



Fytobenthosmaatlatten voor bronnen

Natuur
Water *Herman van Dam*

Fytobenthosmaatlaten voor bronnen

Typen R1 en R2

in opdracht van	HaskoningDHV Nederland B.V.	
auteur	Herman van Dam	
namens opdrachtgever	Ronald Buskens	
rapportnummer	code opdrachtgever	status
AWN 1203	9Y2971-0A0-100	definitieft
datum	28 maart 2013	

Referaat

H. van Dam (2013): Fytobenthosmaatlatten voor bronnen Typen R1 en R2. In opdracht van: HaskoningDHV Nederland B.V.. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. Rapport 1203. 28p.

Tot nu toe waren nog geen maatlatten voor fytobenthos in bronnen ontwikkeld. In dit rapport worden de bestaande gegevens uit permanente, kalkrijke bronnen bijeengebracht. Na harmonisatie van de gegevens zijn IPS-waarden berekend, die zijn gecorreleerd met de beschikbare fysische en chemische variabelen. De alkaliniteit en het totaal-fosfaatgehalte hebben de sterkste correlatie met de IPS (Indice de Polluosensitivité Spécifique). Voorgesteld wordt om in kalkrijke bronnen voorlopig dezelfde klassengrenzen te hanteren als in de snelstromende, kalkrijke bovenlopen. Dat geldt, mutatis mutandis, ook voor de kalkarme bronnen. Voor de temporaire bronnen zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar voor de constructie van maatlatten. Aanbevolen wordt om daarvoor gegevens te verzamelen. Voor de monitoring kan worden aangesloten op het Handboek Hydrobiologie.

Trefwoorden: maatlatten, KRW, fytobenthos, diatomeeën, kiezelwieren, bronnen, Zuid-Limburg, IPS, Indice de Polluosensitivité Spécifique, Trophic Index

Inhoud

1.	Inleiding	1
2.	Methoden	3
2.1.	Uitgangspunten	3
2.2.	Aanpak	4
2.3.	Uitvoering	5
2.3.1.	Gegevensinwinning.....	5
2.3.2.	Fysische en chemische gegevens.....	5
2.3.3.	Fytobenthos	6
2.3.4.	Locaties en monsters.....	6
3.	Resultaten	7
3.1.	Waterchemie	7
3.2.	Taxa	8
3.3.	IPS en voorlopige maatlat	8
4.	Aanbevelingen voor monitoring	11
5.	Dankwoord	13
6.	Literatuur	15
	Bijlagen	17
Bijlage 1.	IPS (Indice de Polluosensitivité Spécifique)	19
Bijlage 2.	Locaties en monsters.....	21
Bijlage 3.	Indicatiewaarden en hoeveelheden taxa	23
Bijlage 4.	IPS- en fysische en chemische waarden per monster	27

I. Inleiding

In het document ‘Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015 – 2021 (Van der Molen e.a. 2012) zijn geen maatlatten opgenomen voor een aantal kleinere watertypen, zoals de temporaire en permanente bronnen, respectievelijk de typen R2 en R1.

Omdat in sommige gebieden veel van dergelijke bronnen aanwezig zijn is door de waterbeheerders aan HaskoningDHV Nederland B.V. opdracht verstrekt maatlatten te construeren voor deze typen.

In voorliggend rapport worden (voorlopige) maatlatten voor het fyto-benthos van de bronnen gepresenteerd.

2. Methoden

2.1. Uitgangspunten

Volgens diverse documenten van de Europese Commissie moeten verschillende stappen worden doorlopen voor de constructie van maatlaten:

1. *Begrip van de referentietoestand en het zetten van de klassengrens zeer goed / goed*

Eerst moeten de criteria worden beschreven op grond waarvan referentiegemeenschappen (de onverstoorde) natuurlijke toestand worden geselecteerd. Vervolgens moeten de waarden van de milieuvariabelen voor deze toestand (bijvoorbeeld stroomsnelheid, temperatuur, diepte, nutriëntenconcentraties) worden vastgesteld. Deze kunnen voor verschillende habitats anders zijn. Bij voorkeur dienen hiervoor referentielocaties te worden gebruikt. Als die ontbreken kunnen modellen, historische gegevens, paleolimnologische gegevens worden gebruikt.

2. *Begrip van de relatie tussen toenemende beïnvloeding door pressoren¹ en de veranderingen van de levensgemeenschap*

Nadat de relevante (combinaties van) pressoren zijn vastgesteld kan worden vastgesteld waar de maatlat gevoelig moet zijn. In de vorm van een conceptueel model moet een ecologische beschrijving worden gemaakt van (de component van) de levensgemeenschap van ten minste de zeer goede, goede en matige toestand. De ontoereikende en slechte toestand kunnen hieruit worden geëxtrapoleerd. Vervolgens moeten de biologische gegevens op een zoda-

¹ pressoren zijn menselijke drukken, zoals normalisatie, peilregulering en verdroging, vermesting (eutrofiëring, o.a. door landbouw en effluentlozingen), verzuring (atmosferische depositie van zwavel- en stikstofverbindingen), vergiftiging (o.a. door biociden) en (regulier) onderhoud.

nige manier worden gerangschikt dat ze de manier beschrijven waarop ze antwoord geven op een toename van de invloed van pressoren en er moeten één of meer maatstaven worden geformuleerd die representatief zijn voor de invloed van (hydromorfologische, fysische en/of chemische) pressoren en daarmee een duidelijke relatie hebben.

3. *Het zetten van de overige klassengrenzen*

De grenzen zeer goed/goed, goed/matig, matig/ontoereikend en ontoereikend/slecht worden bij voorkeur beargumenteerd gekozen gelegd bij discontinuïteiten in de relatie tussen pressoren en de biologische maatstaven. Als er geen discontinuïteiten zijn wordt het continuüm beneden de grens zeer goed/goed in vier gelijke klassen verdeeld.

2.2. Aanpak

De bovenomschreven aanpak is gevolgd bij de constructie van maatlatten voor het fyto-benthos van de grote rivieren (typen R16, R7 en R8), snelstromende, kalkarme beken en riviertjes (R13, R15), veenstroompjes (R14) en snelstromende, kalkrijke beken en riviertjes (R17 en R18) (Van Dam 2012).

Wegens de geringe hoeveelheid beschikbare tijd is hier een snellere aanpak gevolgd.

Voor de kalkarme bronnen, voornamelijk in Twente, maar ook in Noord-Limburg, wordt voorgesteld om voorlopig de maatlatten uit Van Dam (2012) over te nemen. Het gaat hier om kleine stroompjes, waar de bemonsterde locaties van bron en bovenloop van de beek dicht bij elkaar liggen en waar de relevante ecologische sleutelfactoren niet of nauwelijks verschillen. Van deze bronnen zijn ook maar weinig analyses beschikbaar.

Voor de kalkrijke bronnen in Zuid-Limburg wordt qua aanpak aangesloten op de eerder gevolgde aanpak voor de kalkrijke beken en riviertjes (R17 en R18). Voor beschikbare monsters wordt de IPS (Bijlage 1) berekend, waarvan de waarden worden gecorreleerd met fysische en chemische gegevens. Hieruit worden pressoren gekozen. De minst beïnvloede toestand wordt als referentietoestand gekozen. De IPS is als maatstaf genomen omdat deze ook is gebruikt voor de kalkrijke beken en riviertjes.

2.3. Uitvoering

2.3.1. Gegevensinwinning

Het Waterschap Roer en Overmaas heeft de beschikbare gegevens over de kiezelwieren van permanente bronnen en de begeleidende fysisch-chemische gegevens beschikbaar gesteld. De bronnen zijn ingedeeld in kalkarme en kalkrijke bronnen. Daarbij is gebruik gemaakt van de geologische kaart (Leenaers 2009) en de beschikbare chemische gegevens, waarbij de grens tussen arm en rijk is gesteld op 30 mg/l Ca.

2.3.2. Fysische en chemische gegevens

Door het waterschap werd een bestand met alle beschikbare fysische en chemische gegevens van de op fytobenthos bemonsterde locaties aangeleverd. Veel variabelen zijn maar op enkele locaties of met zeer lage frequentie gemeten. De volgende variabelen, waarvan tamelijk veel gegevens beschikbaar waren zijn bij de analyse betrokken:

- algemeen: temperatuur, zwevende stof;
- macro-ionen: geleidingsvermogen, pH, calcium, magnesium, natrium, kalium, alkaliniteit, aciditeit, chloride, sulfaat;
- nutriënten: totaal-fosfaat, ortho-fosfaat, nitraat, nitriet, ammonium, Kjeldahl-stikstof, totaal-stikstof;
- zuurstofhuishouding: ammoniak, biochemisch zuurstofverbruik, zuurstof.

Voor de diatomeeën in Limburgse stromende wateren zijn ook de zware metalen, speciaal zink, van belang, maar daarvan zijn in de bronnen weinig bepalingen verricht.

Van sommige monsters zijn de concentraties van calcium, magnesium, natrium en kalium opgegeven in mmol/m³. Die zijn omgerekend naar mg/l.

Voor het elektrisch geleidingsvermogen (bij 20 °C) is het gemiddelde van veld- en laboratoriumwaarneming genomen. Soms zijn laboratoriumwaarnemingen bij 25 °C eerst teruggerekend naar waarden bij 20 °C door deling door 1,1. Voor de zuurgraad is de pH in het veld genomen (116 gevallen) en de pH in het laboratorium als er geen veldmeting is (12 gevallen). Voor totaal-stikstof is de gemeten waarden (102) genomen of volgens toetsing (8 gevallen). Voor Kjeldahl-stikstof is de gemeten of berekende waarde genomen. Voor de alkaliniteit is de gemeten alkaliniteit (95 gevallen) of de bicarbonaatconcentratie (5 gevallen) genomen.

Voor de correlatie met de IPS-waarden zijn de gemiddelde waarden van hetzelfde kwartaal als de diatomeeënmonsters genomen. Het

tweede kwartaal loopt hierbij van 1 maart tot 15 juni en het derde kwartaal van 15 juni tot 30 september. In de meeste gevallen is er per kwartaal maar één monster beschikbaar, in sommige gevallen zijn er twee of drie monsters.

Vóór de berekeningen van de gemiddelden zijn waarden beneden de detectiegrenzen op de helft van de detectiegrens gesteld.

Een enkele onwaarschijnlijke directe waarneming van de alkaliniteit werd vervangen door de alkaliniteit op grond van de bicarbonaatconcentratie in hetzelfde monster.

Van alle variabelen is eerst getoetst of ze (bij benadering) normaal zijn verdeeld. Dat is het geval als de verhouding tussen gemiddelde en mediaan $1 \pm 0,1$ bedraagt (Tabor 2010). Zo niet, dan zijn ze logaritmisch getransformeerd vóór het bereken van de correlatiecoëfficiënten.

2.3.3. Fytobenthos

In beginsel zijn de namen van de taxa in overeenstemming gebracht met de versie van Taxa Waterbeheer Nederland (TWN) van 13 maart 2013. Enkele taxa figureren nog niet in de TWN-lijsten.

Taxa die niet altijd apart zijn gedetermineerd zijn samengevoegd met andere, zoals *Achnanthydium affine* met *A. minutissimum* en *Cocconeis placentula* var. *euglypta* met *C. placentula*.

Omdat niet in alle monsters hetzelfde aantal exemplaren is geteld zijn de getelde hoeveelheden (abundanties) omgerekend naar percentages, waarbij het totaal in elk monster op 100% is gesteld.

Voor elk monster is de IPS berekend, zoals aangegeven in Bijlage 1. De indicaties voor de aanwezige taxa zijn in hoofdzaak ontleend aan de meest recente lijst (Base2012) uit de Omnidia-software (<http://omnidia.free.fr>). Voor enkele taxa met zeer onwaarschijnlijke indicatiewaarden werden waarden uit oudere lijsten gebruikt.

Om te achterhalen wat de meest belangrijke pressoren zijn, zijn product-moment-correlatiecoëfficiënten berekend met de al of niet getransformeerde fysische en chemische gegevens.

2.3.4. Locaties en monsters

Alle locaties en aantallen monsters per jaar zijn vermeld in Bijlage 2. Er zijn 98 monsters van kalkrijke en vier monsters van kalkarme bronnen. Alle monsters zijn geanalyseerd door dezelfde analist (H.J.G. Pex).

Van de 102 aangeleverde monsters zijn er 97 van vegetatie afkomstig. Vier monsters zijn totaalmonsters, van vegetatie en bodemmateriaal. Één monster is van zandbodem. Bij de verwerking is geen rekening gehouden met deze verschillen.

3. Resultaten

3.1. Waterchemie

De fysische en chemische samenstelling de beschikbare monsters is samengevat in Tabel 4.1. De kalkarme Limburgse bronnen hebben

Tabel 1 Samenvatting fysische en chemische samenstelling. Scheef verdeelde variabelen hebben een * in de afkorting en zijn logaritmisches getransformeerd vóór berekening van correlatiecoëfficiënten met de IPS (r). s = significantie, ns = niet significant.

Groep	Variabele	Alk.	Eenh.	kalkarm					kalkrijk					r	s
				aant.	min.	gemid.	med.	max.	aant.	min.	gemid.	med.	max.		
Algemeen															
	Temperatuur	Temp*	°C	4	12,7	14,1	13,3	17,2	66	5,8	10,7	10,3	20,3	0,14	ns
	Zwevende stof	ZS*	mg/l	4	2	4	4	8	64	1	21	8	146	-0,13	ns
Macro-ionen															
	Zuurgraad	pH	-	4	5,7	6,4	6,5	6,9	77	6,3	7,5	7,4	9,8	0,32	,0022
	Geleidendheid 20 °C	EC20*	mS/m	4	15	19	16	29	78	7	44	37	105	0,35	,0007
	Calcium	Ca*	mg/l	4	13	17	14	25	57	39	123	127	190	0,31	,0103
	Magnesium	Mg*	mg/l	4	3,2	5,0	3,5	9,8	57	1,4	10,2	5,8	29,0	0,36	,0024
	Natrium	Na*	mg/l	4	8,6	9,7	9,5	11,3	57	1,2	12,2	9,0	47,5	0,27	,0247
	Kalium	K*	mg/l	4	1,4	2,2	2,3	2,7	57	0,5	2,4	2,0	6,1	-0,14	ns
	Alkaliteit	Alk	mmol/l	3	0,10	0,13	0,15	0,15	59	1,07	4,30	4,55	7,69	0,41	,0004
	Aciditeit	Ac	mmol/l	3	0,12	0,26	0,15	0,53	54	0,05	0,35	0,32	0,93	-0,06	ns
	Chloride	Cl*	mg/l	4	10	14	14	18	64	3	31	23	90	0,28	,0152
	Sulfaat	SO4*	mg/l	4	27	44	34	83	64	22	76	53	330	0,37	,0009
Nutriënten															
	Fosfaat-totaal	tP*	mgP/l	4	0,05	0,06	0,05	0,09	64	0,05	0,15	0,12	0,59	-0,39	,0005
	Ortho-fosfaat	PO4*	mgP/l	4	0,02	0,02	0,02	0,02	64	0,02	0,08	0,05	0,26	-0,35	,0020
	Nitraat-stikstof	NO3*	mgN/l	4	2,5	4,0	3,2	7,0	63	0,1	12,7	9,9	45,2	-0,19	ns
	Nitriet-stikstof	NO2*	mgN/l	4	0,005	0,018	0,022	0,025	64	0,005	0,037	0,025	0,075	0,11	ns
	Ammonium-stikstof	NH4*	mgN/l	4	0,2	0,3	0,3	0,4	64	0,1	0,4	0,4	1,0	0,05	ns
	Kjeldahl-stikstof	KN*	mg/l	4	0,20	0,35	0,35	0,50	50	0,10	0,69	0,50	2,15	0,08	ns
	Stikstof-totaal	tN*	mg/l	4	2,4	4,2	3,6	7,1	61	0,5	12,3	10,0	45,0	-0,13	ns
Zuurstofhuishouding															
	Ammoniak	NH3*	mg/l	4	0,005	0,005	0,005	0,005	51	0,000	0,046	0,005	0,670	0,37	,0031
	Bioch. zuurstofverbr.	BZV	mg/l						24	0,5	1,9	0,9	10,5	0,33	ns
	Zuurstof	O2	mg/l	4	8,9	9,7	9,4	11,2	60	0,9	7,2	7,0	11,8	0,21	ns
	Zuurstofverzadiging	O2%	%	4	87	99	96	116	60	8	67	64	136	0,25	,0359

lage tot matig hoge concentraties totaal-fosfaat, maar in sommige kalkrijke bronnen komen zeer hoge concentraties voor (tot 0,6 mg/l P). De concentraties totaal-stikstof lopen op tot 45 mg/l, terwijl de zuurstofverzadiging erg laag kan zijn (tot 8%). Daarentegen komen ook bronnen voor met veel lagere nutriëntenbelasting en een betere zuurstofhuishouding.

3.2. Taxa

In totaal zijn 382 taxa aangetroffen, waarvan 87 exclusief in de kalkarme bronnen, 251 exclusief in de kalkrijke bronnen en 44 zowel in de kalkarme als kalkrijke bronnen. Het gaat soms in Nederland zeer zeldzame soorten, zoals *Surirella spiralis*, die meer algemeen is in bronnen van berggebieden.

3.3. IPS en voorlopige maatlat

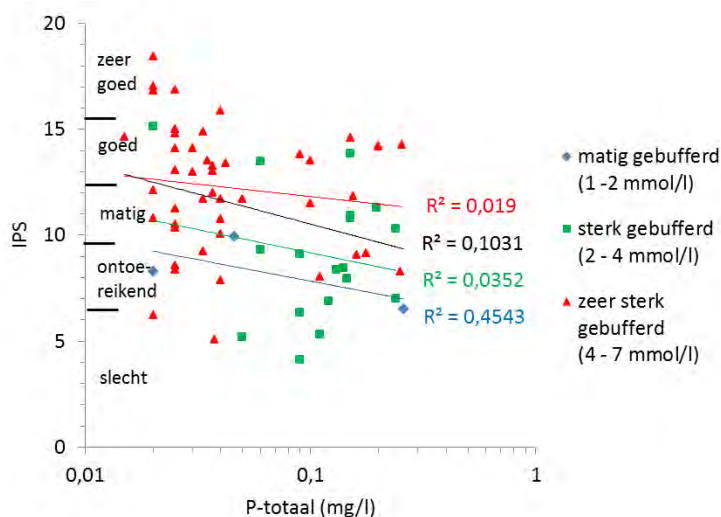
De waarden van de IPS per monster zijn vermeld in Bijlage 4, samen met de corresponderende fysische en chemische waarnemingen, voor zover beschikbaar. De correlatiecoëfficiënten van de IPS met de fysische en chemische variabelen van de monsters uit de kalkrijke bronnen zijn vermeld in Tabel 1.

De IPS heeft zeer significante correlaties met diverse macro-ionen, fosfaat en iets minder met de zuurstofverzadiging. De sterkste correlaties zijn met de alkaliniteit ($r = 0,41$, $p = 0,0004$) en totaal-fosfaat ($r = -0,39$, $p = 0,0005$). De alkaliniteit is in beginsel een natuurlijke variabele, fosfaat zal in veel bronnen een antropogene oorsprong hebben en is daarom een pressor.

In Figuur 1 zijn de IPS-waarden tegen de logaritmen van de fosfaatconcentraties uitgezet. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen verschillende klassen van hardheid (mate van buffering). De grenzen tussen de klassen komen overeen met die in Bloemendaal & Roelofs (1988).

Uit de figuur kan worden afgelezen dat bij een zelfde fosfaatconcentratie in hardere wateren een hogere IPS kan worden gerealiseerd. Dat zou er dus voor pleiten om de klassengrenzen voor de kwaliteit afhankelijk te maken van de hardheid. Daartegen pleit dat een zelfde bron niet altijd in dezelfde hardheidsklasse valt. De bron met de hoogste kwaliteit (OMRWEU10, Moeras Weustenrade) voert meestal zeer sterk gebufferd water, maar ook wel eens minder gebufferd water.

In Figuur 1 zijn de klassengrenzen voor het de snelstromende bovenlopen op kalkhoudende bodem (R16, Van Dam 2012, Van der Molen e.a. 2012) ingetekend. Ze liggen bij 6,5, 9,5, 12, 5 en 15,5. Het lijken, althans voorlopig, ook voor de kalkrijke bronnen zinnige grenzen te zijn.



Figuur I Relatie tussen IPS en P-totaal voor verschillende hardheidsklassen. Bij elke hardheidsklasse hoort een regressielijn in dezelfde kleur als de punten van de klasse. De zwarte lijn is die voor alle waarnemingen samen.

Gezien de beschikbare tijd kan deze maatlat niet verder worden uitgewerkt. Het zou zeer zinvol zijn om een maatlat niet alleen op de IPS te baseren, maar ook op de aanwezigheid van bijzondere soorten. Daarvan zijn er in de bronnen veel aanwezig. Voor de interpretatie kan gebruik gemaakt worden van de rijkelijk aanwezige literatuur over diatomeeën in bronnen uit het buitenland, zoals Foged (1951, 1984), Round (1957), Sabater & Roca (1992), Cantonati (1998), Werum & Lange-Bertalot (2004), Gesierich & Kofler (2010), Cantonati e.a. (2011), Zalazna-Wiezorek (2011) en Spitalé & Cantonati (2012).

4. Aanbevelingen voor monitoring

Voor de monitoring van de kalkarme bronnen kunnen voorlopig de maatlatten en methoden van de snelstromende kalkarme beken en riviertjes (R14, R14 en R15) worden gebruikt, zoals beschreven in Van Dam (2012).

Ook voor de kalkrijke bronnen is dit het geval. Het verdient aanbeveling de bemonstering in de maand april uit te voeren, conform het Handboek Hydrobiologie (Van Dam & Mertens 2010). De meeste monsters uit dit onderzoek zijn weliswaar in mei genomen, maar de bemonsteringsmaand heeft in deze wateren niet veel invloed op de resultaten. Een geschikte frequentie is eens per drie jaar. Per rapportageperiode zijn er dan twee monsters per locatie, waarmee dan een indruk van de variabiliteit wordt verkregen.

De monitoring kan daarom met dezelfde substraten worden voortgezet.

De huidige methode van maken van het maken van preparaten, het determineren en tellen kan worden voortgezet. Het is van belang dat de analisten steeds goed op de hoogte zijn van recente taxonomische ontwikkelingen en veranderingen in naamgeving en taxonomische opvattingen vastleggen in een logboek, dat door toekomstige verwerkers van de gegevens kan worden geraadpleegd voor harmonisatie van de gegevens. Voor de naamgeving dient te worden aangesloten op die van TWN (Taxa Waterbeheer Nederland).

In elk preparaat moeten precies 200 exemplaren worden geteld, om de aantallen soorten per monster goed te kunnen vergelijken en om eventuele fouten bij de verwerking van resultaten snel te kunnen detecteren. Scoren van soorten buiten de telling is voor het berekenen van de IPS niet nodig.

Bijzondere soorten zijn meestal niet veel in een monster aanwezig. Als op basis van bijzondere soorten en niet alleen op basis van IPS moet worden getoetst is een screening van soorten buiten de telling

wel aan te bevelen. De statistische betrouwbaarheid van deze procedure verdient echter nog nader onderzoek. Bij een uitgebreidere telling, bijvoorbeeld van 400 exemplaren, worden al meer bijzondere soorten aangetroffen.

Het verdient aanbeveling om voor de interpretatie van de resultaten begeleidende fysische en chemische en hydromorfologische gegevens te verzamelen. In de Limburgse situatie betreft dit ook zware metalen, zoals zink.

Van de temporaire bronnen (R1) zijn nog geen maatlatten ontwikkeld, wegens gebrek aan gegevens. Het verdient aanbeveling deze wel te verzamelen, op dezelfde wijze als voor de permanente bronnen.

5. Dankwoord

Bert Pex en Han Kessels van het Waterschap Roer en Overmaas stelden de benodigde gegevens beschikbaar. Bert Pex leverde ook commentaar op het concept-rapport.

6. Literatuur

- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red.) (1988): Waterplanten en waterkwaliteit. Natuurhistorische Bibliotheek van de KNNV 45. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. 189p.
- Cantonati, M. (1998): Diatom communities of springs in the southern Alps. *Diatom Research* 13: 201-220.
- Cantonati, M., R. Gerecke, I. Jüttner & E.J. Cox (Eds) (2011): Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation. *Journal of Limnology* 70 (Suppl. 1) : 1-187.
- Cemagref, (1982): Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon - Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse. 218p.
- Dam, H. van & A. Mertens (2010): Kiezelwieren. In: R. Bijkerk (red.) *Handboek hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Hoofdstuk 9*. STOWA, Amersfoort. 62p.
- Dam, H. van (2012): Fytobenthosmaatlatten voor beken en rivieren: typen R7, R8, R12-R18. In opdracht van: Rijkswaterstaat Waterdienst. Rapport 1102.2. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. 97p.
- Descy, J.P. (1984): Écologie et distribution des diatomées benthiques dans le bassin Belge de la Meuse. *Studiedocumenten Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen* 18: 1-25.
- Eloranta, P. & J. Kwandrans (1996): Testing the use of diatoms and macroalgae for river monitoring in Finland. In: B.A. Whitton, E. Rott & G. Friedrich (Eds) *Use of algae for monitoring rivers*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck. p. 119-125.
- Foged, N. (1951): The diatom flora of some Danish springs I. *Natura Jutlandica* 4: 1-84.
- Foged, N. (1984): The diatom flora in springs in Jutland, Denmark (springs III). *Bibliotheca Diatomologica* 4. Cramer, Vaduz. 118p.
- Gesierich, D. & W. Kofler (2010): Epilithic diatoms from rheocene springs in the eastern Alps (Vorarlberg, Austria). *Diatom Research* 25: 43-66.
- Lecointe, C., M. Cost & J. Prygiel (1993): Omnidia: a software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509-514.
- Leenaers, H. (2009): *De Bosatlas van ondergronds Nederland*. Noordhoff Uitgevers, Groningen. 96p.

- Molen, D.T. van der, R. Pot, C.H.M. Evers & L. van Nieuwerburgh (red.) (2012): Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapport 2012-31. STOWA, Amersfoort. 378p.
- Pantle, R., H. Buck (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserfach 96: 604.
- Prygiel, J. & M. Coste (1993): The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269/270: 343-349.
- Round, F.E. (1957): A note on some diatom communities in calcareous springs and streams. *Journal Limn. Soc.-Botany* 55: 662-668.
- Sabater, S., J.R. Roca (1992): Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *British phycological Journal* 27: 203-213.
- Sládeček, V. (1973): System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie* 7: 1-218.
- Spitale, D. & M. Cantonati (2012): Understanding the natural variability of diatom assemblages in springs of the Adamo-Brenta Nature Park (south-eastern Alps) on a temporal scale. *Fundamental and Applied Limnology* 179: 137-149.
- Werum, M. & H. Lange-Bertalot (2004): Diatoms in springs from central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. *Iconographia Diatomologica* 13: 3-417.
- Zelazna-Wieczorek, J. (2011): Diatom flora in springs of Lodz Hills (Central Poland). Biodiversity, taxonomy, and temporal changes of episammic diatom assemblages in springs affected by human impact. *Diatom Monographs* 13:1-420.

Bijlagen

Bijlage I.

IPS (Indice de Polluosensitivité Spécifique)

In een uitvoerige studie van het fytobenthos van de Maas en zijn zijrivieren heeft Descy (1979) met behulp van multivariate analysetechnieken vijf groepen van diatomeeën onderscheiden, die verschillen in hun gevoeligheid ten opzichte van vervuiling, vooral met organisch afbreekbaar materiaal. Hij publiceerde een lijst van ruim honderd soorten, waarin de soorten werden ingedeeld in een van deze groepen, met daarbij ook een indicatiegewicht, een getal (1, 2 of 3), dat aangeeft in welke mate de betreffende soort indicatief is voor zijn vervuilingsgraad.

Door M. Coste (in Cemagref 1982) is de index van Descy overgenomen en hij gebruikte de naam 'Indice de Polluosensitivité Spécifique' (IPS). Deze index heeft sterke correlaties met organische vervuiling (BOD, COD, totaal-stikstof en totaal-fosfaat), ionensterkte (chloride, sulfaat, geleidbaarheid) en eutrofiëring (chlorofyl, nitraat) (Prygiel & Coste 1993). Het is een van de meest gebruikte Europese indices. Daarvoor zijn verschillende redenen:

- van bijna alle taxa die in zoete wateren worden aangetroffen zijn indicatiewaarden bekend
- het is relatief eenvoudig om de klassengrenzen aan te passen, afhankelijk van regio en watertype
- de IPS heeft vooral in de van nature eutrofe wateren een goed onderscheidend vermogen (Kelly e.a. 2007).

Voor de berekening van de IPS is er een lijst met taxa, waarin aan elke soort twee getallen zijn toegekend: een gevoeligheidsgetal (s) en een getal voor de indicatiewaarde (v). De gevoeligheid (s) kan elke waarde tussen 1 en 5 hebben en is te vergelijken met de saprobiegetallen uit oudere systemen (o.a. Zelinka & Marvan 1961, Sládeček 1973). De indicatiewaarde (v) is een gewichtsgetal met de waarden 1, 2 of 3. Soorten met een indicatiewaarde 3 hebben een nauwe ecologische amplitude en tellen daarom zwaarder dan soorten met een lagere indicatiewaarde.

De originele IPS_o is een getal tussen 1 en 5 en wordt berekend als een gewogen gemiddelde met een formule die is ontleend aan Pantle & Buck (1955):

$$IPS_o = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \times s_i \times v_i}{\sum_{i=1}^n a_i \times v_i},$$

waarin a_i , s_i en v_i respectievelijk de (relatieve) abundantie, gevoeligheid en indicatiewaarde van de i -de soort zijn en n het aantal soorten is waarvan de gevoeligheden en indicatiewaarden bekend zijn.

Vervolgens wordt de definitieve IPS berekend om een getal tussen 0 en 20 te krijgen, waardoor de IPS vergelijkbaar wordt met andere, verge-

lijkbare indices. Hiervoor wordt een formule van Eloranta & Kwan-drans (1996) gebruikt:

$$IPS = 4,75 \times IPS_o - 3,75$$

In de loop der jaren zijn door M. Coste aan vrijwel alle zoetwatertaxa uit het fyto-benthos van de Europese wateren gevoeligheids- en indicatiewaarden toegekend. Deze zijn o.a. opgenomen in de database van het programma Omnidia (Lecointe e.a. 1993). De database wordt nog steeds bijgewerkt.

Bijlage 2. Locaties en monsters

Per jaar is het aantal monsters vermeld.

Mp	Omschrijving	X coörd	Y coörd	1993	1994	1995	1996	1998	2001	2002	2005	2007	2008	2009	2010	2011	alle	Geologie
OAA1S050	bron Aalsb.-Maalb.hohe Gp 435-NW	208,01	368,59			1											1	kalkarm
OHONS100	Horsbeek bron W3	185,60	336,82					4	2			1					7	kalkrijk
OHONS120	Horsbeek bron W4	185,45	336,80					4	2								6	kalkrijk
OLLOO010	Lossing uit t loom/ Narthetiumbeekje	207,88	351,31		1				2								3	kalkarm
OBR010298	Hemelbeek zijtak 9.001U bronloop id 298	180,80	328,04											1			1	kalkrijk
OBR010401a	Berkenhofbeek zijtak 10.053U bronloop	185,45	321,41											1			1	kalkrijk
OBR010401b	Berkenhofbeek zijtak nabij 10.053U bronloop nabij id 401	185,50	321,38											1			1	kalkrijk
OBR010450	Terzieterbeek zijtak 10.006GG bronloop id 450	191,46	307,34											1			1	kalkrijk
OBR010650	Noor zijtak 15.003FA bronloop id 650	184,08	308,59											1			1	kalkrijk
OBR020211	Putbergbron bron id 211	195,80	318,57											1			1	kalkrijk
OBR020295	Voeding Roosbeek bron id 295	180,74	325,66											1			1	kalkrijk
OBR020362	Vliekenwaterlossing zijtak 10.072L bron id 362	182,19	323,43											1			1	kalkrijk
OBR020489	Bommenriggerbeek bron en loop id 489	193,08	310,04											1			1	kalkrijk
OBR020490	Mösel zijtak 10.015H bron id 490	193,17	309,55											1			1	kalkrijk
OBR020493	Lingbergbeek bron id 493	193,21	308,75											1			1	kalkrijk
OBR020501	Mechelderbeek zijtak 10.025RJ broncomplex id 501	193,56	311,94										1				1	kalkrijk
OBR020510	Spetsensweidebeek bron id 510	193,75	311,39											1			1	kalkrijk
OBR020512	Belleterbeek 2e Zijtak bron id 512	193,86	308,40											1			1	kalkrijk
OBR020513	Belleterbeek bron id 513	193,91	308,57											1			1	kalkrijk
OBR020514	Belleterbeek 1e Zijtak bron id 514	193,94	308,46											1			1	kalkrijk
OBR020517	Hermensbeek zijtak 10.025DS bron id 517	194,18	311,18										1				1	kalkrijk
OBR020518	Hermensbeek zijtak 10.025FH bron id 518	194,19	311,30										1				1	kalkrijk
OBR020521	Bervesbergbeek zijtak 10.004FR bron id 521	194,28	308,19											1			1	kalkrijk
OBR020521a	Bervesbergbeek nabij zijtak 10.004FR nabij bron id 521	194,28	308,21											1			1	kalkrijk
OBR020525	Rottergrub bron id 525	194,49	311,08												1		1	kalkrijk
OBR020528	Rottergrub zijtak 10.024LK bron id 528	194,59	311,40										1				1	kalkrijk
OBR020531	Rottergrub zijtak 10.024LR bron id 531	194,65	311,44										1				1	kalkrijk
OBR020532	Eikerbeek bron id 532	194,75	311,45										1				1	kalkrijk
OBR020533	Mechelderbeek zijtak 10.024U bron id 533	194,77	311,77										1				1	kalkrijk
OBR020545a	Lomborgbeek bron nabij id 545	195,57	310,55										1				1	kalkrijk
OBR020548	Hermensbeek zijtak 10.025BA bron id 548	194,23	310,97										1				1	kalkrijk
OBR020570	Harleserbeekbron bron id 570	196,39	310,25										1				1	kalkrijk
OBR020573	Hermansbeek zijtak 12.013BF bron id 573	196,70	309,30										1				1	kalkrijk
OBR020588	Zijtak Claasvelderbeek bron id 588	197,59	310,32										1				1	kalkrijk
OBR020589	Meelenbroekbeek bron id 589	197,66	307,97										1				1	kalkrijk
OBR020591	Zijtak Benden bron id 591	197,77	307,92										1				1	kalkrijk
OBR020598	Wolffhagerbeek bron id 598	198,34	307,90										1				1	kalkrijk
OBR020601	Aan de Esch zijtak 12.003H bron id 601	198,74	308,60										1				1	kalkrijk
OBR020604	Bruchbeek bron id 604	198,87	308,20										1				1	kalkrijk
OBR020676	Noor zijtak 15.003PH bron id 676	184,25	308,84											1			1	kalkrijk
OBR020785	Klitserbeek zijtak 10.017CF kwelmoeras bron id 785	193,59	310,08											1			1	kalkrijk
OBR020803	Bermetijnbron bron id 803	195,33	311,40										1				1	kalkrijk
OBR020822	Hermansbeek zijtak 12.013PA bron id 822	197,36	310,67										1				1	kalkrijk
OBR020828	Zieversbeek zijtak 12.011PU bron id 828	198,18	310,32										1				1	kalkrijk
OBR020830	Zieversbeek zijtak 12.011PJ bron id 830	198,19	310,29										1				1	kalkrijk
OBR020832	Zieversbeek zijtak 12.011PA bron id 832	198,20	310,24										1				1	kalkrijk
OBR020834	Zieversbeek zijtak 12.011M bron id 834	198,16	310,11										1				1	kalkrijk
OBR020835	Hofweidebeek zijtak 12.013MB bron id 835	196,80	310,01										1				1	kalkrijk
OBR020840	Vaalsbroekermolenbeek zijtak 12.008KF bron id 840	197,93	309,24										1				1	kalkrijk
OBR020842	Kelders Beemd bron id 842	198,72	308,45										1				1	kalkrijk
OBR020870	Mechelderbeek bron id 870	193,64	311,96										1				1	kalkrijk
OBR020876	Hermensbeek zijtak 3 bronnen-complex	194,27	311,72										1				1	kalkrijk
OBR020876a	Mechelderbeek kwelmoeras bron id MECHa	193,27	311,89										1				1	kalkrijk
OBR020876c	Mechelderbeek zijtak bron id MECHc	193,90	312,08										1				1	kalkrijk
OEU5810	Eijserbeek bron 28	192,24	315,18		2												2	kalkrijk
OEU5820	Bron Eijserbeek Roodborn I	192,25	315,29				2	1									3	kalkrijk
OEU5830	Bron Eijserbeek Roodborn II	192,29	315,29				2	2									4	kalkrijk
OKATH100	Bron Kathagerbemden 1	191,05	326,30	1													1	kalkrijk
OKATH110	Bron Kathagerbemden 2	191,10	326,41	1													1	kalkrijk
OKATH120	Bron Kathagerbemden 3	191,18	326,50	1													1	kalkrijk
OKATH130	Bron Kathagerbemden 4	191,08	326,60	1													1	kalkrijk
OKBR0400	Kattebroekebeek bovenloop	185,23	336,86					3	2								5	kalkrijk
OMRWU10	Moeras Weustenrade 1	192,72	323,88				1			2						2	5	kalkrijk
OREU710	Reijmersbekervloedgraaf zijtak 6.037HV	190,25	326,75											1			1	kalkrijk
ORPUT10	Rode Putserbeek bron 19	197,79	316,42		2			2									4	kalkrijk
OSTEE300	Steenputterbeek bron 2	198,18	315,36		2												2	kalkrijk
OVGGR110	Vloedgraaf de Greeth bron 4	198,26	315,59		2												2	kalkrijk
OVGGR120	Vloedgraaf de Greeth bron 6	198,19	315,51		2												2	kalkrijk
OZTLG610	Zijtak Ieigraaf uit de Vuilbemden bronloop	198,87	358,66								1						1	kalkrijk
Alle				4	10	2	5	16	8	2	1	1	30	20	1	2	102	

Bijlage 3. Indicatiewaarden en hoeveelheden taxa

aant. = aantal, gem. ab. = gemiddelde abundantie (%), A = kalkarm, R = kalkrijk

Taxon	Ind.		aant.		gem. ab%	
	IPS-s	IPS-v	A	R	A	R
Achnanthes [1]	4,5	2,1	1		4,20	
Achnanthes coarctata	4,5	3	1		0,01	
Achnanthes gracillima	5	1	1		0,06	
Achnanthidium exiguum	3	2	1		0,00	
Achnanthidium kranzii	4,5	1	1		0,13	
Achnanthidium lineare	5	3	1		0,01	
Achnanthidium minutissimum	5	1	3	91	2,93	18,70
Achnanthidium thermale	2	1	4		0,07	
Actinocyclus divinus			1		0,04	
Adlafia bryophila	5	2	2	11	0,32	0,21
Adlafia minuscula var. minuscula	3	1	2		0,04	
Adlafia minuscula var. muralis	2	1	2		0,01	
Adlafia suchlandtii	5	1	1		0,13	
Amphora aequalis	2	3	1		0,00	
Amphora libyca	4	2	26		0,33	
Amphora ovalis	3	1	6		0,03	
Amphora pediculus	4	1	72		9,34	
Anomoeoneis sphaerophora	2	3	1		0,00	
Brachysira brebissonii	5	2	1		0,13	
Brachysira serians	5	2	3		0,36	
Brachysira vitrea	5	2	3		2,52	
Caloneis	3,8	2,6	1		0,00	
Caloneis aerophila			1		0,07	
Caloneis alpestris	5	3	2		0,01	
Caloneis bacillum	4	2	2		0,23	
Caloneis fontinalis	4,8	1	44		1,09	
Caloneis lauta	5	1	1		0,01	
Caloneis limosa	5	3	4		0,04	
Caloneis pulchra	5	3	2		0,01	
Caloneis silicula	5	3	13		0,07	
Caloneis silicula var. truncata			1		0,01	
Caloneis tenuis	5	2	1		0,01	
Caloneis undulata			3		0,48	
Campylodiscus hibemicus	5	3	2		0,02	
Chamaepinnularia begeri	5	1	1		0,07	
Chamaepinnularia mediocris	4	2	2		0,52	
Chamaepinnularia soehrensensis	4	3	1		0,27	
Cocconeis pediculus	4	2	5		0,24	
Cocconeis placentula	4	1	30		0,07	0,75
Cocconeis placentula var. lineata	4	1	13		0,78	
Cocconeis placentula var. pseudolineata	5	1	5		0,45	
Cocconeis pseudothumensis	4	1	11		0,30	
Craticula accommoda	1	3	2		0,02	
Craticula buderi	2	3	1		0,06	
Craticula cuspidata	2,6	3	1		0,01	
Craticula halophila	2	3	2		0,02	
Craticula minusculoides	2	2	1		0,04	
Ctenophora pulchella	3	3	1		0,03	
Cyclostephanos dubius	3	2	1		0,01	
Cyclotella meneghiniana	1	3	2		0,01	
Cyclotella ocellata	3	1	1		0,01	
Cyclotella radiosia	4	1	1		0,01	
Cymatopleura	4,1	2	2		0,01	
Cymatopleura elliptica	5	2	1		0,00	
Cymatopleura librile	4	2	4		0,04	
Cymatopleura librile	4	2	1		0,00	
Cymbella affinis [1]	4	2	1		0,02	
Cymbella alpestris	4	3	1		0,01	
Cymbella aspera	4	3	1		0,01	
Cymbella austriaca	5	3	4		0,05	
Cymbella cistula	4	3	1		0,00	
Cymbella excisa	1	3	2		0,01	
Cymbella gracilis	5	2	4		0,71	
Cymbella lanceolata	4	2	1		0,00	
Cymbella neoleptoceros	4	2	1			0,01
Cymbella turgidula	4	2	1			0,02
Cymbopleura amphicephala	4	1	2			0,11
Cymbopleura incerta	5	2	1			0,02
Cymbopleura naviculiformis	3,8	3	3	2	0,84	0,02
Cymbopleura subaequalis	4,6	2	1	2	0,18	0,01
Denticula kuetzingii	4	2	2			0,03
Denticula tenuis	5	3	1	18	0,13	0,59
Diademesis brekkaensis	5	2	8			0,07
Diademesis contenta	4	1	10			0,24
Diademesis gallica	5	1	2			0,03
Diatoma tenuis	3	1	1			0,01
Diatoma vulgare	4	1	1			0,00
Diploneis elliptica	5	2	2			0,03
Diploneis fontanella			1			0,02
Diploneis krameri	4	2	2			0,05
Diploneis minuta	5	3	8			0,22
Diploneis oblongella	4	2	1	38	0,07	0,43
Diploneis oculata	5	3	1			0,01
Diploneis ovalis	4	2	1	28	0,13	0,51
Diploneis parva	5	3	1			0,18
Diploneis petersenii	5	2	1			0,02
Diploneis separanda	5	2	1			0,01
Encyonema caespitosum	1	3	2			0,01
Encyonema minutum	4	2	1			0,02
Encyonema perpusillum	5	2	2			0,25
Encyonema silesiacum	5	2	1	2	0,13	0,01
Encyonopsis cesatii	5	2	1	3	0,07	0,15
Encyonopsis descripta	5	2	1			0,27
Encyonopsis falaisensis	5	2	1	4	0,18	0,36
Encyonopsis grunowii	5	2	3			0,48
Encyonopsis microcephala	4	2	5			0,36
Eolimna minima	1	3	63			4,10
Eolimna subminuscula	2	1	5			0,10
Eolimna tantula	2,2	1	1			0,01
Epithemia adnata	4	3	5			0,18
Epithemia turgida	4,2	3	2			0,04
Epithemia turgida var. granulata	4,2	3	1			0,01
Eunotia arcus	4,8	2	1			1,18
Eunotia arcus	5	3	3			1,07
Eunotia bilunaris	5	1	4	8	2,60	0,17
Eunotia bilunaris var. mucophila	1	3	1			0,01
Eunotia elegans	5	1	2			0,84
Eunotia exigua [1]	5	1	4			1,43
Eunotia faba	5	3	4			0,73
Eunotia flexuosa [1]	5	2	3			0,41
Eunotia glacialis	4	2	1			0,20
Eunotia implicata	5	2	4			2,22
Eunotia incisa	5	1	3			1,40
Eunotia meisteri	5	3	2			0,12
Eunotia minor	4,6	1	1	3	0,13	0,01
Eunotia monodon	5	2	1			0,02
Eunotia naegelii	5	2	1			0,22
Eunotia paludosa	5	1	2	1	0,84	0,00
Eunotia parallela			1			0,07
Eunotia pectinalis [1]	5	2	1	4	0,13	0,10
Eunotia pectinalis var. undulata	4	2	3			0,88
Eunotia rhomboidea	5	1	4			3,95
Eunotia septentrionalis	5	3	1			0,27
Eunotia soleirolii	5	3	1	2	0,36	0,08
Eunotia steineckii	5	3	1			0,05
Eunotia subarcuatoidea	5	2	2			0,31
Eunotia sudetica	5	3	2			0,54
Eunotia tenella [1]	5	1	3			0,92

Fytobenthosmaatlaten voor bronnen

Taxon	Ind.		aant.		gem. ab%	
	IPS-s	IPS-v	A	R	A	R
Fallacia insociabilis	3	2		1	0,02	
Fallacia lange-bertalotii				2	0,02	
Fallacia monoculata	3	2		2	0,02	
Fallacia naumannii [1]	5	2	1		0,36	
Fallacia subhamulata	4	1	1	1	0,49	0,02
Fallacia vitrea	5	1	3		1,86	
Fistulifera pelliculosa	3	1		1	0,02	
Fistulifera saprophila	2	1		1	0,02	
Fragilaria	3,6	1,7	1		0,13	
Fragilaria acidoclinata	5	1	4		0,99	
Fragilaria capucina [1]	4,5	1	1	5	1,21	0,12
Fragilaria nanana	5	2	1		0,27	
Fragilaria rumpens	4	1		1	0,01	
Fragilaria tenera	4	2	1		0,20	
Fragilaria vaucheriae	3,4	1		2	0,01	
Fragilariforma bicapitata	5	2	1	1	0,18	0,00
Frustulia crassinervia	5	2	1		0,13	
Frustulia erifuga	5	2	1		0,18	
Frustulia rhomboides [1]	5	2	2		0,47	
Frustulia saxonica	5	3	2		0,34	
Frustulia vulgaris	4	3	1	38	0,18	0,34
Geissleria ignota	3	2		1	0,00	
Geissleria paludosa	5	3		1	0,01	
Gomphonema acuminatum	4	2		1	0,01	
Gomphonema affine	4	3		27	0,61	
Gomphonema angustatum	3	1	2	25	0,12	0,57
Gomphonema angustum [1]	5	1		6	0,27	
Gomphonema augur	3	3		1	0,01	
Gomphonema auritum	5	1	1		0,18	
Gomphonema clavatum	5	1	1	25	0,18	0,56
Gomphonema gracile	4,2	1	3		0,30	
Gomphonema micropus	3	1		1	0,11	
Gomphonema minutum	1	3		9	0,11	
Gomphonema olivaceum	1	3		2	0,01	
Gomphonema parvulus	5	1	1	7	0,27	0,20
Gomphonema parvulum	1	3	1	58	0,16	2,54
Gomphonema parvulum f. saprophilum	2	1		11	0,24	
Gomphonema parvulum var. exilis			1	1	0,45	0,01
Gomphonema pseudoboehemicum	5	1		1	0,05	
Gomphonema pumilum	4,5	1		5	0,20	
Gomphonema sarcophagus	3,2	2		2	0,05	
Gomphonema subclavatum	5	1		4	0,14	
Gomphonema truncatum [1]	4	1		2	0,02	
Gyrosigma acuminatum	4	3		6	0,07	
Halamphora montana	2,8	1		2	0,01	
Halamphora nomanii	4,2	3		27	1,02	
Halamphora veneta	1	2		9	0,17	
Hantzschia amphioxys	1,5	3	1	25	0,18	0,25
Hantzschia calcifuga				1	0,01	
Hippodonta	4	1		7	0,04	
Hippodonta costulata	4	2		11	0,18	
Hippodonta hungarica	4	1		3	0,04	
Karayevia devei	4	2		6	0,52	
Kobayasiella subtilissima	5	2	1		0,59	
Lemnicola hungarica	2	3		2	0,02	
Luticola cohnii	2	2		1	0,01	
Luticola mutica	2	2		2	0,05	
Mayamaea agrestis	3	1		1	0,01	
Mayamaea atomus	2,2	1		11	0,69	
Mayamaea fossilis	3	2		2	0,04	
Melosira varians	4	1		6	0,28	
Meridion circulare	5	1		28	0,89	
Navicula	4,3	2		1	0,03	
Navicula absoluta	4	1		1	0,05	
Navicula angusta	5	3		3	0,67	
Navicula atomus var. perinitis	2,3	1		2	0,01	
Navicula brekkaensoides	5	2		1	0,01	
Navicula cari	4	3		4	0,03	
Navicula cariocincta	5	1		3	0,1	
Navicula cincta	3	1		11	0,11	
Navicula cryptocephala [1]	3,5	2	2	24	0,34	0,31
Navicula cryptotenella	4	1		1	0,02	
Navicula gregaria	3,4	1		26	0,6	
Navicula grimmei	3	3		1	0,02	
Navicula hustedtii	3	1		2	0,02	
Navicula impexa	5	1	1		0,13	
Navicula kotschy [1]	3	3		4	0,05	
Navicula lanceolata [1]	3,8	1		11	0,15	
Navicula lundii	4,8	2		1	0,03	
Navicula mangalithii	2	3		1	0,01	
Navicula menisculus	1	3		23	0,3	
Navicula muraloides				3	0,09	
Navicula obsoleta	4	1	1		1,15	
Navicula perminuta	2	2		1	0,01	
Navicula radiosa [1]	5	2		7	0,08	
Navicula rhynchocephala [1]	4	3		2	0,02	
Navicula seibigiana	3	1		23	0,24	
Navicula slesvicensis	3	3		6	0,06	
Navicula striolata	5	3		15	0,17	
Navicula stroemii	5	1		6	0,12	
Navicula submuralis	2,9	1		1	0,02	
Navicula tenelloides	3	2		14	0,22	
Navicula tripunctata	1	3		13	0,34	
Navicula trivialis	1	3		1	0,01	
Navicula upsaliensis	4	2		1	0	
Navicula utermoehlai	2,3	1		1	0,08	
Navicula veneta	1	3		10	0,13	
Navicula viridula	3	3		6	0,06	
Neidiomorpha binodis	4	1		3	0,02	
Neidium affine	4	3	1		0,13	
Neidium alpinum	5	2	1		0,13	
Neidium ampliatus	5	3	2		0,24	
Neidium binodeforme	4	2		5	0,06	
Neidium bisulcatum	5	2	1		0,34	
Neidium carteri			1		0,27	
Neidium dubium	4	2		1	0,01	
Nitzschia acidoclinata	5	1		5	0,09	
Nitzschia alpina	5	2		1	0	
Nitzschia amphibia	2	2		34	0,59	
Nitzschia angustiforaminata	1,5	2		3	0,02	
Nitzschia archibaldii	3,8	2		3	0,16	
Nitzschia bremensis	2	2		1	0,01	
Nitzschia capitellata [1]	1	3		1	0	
Nitzschia commutata	2	3		1	0,01	
Nitzschia debilis [1]	2	2		5	0,09	
Nitzschia dissipata	4,5	3		34	0,47	
Nitzschia dubia [1]	2	3		1	0,01	
Nitzschia epithemoides var. disputata	4	3		1	0	
Nitzschia fonticola	3,5	1		2	0,03	
Nitzschia fossilis	3	1		1	0,01	
Nitzschia frustulum	1	3		34	0,61	
Nitzschia gessneri	3	3		1	0,01	
Nitzschia hantzschiana	5	2	1	1	0,13	0,01
Nitzschia hamburgiensis	5	1		1	0,01	
Nitzschia inconspicua	2,8	1		3	0,05	
Nitzschia lacuum	5	2		1	0,01	
Nitzschia liebetruthii	2	1		1	0,02	
Nitzschia linearis	3	2		67	1,67	

Fytobenthosmaatlaten voor bronnen

Taxon	Ind.		aant.		gem. ab%	
	IPS-s	IPS-v	A	R	A	R
Nitzschia modesta	5	2		5	0,08	
Nitzschia palea	1	3		8	0,04	
Nitzschia palea var. debilis	3	1		1	0,12	0,12
Nitzschia paleacea	1	3		5	0,01	
Nitzschia perminuta	4,5	1	2	5	0,02	
Nitzschia pseudofonticola	2,9	1		1	0,76	0,01
Nitzschia pusilla	1	3		2	0,01	
Nitzschia recta	1	3	3	2	0,02	
Nitzschia sigmoidea	3	2		1	0,01	
Nitzschia solgensis	3	3		2	0,00	
Nitzschia sublinearis	5	2		1	0,03	
Nitzschia supralitoria	1,5	2		1	0,01	
Nitzschia tubicola [1]	2,8	2		5	0,36	
Nitzschia vermicularis	4	1		1	0,43	
Nupela impexiformis				1	0,76	
Peronia fibula	5	3	3		0,00	
Pinnularia acrosphearia	5	3	4		0,32	0,02
Pinnularia acuminata	5	3		1	3,00	0,04
Pinnularia anglica	5	2	2	3	0,00	
Pinnularia appendiculata	5	3	4	5	0,02	
Pinnularia borealis	5	3		1	0,27	
Pinnularia brebissonii	4	3		2	0,36	
Pinnularia dactylus	5	3	1		0,01	
Pinnularia divergens	5	2	3		0,49	0,01
Pinnularia divergentissima	5	2		1	0,23	
Pinnularia gibba	5	2	2	1	0,01	
Pinnularia gibbiformis	5	3	2		0,36	
Pinnularia isselana				2	0,63	0,05
Pinnularia legumen	4	3	1		0,01	
Pinnularia microstauron	2,5	3	4	9	0,27	
Pinnularia neomajor	5	3		2	0,03	
Pinnularia neomajor	5	2	1		0,08	
Pinnularia nodosa	5	2		4	0,01	
Pinnularia obscura	3	1		9	0,01	
Pinnularia oriunda				1	0,17	
Pinnularia rupestris	4,2	3		1	0,18	
Pinnularia silvatica	5	3	2		0,51	0,04
Pinnularia stomatophora	5	2	1		0,07	
Pinnularia subcapitata [1]	5	2	2	5	0,16	
Pinnularia subcapitata var. elongata	5	2	1		0,02	
Pinnularia subgibba	5	2	1		0,18	
Pinnularia subrupestris	4,5	2		2	0,06	
Pinnularia sudetica	4	3	1		0,74	0,22
Pinnularia viridiformis	5	2		7	0,09	
Pinnularia viridis [1]	5	2	3	29	0,16	
Placoneis dementis	4	1		10	0,01	
Placoneis elginensis	4	2		23	0,05	
Placoneis gastrum	5	2		1	0,32	
Placoneis placentula	4	1		4	9,37	
Planolithidium dubium	4	1		11	0,08	
Planolithidium frequentissimum	1	3		88	0,03	
Planolithidium hauckianum	2,8	2		4	0,01	
Planolithidium hauckianum	2,8	2		1	17,62	
Planolithidium joursacense	3	2		1	0,02	
Planolithidium lanceolatum	4,6	1		93	0,01	
Planolithidium rostratum	4,4	1		1	0,05	
Planolithidium rostratum	3,4	1		1	0,04	
Platessa conspicua	4	1		3	2,12	0,01
Platessa hustedtii	4,8	1		2	0,70	0,05
Psammothidium altaicum	5	2	3	1	2,09	
Psammothidium bioretii	5	1	3	2	0,51	
Psammothidium curtissimum	5	1		1	0,65	0,01
Psammothidium daonense	5	2		2		0,10
Psammothidium helveticum	5	2	2	2	0,09	

Taxon	Ind.		aant.		gem. ab%	
	IPS-s	IPS-v	A	R	A	R
Psammothidium lauenburgianum	4,8	3		4	8,22	
Psammothidium marginulatum	5	2		1	15,7	
Psammothidium oblongellum	4,5	1		1		0,05
Psammothidium scoticum	5	1		2	3,15	
Psammothidium subatomoides	5	1		3		0,05
Psammothidium ventrale	5	1		3		0,68
Pseudostauroneis brevistriata	3	2		4		0,78
Reimeria sinuata	1	3		25		0,07
Rhoicosphenia abbreviata	4	1		31	0,07	0,14
Rhopalodia brebissonii				3		0,04
Rhopalodia gibba	5	1	1	4		0
Rosithidium petersenii	5	2		4		1,33
Sellaphora disjuncta	4,5	1		1		0,01
Sellaphora joubaudii	3	2		42		0,01
Sellaphora laevisissima	5	1		1		0,22
Sellaphora laevisissima var. perhibita	4,2	2		1		0,08
Sellaphora pupula	2,6	2		21		0,01
Sellaphora pupula	2,6	2		6		1,77
Sellaphora pupula var. pseudopupula	2	2		1		0,02
Sellaphora seminulum	1,5	2		44	0,37	
Simonsenia delognei	3	2		1		0,01
Stauroneis exiguiiformis	5	2		3	1,26	0,08
Stauroneis acuta	5	2		1		0,01
Stauroneis anceps [1]	5	3	2	11		0,18
Stauroneis borrichii	4,8	2		1		0,05
Stauroneis kriegeri	4,8	2		14	0,2	0,12
Stauroneis legumen	3,8	2		6		0
Stauroneis phoenicenteron	5	3	2	3	0,13	0,36
Stauroneis reichardtii				1		0,1
Stauroneis smithii	5	2		1	35	0,06
Stauroneis thermicola	5	1		10	0,27	
Stauroneis leptostauron	3	1		3		4,1
Stauroneis oldenburgiana	4,5	2		1		0,01
Stauroneis pinnata	4	1		19	0,18	
Stauroneis pinnata var. intercedens	4	1		1	0,48	
Stenopterobia curvula	5	3		1	0,07	
Stenopterobia delicatissima	5	3		3		0,01
Stenopterobia densestriata	5	3		1		0,03
Stephanodiscus hantzschii	1,8	1		1	0,12	0,01
Surirella	3,6	2,2		3		0,24
Surirella amphioxys	5	1	2	1	0,43	
Surirella angusta	4	1		24		0,18
Surirella biseriata	4,5	3		2	0,36	
Surirella brebissonii	3	2		11		0,24
Surirella linearis	5	2		1		0,06
Surirella minuta	3	1		7	0,18	
Surirella ovalis	2	2		2		0,01
Surirella roba	5	3		1		0,01
Surirella spiralis	5	3		1	0,18	
Surirella subsalsa	2	2		1	1,99	
Tabellaria fenestrata	5	2		1	0,19	
Tabellaria flocculosa	5	1		4		0,01
Tabellaria quadrisepata	5	3		2		0
Tabularia	1	3		2		0,08
Tryblionella aerophila	3	2		1		0,06
Tryblionella apiculata	2,4	2		5		0,03
Tryblionella hungarica	2,2	2		2		0,02
Tryblionella littoralis	2	2		3		0,01
Ulnaria acus	4	1		3		0,09
Ulnaria biceps	3	1		1		0,08
Ulnaria delicatissima var. angustissima	4	1		1		
Ulnaria ulna	3	1		5		

Bijlage 4.

IPS- en fysische en chemische waarden per monster

geol. = geologie (A = kalkarm, R = kalkrijk). subs. = substraat (V = vegetatie, T = totaal, Z = zand), Abs%IPS = som van de abundaties van de taxa die voor berekening van de IPS zijn gebruikt, N = aantal getelde schalen, S = aantal taxa in telling, C = aantal monsters waaruit de gemiddelden van de fysische en chemische variabelen zijn berekend. Temp. - O2% zijn de afkortingen van de variabelen die met hun eenheden zijn vermeld in Tabel 1.

[illegible]

Fytobenthosmaatlaten voor bronnen

geol	locatie	datum	subs	IPS	Ab%	IPS	N	S	C	Temp	ZS	EC20	pH	Ca	Mg	Na	K	Alk	Ac	Cl	SO4	IP	oP	NO3	NO2	NH4	kN	IN	NH3	BZV	O2	O2%
R	OHONS100	15-04-98	V	14,82	100	344	23		1	9,4	1	84	7,2	140	20,2	18,0	2,4	4,46	0,39	39	131	0,05	0,03	35,7	0,075	0,2	0,50		0,005	0,5	9,2	83
R	OHONS100	18-06-98	V	13,03	100	449	39		3	11,7	9	90	7,2	153	21,4	20,3	2,7	4,53	0,49	39	133	0,11	0,04	29,5	0,075	0,4	0,50	29,8	0,005	1,8	9,6	92
R	OHONS100	22-07-98	V	12,00	100	364	27		3	11,7	9	90	7,2	153	21,4	20,3	2,7	4,53	0,49	39	133	0,11	0,04	29,5	0,075	0,4	0,50	29,8	0,005	1,8	9,6	92
R	OHONS100	09-09-98	V	13,27	100	267	24		3	11,7	9	90	7,2	153	21,4	20,3	2,7	4,53	0,49	39	133	0,11	0,04	29,5	0,075	0,4	0,50	29,8	0,005	1,8	9,6	92
R	OHONS100	27-06-01	V	14,10	100	292	18		3	11,6	4	88	7,1	143	19,2	19,0	2,5	4,56	0,88	35	125	0,05	0,03	28,1	0,025	0,2	0,20	28,2	0,005		5,3	49
R	OHONS100	19-09-01	V	13,00	100	361	24		3	11,6	4	88	7,1	143	19,2	19,0	2,5	4,56	0,88	35	125	0,05	0,03	28,1	0,025	0,2	0,20	28,2	0,005		5,3	49
R	OHONS100	10-04-07	V	12,40	100	380	31		3	10,8	4	54	7,8	130	18,7	15,7	2,2			37	138	0,12	0,05	21,8	0,025	0,4	1,03	23,1	0,004	0,5	9,3	86
R	OHONS120	15-04-98	V	15,03	100	327	19		1	9,9	2	84	7,2	140	21,1	18,0	2,8	4,70	0,48	40	125	0,05	0,03	34,3	0,075	0,2	0,50		0,005	0,5	9,7	88
R	OHONS120	18-06-98	V	14,90	100	285	26		3	12,3	6	90	7,5	150	22,1	18,6	2,9	4,66	0,74	39	126	0,05	0,03	29,6	0,075	0,3	0,97	29,7	0,005	0,8	10,5	100
R	OHONS120	22-07-98	V	11,71	100	417	38		3	12,3	6	90	7,5	150	22,1	18,6	2,9	4,66	0,74	39	126	0,05	0,03	29,6	0,075	0,3	0,97	29,7	0,005	0,8	10,5	100
R	OHONS120	09-09-98	V	9,24	100	294	22		3	12,3	6	90	7,5	150	22,1	18,6	2,9	4,66	0,74	39	126	0,05	0,03	29,6	0,075	0,3	0,97	29,7	0,005	0,8	10,5	100
R	OHONS120	27-06-01	V	11,70	100	381	24		3	11,6	3	86	7,0	140	19,5	18,0	3,5	4,55	0,74	36	120	0,05	0,04	28,2	0,025	0,2	0,20	28,1	0,005		5,4	49
R	OHONS120	19-09-01	V	10,06	100	415	26		3	11,6	3	86	7,0	140	19,5	18,0	3,5	4,55	0,74	36	120	0,05	0,04	28,2	0,025	0,2	0,20	28,1	0,005		5,4	49
R	OKATH100	25-05-93	T	15,28		96	118	17	1		5	32	7,6							23	103	0,14	0,02	11,0	0,020	0,4	0,20	11,0				
R	OKATH110	25-05-93	T	13,58	100	172	20		1	8		31	7,4							28	108	0,14	0,02		0,005	0,4	0,40	11,0				
R	OKATH120	25-05-93	T	17,99	100	33	6	1		32		32	8,0							33	96	0,20	0,05	10,0	0,030	0,4	0,60	11,0				
R	OKATH130	25-05-93	T	13,72	100	329	31		1	94		38	7,8							65	96	0,16	0,02	8,5	0,070	0,3	1,50	10,0				
R	OKBRO400	15-04-98	V	10,37	100	360	17		1	8,7	8	105	7,6	190	25,0	23,9	1,4	4,35	0,28	55	330	0,05	0,03	30,2	0,075	0,2	0,50		0,005	1,4	10,8	97
R	OKBRO400	18-06-98	V	13,47	100	261	16		2	15,9	24	82	7,7	155	18,7	18,0	5,9	3,13	0,24	44	240	0,05	0,06	6,4	0,075	0,5	2,15	8,6	0,011	2,3	11,8	136
R	OKBRO400	09-09-98	V	9,30	100	283	26		2	15,9	24	82	7,7	155	18,7	18,0	5,9	3,13	0,24	44	240	0,05	0,06	6,4	0,075	0,5	2,15	8,6	0,011	2,3	11,8	136
R	OKBRO400	27-06-01	V	10,77	100	305	13		2	13,9	51	92	7,5	155	21,6	19,0	4,4	5,14	0,47	42	136	0,12	0,04	25,0	0,025	0,3	1,75	26,7	0,005		6,8	67
R	OKBRO400	19-09-01	V	7,86	100	407	19		2	13,9	51	92	7,5	155	21,6	19,0	4,4	5,14	0,47	42	136	0,12	0,04	25,0	0,025	0,3	1,75	26,7	0,005		6,8	67
R	OMIRWEU10	03-04-96	V	16,88	100	271	19		1	6,7	8	79	8,0	162	11,1	11,4	1,4	4,87	0,17	41	200	0,05	0,03	0,2	0,075	0,4		0,5	0,005	1,9	10,3	87
R	OMIRWEU10	30-05-02	V	15,16		97	404	45	1	20,3	17	46	8,9	58	14,4	19,0	0,6	2,27	0,05	63	55	0,05	0,02	0,1	0,025	0,3	1,40	1,4	0,064	7,2	11,4	121
R	OMIRWEU10	18-09-02	V	13,54		99	329	49	2	16,2	22	64	7,7	99	14,9	22,0	4,2	4,40	0,28	70	45	0,21	0,04	0,1	0,025	0,3	1,40	1,5	0,005	10,5	8,2	84
R	OMIRWEU10	12-04-11	V	17,04	100	198	18		2	12,1	21	52	7,8	120	14,5	33,0	1,9	5,10	0,25	90	92	0,12	0,02	0,7	0,025	0,5	1,45	1,8	0,005	4,6	5,9	68
R	OMIRWEU10	30-08-11	V	18,46		98	200	22	1	15,7	43	57		160	22,0	14,0	1,6	4,89	0,23	37	205	0,05	0,02	0,1	0,025	0,8	1,30	1,5	0,670	3,7	10,8	111
R	OREU710	16-11-09	V	11,83	100	274	28		1	9,8	5	62	7,5	180	25,0	19,0	4,6	7,69	0,38	54	73	0,27	0,16	0,1	0,025	0,2		0,5		1,1	3,8	34
R	ORPUT120	27-04-94	V	5,20	100	181	15		1	12,3	57	61	7,2	116	5,0	7,6	2,9	3,16	0,20	56	44	0,18	0,05	8,8	0,010	0,4	0,50	9,3	0,005	0,5	11,4	106
R	ORPUT120	17-11-94	V	5,30	100	188	18		1	74	30	7,8	119	5,0	7,9	4,6	3,71		50	42	0,40	0,11	7,4	0,030	0,5	1,10	8,5					
R	ORPUT120	01-04-98	V	9,10	100	301	22		1	8,2	35	36	7,5	77	3,6	5,2	4,7	3,17	0,24	17	34	0,14	0,09	7,7	0,075	0,2	0,70	8,6	0,005	1,4	10,7	96
R	ORPUT120	23-09-98	V	11,52	100	203	8		1	13,7	49	33	8,2	130	5,5	7,2	3,9	4,92	0,05	53	40	0,18	0,10	7,7	0,075	0,2	1,00	8,7	0,005	1,2	9,8	97
R	OSTEE300	27-04-94	V	14,22	100	301	13		1	10,5	1	72	7,1	152	5,8	1,2	5,3	5,20	0,68	19	73	0,22	0,20	11,0	0,005	0,3	0,10	11,0	0,005	0,5	5,1	46
R	OSTEE300	17-11-94	V	8,30	100	418	30		1		4	34	7,4	140	5,5	11,7	5,8	4,33		24	73	0,32	0,25	11,0	0,005	0,4	0,10	11,0				
R	OVGGR110	27-04-94	V	8,03	100	266	18		1	10,0	1	64	7,2	122	7,8	9,1	4,3	4,40	0,44	22	73	0,16	0,11	10,0	0,010	0,3	0,10	10,0	0,005	0,5	0,9	8
R	OVGGR110	17-11-94	V	9,06	100	102	13		1		1	31	7,5	125	7,4	10,1	4,1	4,18		21	74	0,28	0,16	8,0	0,005	0,3	0,10	8,1				
R	OVGGR120	27-04-94	V	10,93	100	160	12		1	9,9	146	61	7,5	127	5,0	7,9	1,9	3,98	0,32	16	64	0,30	0,15	11,0	0,010	0,3	0,50	12,0	0,005	0,5	7,3	66
R	OVGGR120	17-11-94	V	8,46	100	197	4		1	13		32	7,6	133	5,5	9,0	3,3	3,89		21	75	0,32	0,14	12,0	0,040	0,4	0,40	12,0				
R	OZTLG610	20-09-05	V	15,86	100	380	27		2	15,4	70	53	7,8	120	12,0	47,5	1,2	4,52	0,18	88	52	0,12	0,04	13,8	0,025	0,1	1,30	15,2	0,005	0,8	9,3	89



