



HOOFDSTUK 2 HYDROBIOLOGISCH ONDERZOEK IN HET WATERBEHEER

In dit hoofdstuk behandelen we enkele algemene zaken rond hydrobiologisch onderzoek in het waterbeheer. Achtereenvolgens zijn dat de strategie bij dit soort onderzoek ([paragraaf 2.2](#)), de opzet van een hydrobiologisch meetnet ([paragraaf 2.3](#)), de dataverwerking en het datamanagement ([paragraaf 2.4 en 2.5](#)) en ten slotte de meetonzekerheid en kwaliteitsborging ([2.6](#)).

We beginnen het hoofdstuk echter met een algemene inleiding. Hierin gaan we kort in op de historie en het belang van het hydrobiologisch onderzoek in Nederland. Veel draait tegenwoordig om de Kaderrichtlijn Water. Daarom komt de KRW terug in de meeste paragrafen. In de tekst van dit hoofdstuk staan diverse termen en begrippen. Deze zijn uitgelegd in [bijlage 1](#) van het handboek.

2.1 INLEIDING

2.1.1 Hydrobiologisch onderzoek door de jaren heen

Het eerste teken van hydrobiologisch onderzoek zoals wij dat kennen, komen we in Nederland tegen aan het einde van de negentiende eeuw. Het Zoölogisch Station in Den Helder (tegenwoordig het NIOZ) had meerdere jaren fytoplanktonmonsters verzameld bij Texel en deze monitoring leidde tot de eerste waarneming van een bloei van de slijmalg *Phaeocystis* in ons kustwater (Hoek 1898). Spoedig volgden planktonbemonsteringen van de Noordzee en de Zuiderzee door Van Breemen (1905) en uitgebreid hydrobiologisch onderzoek in het Zuidlaardermeer door Havinga (1919). Beijerinck (1926) onderzocht de algen in Drentse heideplassen en ontwikkelde als eerste een soort beoordelingssysteem, eigenlijk een typeringssysteem, op basis van sieraalgen. Heimans onderzocht rond die tijd vennen in Zuid-Nederland. Een jaar of tien later werd uitgebreid hydrobiologisch onderzoek op touw gezet, rond de afsluiting van de Zuiderzee. Redeke (1948) publiceerde een algemeen handboek over hydrobiologie met een beschrijving van watertypen en soorten in Nederland. Het proefschrift van Moller Pillot (1971) beschreef de eerste biologische beoordelingsmethode op basis van macrofauna, voor Nederlands beken. In de decennia daarna is deze methode lang door de waterbeheerders als beoordelingsmethode gebruikt.

Verdere belangrijke ontwikkelingen in Nederland waren:

- de verschijning van het handboek *Biologische Waterbeoordeling* van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer (De Lange & de Ruiter 1977);
- de opkomst van hydrobiologisch onderzoek in het waterbeheer. Steeds meer water- en (toen nog) zuiveringsschappen namen hydrobiologen in dienst en voerden biologische monitoring uit;
- de verschijning van veel regionale beoordelingsmethoden, vaak opgesteld door de waterbeheerders of de provincies;
- de ontwikkeling van landelijke beoordelingsmethoden door de STOWA halverwege de jaren negentig. Dit zijn de zogenaamde EBeo-systemen voor de ecologische beoordeling van verschillende watertypen (STOWA 2006);
- het van kracht worden van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), eind 2000, waardoor ecologische beoordeling een wettelijke verplichting werd (zie: Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie 2000). Volgens het tijdschema van de KRW moesten de lidstaten in 2006 een monitoringsprogramma opgesteld hebben, dat vanaf 2007 operationeel moest zijn.

2.1.2 Het belang van hydrobiologisch onderzoek

Er zijn verschillende motieven om biologisch onderzoek in oppervlaktewater uit te voeren. Een belangrijke reden is te vinden in de intrinsieke waarde van flora en fauna, ook in het aquatisch milieu. Hierbij kan men denken aan de biodiversiteit in het algemeen en aan beschermde soorten. Verder zijn algemene ecologische doelen opgesteld (sinds de KRW is dit zelfs verplicht). De huidige toestand van dit soort waarden en doelen, en de ontwikkeling hiervan, kunnen alleen onderzocht worden met biologische metingen. Ook het effect van maatregelen die gericht zijn op het behalen van deze doelstellingen, zoals herinrichting, aanpassing van het beheer en vermindering van lozingen, moeten met biologisch onderzoek gemonitord worden.

Daarnaast geeft biologisch onderzoek, in combinatie met fysisch-chemisch en morfologisch onderzoek, inzicht in het ecologisch functioneren van oppervlaktewateren. Dit inzicht is nodig om knelpunten te benoemen en om gericht maatregelen te kunnen nemen. Biologisch onderzoek kan ook een signaalfunctie hebben. Een slecht ontwikkeld ecosysteem kan op een antropogene beïnvloeding wijzen, bijvoorbeeld de lozing van een giftige stof. Dit kan dan reden zijn om specifieke stoffen in het water te analyseren.

Tenslotte biedt ecologisch gezond water ook een zekere garantie voor een goede kwaliteit voor diverse andere functies, zoals recreatief medegebruik en drinkwaterwinning. Bij een gezond ecologisch systeem horen tegenwoordig ook principes zoals water vasthouden en ruimte voor inundaties. Deze principes vergroten de biologische diversiteit en voorkomen wateroverlast, verdroging en de inlaat van gebiedsvreemd water. Streven naar ecologisch gezond water staat dus garant voor een duurzaam waterbeheer.

2.1.3 Kaderrichtlijn Water

De KRW schrijft voor dat alle oppervlaktewateren in een goede ecologische toestand moeten verkeren of een goed ecologisch potentieel moeten hebben. Nooit mag de ecologische kwaliteit door menselijk handelen verslechteren. Deze ecologische kwaliteit moet worden vastgesteld op grond van biologische, fysisch-chemische en hydromorfologische gegevens. Er zijn verschillende biologische groepen (in KRW-terminen: *biologische kwaliteitselementen*), die hierbij een rol spelen. In de KRW is nauwkeurig aangegeven hoe de monitoring hiervan moet worden opgezet (meetfrequentie en te meten aspecten, zoals abundantie en soortensamenstelling). Hierbij onderscheidt men verschillende doelstellingen voor de metingen. In [paragraaf 2.3](#) gaan we hier dieper op in, maar details staan in de hoofdstukken van de verschillende biologische kwaliteitselementen ([hoofdstuk 7 tot en met 13](#)).

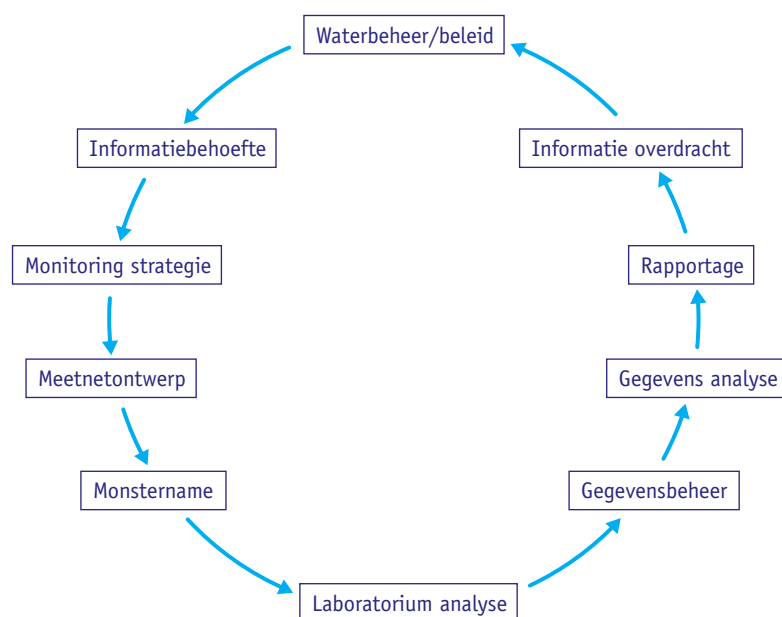
2.2 MONITORINGSTRATEGIE

2.2.1 Monitoringprogramma

Voordat met het bemonsteren gestart kan worden moet er een meet- of monitoringsprogramma¹ opgezet zijn. In dit programma staat wat, waar en wanneer wordt gemeten. De opzet van een monitoringsprogramma moet gekoppeld zijn aan de informatiebehoefte die er vanuit het beleid is. Hiervoor gebruikt men de *monitoringcyclus* in [figuur 2.1](#).

Fig 2.1 De monitoringcyclus

Bron: UN/ECE 1996.



2.2.2 Monitoringcyclus

In de monitoringcyclus (ook wel waterbeheercyclus genoemd), bestaat er een onderscheid tussen informatie en gegevens. Gegevens of data zijn de ‘ruwe’ resultaten van bemonstering en laboratoriumanalyses². Informatie volgt uit de interpretatie van deze gegevens *c.q.* uit data-analyse. De informatie is een middel om het waterbeheer of waterbeleid vorm te geven.

Informatiebehoefte

De monitoringcyclus begint bij het beheer en beleid (bovenin de cyclus). Om het beleid vast te kunnen stellen of uit te kunnen voeren, is informatie nodig (de informatiebehoefte, bijvoorbeeld: hoe schoon is het water, wat is de ecologische toestand?). Deze informatie moet verzameld worden door te monitoren. Hiervoor wordt eerst een strategie opgesteld. Wanneer overlappingen bestaan in de informatiebehoefte van verschillende beleidsterreinen, kan een zo efficiënt mogelijke, gezamenlijke strategie voor kostenbesparing zorgen.

Meetnetontwerp

De volgende stap in de cyclus is het meetnetontwerp. Meetpunten kunnen informatie opleveren voor meerdere informatiebehoeften. Verschillende onderzoeksvragen vereisen echter vaak verschillende onderzoeks- en beoordelingsmethoden. Meetpunten worden afhankelijk van de onderzoeksvraag en -methode gekozen. Een uitwerking van monitoringsstrategieën en meetnetontwerp is opgenomen in de Richtlijnen Monitoring (Van Splunder *et al.* 2006).

Gegevens en informatie

Op de punten van het meetnet worden monsters genomen. Deze worden in het veld of in het laboratorium geanalyseerd. De resultaten, gegevens, komen terecht in databases. Dit is de stap van het gegevensbeheer. Analyse van de gegevens leidt tot informatie die specialisten rapporteren aan beheerders en beleidsvormers. Dit is de vitale stap van informatieoverdracht. Hier ontvangen de bestuurders, beheerders en beleidsmakers de informatie waar ze om gevraagd hebben. Met deze informatie kunnen ze zien wat de ecologische toestand is van het oppervlaktewater, en of maatregelen effectief zijn. Door de informatie te gebruiken, evalueren ze het gevoerde beleid. Waar nodig kan dit beleid worden bijgesteld en de nieuwe informatiebehoefte geformuleerd worden. Dan begint de cyclus opnieuw.

2.2.3 Overwegingen in meetnetontwerp

Uitgangspunten

Bij het meetnetontwerp neemt men besluiten over de te onderzoeken parameters of biologische groepen, de meetpunten en de frequentie. Voor het eigen waterbeheer is het noodzakelijk voldoende inzicht te krijgen in de ecologische waarde en het ecologisch functioneren van het oppervlaktewater. Hierbij houdt men rekening met verschillen in watertypen en seizoensfluctuaties en met ontwikkelingen in de tijd, door klimatologische factoren, door wijzigingen in beïnvloeding en beheer en door het uitvoeren van maatregelen. In dit hoofdstuk bespreken we deze aspecten globaal. In de volgende hoofdstukken

-
- ¹ Een monitoringsprogramma is een meetprogramma waarin metingen herhaald worden uitgevoerd. Vaak is er een roulerend meetnet opgezet, waarbij het meetnet met een frequentie van drie of vier jaar cyclisch herhaald wordt. Er kunnen echter ook eenmalig metingen verricht worden, bijvoorbeeld voor een inventarisatie. In dit rapport gebruiken we de termen ‘meetprogramma’ en ‘monitoringsprogramma’ door elkaar, omdat het onderscheid niet van belang is voor de aspecten die we in dit handboek behandelen (zie ook paragraaf 2.3.1).
- ² Sommige auteurs maken nader onderscheid tussen ‘gegevens’ en ‘data’. Gegevens zijn ruwe resultaten van chemische en biologische analyses, bij data is sprake van onderlinge samenhang en structuur, zoals in een database.

worden deze onderwerpen meer in detail uitgewerkt. De KRW hanteert voorschriften voor parameters, meetpunten en frequenties (zie [paragraaf 2.3.2](#)).

Kostenafweging

Bij het ontwerp van een meetnet spelen ook de kosten een rol. Hoe uitgebreider het meetprogramma, hoe hoger de kosten zijn. Deze moeten afgewogen worden tegen de grotere hoeveelheid informatie die zo'n meetnet op kan leveren, of de grotere mate van detail. Voor een deel is dit een beleidsmatige keuze (*value for money*). Aan de andere kant vereist de onderzoeksvraag meestal een minimale onderzoeksinspanning. Om een goede keuze te kunnen maken, moeten beide aspecten (kosten en opgeleverde informatie) inzichtelijk gemaakt worden. Hierbij kunnen ook enkele varianten van het meetprogramma gepresenteerd worden, zodat een bestuur een duidelijke keuzemogelijkheid gepresenteerd krijgt.

Bij de afweging moet bedacht worden dat goede informatie belangrijk is, niet alleen om de juiste maatregelen te kunnen nemen, maar ook om het uitvoeren van overbodige maatregelen te kunnen voorkomen. Met andere woorden: door te investeren in een monitoringsprogramma kunnen later kosten bespaard worden. Het is dus niet verstandig om sterk te bezuinigen op monitoring.

Bij de kosten van onderzoek speelt de tijdbesteding een belangrijke rol. Details over tijdbesteding van onderzoek is opgenomen in de verschillende hoofdstukken over de biologische kwaliteitselementen ([hoofdstukken 7 tot en met 13](#)).

2.2.4 Monitoringstrategie in de Kaderrichtlijn Water

De KRW onderscheidt drie vormen van monitoring:

- toestand- en trendmonitoring; deze monitoring is bedoeld om op grote schaal de toestand vast te leggen en lange-termijn veranderingen door natuurlijke omstandigheden of door menselijke activiteit te onderzoeken;
- operationele monitoring; deze monitoring is bedoeld om het effect van uitgevoerde maatregelen te onderzoeken. Indien blijkt dat doelen niet op tijd gehaald worden, moet het maatregelenpakket bijgesteld worden;
- monitoring voor nader onderzoek; dit onderzoek is nodig om uit te zoeken waarom een waterlichaam niet aan de doelstelling voldoet, of om de omvang van incidentele verontreinigingen vast te stellen.

Feitelijk zijn dit drie vormen van informatiebehoefte. Voor elk van deze drie vormen is de monitoringcyclus toepasbaar. Hierdoor zullen drie verschillende meetstrategieën en meetnetten kunnen ontstaan, die op onderdelen kunnen overlappen.

2.3 OPZET MEETNET

2.3.1 Inleiding

Bij de opzet van een meetprogramma³ spelen de keuze van de parameter(s) of parametergroepen, de meetpunten, de meetfrequentie, meetnetroulatie, dataverwerking en datamanagement een rol. Deze aspecten bespreken we hieronder. Meer gedetailleerde informatie is te vinden in Van Splunder *e.a.* (2006).

2.3.2 Biologische parameter(s) in het algemeen

Bij hydrobiologisch onderzoek kan men kiezen uit diverse parameters (of volgens de KRW-terminologie: kwaliteitselementen). Zonder daarmee uitpuittend te willen zijn, worden in dit handboek zeven groepen van biologische parameters behandeld ([hoofdstuk 7 tot en met 13](#)). Deze groepen, hun bete-

kenis en de relevantie voor ecologisch onderzoek, zijn genoemd in [tabel 2.1](#). Groepen die in dit handboek *niet* aan de orde komen zijn bacteriën (met uitzondering van blauwalgen), reptielen, amfibieën en vogels (hoewel deze laatste groep meestal niet gezien wordt als onderwerp van *hydrobiologisch* onderzoek).

Tabel 2.1 Overzicht van behandelde biologische groepen

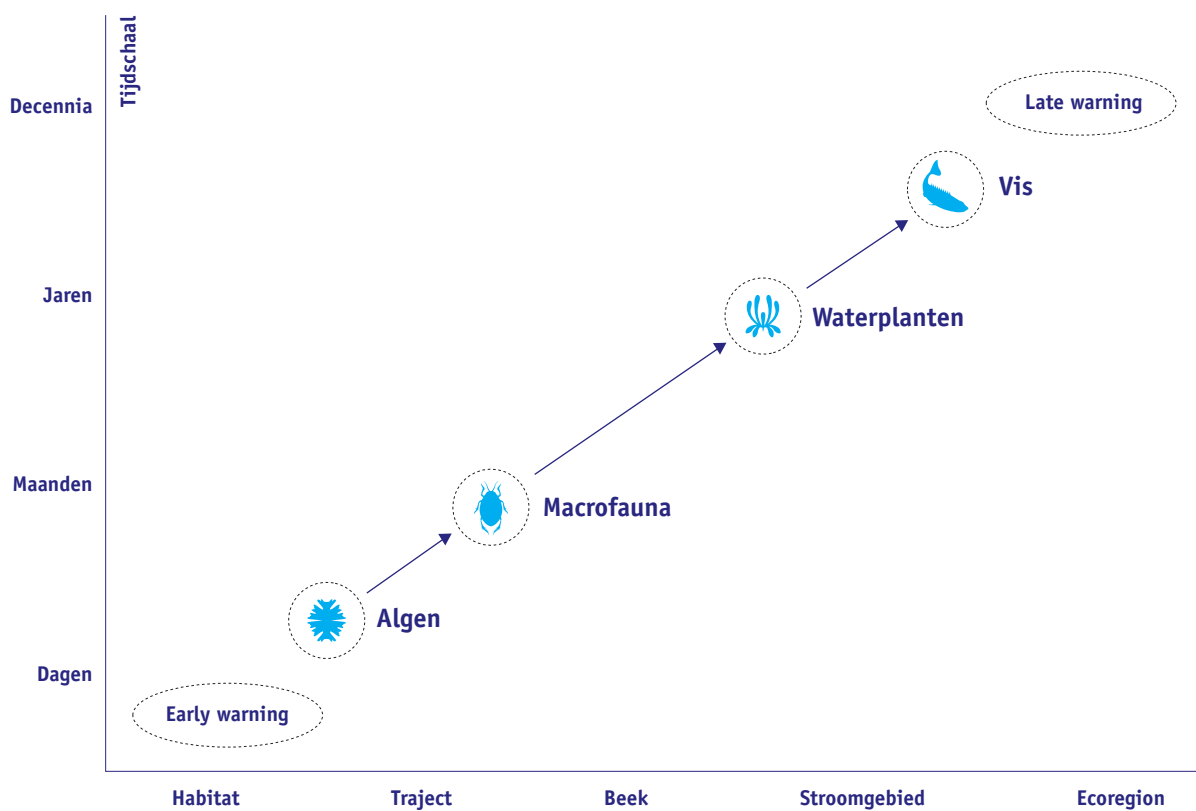
GROEP	OMSCHRIJVING	BETEKENIS ALS INFORMATIEBRON	HH
Fytoplankton	Vrij zwevende algen, inclusief blauwalgen (cyanobacteriën)	Indicatief voor eutrofiëring, verzilting, graasdruk etc. Meest onderzocht in meren en kanalen, weinig meer in rivieren.	H 7
Sieralgen	Ook: Desmidiaceae. Specifieke groep algen in het plankton en aangroei.	Indicatief voor diverse vormen van verstoring, waaronder eutrofiëring en verzuring. Meest onderzocht in kleinere, stilstaande wateren.	H 8
Kiezelwieren	Ook: diatomeeën. Specifieke groep algen in het plankton en het aangroei.	Indicatief voor diverse vormen van waterverontreiniging, zoals eutrofiëring en verzuring. Meest onderzocht in kleinere, stilstaande wateren, sloten, kanalen en beken.	H 9
Zoöplankton	Microscopische dieren die zich vrij bewegen in de waterkolom.	Indicatief voor graasdruk en vispredatie. Onderzocht in diepe en ondiepe meren.	H 10
Vegetatie	Water- en oeverplanten, meestal inclusief varens, paardenstaarten, mossen en draadwieren.	Indicatief voor eutrofiëring, maar ook voor hydro-morfologische en hydrodynamische aantasting door inrichting, onderhoud, scheepvaart, etc. Onderzocht in alle typen wateren.	H 11
Macrofauna	Met het blote oog zichtbare, ongewervelde dieren in het water en in of op substraat.	Indicatief voor stromingsregime, inrichting en organische belasting. Veel onderzocht in stromende wateren, maar ook in stagnante wateren.	H 12
Vis	Vis, onderverdeeld in bijvoorbeeld diadrome vis en standvis.	Indicatief voor connectiviteit en opbouw voedselweb. Onderzocht in diverse wateren, met uitzondering van zure vennen.	H 13

³ De termen meetprogramma en monitoringsprogramma worden beide gebruikt, maar hebben een verschillende betekenis. Onderzoek of metingen naar de biologische en chemische kwaliteit van het water kan met verschillende doelstellingen plaatsvinden, bijvoorbeeld voor een eenmalige inventarisatie ("survey") of om ontwikkelingen in de tijd te volgen (monitoring). Een monitoringsprogramma is dus specifiek dan een meetprogramma. In dit document zullen we zoveel mogelijk spreken van "metingen" in plaats van "monitoring" en dus van een "meetprogramma" in plaats van een "monitoringsprogramma". Het lastige is dat de KRW uitsluitend van "monitoring" spreekt, zelfs als het om onderzoek gaat naar bijvoorbeeld de bron van een verontreiniging. De KRW noemt dit ook "monitoring voor nader onderzoek".

In het denken over de toepassing van biologische groepen in een meetnet, speelt niet alleen de in [tabel 2.1](#) genoemde betekenis als informatiebron een rol, maar ook de ruimtelijke en temporele schaal waarop we informatie nodig hebben. Algen geven informatie over toestandsveranderingen op korte termijn in een klein gebied, terwijl vissen informatie geven over toestandsveranderingen op langere termijn in een groter gebied ([figuur 2.2](#)).

Fig 2.2 De informatieve waarde van biologische groepen

De informatieve waarde van biologische groepen in relatie tot de schaal waarop informatie gewenst is (samengesteld uit twee plaatjes van P. Verdonschot, gepresenteerd tijdens de themadag Monitoring flora en fauna op 15 december 2009).



2.3.3 Biologische parameters in de Kaderrichtlijn Water

In [tabel 2.2](#) staan de watertypen genoemd waarin de biologische groepen meestal onderzocht worden. De KRW geeft richtlijnen hierover. In een enkel geval laten deze ruimte voor een verschillende invulling. Dit heeft ertoe geleid dat rivierfytoplankton in Nederland niet wordt onderzocht, maar in Duitsland wel. In [tabel 2.2](#) is aangegeven welke keuze Nederland daarbij (voorlopig) heeft gemaakt.

2.3.4 Meetpuntkeuze in het algemeen

Koppeling met de vraag

De locatiekeuze van meetpunten moet in algemene zin gekoppeld zijn aan de onderzoeksvraag of de informatiebehoefte. Hiervoor bestaan algemene richtlijnen. Afhankelijk van de aard van de vraag kunnen deze in de volgende drie groepen verdeeld worden:

- 1 Bij een algemene inventarisatie houdt men rekening met:
 - verschillen in watertypen; let daarbij ook op landschappen, bodemsoort, helling van het terrein, enz.;
 - verschillen in de mate van beïnvloeding; neem zowel diffuse en puntlozingen als hydromorfologische beïnvloedingen mee;
 - spreiding van de meetpunten over het gebied dat men wil inventariseren; dit kan in sommige gevallen strijdig zijn met de twee voorgaande aspecten.
- 2 Bij het monitoren van uitgevoerde maatregelen zijn de twee mogelijkheden:
 - vergelijken met referentiepunten; in stromend water zijn dit meetpunten bovenstrooms van de locatie waar de maatregelen worden uitgevoerd. Voor stilstaande wateren, of als de karakteristieken van het bovenstroomse traject bij stromend water te afwijkend zijn, moeten vergelijkbare wateren geselecteerd worden waar de maatregelen niet genomen worden;
 - vergelijken in de tijd; op de locatie waar de maatregelen genomen worden, neemt men monsters vóór (nulsituatie) en na het nemen van de maatregelen. Omdat er allerlei problemen verbonden zijn aan het vergelijken in de tijd, is het raadzaam om in dit geval ook referentiepunten te selecteren en onderzoeken. Zie verder [hoofdstuk 6](#).
- 3 Bij onderzoek naar grootschalige maatregelen (mestbeleid) of lange termijn veranderingen, zijn de drie mogelijkheden:
 - meetpunten benedenstrooms kiezen (cumulatief effect);
 - meetpunten kiezen op locaties waar geen andere veranderingen verwacht worden (bijvoorbeeld in beschermde natuurgebieden);
 - meerdere meetpunten bovenstrooms kiezen (uitmiddelen van lokale veranderingen).

Tabel 2.2 Te onderzoeken biologische kwaliteitselementen volgens de KRW

BIOL. KWALITEITSELEMENT	RIVIEREN	MEREN	OVERGANGSWATEREN	KUSTWATEREN
Fytoplankton	-	Biomassa, samenstelling en abundantie	Biomassa, samenstelling en abundantie	Biomassa, samenstelling en abundantie
Overige waterflora	Samenstelling en abundantie macrofyten en benthische kiezelwieren	Samenstelling en abundantie macrofyten	Samenstelling en abundantie angiospermen en macro-algen	Samenstelling en abundantie angiospermen en macro-algen
Benthische ongewervelde fauna	Samenstelling en abundantie macrofauna	Samenstelling en abundantie macrofauna	Samenstelling en abundantie macrofauna	Samenstelling en abundantie macrofauna
Vis	Samenstelling en abundantie	Samenstelling en abundantie	Samenstelling en abundantie	-

Representativiteit

Meestal staat een meetpunt model voor een groter deel of traject van een bepaald water. Bij de keuze van het meetpunt moet met deze representativiteit rekening worden gehouden. Dat houdt in dat het meetpunt karakteristiek moet zijn voor de situatie die men wil onderzoeken. Een veldmeting en een monster zijn immers steekproeven uit een groter geheel. Het kwaliteitsoordeel dat op basis van de meting en het monster geveld wordt, moet ook voor dat grotere geheel gelden. Of het meetpunt inderdaad representatief is, is nooit met zekerheid te zeggen. Wel kan men de kans zo klein mogelijk maken, dat het meetpunt op een a-typische locatie ligt. Hou daartoe rekening met alle relevante standplaatsfactoren.

Bij de monsternamen in het veld speelt de locatiekeuze op kleinere schaal ook nog een rol. Aangekomen op het meetpunt, moet bepaald worden welke habitats bemonsterd worden, waar de netten worden uitgezet, of waar de opname uitgevoerd wordt. Voor deze keuzes verschillen de voorschriften per flora- en fauna-groep. Details daarover zijn te vinden in de betreffende hoofdstukken.

INTERMEZZO 2.1

Tot voor kort werd onderscheid gemaakt tussen de begrippen meetpunt en meetlocatie. Een meetpunt was gedefinieerd als de plek waar een meting verricht of een monster genomen wordt. Een meetlocatie (of kortweg 'locatie' genoemd in het softwareprogramma QBWat) was een punt waaraan de geaggregeerde gegevens van meerdere meetpunten binnen één waterlichaam werden gekoppeld. Soms viel een meetlocatie samen met een meetpunt, maar een meetlocatie kon ook een fictief punt in het waterlichaam zijn (bijvoorbeeld het geografisch zwaartepunt). Vanwege de verwarring rond deze termen is het woord 'meetlocatie' nu vervangen door 'meetobject'. Dit begrip heeft alleen betekenis binnen de systematiek van de KRW. Voor het uitvoeren van hydrobiologische bemonsteringen is het niet relevant. Om de plek aan te geven waar men meet of bemonstert, kunnen de termen meetpunt, monsterpunt en meetlocatie dus door elkaar gebruikt worden. In dit handboek geven we de voorkeur aan de term meetpunt, omdat 'meten' een betere algemene aanduiding is voor de activiteiten die we op zo'n meetpunt ondernemen.

2.3.5 Meetpuntkeuze in de Kaderrichtlijn Water

De KRW geeft aanwijzingen voor de keuze van meetpunten voor de toestand- en trendmonitoring en voor de operationele monitoring. Beide monitoringsprogramma's zijn operationeel. Daarom verwijzen we kortheidshalve naar de KRW-richtlijn (Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie 2000, [bijlage V](#), paragraaf 1.3 Monitoring van de ecologische en de chemische toestand van oppervlaktewateren). Het 'Protocol Toetsen en beoordelen voor de KRW' (Torenbeek & Pelsma 2007) geeft aanwijzingen voor het aantal meetpunten in een waterlichaam, afhankelijk van het betreffende kwaliteitselement. Deze aanwijzingen zullen niet veranderen in het geactualiseerde protocol dat verschijnt in 2014, naar aanleiding van de maatlataanpassing in 2012. Ze luiden als volgt.

Fytoplankton

In principe is één meetpunt per waterlichaam voldoende. In meren wordt op twee plekken rond het meetpunt een monster genomen (zie [hoofdstuk 7](#)⁴). De verticale variatie (gelaagdheid) is hierbij een punt van aandacht.

⁴ Op grond van voorschriften geformuleerd in dit Handboek Hydrobiologie, zijn enkele aanwijzingen in het Protocol Toetsen en beoordelen uit 2007, of in de Richtlijnen Monitoring uit 2006, niet meer actueel. Deze aanwijzingen worden hier niet genoemd.

Kiezelwieren

Eén meetpunt per waterlichaam is voldoende. Op het meetpunt worden meerdere habitats (oeverplanten, waterplanten, of andere harde substraten) bemonsterd (zie hoofdstuk 9).

Vegetatie

Voor vegetatie moet het waterlichaam eigenlijk gebiedsdekkend onderzocht worden. In de praktijk komt dit neer op het kiezen van een groot aantal meetpunten in een waterlichaam (minimaal zes; afhankelijk van de grootte van het waterlichaam). Op elk meetpunt wordt een vegetatie-opname gemaakt (zie hoofdstuk 11).

Macrofauna

Voor de benthische ongewervelde fauna kunnen in een waterlichaam één of meerdere meetpunten gekozen worden, afhankelijk van de variatie binnen het waterlichaam. Op één meetpunt worden meerdere habitats bemonsterd (zie hoofdstuk 12).

Vis

Bemonstering van vis voor de KRW moet plaatsvinden volgens het voorschrift in dit handboek (zie hoofdstuk 13). Dit voorschrift is gebaseerd op de handleiding van de STOWA (2002) en de evaluatie daarvan die in 2008 heeft plaatsgevonden.

2.3.6 Frequentie in het algemeen

Bij de frequentie van bemonstering moeten we onderscheid maken tussen de frequentie binnen één jaar en de roulatie/cyclus van meetjaren. De meetfrequentie binnen een jaar is gerelateerd aan de seizoensfluctuatie van de betreffende flora- of faunagroep. De roulatie, dus om de hoeveel jaar het onderzoek plaatsvindt, heeft te maken met de snelheid waarin de betreffende flora- en faunagroepen reageren op veranderingen. Daarbij gaat het primair om veranderingen als gevolg van wijzigingen in beïnvloeding, door uitgevoerde maatregelen of door gewijzigd beheer.

De roulatie die men hanteert, kan ook het resultaat zijn van een afweging tussen aantal meetpunten en beschikbaar budget. Heeft men gekozen voor een groot aantal meetpunten, om recht te doen aan een grote verscheidenheid aan watertypen, dan zal de cyclus waarin de meetpunten worden bezocht in veel gevallen groter moeten worden (met een groter aantal jaren tussen opéénvolgende bezoeken).

Beide onderwerpen (meetfrequentie binnen een jaar en de roulatiesnelheid) komen ook aan de orde in de hoofdstukken over de verschillende flora- en faunagroepen. In hoofdstuk 6 worden hierover ook nog opmerkingen gemaakt.

2.3.7 Frequentie in de Kaderrichtlijn Water

In de KRW wordt geen onderscheid gemaakt tussen meetnetroulatie en de meetfrequentie binnen een onderzoeksjaar. In de Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater (Van Splunder *et al.* 2006) is dit onderscheid wel gemaakt. De afspraken die hierover in Nederland voor de KRW zijn gemaakt, luiden als volgt:

Meetfrequentie

- één keer per jaar behalve voor:
- fytoplankton in meren: zes keer per jaar voor biomassa, twee tot vier keer per jaar voor soortensamenstelling en abundantie (aanbevolen wordt zes keer);
- fytoplankton in overgangs- en kustwateren: zeven keer per jaar
- macrofauna in overgangs- en kustwateren: twee keer per jaar.

Meetnetroulatie

- voor toestand- en trendmonitoring: een keer per planperiode (van zes jaar).
- voor operationele monitoring: twee keer per planperiode (van zes jaar), behalve voor fytoplankton in overgangs- en kustwateren: zes keer per planperiode.

Meer details over meetfrequentie, ook van de biologische kwaliteitselementen die niet onder de KRW vallen, is te vinden in het betreffende [hoofdstuk 7 tot en met 13](#).

2.4 DATAVERWERVING

2.4.1 Inleiding

Monitoring draait om dataverwerking. De waarde van de verzamelde gegevens moet zo hoog mogelijk zijn en de gegevens moeten consistent gehouden worden. Daarom is het van belang de verwerking zoveel mogelijk steeds op dezelfde, degelijke manier te doen. Hiervoor geeft deze paragraaf enkele algemene aandachtspunten. Eerst gaan we in op de wijze van dataverwerking (voorbereiding met GIS, het gebruik van veldformulieren en labformulieren en de focus op kwantitatieve data), daarna op het belang van metadata.

2.4.2 Wijze van dataverwerking

Vorbereiding met GIS

Het is verstandig om voordat we het veld in gaan, eerst de nodige informatie over de meetpunten te verzamelen. Het GIS van de waterbeheerder bevat waardevolle informatie over het waterlichaam waarin het meetpunt ligt (type, grootte, hydromorfologische eigenschappen, eigendom, enz.) en over de omgeving (landgebruik, punt- en diffuse bronnen enz.). Deze informatie is eerder gebruikt bij het plannen van meetpunten. Met GIS kunnen handzame kaarten worden gemaakt ter voorbereiding van het veldwerk (meer over de voorbereiding van veldwerk is te vinden in [hoofdstuk 3](#)).

Focus op kwantitatieve gegevens

De KRW verlangt 'kwantitatieve' meetmethoden. Dit betekent dat de monstergrootte (bemonsterd volume of oppervlak) vastgelegd moet worden. Daar waar 'gestandaardiseerde' bemonsteringsmethoden ruimte laten voor enige mate van flexibiliteit, moet in de vorm van metadata worden vastgelegd hoe die flexibiliteit is benut. In het veld wordt dus vastgelegd welke substraten zijn bemonsterd en in welke onderlinge verhouding. De [hoofdstukken 5 en 7 tot en met 13](#) behandelen de wijze waarop gegevens worden verkregen. Voor de meeste groepen zijn dit kwantitatieve gegevens. Alleen bij kiezelwieren en sieraalgen maken de beoordelingssystemen gebruik van semi-kwantitatieve resultaten.

Veldformulieren

Om het proces in het veld te vergemakkelijken en de kans op 'vergeten' of onduidelijke data en metadata te verminderen, worden veldformulieren gebruikt. Dit kunnen zowel papieren als digitale formulieren (veldcomputer) zijn. In beide gevallen moet met alle weersomstandigheden rekening worden gehouden. Er is watervast papier in de handel en veldcomputers moeten waterdicht zijn. Bij voorkeur zijn veldcomputers voorzien van GPS (global positioning satellite) en eventueel een veld GIS toepassing met voorgeladen kaarten, waarop de ligging van de meetpunten is aangegeven.

Ieder veldformulier bestaat standaard uit drie onderdelen:

- 1 metadata over het monster (locatie, monstergrootte en dergelijke);
- 2 metadata voor de interpretatie (secundaire omstandigheden);
- 3 specifieke invulvelden voor de data, afgestemd op het kwaliteitskenmerk (soortlijsten, abundanties en dergelijke).

Tevens moet de mogelijkheid bestaan om op kaart aan te geven waar precies de monsters zijn genomen (dit hoort bij de metadata over het monster). Eventueel kunnen ook opvallende omgevingsfactoren op kaart worden ingetekend (metadata voor de interpretatie).

Alle velden op een veldformulier moeten worden ingevuld, minimaal met een aanduiding 'niet van toepassing', om te voorkomen dat velden worden overgeslagen. Het is handig om, wanneer maar enkele opties mogelijk zijn, gebruik te maken van aanvinkhokjes ('n.v.t.' is dan een van die hokjes). De in veldformulieren gebruikte begrippen moeten afgestemd zijn op de landelijk gehanteerde terminologie in AquoLex, het waterwoordenboek voor Nederland (zie [bijlage 2](#)).

Wanneer men met papieren veldformulieren werkt moet op ieder blad de code van het meetpunt en de monsternamedatum worden ingevuld (of voorafgaand aan het veldwerk op de formulieren geprint worden). Zo voorkomt men dat papieren onnavolgbaar door elkaar raken. Bovendien moet op blad 1 het totaal aantal pagina's worden aangegeven waaruit het veldformulier bestaat en moet de leider van het veldonderzoek - nog in het veld! - aantoonbaar (door middel van een paraaf) de ingevulde formulieren controleren op volledigheid en juistheid (zie ook [hoofdstuk 3](#)).

Labformulieren

Ook in het laboratorium worden handelingen verricht die van invloed zijn op de data. Monsters worden voorbehandeld of uitgezocht, geanalyseerd en gevalideerd. De gehanteerde methodes hiervoor en de keuzes die in de behandelingen worden gemaakt, moeten worden vastgelegd op een (analoog of digitaal) labformulier. Het gaat hier grotendeels om metadata (zie [paragraaf 2.4.3](#)).

2.4.3 Het belang van metadata

In het veld en in het lab moet onderscheid worden gemaakt tussen meetgegevens (de gegevens die nodig zijn om een ecologische beoordeling te doen met behulp van de maatlatten, de pure data dus) en gegevens over die meetgegevens (data over data = metadata). Een set aan bemonsteringsresultaten is van weinig waarde als we niet weten waarop die resultaten betrekking hebben. Zonder nuttige gegevens over de meetgegevens zijn bemonsteringsgegevens niet te interpreteren⁵. Daarmee vervalt ook het nut van monitoring. Het zorgvuldig vastleggen van de juiste metadata is dus essentieel.

Metadata vormen de sleutel om, voorafgaand aan interpretatie en beoordeling, de data om te zetten in informatie (we zitten nu in het rechterdeel van de monitoringcyclus). Metadata kan men onderscheiden in twee categorieën:

- 1 gegevens die direct betrekking hebben op het monster zelf (waar, wanneer, hoe, door wie, welke biologische groep, analysemethode);
- 2 gegevens die van belang zijn voor de interpretatie (de secundaire omstandigheden: hydromorfologie, weersomstandigheden enz.).

Metadata voor de monsteridentificatie

De meest voor de hand liggende metadata hebben betrekking op het meetpunt en het monstermoment: waar en wanneer is bemonsterd, in welk waterlichaam, en waar precies in dat waterlichaam, op welke datum

⁵ Het onderscheid tussen data en metadata is niet altijd eenduidig. Afhankelijk van de vraagstelling en informatiebehoefte kunnen gegevens de ene keer als data worden gekenmerkt en de andere keer als metadata. Zodra monitoringsgegevens op zichzelf geanalyseerd kunnen worden, spreken we over data en niet (voor die vraagstelling) over metadata. Voor de eisen aan het vastleggen van dit soort gegevens maakt het onderscheid weinig uit, zolang de gegevens maar eenduidig worden vastgelegd.

en op welk tijdstip? De metadata over plaats en tijd zijn zo essentieel, dat ze eigenlijk onlosmakelijk met het monster zelf verbonden zijn.

In Nederland gebruiken we GIS (geografische informatiesystemen) om de ligging en andere eigenschappen van het meetpunt op te slaan (zie [hoofdstuk 5](#) voor de bepaling van de coördinaten). Deze karakteristieken zijn doorgaans gekoppeld aan een meetpuntcode. Deze code wordt gebruikt voor de link met het meetpunt in het laboratoriuminformatiesysteem (LIMS). Hierin staan alle overige metadata voor de monsteridentificatie, inclusief de tijdstippen waarop de monsters zijn verzameld en eventueel afgevoerd.

Onderstaande lijst geeft een niet uitputtend overzicht van mogelijke metadata voor de monsteridentificatie:

- meetpuntcode;
- coördinaten (x, y, z), waarbij x en y uitgedrukt in Amersfoort-coördinaten, en z in meter + NAP;
- monstercode: de code waaronder het monster in alle overige databases geregistreerd wordt;
- datum bemonstering (eventueel start- en einddatum, bijvoorbeeld bij fuiken);
- tijdstip bemonstering (eventueel start- en eindtijd, bijvoorbeeld bij fuiken);
- monsternemer(s);
- bemonsterde groep (macrofauna, fytoplankton, kiezelwieren enz.);
- bemonsteringsmethode (techniek);
- substraten die zijn bemonsterd en het aandeel van elk;
- steekproefgrootte (bijvoorbeeld het aantal submonsters, of het monstervolume)
- datum van monsterafvoer (wanneer van toepassing).

Metadata voor de interpretatie

Voor een juiste beoordeling van de resultaten moet men een aantal zaken weten. Op de eerste plaats moet men de omstandigheden kennen waaronder de monsters genomen zijn; waren deze 'gemiddeld' of 'uitzonderlijk'. We hebben het hierbij over het weer, waterstanden en golfslag. Deze omstandigheden worden vastgelegd tijdens het veldwerk op het veldformulier (zie [hoofdstuk 3](#)).

Op de tweede plaats zijn de karakteristieken van het meetpunt en de omgeving van belang (zie [hoofdstuk 5](#)). Een duidelijk onderscheid moeten we maken tussen de vaste en de variabele kenmerken van een meetpunt. Tot de vaste kenmerken behoren de hydromorfologische kenmerken van het waterlichaam (inclusief de oeverzone en overstromingsgebied) en de beïnvloedingen die aanwezig zijn. Tot de variabele kenmerken behoren de tijdelijke omstandigheden op het tijdstip van bemonstering (en eventueel de voorgaande dagen). Alleen de laatstgenoemde moeten als metadata gerelateerd aan de monsternaam vastgelegd worden. Uiteraard biedt ieder veldbezoek ook een kans om veranderingen in de vaste kenmerken van een meetpunt vast te leggen. De hydromorfologische beschrijving van het meetpunt hoort dan ook standaard thuis in het informatiepakket dat de veldwerker bij zich moet hebben in het veld.

Op de derde plaats worden de metadata geregistreerd die betrekking hebben op de tijdstippen en de wijze waarop de monsters worden uitgezocht en geanalyseerd, en de eventuele afwijkingen hierin van de normale (gestandaardiseerde) procedures (metadata ten aanzien van de gebruikte methode). Deze registratie gebeurt op het lab op het labformulier en omvat onder meer de volgende karakteristieken:

- monstercode;
- datum van uitzoeken (bij macrofauna) of voorbehandeling (bij kiezelwieren);
- methode van uitzoeken (bij macrofauna) of voorbehandeling (kiezelwieren);
- datum van analyse (determinatie, abundantiebepaling);

- methode van analyse (verwijzing naar voorschrift);
- analist(en);
- niet-taxonomische kenmerken van aangetroffen individuen taxa (geslacht, levensstadium, fertiliteit en dergelijke);
- datum van validatie/controle/rapportage.

Met de verwijzing naar het analysevoorschrift wordt ook de benodigde informatie ontsloten over de gehanteerde taxonomie (TWN-systeem) en determinatiewerken.

Abiotische waterkwaliteitskenmerken, nodig voor de interpretatie van de biologische data, worden via de sleutelgegevens 'monstercode' en 'monsterdatum' onttrokken aan de betreffende database.

2.5 DATAMANAGEMENT

Voor goed waterbeheer is veel en adequate informatie nodig. Als bron daarvan verzamelen waterbeheerders gegevens (data). In [paragraaf 2.4](#) is uitgelegd hoe data zijn onder te verdelen in metadata (gegevens over gegevens) en 'echte' data (de meetgegevens waarin de waterbeheerder uiteindelijk is geïnteresseerd). In deze paragraaf gaan we in op het beheren van de complete verzameling van gegevens en data⁶. In [bijlage 3](#) hebben we technische informatie over databeheer opgenomen.

2.5.1 Standaardisatie

Om samenwerking tussen waterbeheerders en een soepele rapportage naar de EU mogelijk te maken, is het nodig om gegevens in standaard formaten op te slaan. Hierbij gebruikt men standaard domeinwaarden. Dit zijn vastgestelde lijsten van mogelijke waarden voor iedere parameter. Er bestaat daarbij een onderscheid tussen geografische data en niet-geografische data. Geografische data hebben vooral betrekking op de locatie van een gegevensobject. Doorgaans zijn deze data in de tijd gezien redelijk stabiel. Denk hierbij aan bijvoorbeeld leggergegevens, of de ligging van meetpunten. Niet-geografische gegevens zijn gegevens die vooral tijdsafhankelijk zijn, zoals de (reeksen van) bemonsteringsgegevens op een bepaald meetpunt.

Geografische gegevens

Geografische gegevens worden in een geografisch informatiesysteem (GIS) opgeslagen. Op Europees niveau bestaan afspraken over standaarden voor het opzetten en onderhouden van GIS toepassingen. Deze zijn vastgelegd in de INSPIRE richtlijn. De InformatieDesk standaarden Water (IDSW) vertaalt deze verplichtende richtlijn naar het Nederlandse waterbeheer en heeft ook in Europa een leidende rol in de implementatie. IDSW geeft een nieuwsbrief uit waarop men zich kan abonneren (zie [bijlage 2](#)).

Niet-geografische gegevens

Niet-geografische gegevens kunnen op diverse manieren worden opgeslagen. Relationele databases zijn hiervoor tegenwoordig de standaard. Relationele databases bieden uitstekende mogelijkheden om grote datasets te beheren, te valideren en beschikbaar te maken voor statistische analyse. Bovendien maken zij het eenvoudiger om de opslag van gegevens te standaardiseren. Hierdoor vergemakkelijken zij de uitwisseling en vergelijking van gegevens van verschillende waterbeheerders. Helaas heeft niet iedere

⁶ Databases maken overigens geen onderscheid tussen data en metadata in de manier van opslaan van deze gegevens. Dit onderscheid is enkel van (groot) belang voor de gebruikers van de data.

waterbeheerder al de beschikking over een geschikte relationele database. Daarom worden vaak spreadsheets gebruikt. Spreadsheets bieden relatief weinig mogelijkheden om de kwaliteit van de gegevens te waarborgen (bijvoorbeeld door controle op de correcte naamgeving van soorten en de juistheid van ingevoerde getalswaarden). Er zijn in spreadsheets wel bepaalde geautomatiseerde controles mogelijk, maar deze zijn veel minder goed ontwikkeld dan in relationele databases. Bovendien is een spreadsheet minder toegankelijk bij het analyseren van resultaten van uiteenlopende meetpunten en tijdstippen.

Voor het analyseren van resultaten van verschillende gegevensverzamelaars is standaardisatie nodig. Ook in het geval van niet-geografische gegevens is IDSW hiervoor de toonaangevende partij in Nederland. Een toelichting op de activiteiten en producten van IDSW in dit verband, is opgenomen in [bijlage 3](#). IDSW biedt standaarden op het gebied van waarnemingssoorten⁷, gegevensmodellen voor databases (Logisch Model Aquo - LMA) en definities van begrippen (AquoLex). Ecologen en databeheerders van de waterbeheerders zijn samen verantwoordelijk voor de implementatie van de standaarden en richtlijnen van IDSW.

Metadata gestructureerd opslaan

Het is zaak dat in databases ook efficiënt wordt omgegaan met metadata. Het is niet voldoende om metadata als tekst in beschrijvende velden op te slaan. Voor de analyse van gegevens moet gebruik worden gemaakt van vaste velden voor metadata en corresponderende domeintabellen⁸ waar dat mogelijk is. Dit verkleint de kans op fouten (bijvoorbeeld tikfouten) en vergroot de mogelijkheden om efficiënt data te selecteren en te analyseren enorm.

2.5.2 Invoer, uitwisseling en validatie van data

Stapsgewijze validatie

Goed waterbeheer is afhankelijk van correcte en volledige informatie. Validatie van correctheid en volledigheid is dan ook van groot belang in iedere stap van het proces van gegevensverzameling:

- bij de verzameling van nieuwe gegevens in het veld, het lab, of achter het bureau;
- bij iedere stap waarin data worden doorgevoerd naar een ander platform (bijvoorbeeld van papier naar digitaal, of van eigen database naar die van een andere waterbeheerder);
- bij uitwisseling van geografische gegevens met het KRW-Portaal.

Bij iedere overdracht van data is een degelijke validatie van vitaal belang.

Validatie van gegevensinvoer in de veldcomputer

Het invoeren van data in een database kan op verschillende manieren gebeuren. Bij het gebruik van een veldcomputer maakt men gebruik van standaard taxonlijsten waaruit een keuze wordt gemaakt. Hierbij kunnen aanwijfsfouten optreden. Tikfouten zijn minder waarschijnlijk, behalve bij het intoetsen van de meetwaarde en het toevoegen van een nieuwe soort. Wanneer vervolgens alle digitale veldgegevens worden overgenomen in een kantoordatabase, is een eenvoudige maar robuuste importfunctie doorgaans voldoende om nieuwe fouten te voorkomen. De validatie moet er in dit geval op gericht zijn aanwijfsfouten en tikfouten in het veld te achterhalen en te corrigeren. Dit is handwerk. Het controleren op invoerfouten komt verderop aan de orde.

⁷ Een waarnemingssoortnummer is een combinatie van Parameter, Eenheid en Hoedanigheid, Compartiment, Taxon en Orgaan. Deze combinatie geeft met één nummer weer wat is waargenomen en in welke omgeving. Bijvoorbeeld het nummer WNS2323 staat voor een waarneming in het oppervlaktewater van 'stikstof Kjeldahl' (NKj) uitgedrukt in mg/L stikstof

⁸ Een domeintabel is een tabel met alle toegestane waarden van een variabele, bijvoorbeeld een soortlijst met alle mogelijk voorkomende vissoorten.

Validatie van gegevensinvoer in de lab- of kantoorcomputer

Bij het gebruik van een telprogramma op het lab, of bij de invoer vanaf papieren veld- of labformulieren, zal men in de database ook weer standaard taxonlijsten aantreffen. Hieruit kiest men de juiste taxa, waarbij foutieve aanwijzingen kunnen optreden waarop gecontroleerd moet worden. Tevens moet op tikfouten worden gecontroleerd bij het invoeren van de meetwaarden en als nieuwe taxa zijn toegevoegd. Dit controleren op invoerfouten gebeurt in de database.

Validatie van data in de database

Bij ingevoerde gegevens in een database, kan men onderscheid maken in twee categorieën fouten:

- 1 fouten als gevolg van analyse- of meetfouten (bijvoorbeeld determinatiefouten);
- 2 fouten als gevolg van invoer en (digitale) opslag (bijvoorbeeld verkeerde codes of meetwaarden).

Beide categorieën fouten moeten worden gecontroleerd en waar nodig gecorrigeerd. De eerste categorie is lastig en zal veelal handwerk vragen. De tweede categorie kan vaak in de database digitaal worden uitgefilterd.

In de praktijk kunnen vier fasen van validatie worden onderscheiden (let op: zowel metadata als de echte data moeten worden gevalideerd):

- 1 opsporing van *mogelijke* fouten;
- 2 controle of inderdaad sprake is van een fout;
- 3 correctie van fouten;
- 4 documentatie van het validatieproces (zodat het later niet opnieuw hoeft te worden gedaan, of zelfs ongedaan wordt gemaakt).

AD 1 Meestal kan geautomatiseerd een analyse worden gedaan om fouten op te sporen. Dit geldt niet voor determinatiefouten die kunnen ontstaan, ondanks de voorzorgmaatregelen zoals eerste-, tweede-, en derdelijnscontrole (zie [paragraaf 2.6](#)). Waar mogelijk moeten de monsterresultaten worden vergeleken met gevalideerde eerdere resultaten op hetzelfde meetpunt. Deze controle kan deels automatisch en deels handmatig plaatsvinden. Nieuwe soorten kunnen automatisch worden gedetecteerd door de software, de validatie daarvan vindt handmatig plaats in stap twee.

AD 2 Nieuwe soorten moeten altijd gecontroleerd worden, evenals plotseling in de tijd optredende verschillen in abundantie. Bij nieuwe soorten of, algemener, nieuwe taxa of waarnemingssoorten, moet worden gecontroleerd of het juiste determinatieniveau is gehanteerd en of de juiste determinatiewerken en naamgeving zijn gebruikt. Bij abundanties is een controle van de toegepaste schaal van belang. Voor chemische data kan de werkwijze van [bijlage 4](#) gevolgd worden. Als een gegeven fout is bevonden, wordt stap drie genomen. Anders gaat men door naar stap vier.

AD 3 Indien inderdaad een fout geconstateerd is in stap twee, wordt de waarde in de database aangepast. Het kan ook zijn dat de opvallende waarde, gedetecteerd in stap een, in stap twee correct bevonden is. In beide gevallen moet stap vier worden doorlopen. Dit geldt dus voor alle (!) data die gevalideerd zijn.

AD 4 In een database moet worden vastgelegd of en hoe de data zijn gevalideerd. De technische uitwerking daarvan kan tot metadata per gegeven of per gegevensset leiden; dit kan per softwarepakket verschillen. Zo is voor iedereen duidelijk dat controles zijn uitgevoerd, ook wanneer dit niet tot correcties heeft geleid. Als wel correctie plaatsvindt, moet het type correctie worden vastgelegd, liefst met vermelding van de originele waarde. IDSW werkt op het moment van schrijven van dit handboek aan een standaardisatie

van het documenteren van de betrouwbaarheid van de meetwaarde. Waarschijnlijk wordt hiervoor de domeintabel Kwaliteitsoordeel-Meetwaarde gebruikt. Hierin kan in de toekomst eenduidig worden aangegeven welke boodschap een bepaalde 'vlag' bij een meetwaarde heeft. In het ideale geval is dit uiteraard 'gecontroleerd en correct bevonden'.

Validatie bij uitwisseling van data

De validatie bij uitwisseling van data tussen databases, kan voor een deel geautomatiseerd plaatsvinden. Door gebruikmaking van de module UM-Aquo (UitwisselingsModel-Aquo) kan automatisch worden gefilterd op een groot aantal fouten. Waarden die niet in de domeintabellen voorkomen (bijvoorbeeld een verkeerd gespelde soortnaam of stofnaam), worden gevlagd (zie ook [bijlage 4](#)). De fouten die UM-Aquo in datasets constateert, worden onder elkaar gezet in de output; de originele dataset wordt niet aangepast. Het is dan ook noodzakelijk dat de ontvangende partij de leverancier van de data op de hoogte brengt van geconstateerde fouten. Dan is laatstgenoemde in staat om waar nodig de fouten in de brondata te herstellen.

De vraag of uit te wisselen data geschikt zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen, moet beantwoord worden door de leverancier van de gegevens en de ontvanger. Om dit te kunnen beoordelen worden bij voorkeur eerst de metadata over gehanteerde methoden, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid en dergelijke uitgewisseld. Ervaren ecologen kunnen vervolgens beoordelen welke data gebruikt kunnen worden voor het onderzoek in kwestie.

Verantwoordelijkheden bij validatie

In het validatieproces hebben de verzamelaars van de data, de veldwerkers en de analisten, een belangrijke rol. Waarden die tijdens de validatieprocedure als onbetrouwbaar worden aangemerkt, moeten handmatig worden gecontroleerd door de personen die daadwerkelijk bij de gegevensverwerking betrokken zijn geweest (veldwerkers en analisten). Daarna volgt eventueel een correctie. Deze verantwoordelijke personen zien er tevens op toe, dat alle verzamelde gegevens worden ingevoerd in de database.

Plausibiliteitscontrole door de onderzoeker

Ook al wordt gezegd dat de data gevalideerd zijn, een onderzoeker moet altijd de data controleren op plausibiliteit (aannemelijkheid), voordat hij een dataset gaat gebruiken. Een praktisch protocol voor controle van getalsmatige data in gegevensbestanden van meetnetten, geeft de Leidraad Monitoring (CIW 2001, pp 101-105). Dit protocol onderscheidt tenminste zes typen van fouten of inconsistenties:

- 1 invoerfouten/typefouten;
- 2 uitschieters;
- 3 detectielimieten;
- 4 meeteenheden;
- 5 verwisselingen van monsters;
- 6 fouten in bemonstering, opslag, transport en analysemethoden.

In [bijlage 4](#) (overgenomen uit de Leidraad Monitoring) is voor al deze typen aangegeven hoe fouten kunnen worden gedetecteerd en gecorrigeerd. In [hoofdstuk 6](#) wordt ingegaan op een aanvullende controle van data, voordat deze gebruikt worden in statistische analyses.

Waarden die buiten de controle-intervallen liggen en op grond daarvan als onbetrouwbaar werden aangemerkt, moeten in de database worden voorzien van een zogenaamde 'vlag' en een uitleg. Vervolgens kunnen zij meegenomen worden in de statistische analyse of presentatie.

2.5.3 Verwerking van gegevens en presentatie

De verwerking en presentatie van gegevens vindt plaats in het rechterdeel van de monitoringcyclus. Deze onderwerpen komen uitgebreid aan de orde in [hoofdstuk 6](#) van dit handboek.

Voor de toepassing van hydrobiologisch onderzoek in het waterbeheer zijn op veel plaatsen methoden en instrumenten ontwikkeld om gegevens te verwerken en interpreteren. Veel hiervan zijn tegenwoordig geïntegreerd in de Aquo-kit.

Aquo-kit

De Aquo-kit is ontwikkeld voor iedereen die gegevens toetst, verwerkt of rapporteert, of op andere wijze betrokken is bij één van de processen uit de monitoringcyclus. Aquo-kit is een gereedschapskist die voortdurend in ontwikkeling is, met steeds meer en betere tools. De Aquo-kit verenigt de functionaliteit van verschillende (bestaande) systemen in één nieuwe geïntegreerde omgeving. Het is in feite de digitale werkplaats voor waterbeheerders om met (eigen) data aan de slag te gaan. Standaardisatie van gegevensbeheer is hiervoor natuurlijk onontbeerlijk.

Wie zijn gegevens in de Aquo-kit brengt heeft toegang tot de juiste tools om gegevens te verwerken, te toetsen (aan de actuele normen) en om rapportages volgens de vereiste formats op te maken. Aquo-kit is een modulair en flexibel concept: de gebruiker neemt alleen die instrumenten uit de Aquo-kit die hij nodig heeft. De deelnemende instrumenten en beoordelingssystemen zijn op dit moment: iBever/Notove, Towabo, QBwat, EBeoSys, iWSR, UM-Aquo, KRW portaal en Normen Zoeksysteem.

Aquo-kit is géén nieuwe centrale database; de gegevens blijven opgeslagen bij de bron, in de databases van de waterbeheerders zelf en eventueel in centrale databases als Limnodata en Piscaria. Hierdoor is op ieder willekeurig moment de meest recente informatie elektronisch opvraagbaar en kunnen wettelijk vereiste rapportages met een minimum aan inspanning worden samengesteld. Beoordelingsresultaten kunnen wel worden opgeslagen in Aquo-kit, om rapportages verder te vergemakkelijken.

2.5.4 Onderhoud

Databases

Onderhoud van databases (zowel van de databasestructuur als van de datasets) moet op diverse niveaus plaatsvinden. Decentraal, bij iedere waterbeheerder, moeten individuele databases worden onderhouden. Dat betekent bijvoorbeeld dat wordt bijgehouden welke codes binnen domeintabellen niet meer geldig zijn en welke codes zijn toegevoegd. Om een voorbeeld te noemen: door samenvoeging van twee waterschappen wordt een nieuwe naam geïntroduceerd en vervallen de oude namen van deze schappen.

Domeintabellen

Op centraal niveau is IDSW verantwoordelijk voor het bijhouden van domeintabellen. Ook houdt IDSW zich bezig met doorontwikkeling en onderhoud van uitwisselmodellen en validatieregels. IDSW communiceert ontwikkelingen naar alle betrokkenen.

Op decentraal niveau is de databasemanager van iedere waterbeheerder verantwoordelijk voor het up to date houden van domeintabellen. Dit kan geheel of gedeeltelijk gebeuren door de softwareleverancier van de databases.

Om volledig bij te blijven is het van groot belang dat iedere databeheerder van waterbeherende organisaties zich bekendmaakt bij IDSW. Dit kan via de contact optie op de website van IDSW (zie [bijlage 2](#)). Alleen dan kan alle informatie met betrekking tot centraal en decentraal onderhoud ook daadwerkelijk worden uitgewisseld.

2.5.5 Programmatuur

In Nederland worden verscheidene programma's gebruikt voor het opslaan van data in het waterbeheer. IDSW werkt nauw samen met de leveranciers van deze programma's (databases en beoordelingssoftware):

- Dawaco;
- Donar;
- Ecolims;
- Ecobase;
- iBever;
- Limnodata Neerlandica;
- Piscaria;
- EBeosys;
- QBWat;
- Turboveg.

Al deze programma's hanteren domeintabellen die compatibel zijn met UM-Aquo. Verder gebruiken zij een soortenlijst die compatibel is met de soortenlijst Taxa Waterbeheer Nederland (TWN), of dit korte termijn zal worden. Database software kan overigens in aanvulling op UM-Aquo domeintabellen, ook nog eigen domeintabellen hebben in verband met daaraan gerelateerde functionaliteiten.

Het verdient aanbeveling om in de softwareontwikkeling en in UM-Aquo meer aandacht te besteden aan standaardisatie van de opslag van metadata. Dit vanwege het belang van correcte en volledige metadata voor een goede interpretatie van gegevens en een goede informatievoorziening richting waterbeheerders en beleidsvormers. Uiteraard zijn de databaseontwikkelaars hiervoor volledig afhankelijk van de hydrobiologen die de gegevens verzamelen, analyseren en interpreteren. Op dit moment bestaan er verschillende uitwerkingen van de opslag van sommige metadata in de verschillende softwarepakketten. Een eerste stap op de goede weg bestaat uit het invoeren van gestandaardiseerde en volledige veldformulieren en de implementatie van de bijbehorende domeintabellen in de databases en in Aquo.

2.6 MEETONZEKERHEID EN KWALITEITSBORGING

Meetonzekerheid heeft te maken met de betrouwbaarheid en precisie van de resultaten van metingen en analyses, als gevolg van systematische en toevallige fouten in de gegevensverwerking.

De meetonzekerheid is afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee een medewerker de bemonsteringen en analyses uitvoert. Een goede opleiding van deze personen is een eerste vereiste. Voorschriften voor de bemonsterings- en analysemethode zijn een tweede vereiste om de meetonzekerheid zo klein mogelijk te maken. Daarnaast spelen de gebruikte apparatuur (bijvoorbeeld kwaliteit van de microscopen) en de determinatiewerken een rol. Via eerste-, tweede- en derdelijnscontrole is de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid te vergroten. Bij een eerstelijnscontrole controleert de medewerker zichzelf, of wordt tijdens een analyse door een tweede persoon meegekeken. Een tweedelijnscontrole houdt in, dat door twee personen onafhankelijk van elkaar een zelfde monster wordt geanalyseerd. Derdelijnscontrole betreft ringonderzoek, waarbij verschillende laboratoria eenzelfde monster analyseren. De eerstelijnscontrole kan direct effect hebben op de analyseresultaten. De tweede en derdelijnscontrole kunnen effect hebben op de kwaliteit van toekomstige analyseresultaten. In de hoofdstukken over de verschillende biologische kwaliteitselementen ([hoofdstuk 7 tot en met 13](#)), is de kwaliteitsborging in detail beschreven.

2.7 NATUURLIJKE VARIATIE

Bij biologische kwaliteitselementen speelt ook natuurlijke variatie een rol. Hierbij is onderscheid te maken tussen variatie in de ruimte en in de tijd. Bij de meeste onderzoeksvragen, gericht op trends, zijn we niet geïnteresseerd in deze natuurlijke variatie en zorgt hij alleen voor een onwelkome ruis. In [hoofdstuk 6](#) bespreken we in meer detail hoe nadelige effecten van deze ruimtelijke en temporele variatie vermeden kunnen worden.

Variatie in de tijd

In het algemeen is sprake van een seizoensvariatie, waarvan de grootte mede afhankelijk is van de duur van de levenscyclus. Daarnaast kan er een jaarlijkse variatie zijn onder invloed van klimatologische of andere externe factoren.

Verschillen als gevolg van deze natuurlijke fluctuaties in de tijd zijn te verkleinen door:

- de meetfrequentie te verhogen. Dit betekent: vaker meten in een onderzoeksjaar of de cyclus van meetjaren te verkleinen;
- de monsters van verschillende meetpunten zoveel mogelijk in dezelfde periode te nemen. De variatie in tijd wordt op deze manier geëlimineerd.

Variatie in de ruimte

Soorten zijn meestal niet evenredig over de ruimte verdeeld. Dit heeft te maken met verschil in standplaatsfactoren (voorkeur voor micro-milieus, habitats) en met het gedrag van soorten (fourageergedrag, migratie, dispersie enz). Ook kan variatie in de beschikbaarheid van voedsel een rol spelen. Verschillend als gevolg van een natuurlijke variatie in de ruimte zijn te verkleinen door:

- grotere monsters te nemen;
- meer habitats te bemonsteren;
- meer meetpunten in een waterlichaam te kiezen.

2.8 LITERATUURVERWIJZINGEN

- Beijerinck W (1926) Over verspreiding en periodiciteit van de zoetwaterwieren in Drentsche heideplassen: bijdrage voor het samenstellen eener Nederlandsche wierenflora (PhD thesis). *Verh Kon Ned Akad Wetensch Afdeling Natuurkunde, Tweede Sectie* 25(2): 5-211.
- CIW (2001). *Leidraad Monitoring. Definitief rapport*. Commissie Integraal Waterbeheer., 364 pp.
- De Lange L & De Rooter MA (red) (1977) *Biologische waterbeoordeling. Methoden voor het beoordelen van Nederlands oppervlaktewater op biologische grondslag*. Werkgroep Biologische Waterbeoordeling. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO. 251 pp.
- Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie (2000). *Richtlijn 2000/60/EG van het Europees parlement en de raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid*. (Kaderrichtlijn Water). Brussel. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, 22-12-2000.
- Havinga B (1919) *Studiën over flora en fauna van het Zuidlaarder Meer. Bijdrage tot de kennis van de biologie der Nederlandsche meren*. Proefschrift RU Groningen. 188 pp.
- Hoek PPC (1898) Het Zoölogisch Station der Nederlandsche Dierkundige Vereniging in 1897. *Tijdschr Ned Dierk Ver* 2(6): 3-11.
- Moller Pillot HKM (1971) *Faunistische beoordeling van de verontreiniging in laaglandbeken*. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. Pillot-Standaardboekhandel, Tilburg. 286 pp.
- Redeke HC (1948) *Hydrobiologie van Nederland* Posthume uitgave. C.V. Uitgeverij v/h de Boer jr. Amsterdam. 580 pp.
- STOWA (2002) *Visstandbemonstering*. STOWA Boekenreeksnummer 2007-07. 201 pp.

- STOWA (2006) *Handboek Nederlandse Ecologische Beoordelingssystemen (EBEO-systemen). Deel A: Filosofie en beschrijving van de systemen*. Rapport 2006-04, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht. 255 pp.
- Torenbeek R & Pelsma T (2007) *Protocol toetsen en beoordelen voor de Operationele Monitoring en Toestand- en Trendmonitoring*. Werkgroep MIR. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 64 pp.
- UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment (1996) *Guidelines on water quality monitoring and assessment of transboundary rivers*. RIZA rapport nr. 96.034. 82 pp.
- Van Breemen PJ (1905) *Plankton van Noordzee en Zuiderzee* (PhD thesis). Universiteit van Amsterdam. E.J. Brill, Leiden. 180 pp.
- Van Splunder I, Pelsma TAHM, Bak A (red) (2006) *Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater Europese Kaderrichtlijn Water*. Versie 1.3. 91 pp.