0,54    | 0,00000 | 0,19  | 0,33        | 0,00000            | 0,23  | -3,344520              | 2,185470 |
| ItNk      | 1-5             | 4482                 | 0                     | 419              | 0,20    | 0,00000 | 0,28  | 0,17        | 0,00000            | 0,29  | -0,375350              | 1,830740 |
| ItNk      | 1               | 3425                 | 13                    | 418              | 0,18    | 0,00000 | 0,29  | 0,15        | 0,00000            | 0,30  | -0,412060              | 1,998410 |
| ItNk      | 2               | 601                  | 5                     | 361              | 0,32    | 0,00000 | 0,21  | 0,17        | 0,00000            | 0,23  | -1,088010              | 3,053100 |
| ItNk      | 3               | 202                  | 2                     | 290              | 0,44    | 0,00000 | 0,17  | 0,15        | 0,00000            | 0,23  | -1,252510              | 3,022560 |
| ItNk      | 4-5             | 234                  | 4                     | 217              | 0,43    | 0,00000 | 0,24  | 0,19        | 0,00000            | 0,30  | -1,237550              | 2,973810 |
| ItPk      | 1-5             | 4944                 | 0                     | 419              | 0,49    | 0,00000 | 0,39  | 0,47        | 0,00000            | 0,40  | 0,404056               | 1,632390 |
| ItPk      | 1               | 3625                 | 9                     | 418              | 0,40    | 0,00000 | 0,38  | 0,37        | 0,00000            | 0,39  | 0,708275               | 1,903700 |
| ItPk      | 2               | 809                  | 0                     | 366              | 0,47    | 0,00000 | 0,35  | 0,39        | 0,00000            | 0,38  | 0,370639               | 1,987710 |
| ItPk      | 3               | 239                  | 3                     | 297              | 0,55    | 0,00000 | 0,28  | 0,38        | 0,00000            | 0,33  | 0,101479               | 1,979940 |
| ItPk      | 4-5             | 254                  | 5                     | 223              | 0,48    | 0,00000 | 0,27  | 0,33        | 0,00000            | 0,31  | -0,089413              | 2,231470 |
| IZSk      | 1-5             | 1515                 | 3                     | 415              | 0,41    | 0,00000 | 0,39  | 0,36        | 0,00000            | 0,41  | -0,493564              | 1,458530 |
| IZSk      | 1               | 1203                 | 1                     | 410              | 0,26    | 0,00000 | 0,39  | 0,16        | 0,00000            | 0,42  | -1,014920              | 2,052670 |
| IZSk      | 2               | 114                  | 0                     | 264              | 0,46    | 0,00000 | 0,26  | 0,08        | 0,00177            | 0,36  | -2,197850              | 2,816860 |
| IZSk      | 3               | 64                   | 0                     | 189              | 0,68    | 0,00000 | 0,16  | 0,26        | 0,00002            | 0,26  | -1,682470              | 2,125540 |
| IZSk      | 4-5             | 135                  | 1                     | 174              | 0,49    | 0,00000 | 0,20  | 0,24        | 0,00000            | 0,25  | -2,327340              | 2,251180 |
| O2%k      | 1-5             | 4746                 | 4                     | 419              | 0,17    | 0,00000 | 24,48 | 0,13        | 0,00000            | 25,33 | -143,128000            | 2,790100 |
| O2%k      | 1               | 3508                 | 6                     | 418              | 0,18    | 0,00000 | 23,43 | 0,13        | 0,00000            | 24    | -145,982000            | 2,840440 |
| O2%k      | 2               | 419                  | 0                     | 366              | 0,26    | 0,00000 | 24,54 | 0,14        | 0,00000            | 27    | -145,748000            | 2,844490 |
| O2%k      | 3               | 213                  | 5                     | 287              | 0,46    | 0,00000 | 23,14 | 0,24        | 0,00000            | 29    | -130,530000            | 2,555510 |
| O2%k      | 4-5             | 229                  | 0                     | 221              | 0,37    | 0,00000 | 22,82 | 0,12        | 0,00000            | 28    | -212,327000            | 3,363530 |
| pHk       | 1               | 3536                 | 0                     | 418              | 0,67    | 0,00000 | 0,56  | 0,66        | 0,00000            | 0,57  | -1,920230              | 1,257830 |
| pHk       | 2-5             | 1250                 | 5                     | 373              | 0,35    | 0,00000 | 0,33  | 0,28        | 0,00000            | 0,4   | -9,073270              | 2,124970 |
| pHk <8    | 1               | 2605                 | 0                     | 409              | 0,72    | 0,00000 | 0,49  | 0,70        | 0,00000            | 0,5   | -1,679130              | 1,235740 |
| Tk        | 1-5             | 4583                 | 0                     | 419              | 0,12    | 0,00000 | 3,48  | 0,07        | 0,00000            | 3,62  | -30,937700             | 2,995000 |
| Tk        | 1               | 3401                 | 0                     | 418              | 0,12    | 0,00000 | 3,56  | 0,06        | 0,00000            | 3,72  | -29,373700             | 2,919820 |
| Tk        | 2               | 737                  | 0                     | 365              | 0,24    | 0,00000 | 2,83  | 0,09        | 0,00000            | 3,21  | -37,975400             | 3,344040 |
| Tk        | 3               | 212                  | 0                     | 291              | 0,40    | 0,00000 | 2,71  | 0,05        | 0,00121            | 3,74  | -38,029400             | 3,407300 |
| Tk        | 4-5             | 230                  | 3                     | 219              | 0,37    | 0,00000 | 2,78  | 0,04        | 0,00200            | 3,71  | -44,282500             | 3,761340 |

## Bijlage 9.

### Optima van de taxa (gesplitste zoutgehalteklassen)

Optima van 418 taxa. De afkortingen van de milieuvariabelen zijn vermeld in de Tabellen 3 en 5.

Alleen de eerste 105 taxa voor geselecteerde milieuvariabelen zijn vermeld. Zie de Excelbijlage voor alle taxa

De afkortingen van de variabelen komen overeen met die in Tabel 5.

<sup>10</sup>logaritmisch getransformeerde variabelen worden voorafgegaan door 'l'. Het laatste cijfer geeft de zoutgehalteklasse aan (Tabel 1).

# Bijlagen

| Taxon                                  | Ca-1   | 5      | ICa-1  | ICa-3  | EC-1   | 5      | IEC-1  | IEC-3   | EC-4    | 5       | IIR-1  | 5      | IIR-1  | 3      | IK-1   | 5      | IK-1   | 2      | IK-3   | IK-4    | 5       | IKn-1   | 5       | P-1     | 5       | IN/P-2 | IN/P-3 | P-4 | 5 | IoP-1 | 5 | IoP-1 | 2 |
|----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-----|---|-------|---|-------|---|
| Achnanthes [1]                         | 1,8762 | 1,8409 | 2,0262 | 1,8198 | 1,7279 | 2,8612 | 3,1878 | -0,1883 | -0,1337 | -0,9272 | 0,8086 | 0,7436 | 1,3397 | 1,6165 | 2,0391 | 0,2445 | 1,4929 | 1,5902 | 0,7198 | 1,0177  | -1,3387 | -1,4583 | -0,5106 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthes brevipes                    | 2,3084 |        |        | 3,1084 | 1,9359 | 2,6943 | 3,3348 | -1,1197 |         |         | 1,3783 |        |        |        | 1,3162 |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthes brevipes var. intermedia    | 2,3412 | 1,7372 | 2,2272 | 3,1279 | 2,0016 | 2,8604 | 3,3069 | -1,0818 | -0,2961 | -0,9665 | 1,7155 | 0,9217 | 1,0792 | 2,1761 | 0,5704 | 0,7220 | 0,9816 | 0,8771 | 0,7259 | -0,0288 | -1,4541 | -0,6649 |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthidium eutrophilum              | 1,8476 | 1,8447 |        | 1,9038 | 1,8443 | 2,6869 |        | -0,2282 | -0,2161 |         | 0,7913 |        |        |        | 0,7789 | 1,0385 |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthidium exiguum                  | 1,6220 | 1,6220 |        | 1,7249 | 1,7043 | 2,8865 |        | -0,2001 | -0,2001 |         | 0,7229 | 0,7229 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthidium minutissimum             | 1,8053 | 1,7471 | 2,4617 | 1,7987 | 1,7124 | 2,6536 | 3,3399 | -0,2428 | -0,2082 | -0,5432 | 0,7694 | 0,7240 | 1,0866 | 1,1370 | 1,6459 | 0,1803 | 1,7488 | 1,6998 | 1,7521 | 1,2569  | -1,6608 | -1,6729 | -1,6119 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthidium saphrophilum             | 1,8493 | 1,8493 |        | 1,9929 | 1,9087 |        |        | -0,1991 | -0,1991 |         | 0,8422 | 0,8422 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Achnanthidium thermale                 | 2,3604 | 1,8062 | 2,5273 | 2,3066 | 1,6808 | 2,7941 | 3,1703 | -0,4721 | -0,1204 | -0,5572 | 1,1912 | 0,6293 | 1,1625 | 1,3889 | 1,6526 | 0,6742 | 1,7873 | 2,2053 | 1,7454 | 1,6333  | -1,7119 | -1,6575 | -1,3423 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Actinocyclus normanii                  | 1,9858 | 1,8591 |        | 2,0319 | 1,8579 | 2,8701 |        | -0,3571 | -0,2392 |         | 0,9901 | 0,7918 | 1,1588 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Adlafia bryophila                      | 1,6804 | 1,6783 |        | 1,6388 | 1,6346 |        |        | -0,2406 | -0,2372 |         | 0,6135 | 0,6135 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Adlafia minuscula var. muralis         | 1,7499 | 1,7103 | 2,1303 | 1,8755 | 1,7375 | 2,8092 |        | -0,2981 | -0,2819 | -0,9594 | 0,7559 | 0,7047 | 1,0414 | 1,6628 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphipleura pellucida                  | 1,7413 | 1,7413 |        | 1,6428 | 1,6231 | 2,9971 |        | -0,1815 | -0,1815 |         | 0,5319 | 0,5319 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora coffeaeformis                  | 2,4337 | 1,7176 | 2,3133 | 3,1734 | 1,9386 | 2,8662 | 3,2525 | -0,9822 | -0,2955 | -0,8630 | 1,7773 | 0,2581 | 1,3122 | 1,6012 | 1,8597 | 0,6604 | 0,8663 | 1,2080 | 0,9345 | 0,8392  | -0,1424 | -0,7493 | -0,9205 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora coffeaeformis var. acutiuscula | 2,3499 | 1,7248 | 2,2346 | 3,3249 | 1,8829 | 2,8838 | 3,3926 | -1,0828 | -0,3242 | -0,8966 | 1,7438 |        |        |        | 1,4150 | 1,6210 | 1,9266 | 0,7784 | 0,9000 | 0,9717  | 1,0685  | 0,8765  | -0,0347 | -0,7849 | -0,0914 |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora copulata                       | 1,9228 | 1,8746 | 2,2293 | 2,0886 | 1,9420 | 2,7225 | 3,0740 | -0,3153 | -0,2575 | -0,7022 | 0,9651 | 0,8610 | 1,2369 | 1,3819 | 1,5842 | 0,2950 | 1,3475 | 1,2158 | 1,2182 | 1,4165  | -0,9343 | -1,0059 | -0,7826 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora holSATICA [2]                  | 2,4168 | 2,1076 | 2,3350 | 3,1147 | 2,1090 | 2,8370 | 3,2450 | -1,0187 | -0,2266 | -0,8786 | 1,7501 | 0,8692 | 1,5504 | 1,7567 | 1,8034 | 0,5584 | 0,9680 | 1,2753 | 0,8790 | 0,9846  | -0,2424 | -0,5676 | -0,7180 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora marina                         | 2,5219 |        |        | 3,3126 | 2,1139 |        | 3,4107 | -1,2608 |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora montana                        | 1,7652 | 1,7370 | 2,3010 | 1,8410 | 1,7376 | 2,7841 |        | -0,2493 | -0,1588 | -0,7421 | 0,6581 | 0,4774 | 1,3096 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora normanii                       | 1,7391 | 1,7391 |        | 1,9667 | 1,9168 |        |        | -0,1872 | -0,1872 |         | 0,3941 | 0,3941 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora ovalis                         | 1,8862 | 1,8723 |        | 1,9469 | 1,8772 | 2,7488 | 3,0759 | -0,2214 | -0,2069 |         | 0,8041 | 0,7725 | 1,2314 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora pediculus                      | 1,8936 | 1,8384 | 2,2273 | 2,0431 | 1,9123 | 2,6944 | 3,1668 | -0,2873 | -0,2263 | -0,7536 | 0,8378 | 0,7424 | 1,2457 | 1,4517 | 1,2553 | 0,1739 | 1,3998 | 1,2454 | 1,0797 | 1,0209  | -1,0093 | -1,0608 | -0,9359 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora pseudoholSATICA                | 2,2599 | 1,8195 |        | 3,3023 | 1,8602 | 2,9667 | 3,3759 | -1,1633 | -0,1556 |         | 1,3414 | 0,6794 | 1,4150 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora subholSATICA                   | 2,2140 | 1,7709 |        | 3,2385 | 1,8194 | 2,8867 | 3,3516 | -0,8713 | -0,4353 |         | 1,4150 | 1,4150 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Amphora veneta                         | 1,8605 | 1,7862 | 2,0828 | 2,0727 | 1,8803 | 2,6461 | 3,0839 | -0,3392 | -0,2709 | -0,7234 | 0,9720 | 0,8770 | 1,2987 | 1,4264 | 1,6879 | 0,4035 | 1,1634 | 1,0748 | 0,8919 | 0,9828  | -0,5578 | -0,6631 | -0,4430 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Anomoeoneis sphaerophora               | 2,0294 | 1,9332 | 2,2878 | 2,1932 | 1,9271 | 2,8727 | 3,1694 | -0,3469 | -0,2303 | -1,0400 | 0,9193 | 0,6907 | 1,4068 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Asterionella formosa                   | 1,7436 | 1,7151 | 2,4655 | 1,5829 | 1,5440 | 2,7686 |        | -0,2399 | -0,2232 | -0,4675 | 0,6839 | 0,6540 | 1,0260 | 1,1600 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Aulacoseira                            | 1,5933 | 1,5861 |        | 1,5570 | 1,5341 |        |        | -0,2416 | -0,2353 |         | 0,8033 | 0,7983 | 1,5315 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Aulacoseira ambigua                    | 1,5071 | 1,4648 | 2,4249 | 1,7737 | 1,7380 | 2,6276 |        | -0,3387 | -0,3194 | -0,5959 | 0,8230 | 0,7938 | 1,3102 | 1,0531 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Aulacoseira granulata                  | 1,6483 | 1,6220 | 2,4249 | 1,6813 | 1,6440 | 2,6276 | 3,0969 | -0,2597 | -0,2456 | -0,5959 | 0,6861 | 0,6585 | 1,1532 | 1,0531 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Aulacoseira italica                    | 1,7083 | 1,6490 |        | 1,7716 | 1,7096 |        |        | -0,2938 | -0,2755 |         | 0,8342 | 0,8033 | 0,9980 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Badillaria paxillifer                  | 2,2810 | 1,9161 | 2,2578 | 2,8410 | 1,9613 | 2,8777 | 3,1502 | -0,8715 | -0,3062 | -0,8862 | 1,5495 | 0,9419 | 1,3187 | 1,6053 | 1,6887 | 0,4315 | 1,0253 | 1,1502 | 0,9692 | 0,9596  | -0,4401 | -0,9545 | -0,7180 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Brakeleya rutilans                     | 2,4759 | 1,6736 | 2,2379 | 3,1955 | 1,7255 | 2,8416 | 3,2992 | -1,1061 | -0,2127 | -0,9179 | 1,8231 | 0,6475 | 1,3290 | 1,5791 | 1,9767 | 0,5262 | 0,8329 | 1,0784 | 1,1359 | 0,7709  | -0,2441 | -1,1985 | -1,0173 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Brachysira brebissonii                 | 0,7097 | 0,7097 |        | 1,2311 | 1,2311 |        |        | -0,5539 | -0,5539 |         | 0,3847 | 0,3847 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Brachysira vitrea                      | 1,1870 | 1,1350 | 2,4217 | 1,4580 | 1,4008 | 2,6236 |        | -0,3434 | -0,3366 | -0,5820 | 0,5319 | 0,5145 | 1,0980 | 1,0969 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Caloneis amphibaena                    | 1,9750 | 1,8629 | 2,2582 | 2,0709 | 1,8942 | 2,6694 | 3,2137 | -0,3357 | -0,2150 | -0,8415 | 0,9667 | 0,8676 | 1,3208 |        | 1,2553 | 0,4056 | 1,3486 | 1,1468 | 1,0746 | 0,9235  | -0,9017 | -1,1006 | -0,5314 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Caloneis bacillum                      | 1,7336 | 1,6588 | 2,1800 | 1,8925 | 1,7631 | 2,6921 |        | -0,2793 | -0,2347 | -0,8210 | 0,7524 | 0,6525 | 1,2044 | 1,5814 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Caloneis silicula                      | 1,7481 | 1,7141 |        | 1,7894 | 1,7158 | 2,6488 | 3,0759 | -0,2076 | -0,1924 |         | 0,7219 | 0,6865 | 1,3494 |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Campylosira cymbelliformis             | 2,0447 | 2,0067 | 2,2936 | 2,2022 | 2,0896 | 2,7363 | 3,2812 | -0,4010 | -0,2829 | -0,7540 | 1,1708 | 1,1089 | 1,2840 | 1,4558 | 1,5911 | 0,2438 | 1,5634 | 1,5287 | 1,0980 | 1,2522  | -1,2981 | -1,3405 | -1,0861 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Chaetoceros                            | 2,1673 |        | 2,0623 | 3,0702 | 2,0379 | 2,9241 | 3,1987 | -1,0028 |         | -0,8024 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Chaetopinnularia evanida               | 1,7499 | 1,7499 |        | 1,6371 | 1,6113 |        |        | -0,1581 | -0,1581 |         | 0,8267 | 0,8267 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Chaetopinnularia medicorisi            | 0,5998 | 0,5998 |        | 1,1467 | 1,1467 |        |        | -0,4605 | -0,4605 |         | 0,4073 | 0,4073 |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Coconeis neothumensis                  | 2,0777 | 1,8746 |        | 2,2898 | 1,9365 |        | 3,4086 | -0,5205 | -0,2643 |         | 0,9982 | 0,8194 | 1,1534 |        | 1,5798 | 0,2374 | 1,6497 | 1,6916 |        | 1,5630  | -1,3384 | -1,5833 | -1,4893 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Coconeis pediculus                     | 1,8608 | 1,8449 | 2,0110 | 1,9380 | 1,8847 | 2,7513 | 3,0276 | -0,2568 | -0,2404 | -0,7436 | 0,8174 | 0,7994 | 1,1312 | 1,4150 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Coconeis plantentula s.l.              | 1,8428 | 1,8131 | 2,1217 | 1,8829 | 1,7804 | 2,6472 | 3,3680 | -0,2575 | -0,2096 | -0,8040 | 0,8157 | 0,7781 | 1,1740 | 1,3401 | 1,6156 | 0,2142 | 1,4569 | 1,2613 | 1,0727 | 0,8391  | -1,1477 | -1,2263 | -0,7833 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Coscinodiscophyceae                    | 1,9179 | 1,9183 | 2,0802 | 1,8519 | 1,7926 | 2,6119 |        | -0,1624 | -0,1196 | -0,8201 | 0,7117 | 0,6918 | 1,3082 | 1,5682 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Cratricula accomoda                    | 1,9744 | 1,7887 | 2,2559 | 2,1227 | 1,9250 | 2,6701 |        | -0,3657 | -0,2941 | -0,6959 | 1,1087 | 0,8613 | 1,2983 | 1,2900 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Cratricula buderi-groep                | 2,0433 | 1,8574 | 2,4422 | 2,2021 | 1,9233 | 2,6725 | 3,1772 | -0,3298 | -0,2155 | -0,6036 | 1,1962 | 0,8686 | 1,2445 | 1,3898 | 1,5917 | 0,4850 | 1,2597 | 1,2127 | 1,0324 | 1,0495  | -0,6913 | -0,9059 | -0,5676 |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Cratricula cuspidata                   | 1,8130 | 1,7784 | 2,4654 | 1,8432 | 1,7731 | 2,6265 | 3,0414 | -0,2051 | -0,1793 | -0,5043 | 0,8085 | 0,7839 | 1,2807 | 1,1136 |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |
| Cratricula molestiformis               | 1,6544 | 1,5740 | 2,2894 | 1,8539 | 1,7110 | 2,6026 | 3,2887 | -0,3115 | -0,2555 | -0,6781 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |     |   |       |   |       |   |





