

# HANDLEIDING MONITORING BEEKHERSTEL



2015  
11

HANDLEIDING VOOR HET MONITOREN VAN  
EFFECTEN VAN BEEKHERSTELPROJECTEN

**stowa**

# HANDLEIDING MONITORING BEEKHERSTEL



**HANDLEIDING VOOR HET MONITOREN VAN  
EFFECTEN VAN BEEKHERSTELPROJECTEN**

# COLOFON

## UITGAVE

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

## AUTEURS

Bart Reeze (Ecofide) en John Lenssen (Waterschap Rijn en IJssel)

## TOTSTANDKOMING

De handleiding is tot stand gekomen op initiatief van en met medewerking van een groot aantal betrokkenen bij de waterschappen. Op 1 oktober 2012 is met vertegenwoordigers van de meeste 'beek-waterschappen' een analyse gemaakt van de praktijk van metingen aan beekherstel door waterschappen. Dit heeft geleid tot een projectvoorstel voor het opstellen van de handleiding.

De handleiding is opgesteld in nauwe samenwerking met de gebruikers, vertegenwoordigd in een begeleidingsgroep. Deze begeleidingsgroep bestond uit Steven Verbeek (Waterschap Noorderzijlvest), Ron Schippers (Waterschap De Dommel), Jeroen van Mil (Waterschap Peel- en Maasvallei), Bas van der Wal (STOWA) en John Lenssen (Waterschap Rijn en IJssel).

Daarnaast is een concept van de handleiding voorgelegd aan enkele experts op het gebied van hydrologie, morfologie en ecologie: Gilbert Maas (Alterra WUR), Roy Laseroms (LWRO) en Piet Verdonschot (Alterra WUR). Naar aanleiding van hun commentaar is de handleiding aangepast. De experts hebben tevens een bijdrage geleverd in de vorm van tekstbijdragen.

Tenslotte is geen enkel product perfect en zijn ook de ideeën over monitoring aan verandering onderhevig. De auteurs beschouwen de handleiding daarmee als een levend document dat bijgesteld moet worden als de praktijkervaringen of nieuwe kennis daar aanleiding toe geven. De auteurs/STOWA houden zich daarom aanbevolen voor verbeteringen van het document.

## WEBSITES

[www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)  
[www.beekenrivierherstel.stowa.nl](http://www.beekenrivierherstel.stowa.nl)  
[www.watermozaiek.nl](http://www.watermozaiek.nl)

## VORMGEVING

Vormgeving Studio B, Nieuwkoop

## FOTOGRAFIE

Erik Binnendijk 27 | Jeroen van Mil 10, 29 | Bart Reeze 8 | Eelke Schoppers 6, 52 |  
Steven Verbeek omslag, 12, 16, 32 |

STOWA 2015-11

ISBN 978.90.5773.668.1

AMERSFOORT, MEI 2015

#### COPYRIGHT

Teksten uit dit rapport mogen worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor rapporten in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

#### DISCLAIMER

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

## STOWA IN HET KORT

**STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk- juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.**

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

### **DE MISSIE VAN STOWA IS:**

**Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.**

## TEN GELEIDE

**Tot laat in de vorige eeuw zijn veel beken in Nederland verbreed, verdiept en rechtgetrokken om de afvoercapaciteit te vergroten. Nu, pas een halve eeuw later, ervaren we daarvan de nadelen. Bekken voeren het water soms te snel af en draineren het omliggende land te sterk. In andere gevallen vormen stuwen migratiebarrières en leiden die stuwen tot stagnatie van water- en sedimentstromen. De landschappelijke én ecologische kwaliteit van beken is op veel plaatsen sterk afgenomen; karakteristieke beekdalflora en -fauna is verdwenen.**

De waterbeheerders hebben de ambitie de beken en rivieren te revitaliseren. Hun activiteiten op dit terrein hebben een extra impuls gekregen na de invoering van de Europese Kaderrichtlijn water. Tot op heden is al ca. 1.500 kilometer beek hersteld. Gepland is om tot 2027 nog eens ca. 1.000 kilometer te herstellen. De investeringen die daarmee gemoeid zijn, rechtvaardigen het dat de resultaten van de beekherstelprojecten gedegen gevolgd worden. Over faal- en succesfactoren bij beekherstel is weliswaar al veel wel bekend, maar veel ook niet.

Goede monitoring levert informatie over de ontwikkelingen in en om de beek. Gevolgd kan worden of het herstel inderdaad leidt tot betere randvoorwaarden voor de gewenste flora en fauna en tot hogere ecologische waarden. Monitoring levert echter ook kennis op over de mate waarin beekherstel van invloed is op andere functies dan ecologie.

De STOWA zal de kennis bundelen en ontsluiten. Dat doen we bijvoorbeeld via het systeem van 'ecologische sleutelfactoren' en in de reeks van publicaties die we maken over beekherstel; het 'beekfeuilleton'.

De praktijk is dat er ten opzichte van de investeringskosten relatief weinig budget beschikbaar is voor monitoring. Daarbij komt dat de meetprogramma's geïsoleerd, per project, worden opgezet, hetgeen de uniformiteit niet ten goede komt. Om de waarde van de monitoringsprogramma's te verhogen en de mogelijkheden voor het uitwisselen van resultaten te vergroten, is het gewenst om de monitoringinspanning beter af te stemmen. De voorliggende handleiding is daartoe een aanzet. De handleiding doet suggesties voor een meetopzet en beschrijft voor een aantal parameters meer in detail hoe gemeten moet worden.

Deze handleiding stimuleert de kwaliteit van de monitoring van beekherstelprojecten. De daarbij opgedane kennis zal bijdragen aan beter begrip over de maatregel-effectrelaties bij beekherstel en daarmee aan effectiever en doelmatiger waterbeheer.

Joost Buntsma,  
*directeur*



# INHOUD

Colofon	2
STOWA in het kort	4
Ten geleide	5
<b>1. INLEIDING</b>	<b>8</b>
1.1 De handleiding in kort bestek	9
1.2 Monitoring van beekherstel is nodig	9
1.3 Doel	9
1.4 Doelgroep	9
1.5 Eén voor allen, allen voor één?	10
1.6 Projectmonitoring en de EU-Kaderrichtlijn Water (KRW)	10
1.7 Algemene uitgangspunten	11
1.8 Opzet van de handleiding (leeswijzer)	11
<b>2. MONITORINGPLAN</b>	<b>12</b>
2.1 Monitoringplan versus meetplan	13
2.2 Onderdelen van het monitoringplan	13
2.3 Doelen van projectmonitoring	14
<b>3. MEETPLAN [MEETNET-ONTWERP]</b>	<b>16</b>
Stap 1: Inventariseer geformuleerde projectdoelen	17
Stap 2: Ontwikkel een relatieschema met doelparameters en stuurfactoren	17
Stap 3: Bepaal de globale omvang in ruimte, tijd en geld	20
Stap 4: Bepaal de meetdoelen (SMART)	21
Stap 5: Kies prestatie-criteria	22
Stap 6: Selectie van parameters en bijbehorende methoden	22
Stap 7: Maak een meetnet-ontwerp	26
Stap 8: Verbeter het ontwerp	30
Van meetnetontwerp naar monitoringplan	31
<b>4. TOELICHTING PER PARAMETER</b>	<b>32</b>
4.1 Systeem	33
4.2 Stroming	35
4.3 Structuren	39
4.4 Stoffen	44
4.5 Schonen	44
4.6 Soorten	44
<b>5. BASIS MEETNET-ONTWERP</b>	<b>52</b>
Referenties	56
Bijlage 1 Veldformulier voor de meetpuntbeschrijving	58



## 1. INLEIDING



### 1.1 DE HANDLEIDING IN KORT BESTEK

De handleiding is bedoeld als praktische leidraad voor medewerkers van waterschappen en terreinbeheerders die verantwoordelijk zijn voor de projectmonitoring en/of routinematige monitoring. De handleiding biedt deze medewerkers een handreiking bij het opstellen van een monitoringplan. Hierbij is aandacht besteed aan de inhoudelijke uitwerking van het monitoringplan, maar ook aan de inbedding van de monitoring in de planvorming en bij de uitvoering en de nazorg van een herstelproject.

### 1.2 MONITORING VAN BEEKHERSTEL IS NODIG

In Nederland worden sinds de jaren '90 uit de vorige eeuw herstelprojecten uitgevoerd aan beken. Sommige daarvan zijn succesvol gebleken. Veelal blijft het succes echter achter bij de verwachtingen.

Om vast te kunnen stellen of een herstelproject succesvol is geweest, is monitoring nodig. Het blijkt dat de meeste beekherstelprojecten in de praktijk niet gevolgd worden. Na de aanleg verdwijnt vaak de aandacht voor het project. Na overdracht aan de beheerder worden ze als afgerond beschouwd, ook financieel. Van deze projecten kan niet worden vastgesteld of ze succesvol zijn geweest.

Daarnaast blijkt dat ook van de projecten die wel gevolgd worden, het succes nauwelijks vastgesteld kan worden. Een belangrijke schakel blijkt hierbij vaak het ontbreken van helder omschreven projectdoelen. Doelen zijn vaak algemeen en niet specifiek omschreven, waardoor toetsing achteraf nauwelijks mogelijk is. Daarnaast zijn er vaak onvoldoende gegevens van de situatie vóór de ingreep bekend en wordt de monitoring vrij snel na aanleg beëindigd (vaak binnen een periode van 5 jaar).

Tenslotte blijkt het lastig om de resultaten van de projecten die wél gemonitord zijn met elkaar te vergelijken. In de praktijk wordt in vergelijkbare situaties voor een verschillend meetnet-ontwerp gekozen. Dan blijken de gekozen parameters, meetfrequenties en meetmethoden zodanig te verschillen dat de resultaten niet met elkaar vergeleken kunnen worden. Hierdoor is het op dit erg lastig om het succes van beekherstelprojecten in Nederland te evalueren en te leren van ervaringen van anderen.

### 1.3 DOEL

Het doel van dit monitoringprotocol is drieledig:

- Het stimuleren van waterbeheerders om beekherstelprojecten te monitoren.
- Het begeleiden van waterbeheerders bij het opzetten van een kosten-effectief monitoringplan van hun beekherstelprojecten.
- Het zoveel mogelijk uniformeren van het meetnet-ontwerp bij beekherstelprojecten met vergelijkbare doelstellingen.

Het volgen van de monitoringhandleiding leidt bovendien tot:

- Kennisopbouw over de effectiviteit van beekherstelmaatregelen.
- Het vergroten van het (ecologisch) succes van beekherstel in Nederland.

### 1.4 DOELGROEP

De handleiding monitoring beekherstel is bedoeld voor regionale waterbeheerders en terreinbeheerders die betrokken zijn bij de uitvoering van beekherstelprojecten. Voor de monitoring van herstelprojecten in grote rivieren (Rijkswateren) wordt verwezen naar de Richtlijn Projectmonitoring (inrichtingsprojecten Rijkswateren) (Bak et al., 2010).

### 1.5 EÉN VOOR ALLEN, ALLEN VOOR ÉÉN?

Beken zijn verschillend. Er zijn heuvellandbeken en laaglandbeken, beken die voornamelijk door regenwater worden gevoed of ook door kwelwater, er zijn beken met een groot stroomgebied en met een klein stroomgebied, etc. Ook de omgeving van de beek kan verschillen. De ene beek ligt voornamelijk in agrarisch gebied, de andere in een natuurgebied of loopt deels door stedelijk gebied. Ook de manier hoe de mensen in een gebied tegen een beek en beekherstel aankijken, kan verschillen: in het ene gebied wat positiever, in een ander gebied wat sceptischer.

Ook beekherstelprojecten en de aard van de maatregelen zijn verschillend. In het ene geval wordt een hele beek of een groot beektraject aangepakt en vergraven, in het andere geval maar een klein stukje. Bij sommige projecten wordt de beek zelf ongemoeid gelaten en spitzen de maatregelen zich voornamelijk toe op de afvoerhydrologie; bij andere projecten wordt alleen de oever afgegraven, hout ingebracht of het beheer en onderhoud aangepast.

Tenslotte zijn ook de doelen van beekherstel verschillend. Algemene doelen betreffen vaak het 'herstel van de aquatische levensgemeenschap', 'herstel van natuurlijke processen' of 'verbetering van de ecologische toestand', meestal gekoppeld aan de EU Kaderrichtlijn Water. Andere projecten hebben een meer specifiek doel zoals bijvoorbeeld het herstel van habitat voor een bepaalde vissoort, het verhogen van de stroomsnelheid of het vergroten van de kwelstroom naar het beekdal.

Het zal duidelijk zijn dat er geen algemeen meetnet-ontwerp is dat toegepast kan worden op alle mogelijke situaties: monitoring van beekherstel is en blijft maatwerk. Daarentegen zijn er wel een aantal algemene principes die van toepassing zijn op alle monitoringprojecten. In de handleiding zijn deze algemene principes opgenomen in de vorm van een stappenplan: zaken waar je aan moet denken om tot een passend meetnet-ontwerp te komen. Bovendien zijn er ondanks de verschillen tussen beken ook veel overeenkomsten in de hydrologische, morfologische en ecologische processen. Door een betere afstemming bij de keuze van de parameters en bijbehorende meet- en presentatiemethode is het mogelijk meer van elkaar te leren. In de handleiding is een voorselectie gemaakt uit de veelheid van mogelijke parameters en methoden. Tenslotte zijn tabellen uitgewerkt die als basis kunnen dienen voor het meetnet-ontwerp.



### 1.6 PROJECTMONITORING EN DE EU-KADERRICHTLIJN WATER (KRW)

De projectmonitoring die voortvloeit uit dit protocol kan worden beschouwd als een aanvulling op de operationele monitoring vanuit de EU Kaderrichtlijn Water (KRW). Operationele monitoring heeft onder meer tot doel om wijzigingen in de toestand als gevolg van maatregelenprogramma's te beoordelen (Rijkswaterstaat, 2014). Deze operationele monitoring is in de praktijk vaak niet voldoende om het effect van beekherstelmaatregelen te kunnen signaleren (Dahm et al., 2014), want:

- Herstelmaatregelen richten zich in de praktijk vaak op het herstel van (korte) beektrajecten en niet op een heel waterlichaam.
- Meetpunten voor operationele monitoring liggen vaak niet in de buurt van herstelde beektrajecten.
- Het meetnet voor operationele monitoring is gericht op het grootschalige effect van alle herstelmaatregelen tezamen en niet op het effect van bepaalde maatregelen in een bepaald traject.

### 1.7 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

De handleiding monitoring beekherstel stoelt op een aantal belangrijke uitgangspunten:

- De parameters en methoden sluiten aan bij de gangbare praktijk van de waterbeheerders en voor terreinbeheerders.
- In de handleiding wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande en geaccepteerde meetmethoden, zoals bijvoorbeeld de methoden uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014), het handboek hydromorfologie (Osté et al., 2013) en het handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015).
- De handleiding is gebaseerd op het 5S-model uit 'Beken stromen' (Verdonschot et al., 1995). Het 5S-model beschrijft het watersysteem in 5 'S'-en: Systeemvoorwaarden, Stroming, Structuren, Stoffen en Soorten. Later is daar nog een 6e 'S' aan toegevoegd: Schonen. In 'Beken stromen' is beschreven met welke parameters de 5 'S'-en beschreven kunnen worden. In dit protocol is hier een selectie uit gemaakt en is tevens beschreven hoe deze parameters gemonitord moeten worden.
- De handleiding is praktisch en eenvoudig in gebruik.
- De handleiding is een leidraad bij het opstellen van een monitoringplan en geen kookboek.

### 1.8 OPZET VAN DE HANDLEIDING (LEESWIJZER)

De hierboven geschetste verschillen tussen beken, beekherstelprojecten en doelen van beekherstel maken dat er geen algemeen meetnet-ontwerp is dat toegepast kan worden op alle mogelijke situaties: monitoring van beekherstel is en blijft maatwerk. De handleiding biedt op verschillende manieren ondersteuning bij het bepalen van een passende monitoringinspanning:

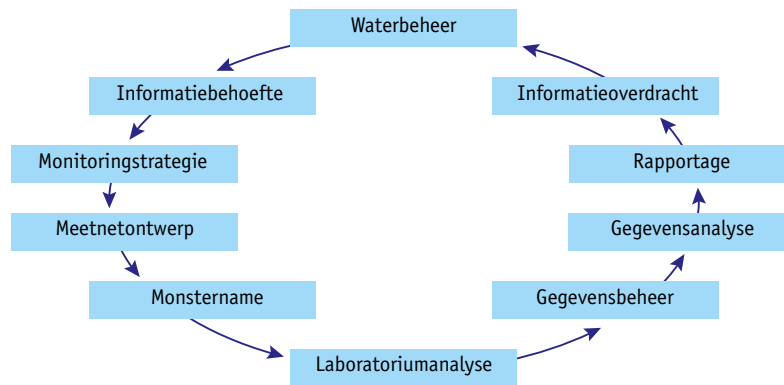
- Het beschrijven en benoemen van de beleids- en projectomgeving en de rol van het monitoringplan (hoofdstuk 2).
- Het uniformeren van de werkwijze bij het opstellen van een meetnet-ontwerp en het begeleiden van keuzes. Ondanks alle mogelijke verschillen zijn er een aantal algemene principes van toepassing op alle monitoringprojecten. In de handleiding zijn deze algemene principes opgenomen in de vorm van een stappenplan: zaken waar je aan moet denken om tot een passend meet-ontwerp te komen (hoofdstuk 3).
- Het aanbieden van een basis-set parameters met bijbehorende meetmethoden en de minimale en optimale meetinspanning per parameter. In de handleiding is een voorselectie gemaakt uit de veelheid van mogelijke parameters en methoden (hoofdstuk 4).
- Twee tabellen die als uitgangspunt kunnen dienen als basis voor het meetnetontwerp (hoofdstuk 5).

## 2. MONITORINGPLAN



## 2.1 MONITORINGPLAN VERSUS MEETPLAN

In dit protocol wordt een onderscheid gemaakt tussen een monitoringplan en een meetplan. Met een meetplan wordt het overzicht bedoeld van de parameters die gemeten moeten worden, de bijbehorende meetmethoden, meetlocaties, meetfrequenties en de uitvoerder van de metingen. Het meetplan kan worden weergegeven in overzichtelijke tabellen en kaarten. In figuur 2.1 is dit het blokje 'meetnet-ontwerp'. Het proces om te komen tot een meetnet-ontwerp voor een beekherstelproject wordt nader toegelicht in hoofdstuk 3.



Figuur 2.1: Monitoringscyclus

In dit hoofdstuk wordt stilgestaan bij de schil om dit meetnet-ontwerp heen: het monitoringplan. In de praktijk wordt projectmonitoring nog wel eens beschouwd als een meet-activiteit die er eenvoudig 'bij' gedaan kan worden. Dit is een groot risico (zo niet het grootste risico) voor het realiseren van een effectieve monitoring. Zonder monitoringplan is het risico groot dat na verloop van tijd de aandacht verslapt, de financiering voortijdig stopt, gegevens niet beheerd en geanalyseerd worden en de resultaten niet bij de juiste mensen terecht komen. Door het opstellen van een monitoringplan worden deze aspecten in een vroeg stadium in kaart gebracht en kunnen eventuele problemen actief worden beheerst.

## 2.2 ONDERDELEN VAN HET MONITORINGPLAN

Volgens de principes van het projectmanagement bestaat een monitoringplan in de basis uit onderstaande onderdelen (zie bijvoorbeeld Groote et al., 1990). Lang niet alle punten zullen bij alle herstelprojecten even relevant zijn; ze kunnen al naar gelang het project meer of minder uitgebreid worden beschreven.

### *Inleiding*

- Aanleiding: waarom deze projectmonitoring?
- Probleemstelling/ doelstelling: welk doel heeft de projectmonitoring (zie paragraaf 2.3)?
- Resultaat: wat is er als de monitoring afgerond is?
- Afbakening: waar gaat de projectmonitoring niet op in?

### *Uit te voeren werkzaamheden*

- Opstellen meetnet-ontwerp (voor een handreiking zie hoofdstuk 3)
- Uitvoeren monstername, veldbezoeken en (eventueel) laboratoriumanalyses
- Gegevensbeheer: hoe en waar worden de gegevens opgeslagen?
- Gegevensanalyse en rapportage: hoe worden de gegevens geïnterpreteerd en gerapporteerd?
- Informatie-overdracht: op welke manier worden de resultaten van de monitoring overgedragen (rapport, publicatie, krantenartikel, informatiebord, etc.) en aan wie (projectleiders, specialisten, beleidsmakers, belangengroepen, bewoners, etc.)?

#### *Beheersaspecten*

- **Tijd/ planning:** welke werkzaamheden worden wanneer uitgevoerd, wat is de tijdsspanne van de monitoring?
- **Geld:** wat zijn de kosten voor de uit te voeren werkzaamheden, inclusief organisatie van de projectmonitoring, welke uitbestedingen zijn er nodig?
- **Kwaliteit:** welke eisen worden er aan de gegevens en de informatie gesteld? Hoe wordt de kwaliteit geborgd (vooral als de uitkomsten wetenschappelijk getoetst moeten worden)?
- **Organisatie:** welke mensen zijn betrokken bij de projectmonitoring en de uitvoering van de werkzaamheden? Wie keurt de resultaten goed? Wie zorgt voor personele continuïteit?
- **Informatie:** welke belanghebbenden worden op de hoogte gehouden van de monitoringresultaten en op welke manier? Op welke manier wordt met de projectleider van het herstelproject samengewerkt?

Voor een goede borging van projectmonitoring in de organisatie is het belangrijk dat een verantwoordelijke wordt aangesteld. Deze verantwoordelijke stelt het monitoringplan op en is verantwoordelijk voor het beheersen van tijd, geld, kwaliteit, organisatie en informatie. Uiteraard kan een verantwoordelijke meerdere monitoringprojecten onder zijn hoede nemen; dan wordt ook wel gesproken van een monitoringprogramma.

### **2.3 DOELEN VAN PROJECTMONITORING**

Een monitoringplan staat niet op zichzelf, maar is ingebed in een proces van plannen (planning), uitvoeren, (meten) en aanpassen (plan-do-check-act). Hiermee is het monitoringplan onderdeel van de beleidscyclus.

De projectmonitoring kan meerdere doelen dienen (FISWRG, 2001 en Thom en Wellman, 1996) of, in termen van figuur 2.1, verschillende vragen vanuit het waterbeheer/ beleid beantwoorden:

1. Het vaststellen of de maatregelen zijn uitgevoerd zoals bedoeld: zijn de maatregelen uitgevoerd en zijn ze op de juiste wijze uitgevoerd (monitoring van de realisatie)? Deze vorm van monitoring richt zich op de maatregel zelf. De informatie is vooral van belang voor projectleiders;
2. Het vaststellen of de doelen van het herstelproject zijn gerealiseerd: hebben de herstelmaatregelen het beoogde resultaat opgeleverd (monitoring van de effectiviteit of doeltreffendheid)? Deze vorm van monitoring richt zich op indicatoren die gerelateerd zijn aan de gewenste omstandigheden en aan het projectdoel. Daarnaast kan ook de doelmatigheid een reden zijn om te monitoren: in hoeverre staat het resultaat in verhouding tot de kosten? De informatie is vooral van belang voor projectleiders, inhoudelijk specialisten en de omgeving (financiers, bewoners, belangengroepen, etc.);
3. Het ontwikkelen van de kennis over het ecologisch herstel van beeksystemen: zijn de veronderstellingen in het ontwerp en de achterliggende dosis-effectrelaties juist (validatiemonitoring)? Deze vorm van monitoring richt zich op de veronderstellingen die ten grondslag liggen aan het ontwerp en de uitvoering, meestal gerelateerd aan het niet bereiken van doelstellingen. Deze vorm van monitoring is relatief kostbaar en vraagt om wetenschappelijke begeleiding en expertise. De informatie is vooral van belang voor inhoudelijk specialisten en wetenschappers;
4. Het genereren van informatie voor tussentijdse bijsturing van het project: wat kan er worden gedaan om het projectresultaat te bereiken of te verbeteren ('adaptive management')?

Deze vorm van monitoring richt zich op de tussentijdse evaluatie van projectdoelen, het formuleren van aanvullende maatregelen en het volgen van de effectiviteit van deze maatregelen met het oog op het projectresultaat. Bij gefaseerd uitgevoerde projecten kan de kennis van eerdere fasen worden ingebracht in latere fasen van het project (lerend-ontwerpen). De informatie is vooral van belang voor projectleiders.

Het doel van de projectmonitoring stuurt in hoge mate het meetnet-ontwerp en de informatie-overdracht. Voor 'adaptive management' (het vierde doel) is een directe terugkoppeling gewenst. Dit vraagt dus om parameters die snel reageren op de uitgevoerde maatregelen en om een snelle informatie-overdracht. Een focus op kennisontwikkeling (derde doel) brengt daarentegen vaak meer grondige analyses met zich mee; directe terugkoppeling is hier niet nodig en de rapportage zal dan ook langer duren.

Dit protocol is toegespitst op de tweede doelstelling: het vaststellen of de doelen van het herstelproject zijn gerealiseerd (monitoring van de effectiviteit). Deze vorm van monitoring zal naar verwachting het meest van toepassing zijn op de praktijk van het water- en natuurbeheer. Het stappenplan en het overzicht van parameters uit hoofdstuk 3 en 4 zijn naar verwachting ook goed bruikbaar voor de overige doelen.

#### **DE HANDLEIDING RICHT ZICH OP MONITORING VAN DE EFFECTIVITEIT (DOELTREFFENDHEID)**

- Zijn de doelen van het herstelproject zijn gerealiseerd?
- Hebben de herstelmaatregelen het beoogde resultaat opgeleverd?

Deze vorm van monitoring richt zich op indicatoren die gerelateerd zijn aan de gewenste omstandigheden en aan het projectdoel.



### 3. MEETPLAN [MEETNET-ONTWERP]



In dit hoofdstuk worden de stappen om te komen tot een meetplan (of meetnet-ontwerp) nader toegelicht. Het uitwerken van een meetplan vormt onderdeel van een monitoringplan, zie hoofdstuk 2. Het stappenplan is gebaseerd op het werk van de Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG, 2001) en Hammond et al. (2011).



### STAP 1: INVENTARISEER GEFORMULEERDE PROJECTDOELEN

Elk herstelproject gaat van start met een bepaald doel. Soms zijn deze doelen algemeen, zoals bijvoorbeeld het 'verbeteren van de ecologische toestand'; soms zijn de doelen heel specifiek, zoals het creëren van geschikt leefgebied voor bepaalde vissoorten zoals de Winde.

Het opstellen van het meetplan start met het inventariseren van deze doelstellingen. Ze kunnen worden afgeleid uit beleidsdocumenten of (indien beschikbaar) het projectplan van het herstelproject.

#### PROTOCOL ALS HULP BIJ HET FORMULEREN VAN PROJECTDOELEN

Het opstellen van goede, toetsbare projectdoelen is een lastig proces. Vaak zijn projectdoelen vaag en algemeen en zijn ze een uiting van de gewenste -algemene- ontwikkelingsrichting van het ecosysteem. De vertaling naar toetsbare doelen komt pas later in beeld, bijvoorbeeld als wordt nagedacht over de monitoring.

De vertaling van algemene doelen naar toetsbare doelen is een belangrijke stap in dit monitoringprotocol (zie stap 2 t/m 5). De handleiding is daarmee ook bruikbaar voor projectleiders van herstelprojecten die al in een vroeg stadium heldere en toetsbare projectdoelen willen formuleren. Hiervoor kan hij of zij de hulp inroepen van het aanspreekpunt voor projectmonitoring binnen de organisatie.



### STAP 2: ONTWIKKEL EEN RELATIESCHEMA MET DOELPARAMETERS EN STUURFACTOREN

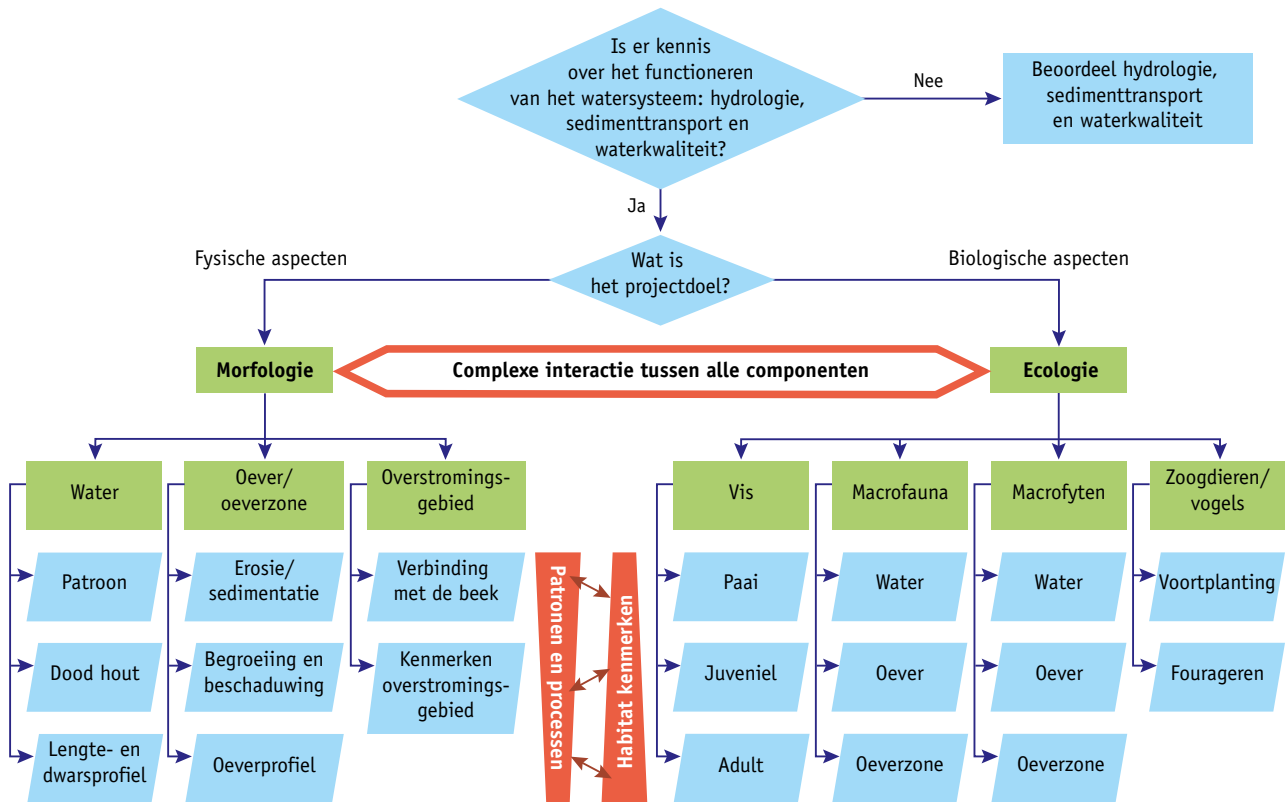
Een belangrijke schakel in het ontwerpproces is het expliciet maken van de bestaande kennis en de achterliggende veronderstellingen achter het herstelproject. Hoe functioneert het watersysteem vóór de ingreep? Welke stuurfactoren zijn bepalend voor de huidige toestand? Wat zijn de doelparameters? Waar worden deze doelparameters door beïnvloed? Hoe veranderen de stuurfactoren als gevolg van de maatregelen? Welke doelparameters gaan reageren?

In deze stap worden de belangrijkste doelparameters en stuurfactoren van het project samengevat in een relatieschema (conceptueel model). Het conceptuele model bestaat uit de volgende aspecten (Thom en Wellman, 1996):

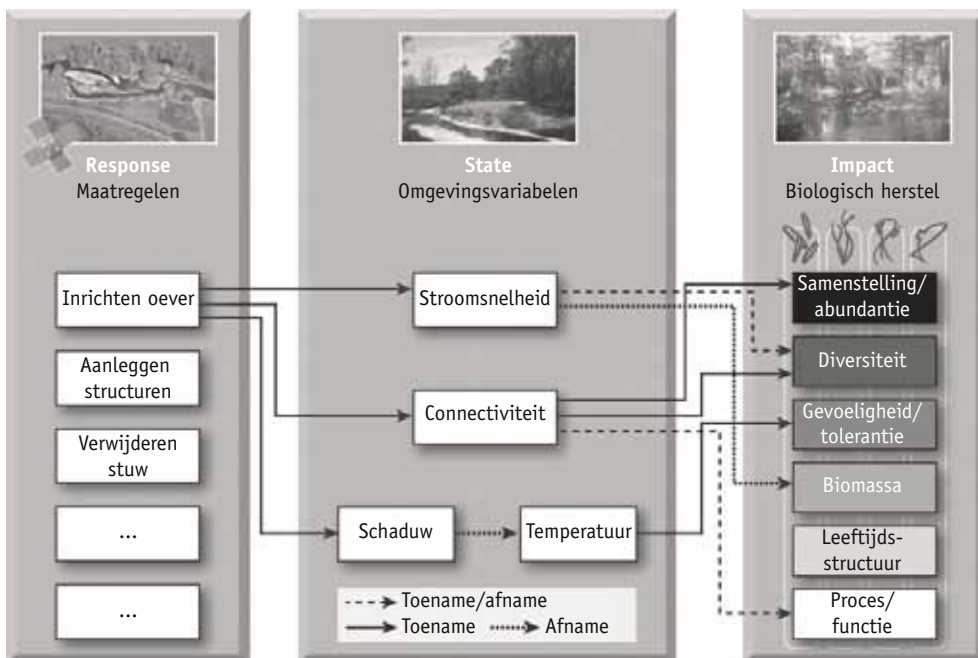
- De voornaamste fysische, chemische en biologische componenten van het ecosysteem en hun onderlinge relaties (hydrologie, morfologie, waterkwaliteit, biologie);
- Weergave van de belangrijkste componenten waar het herstelproject (de maatregelen) en de monitoring zich op richten.

In figuur 3.1 en 3.2 zijn enkele relatieschema's als voorbeeld opgenomen.

Het relatieschema vormt een belangrijke schakel naar de watersysteemanalyse. Een watersysteemanalyse beschrijft hoe het watersysteem functioneert in termen van hydrologie, morfologie en waterkwaliteit in samenhang met de aquatische levensgemeenschappen. Een goed begrip van het watersysteem is noodzakelijk om de juiste doelen en maatregelen te kunnen bepalen; daarom wordt de watersysteemanalyse doorgaans voorafgaand aan de ontwerpfasen van het beekherstelproject uitgevoerd.



Figuur 3.1: Voorbeeld relatieschema (Hammond et al., 2011)



Figuur 3.2: Voorbeeld relatieschema (Feld et al., 2011)

Recent heeft de STOWA de systematiek van 'ecologische sleutelfactoren' geïntroduceerd als basis voor de watersysteemanalyse (STOWA, 2014). Op dit moment is deze systematiek uitgewerkt voor de stilstaande wateren (en de 'stromende wateren die stilstaan'), zie figuur 3.3.

Voor stromende wateren is de systematiek nog in ontwikkeling. Op dit moment zijn er tien Ecologische sleutelfactoren benoemd op het 'kruispunt' van drukken ('pressures') en biologische sleutelfactoren. De biologische sleutelfactoren zijn hier gedefinieerd als milieufactoren die direct van invloed zijn op het functioneren van aquatische organismen. Voor de tien Ecologische Sleutelfactoren zijn bijpassende iconen ontworpen, zie figuur 3.3. Voor actuele informatie over de Ecologische Sleutelfactoren voor stromende wateren wordt verwezen naar de website van de stowa ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)).

Dit betekent ook dat er momenteel nog geen standaard-relatieschema of werkwijze voor het opstellen van een relatieschema beschikbaar is. Aanbevolen wordt om het relatieschema eenvoudig te houden en te beperken tot de belangrijkste doelparameters en bijbehorende stuurfactoren.

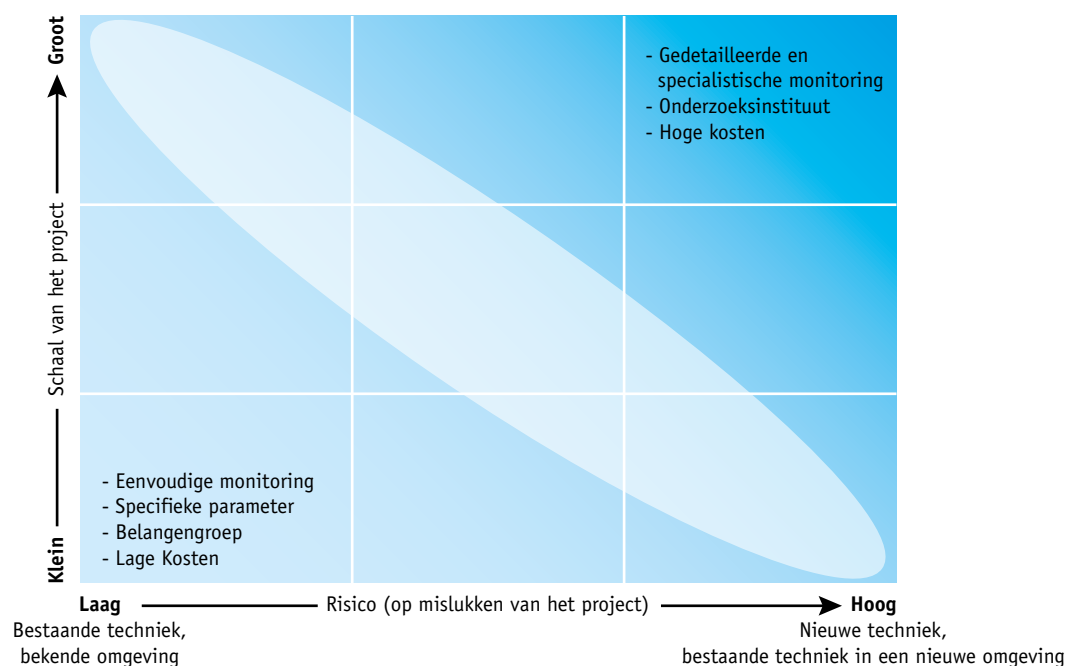


Figuur 3.3: Ecologische Sleutelfactoren voor stilstaande wateren (links) en stromende wateren (concept, rechts)



### STAP 3: BEPAAL DE GLOBALE OMVANG IN RUIMTE, TIJD EN GELD

Hoe omvangrijk moet de monitoringsinspanning zijn? Wie kan de monitoring het beste uitvoeren? Welke middelen zijn beschikbaar? Een meetplan hoeft niet duur en omvangrijk te zijn om effectief te zijn. In deze stap worden de globale contouren van het meetplan verkend aan de hand van de schaal en de risico's van het herstelproject (naar Hammond et al., 2011).



Figuur 3.4: Schaal en risico van het project voor het bepalen van omvang in ruimte, tijd en geld (naar Hammond et al., 2011)

#### *Schaal*

Hiermee wordt de omvang van het project bedoeld als functie van de lengte en breedte van het hersteltraject. Hierbij gaat het zowel om de breedte van het waterlichaam als de omvang van het herstelproject. Betreft het een brede rivier met scheepvaart (groot) of een smalle bovenloop die droogvalt (klein)? Betreft het een hele beek of een traject van enkele kilometers (groot) of gaat het om een traject van enkele (honderden) meters (klein)?

#### *Risico*

Hiermee wordt het risico op mislukken van het herstelproject bedoeld als functie van de bekendheid met de toegepaste techniek of maatregel in het watertype: is de techniek of maatregel al veelvuldig toegepast (laag risico) of betreft het een eerste keer (hoog risico)? Daarnaast speelt de aard van het watertype waarin de techniek of maatregel wordt toegepast een rol: gaat het om een laagdynamisch watersysteem (laag risico) of om juist om een hoogdynamisch watersysteem (hoog risico)?

#### *Globale omvang in ruimte, tijd en geld*

De schaal en het risico van het herstelproject bepalen samen de benodigde en verantwoorde monitoringsinspanning en de rol van het waterschap daarbij. Als twee uitersten zijn er aan de ene kant een kleine project met een beproefde techniek, zoals het aanleggen van een standaard vispassage in een bovenloop. Deze monitoring kan plaatsvinden op één locatie, gedurende een beperkte tijd en kan uitgevoerd worden door een lokale hengelsportvereniging of door studenten. Deze vorm van monitoring hoeft dan ook niet veel geld te kosten. Aan de andere kant zijn er ook projecten die een behoorlijk beektraject beslaan, waarin een nieuwe techniek wordt uitgetoetst voor een bepaald beektype en/of waarover nog veel onzeker-

heden bestaan. Een dergelijk project leent zich meer voor een uitgebreide monitoring, uitgevoerd of begeleid door een wetenschappelijke instelling. Hierbij worden vaak meerdere locaties, specifieke monitoringstechnieken en meerdere parameters gebruikt. Het intermediaire, tussenliggende deel van figuur 3.4 leent zich voor uitvoering van de monitoring door het waterschap.

Met de benodigde monitoringinspanning ontstaat ook een beeld van de globale kosten van de monitoring: de monitoring in het deel rechtsboven van figuur 3.4 is een stuk kostbaarder dan de benodigde monitoring in het deel linksonder. In deze stap moet worden vastgesteld of de globale benodigde kosten overeen komen met de beschikbare middelen. Als dit niet het geval is, dan kan gezocht worden naar aanvullende financiering, bijvoorbeeld door andere belanghebbende partijen bij de monitoring te betrekken. Anders zal er bij de vervolgstappen extra aandacht nodig zijn voor afbakening van de monitoring (te monitoren parameters, locaties en meetfrequenties).



#### STAP 4: BEPAAL DE MEETDOELEN (SMART)

Met de projectdoelen, het relatieschema met doelparameters en stuurfactoren en een inschatting van de globale monitoringinspanning als achtergrondinformatie kunnen vervolgens de meetdoelen worden vastgesteld.

**DE MEETDOELEN ZIJN DIE ONDERDELEN VAN HET PROJECTDOEL DIE DOOR MIDDEL VAN METEN GEËVALUEERD WORDEN.**

Dit kan betekenen dat sommige aspecten van het projectdoel niet worden vertaald naar een meetdoel; andere aspecten vereisen misschien meerdere meetdoelen. Een meetdoel wordt geformuleerd volgens het 'SMART'-principe:

- Specifiek (concreet, gedetailleerd, goed gedefinieerd)
- Meetbaar (kwantitatief weer te geven, te vergelijken met een criterium)
- Acceptabel (uitvoerbaar, actiegericht)
- Realistisch (in termen van kosten)
- Tijdgebonden (is op een bepaald moment te toetsen)

Voorbeelden van meetdoelen:

1. *verbeteren van de stromingscondities*: vergroten van de gemiddelde stroomsnelheid in de zomerperiode (juni-september) binnen een periode van 10 jaar.
2. *vergroten van de substraatdiversiteit*: realiseren van een substraatmozaïek bestaande uit kaal zand, grind, blad en hout binnen een periode van 5 jaar.
3. *verbeteren van de afvoerdynamiek*: verkleinen van het verschil tussen de maximale afvoer en de basisafvoer binnen een periode van 10 jaar.
4. *verhogen van de ecologische kwaliteit*: toename van het aantal kenmerkende taxa (KRW) van 10% naar 25% en een afname van het aandeel plantminnende soorten (WEW milieu en habitatvoorkeuren) binnen een periode van 5 jaar.
5. *opheffen barrièrewerking stuw*: de vispassage wordt gebruikt door alle in het waterlichaam voorkomende migrerende vissoorten en alle lengteklassen van deze vissoorten.

De meetdoelen zullen zich minimaal moeten toespitsen op de relevante biologische kwaliteitsparameters (vegetatie, macrofauna, vis) én de abiotische omstandigheden die direct van invloed zijn op deze parameters (FISRWG, 2001), zie hiervoor stap 2.

#### *Iteratief proces*

Het opstellen van meetdoelen is de start van een iteratief proces met stap 5-8. Het is de uitdaging om de projectdoelen, meetdoelen, prestatie-criteria en de meetnetopzet (selectie van parameters, locaties en meetfrequenties) in elkaars verlengde te laten liggen. Soms is dit heel obligaat, vooral als het projectdoel al meet- en toetsbaar is geformuleerd. Bij projecten waarbij de projectdoelstelling meerdere aspecten omvat, het project groter is, het effect van de maatregelen onzekerder is en/of de meetmethoden ingewikkelder worden, kan dit echter veel lastiger zijn.



#### **STAP 5: KIES PRESTATIE-CRITERIA**

Vervolgens wordt elk meetdoel voorzien van een prestatie-criterium. De prestatie-criteria geven aan wanneer het project geslaagd is en de projectdoelen zijn gehaald. Wanneer zijn we tevreden? Wanneer kunnen we spreken van een succesvol project? In de voorbeelden van stap 4 wordt vastgelegd welke gemiddelde stroomsnelheid bereikt moet worden in de zomer (voorbeeld 1), hoe groot het verschil tussen de piekafvoer en basisafvoer nog mag zijn (voorbeeld 3) of welke score bereikt moet worden op de KRW-maatlat (voorbeeld 4). Hierbij is het goed om te realiseren dat een prestatie-criterium niet absoluut hoeft te zijn (het behalen van een absolute waarde), maar bijvoorbeeld ook een richting kan aangeven waarin het watersysteem zich moet ontwikkelen (meer of minder van iets).

Het denken over de prestatie-criteria vindt plaats vóór het kiezen van de parameters en de meetmethoden: op deze manier zijn de prestatie-criteria leidend voor de parameters en de meetmethoden en niet andersom. Uiteindelijk zullen de prestatie-criteria wel in het verlengde van de te meten parameters moeten liggen; ook kunnen de parameters en meetmethoden als inspiratie dienen voor het formuleren van de prestatie-criteria (iteratief proces, zie stap 4).



#### **STAP 6: SELECTIE VAN PARAMETERS EN BIJBEHORENDE METHODEN**

Er is een veelheid aan mogelijke parameters en bijbehorende meetmethoden beschikbaar in de wetenschappelijke literatuur (FISRWG, 2001). In 'Beken stromen' (Verdonschot et al., 1995) is hieruit destijds al een voorselectie gemaakt aan de hand van het 5S-model, zie hoofdstuk 4 van 'Beken stromen'. Toch blijven er dan nog vele mogelijkheden open.

Een van de doelen van dit protocol is het zoveel mogelijk uniformeren van het meetnet-ontwerp bij beekherstelprojecten, zie paragraaf 1.3. Daarom zijn in het kader van dit protocol een aantal parameters met bijbehorende methoden geselecteerd die goed passen bij de meetpraktijk van water- en natuurbeheerders en bij de meest voorkomende meetdoelen. Aanbevolen wordt om zoveel mogelijk gebruik te maken van deze parameters. Uiteraard blijven de geformuleerde meetdoelen en prestatie-criteria (stap 4 en 5) en het beschikbare budget leidend voor de selectie van parameters en methoden, dus als er goede redenen zijn om van de selectie af te wijken, dan kan dat altijd.

De parameters zijn geordend aan de hand van het 5S-model. Daarbij zijn ook (meer algemene) parameters opgenomen die relevant zijn in het kader van een watersysteemanalyse. Veel van deze parameters hoeven slechts éénmaal vastgelegd te worden, meestal in het planproces voorafgaand aan de uitvoering van het project (T=-1). Het vastleggen van deze parameters kost over het algemeen weinig tijd.

De genoemde parameters en de bijbehorende meetmethoden worden nader toegelicht in hoofdstuk 4.

#### *Systeem*

De systeemvoorwaarden zijn van belang in het kader van de watersysteemanalyse en om verschillende situaties (landelijk) met elkaar te kunnen vergelijken. De systeemvoorwaarden worden meestal éénmalig, bij de watersysteemanalyse in de nulsituatie beschreven.

- Oppervlakte stroomgebied (km<sup>2</sup>)
- Landgebruik stroomgebied (%akker, grasland, stedelijk gebied, bos, overige natuur)
- Dalverhang (m/ km)
- Samenstelling van de ondergrond en het oevermateriaal (grondsoort, compactheid)

#### *Stroming*

Onder stroming vallen alle parameters die te maken hebben met grondwater en oppervlaktewater hydrologie en hydraulica. Om aan stroming te kunnen rekenen, worden in de praktijk modellen voor grond- en oppervlaktewater gebruikt.

Stroming is de meest bepalende en verklarende factor voor processen in beken. Een goede, continue monitoring van de oppervlaktehydrologie is een absoluut minimum, ook voor het kunnen modelleren van het stroomgebied:

- Afvoer (m<sup>3</sup>)
- Oppervlaktewaterstand (stijghoogte)

De *stroomsnelheid* hoort eigenlijk ook in dit rijtje thuis. Deze kan direct gemeten worden in de beek, maar ook worden afgeleid uit afvoer, waterstand en dwarsdoorsnede (zie 'structuren'). Deze laatste methode heeft de voorkeur boven directe metingen van de stroomsnelheid, omdat hiermee een beter inzicht kan worden verkregen in de variatie in de tijd. De metingen van (variatie van) de stroomsnelheid in de ruimte kan worden 'meegenomen' bij de veldbezoeken en opnames van het substraatmozaïek (zie structuren).

De oppervlaktewaterhydrologie is nauw gerelateerd aan grondwaterstromingen. Indien de doelen of maatregelen hier betrekking op hebben, of indien veranderingen in de grondwaterstand effecten hebben op gebruiksfuncties, worden grondwatermetingen aanbevolen:

- Grondwaterstand (stijghoogte)

#### *Structuren*

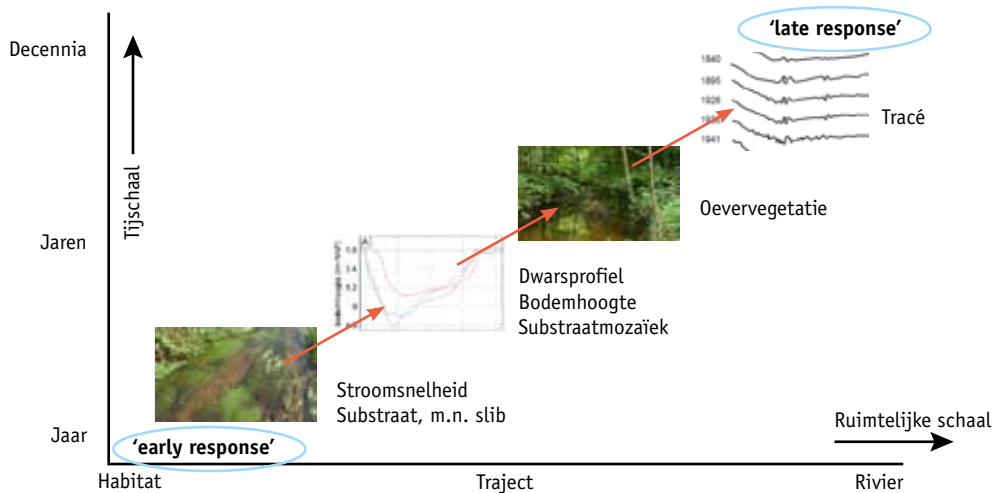
Onder structuren vallen veel parameters die te maken hebben met de morfologie van de beek, zoals tracé, dwarsprofiel en substraatmozaïeken. De monitoring van structuren geeft, samen met de ontwikkeling van de stroomsnelheid, al vrij snel een goede indruk of het herstelproject zich de gewenste kant op ontwikkelt, vaak eerder dan soorten (zie verderop). Met name de ontwikkeling van het substraat en het al dan niet ontstaan van een laagje slib vormen hiervoor een goede indicator, zie figuur 3.5.

Voor het begrijpen en kunnen voorspellen van hydromorfologische processen en de morfologische stabiliteit zijn de volgende parameters van cruciaal belang:

- Bodemverhang (m/ km)
- Samenstelling van het beddingmateriaal (korrelgroottebepaling)

De ontwikkeling van structuren kan worden bepaald door middel van een veldbezoek met foto en een opname van het substraatmozaïek. Tijdens het veldbezoek worden foto's genomen op vaste lokaties (in een vaste richting) en worden opvallende waarnemingen gefotografeerd (vegetatie-ontwikkeling, erosie- en sedimentatiestructuren, etc.). Het substraatmozaïek vormt een belangrijke voorwaarde voor het voorkomen van soorten en kan vrij eenvoudig





Figuur 3.5: Indicatieve reactietijd van structuurparameters en de stroomsnelheid als functie van tijd en ruimte

bij het veldbezoek worden vastgelegd met behulp van een standaard veldformulier (zie hoofdstuk 4). Hierbij wordt ook de aanwezigheid en de dikte van de sliblaag meegenomen.

- Veldbezoek met foto
- Substraatmozaïek (% voorkomende substraten)

Het veldbezoek is tevens een goed moment om meetopstellingen te controleren en data uit te lezen. Daarnaast kunnen de waarnemingen aanleiding zijn om de monitoring van bepaalde parameters te intensiveren of te extensiveren.

De morfologische dynamiek kan worden vastgesteld door de ontwikkeling van het dwarsprofiel in te meten en het geulpatroon te volgen (tracé/ sinuositeit). Het meetnet voor het dwarsprofiel omvat minimaal één opname aan het begin, één opname in het midden en één opname aan het einde van het projectbereik én één opname op het meetpunt van de oppervlaktewaterstand (zie bovenstaand stukje over stroomsnelheid). Bij voldoende dichtheid van de dwarsprofielmetingen kan de tracé-ontwikkeling daarmee worden gevolgd en zijn geen aanvullende opnames nodig. Voor meer systematisch wetenschappelijk onderzoek naar geulpatronen (maar ook substraatmozaïeken) komt het gebruik van luchtfoto-series gemaakt met een 'drone' of een time-lap-camera op een hoge positie (mast of boom) steeds meer binnen handbereik.

- Dwarsprofiel
- Tracé/ sinuositeit (-)

#### Stoffen

Onder stoffen vallen alle parameters die te maken hebben met zuurstofhuishouding en organisch materiaal, voedingsstoffen, macro-ionen en microverontreinigingen.

Concentraties van stoffen op een bepaald moment geven maar zeer beperkte informatie over de stofhuishouding, omdat ze vrij sterk variëren in tijd en in ruimte. Toch is de concentratie in de tijd ('blootstelling') voor veel organismen de direct bepalende factor. Dit geldt met name voor de parameter zuurstof. Door verontreiniging met organische stoffen kan het zuurstofgehalte (kortstondig) sterk dalen met directe sterfte van organismen tot gevolg. Dit geldt ook voor (genormaliseerde) beken met sterke plantengroei, hier kan de zuurstofconsumptie door planten 's nachts leiden tot een 'zuurstofdip'. Indien zuurstof mogelijk een knelpunt vormt, is een continu-meting (een aantal keren herhaald in verschillende seizoenen) cruciaal.

- Zuurstof-variatie

Voor een algemene karakterisering en om verschillende situaties (landelijk) met elkaar te kunnen vergelijken worden de volgende parameters aanbevolen:

- Nutriënten
- Macro-ionen

Indien relevant of bij een verwachte invloed van maatregelen kunnen ook de volgende parameters worden betrokken:

- Zwevend stof
- Micro-verontreinigingen

#### Schonen

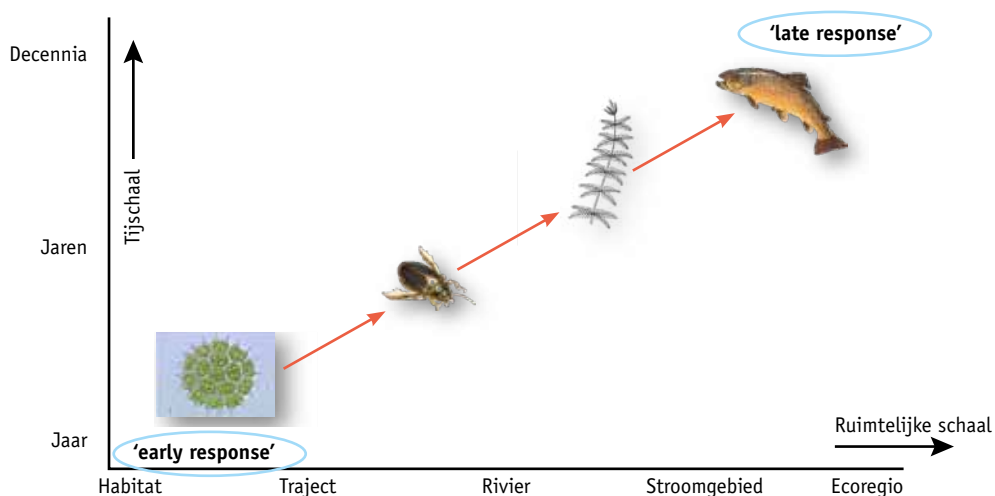
Bij de meeste beekherstelprojecten is sprake van beheer en onderhoud na realisatie van het project. Informatie over het beheer en onderhoud is van belang als verklarende factor voor waargenomen effecten en om verschillende situaties (landelijk) met elkaar te kunnen vergelijken:

- Datum van onderhoud, type onderhoud (onderhoudsmaterieel), deel van het profiel dat wordt onderhouden (bodem, talud tweezijdig, talud eenzijdig)

#### Soorten

In het verleden is veel aandacht uitgegaan naar de monitoring van soorten. Dit is logisch, omdat veel beekherstelprojecten de ontwikkeling van beekgebonden soorten en populaties tot doel hebben: dan moet ook worden gecontroleerd wat het beekherstel heeft opgeleverd in termen van gewenste soorten. Vaak duurt het echter even voordat een nieuwe situatie zich heeft ingesteld (morfologische en ecologische aanpassingstijd, zie ook stap 7: keuze van de meetfrequentie).

Voor de monitoring van beekherstelprojecten wordt minimaal één soortgroep geselecteerd. De soortgroep moet gevoelig zijn voor de parameter die wordt beïnvloed met het nemen van de maatregelen. Daarnaast wordt aanbevolen om het kwaliteitselement te kiezen dat voldoende snel reageert op de maatregelen. In figuur 3.6 is indicatief aangegeven hoe snel de verschillende soortgroepen in de tijd reageren en op welke schaal veranderingen van invloed zijn. Voor meer informatie over de keuze van soortgroepen in relatie tot menselijke druk en stuurparameters zie de richtlijn KRW Monitoring Oppervlaktewater, p. 48 e.v. en p. 123 e.v. (Rijkswaterstaat, 2014).



Figuur 3.6: Indicatieve reactietijd van biologische kwaliteitselementen als functie van tijd en ruimte (naar een figuur van Piet Verdonschot)

Indien er geen specifieke doelsoorten zijn geformuleerd in de projectdoelen, wordt monitoring van de macrofauna aanbevolen:

- Macrofauna (samenstelling en abundantie)

Indien andere soortgroepen in de projectdoelen zijn opgenomen, past het uiteraard beter om deze groepen te monitoren. Bovendien kan het gewenst zijn om eerder in de aanpassingsperiode te monitoren. Hiervoor moet een soortgroep worden geselecteerd die sneller reageert op de beoogde verandering.

- Fytobenthos (samenstelling en abundantie)
- Water- en oeverplanten (samenstelling en abundantie)
- Vissen (samenstelling, abundantie en lengte-frequentieverdeling)



#### STAP 7: MAAK EEN MEETNET-ONTWERP

Vervolgens wordt een eerste versie van het meetnet-ontwerp opgesteld. Een meetnetontwerp bestaat uit een overzicht van parameters, meetmethoden, locaties en meetfrequenties. In deze stap moet dus vooral worden nagedacht over de hoeveelheid en ligging van de benodigde locaties en de benodigde meetfrequenties.

Daarnaast moet er worden nagedacht over de relatie tussen de uitgevoerde maatregelen en het al dan niet bereiken van de doelstellingen. Er zijn twee methoden om vast te kunnen stellen of de maatregelen effectief waren, en de gesignaleerde veranderingen niet het gevolg waren van andere factoren: het monitoren van de nulsituatie (uitgangssituatie) en/ of een controle-traject. Dit wordt ook wel het BACI-concept genoemd (Before-After-Control-Impact).

##### *Keuze van meetlocaties en meetfrequenties*

De keuze van de ligging en het aantal meetlocaties en de benodigde meetfrequenties is sterk afhankelijk van het gekozen meetdoel (zie stap 4) en hangt bovendien sterk samen met de (variabiliteit van de) gekozen parameter, de bijbehorende meetmethoden (stap 6) en de gewenste betrouwbaarheid en precisie van de resultaten. Gezien de veelheid aan mogelijke situaties en (specifieke) meetdoelen is de keuze van meetlocaties en meetfrequenties erg afhankelijk van de situatie en dus maatwerk.

Ter ondersteuning van het keuzeproces is in hoofdstuk 4 is voor elke parameter uit hoofdstuk 3 de minimale en optimale meetinspanning nader uitgewerkt. Hierbij is rekening gehouden met de volgende (algemene) aandachtspunten voor de selectie van meetlocaties en meetfrequenties:

- De meetlocaties zijn representatief voor het traject waar maatregelen worden genomen. Representativiteit betekent hier dat het meetpunt niet systematisch afwijkt van andere mogelijke meetpunten binnen het herstel traject (Bijkerk, 2014).
- Voor elke parameter moet de ruimtelijke variatie en de verwachte ruimtelijke variatie na uitvoering van de herstelmaatregel worden beoordeeld, zo mogelijk op basis van beschikbare gegevens. Indien de (verwachte) ruimtelijke variatie relatief klein is, dan kan worden volstaan met één locatie per waterlichaam. Indien er sprake is van duidelijke ruimtelijke variatie dan is het advies om twee, drie of meerdere locaties te gebruiken om deze ruimtelijke variatie voldoende uit te middelen (van Herpen et al., 2009).
- Vanuit het oogpunt van statistisch verantwoord onderzoek kan de ligging van de meetlocaties het beste via het principe van de gerichte steekproef worden bepaald. Dit betekent dat de locaties telkens 'at random' worden gekozen (zie de Gruijter et al., 2006 en Knotters, 2008). In de praktijk is dit vaak niet goed haalbaar. Een dergelijke opzet sluit tevens (nog) niet aan bij de werkwijze in de routinematige monitoring. Een dergelijke proefopzet is vooral geschikt

voor uitgebreide projectmonitoring met een grote kennis-component; in deze gevallen wordt aanbevolen om de hulp in te roepen van een statisticus of onderzoeker.

- Voor het berekenen van (jaar)gemiddelde (toets-)waarden is het is wenselijk om zo veel mogelijk meetwaarden te gebruiken, bij voorkeur 6 of meer. Deze (jaar)gemiddelden kunnen afkomstig zijn uit één jaar (meerdere meetpunten), van één meetpunt (meerdere jaren) of van meerdere meetpunten in meerdere jaren. Voor fysisch-chemische parameters en overige relevante stoffen wordt aanbevolen om minimaal 6 à 7 meetwaarden per jaar te gebruiken (van Herpen et al., 2009).
- Voor het schatten van een trend wordt in het algemeen een periode van (ten minste) vijf meetjaren voldoende geacht (van Herpen et al., 2009).
- De meetfrequenties sluiten aan bij de snelheid waarmee veranderingen naar verwachting plaatsvinden:
  - Morfologische veranderingen vinden meestal in de eerste jaren na aanleg plaats en daarna vooral tijdens (hoogwater-) gebeurtenissen (Eekhout en Hoijtink, 2014). Een vuistregel voor de morfologische aanpassingstijd van beken naar herinrichting is ca. 10 jaar (Eekhout, 2014). Op basis daarvan wordt in aansluiting op het handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015) een 10-jarige meetcyclus aanbevolen waarbij de tijd tussen de opname toeneemt:  $T= 0, 1, 3, 6$  en  $10$ .
  - Over de ecologische aanpassingstijd is relatief weinig bekend, omdat monitoring na het uitvoeren van herstelmaatregelen vaak 'al' ophoudt binnen 5 jaar na oplevering van het project. Algemeen wordt aangenomen dat de ecologische aanpassingstijd langer is dan 5 jaar en in de orde van tien(tallen) jaren ligt (Feld et al., 2011; Matthews et al., 2010). In het kader van dit protocol wordt aanbevolen om ten behoeve van een trendanalyse een tweejaarlijkse meting uit te voeren op (minimaal) één meetlocatie ( $T= -3, -1, 1, 3, 6, 8$  en  $10$ ). Dit levert statistisch betrouwbare resultaten, zie bijvoorbeeld Nijboer en Boedeltje (2011).



Een andere mogelijkheid is het uitvoeren van metingen voordat de herstelmaatregelen worden uitgevoerd en op het moment dat de nieuwe situatie zich heeft ingesteld en soorten de kans hebben gehad om zich te vestigen:  $T=<0$  en  $T=10$  ( $T=0$  is het jaar waarin de herstelmaatregelen worden uitgevoerd). Met het oog op statistische toetsing van het ecologisch effect zijn voor de meeste kwaliteitselementen echter minimaal 6 waarnemingen van vóór de ingreep ( $T=<0$ ) en 6 waarnemingen erna benodigd ( $T=10$ ). Dit betekent een grotere meetinspanning dan de 'trendanalyse-variant'. De 6 waarnemingen kunnen overigens verspreid over verschillende locaties, meetjaren of seizoenen worden verzameld. Vanwege de verschillen tussen meetjaren heeft een spreiding over een aantal meetjaren dan de voorkeur.

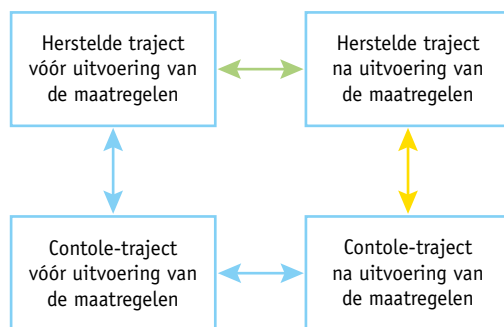
Daarnaast gelden de volgende aandachtspunten voor het tijdstip van monsternamen:

- Het tijdstip sluit aan op de meetbaarheid van de parameter. Substraatmozaïeken bijvoorbeeld kunnen het beste in de zomerperiode, bij laag water, worden opgenomen.
- Het tijdstip sluit aan bij het belang en de betekenis van de parameter. Voor het zuurstofgehalte is bijvoorbeeld het minimum-gehalte van belang. Het minimum-gehalte bij een lozing van een riooloverstort treedt enkele uren na lozing op; in een genormaliseerde beek met waterplanten is het zuurstofgehalte 's ochtends vroeg het laagst. De maximum-temperatuur wordt daarentegen weer aan het eind van de middag gemeten.
- De meetfrequentie sluit aan bij de (relevante) aanwezige variatie in de tijd. Elke meetcyclus wordt steeds op hetzelfde moment(en) in het jaar uitgevoerd.

*BACI: het bemeten van de nulsituatie en/of een controle-traject*

In de ideale situatie wordt de monitoring volgens het Before-After-Control-Impact model ontworpen (zie onder andere Dahm et al., 2014). In deze onderzoeksopzet worden vier situaties onderzocht en worden alle situaties met elkaar vergeleken (zie figuur 3.7):

- Het herstelde traject vóór uitvoering van de maatregelen.
- Het herstelde traject na uitvoering van de maatregelen.
- Een vergelijkbaar 'controle'-traject vóór uitvoering van de maatregelen in het herstelde traject.
- Een vergelijkbaar 'controle'-traject na uitvoering van de maatregelen in het herstelde traject.



Figuur 3.7: Onderzoeksopzet volgens het BACI-concept

In de praktijk wordt echter meestal gekozen voor een vergelijking van het herstelde traject met de nulsituatie (groene pijl: vergelijking in de tijd) en/of met de situatie in een controle-traject (gele pijl: vergelijking in de ruimte).

*Nulsituatie: vergelijking in de tijd*

In de meest basale onderzoeksopzet wordt de situatie na uitvoering van de maatregelen vergeleken met de uitgangs- of nulsituatie (groene pijl in figuur 3.7). In deze opzet is het nodig om de nulsituatie goed te beschrijven. Bij de beschrijving van de nulsituatie wordt ook de natuurlijke variatie in beeld gebracht. Hierbij moet, afhankelijk van de omstandigheden, gedacht worden aan het beschrijven van seizoensvariaties, jaarfluctuaties en ruimtelijke variatie. Dit betekent dat al een aantal jaren vóór de start van een herinrichting gestart moet worden met het monitoren van de geselecteerde parameters, zie hiervoor ook hoofdstuk 4 en 5.

Mogelijk kan gebruik worden gemaakt van een reeds uitgevoerde watersysteemanalyse en bijbehorende monitoring, zie ook stap 2. Anders kan de monitoring van de uitgangs- of nulsituatie input vormen voor het uitvoeren van een watersysteemanalyse: voor het bepalen van de juiste maatregelen is een goed begrip van het functioneren van het watersysteem immers noodzakelijk.



Een vergelijking van de toestand vóór en na de ingreep heeft als voordeel dat de locatie en positie in het beekdal en stroomgebied onveranderd zijn gebleven. Maar meestal zijn er meer verschillen tussen de periode vóór en na uitvoering van de maatregelen dan alleen de uitgevoerde maatregelen. Vóór uitvoering ingreep kan het bijvoorbeeld veel droger of natter zijn geweest dan na de ingreep. Waargenomen verschillen zijn dan niet per se het gevolg van de ingreep. Bovendien kunnen er in de praktijk geen of onvoldoende gegevens voorhanden zijn over de nulsituatie. In die gevallen biedt een controle-traject mogelijk uitkomst.

#### *Controle-traject: vergelijking in de ruimte*

Bij een vergelijking in de ruimte wordt het herstelde traject na uitvoering van de maatregelen vergeleken met een controle-traject waar geen maatregelen zijn genomen (gele pijl in figuur 3.7). Dit traject moet zoveel mogelijk vergelijkbaar zijn met het heringerichte traject. Vergelijkbaar wil zeggen: tenminste identiek qua afvoer, verhang, diepte en breedte vóór de ingreep, beschaduwing en waterkwaliteit. Verschillen tussen beide trajecten na verloop van tijd geven dan het effect van de maatregel weer.

De keuze van een controle-traject vergt zorgvuldigheid: trajecten moeten zoveel mogelijk identiek zijn, met uitzondering van de eigenschappen die door de beekherstelmaatregelen veranderd worden. Bij voorkeur ligt het controle traject in hetzelfde waterlichaam, stroomopwaarts van het heringerichte traject. Door een locatie te kiezen in hetzelfde waterlichaam worden verschillen in de samenstelling van water en bodem zoveel mogelijk voorkomen. De keuze voor een stroomopwaarts gelegen locatie heeft te maken met de verspreiding van macrofauna en waterplanten (via zaden en stekjes): deze vindt meestal in stroomafwaartse richting plaats. Door de keuze van een stroomopwaarts gelegen locatie worden de resultaten van het controle-traject zo min mogelijk beïnvloed.

Een vergelijking van de toestand met een controle-traject heeft als voordeel dat de (weers-)omstandigheden van beide trajecten goed vergelijkbaar zijn. Als de maatregelen echter betrekking hebben op belangrijke kenmerken in het stroomgebied, zoals het afvoerregime, dan is gebruik van een controle-traject per definitie onmogelijk. Een ander nadeel is dat sommige organismegroepen ook stroomopwaarts migreren, zoals vissen en macrofauna met vliegende adulten (kokerjuffers, haften, muggen e.d.) en zo de resultaten van het controle-traject beïnvloeden.

#### *Nulsituatie en/ of een controle-traject?*

Omdat zowel de vergelijking in de tijd als in de ruimte voor- en nadelen hebben is een combinatie van beide ideaal. Wanneer dat niet mogelijk is, kan onderstaande 'beslisboom' helpen bij het bepalen van de meest geschikte optie om het effect van de beekherstelmaatregelen te bepalen.

Tabel 3.1: Keuzehulp voor het kiezen van monitoring van de nulsituatie en/ of een controle-traject

Vraag	Ja	Nee	Advies
1. Het is mogelijk om tenminste 3 jaar voorafgaand aan de ingreep te meten?	Ja	2	
	Nee	3	
2. Bovenstrooms van het her in te richten traject ligt een vergelijkbaar* traject dat niet ingericht wordt	Ja		Gebruik dit bovenstroomse traject samen met de nulmetingen als controle-traject voer gelijktijdig de benodigde metingen uit in het heringerichte traject en het controle traject
	Nee		Gebruik de nulmetingen, dus voorafgaande aan de ingreep als referentie
3. Bovenstrooms van het her in te richten traject ligt een vergelijkbaar* traject dat niet ingericht wordt	Ja		Gebruik dit bovenstroomse traject als controle-traject en voer gelijktijdig de benodigde metingen uit in dit traject en in het heringerichte traject
	Nee	4	
4. Benedenstrooms op tenminste 2 km afstand van het heringerichte traject ligt een vergelijkbaar* traject dat niet ingericht wordt	Ja		Gebruik dit benedenstroomse traject als controle-traject en voer gelijktijdig de benodigde metingen uit in dit traject en in het heringerichte traject
	Nee		Voer de benodigde metingen uit in het herstelde traject en achteraf of de geformuleerde prestatie-criteria (stap 5) toets behaald zijn

\* 'vergelijkbaar' wil zeggen: tenminste identiek qua afvoer, verhang, diepte en breedte van vóór de ingreep, beschaduwning en waterkwaliteit



#### STAP 8: VERBETER HET ONTWERP

Vervolgens wordt de eerste versie van het meetnetontwerp weergegeven in overzichtelijke tabellen. Een meetnetontwerp bestaat uit een overzicht van parameters, meetmethoden, locaties en meetfrequenties. In hoofdstuk 5 zijn twee tabellen opgenomen die als voorbeeld kunnen dienen. Aan deze voorbeelden wordt een kaart met de ligging van de beoogde locaties toegevoegd.

Vervolgens wordt het ontwerp gecontroleerd op consistentie. Hiervoor wordt het ontwerp nog eens vergeleken met het relatieschema van doelparameters en stuurfactoren uit stap 2: worden alle relevante parameters uit het schema gemonitord? Of moet het relatieschema worden bijgesteld? Ook wordt gecontroleerd of het meetprogramma tegemoet komt aan de meetdoelen en prestatie-criteria: sluit het meetprogramma hier nog wel bij aan? En kunnen de resultaten van de monitoring straks gerelateerd worden aan de uitgevoerde maatregelen (BACI-concept)?

Een andere goede controle-methode is om in een vroeg stadium te bedenken hoe de meetresultaten later gepresenteerd gaan worden: welke grafieken en figuren worden beoogd? Hoe zien die eruit? En zijn straks alle hiervoor benodigde gegevens voorhanden? Ter ondersteuning van het denken in 'figuren' en 'plaatjes' zijn in hoofdstuk 4 voor enkele parameters één of meerdere mogelijkheden weergegeven.

#### CONTROLE VAN HET ONTWERP

Ter controle van het meetnetontwerp worden de volgende vragen gesteld:

- Worden de relevante parameters uit het relatieschema van doelparameters en stuurfactoren gevolgd?
- Sluit het meetnetontwerp aan bij de meetdoelen en prestatie-criteria?
- Kunnen de resultaten van de monitoring straks gerelateerd worden aan de uitgevoerde maatregelen (BACI-concept)?
- Welke grafieken en figuren worden beoogd en worden alle gegevens hiervoor verzameld?
- Past het ontwerp nog binnen de randvoorwaarden van het budget?

Tenslotte worden de kosten van het meetnetontwerp geraamd en worden de kosten vergeleken met het beschikbare budget. Als hulp bij de kosten-inschatting is van de parameters in hoofdstuk 4 een inschatting gegeven van de tijdsinspanning per meting. Bedenk dat er naast de kosten voor uitvoering van het meetnet ook andere kosten zijn, zoals voor het gegevensbeheer, gegevensanalyse en rapportage, informatie-overdracht en projectmanagement, etc., kortom: voor de andere aspecten van een monitoringplan (zie paragraaf 2.2).

Indien nodig wordt het meetnet-ontwerp aangepast: het relatieschema wordt aangepast, de meetdoelen worden aangescherpt, er worden parameters toegevoegd of geschrapt, meetlocaties toegevoegd of weggestreept, etc. Dit is een iteratief proces: in de praktijk zal het nauwelijks voorkomen dat het voorgaande stappenplan in één keer tot een definitief ontwerp leidt.

#### **VAN MEETNETONTWERP NAAR MONITORINGPLAN**

Bovenstaande stappen leiden uiteindelijk tot een meetnetontwerp. Een goed meetnetontwerp is belangrijk, maar in de praktijk zijn nog vele andere aspecten van belang voor een succesvol monitoringsproject, zoals een goed projectmanagement en communicatie van de resultaten. Deze aspecten worden beschreven in het monitoringplan. Het meetnet-ontwerp vormt dus een onderdeel van dit monitoringplan. In hoofdstuk 2.2 worden de onderdelen van een monitoringplan nader toegelicht.

Voor veel projecten, en vooral de kleinere, lijkt het wellicht wat overdreven om 'een heel monitoringplan' op te stellen. Toch is het over het algemeen nuttig om ook dan minimaal de aspecten uit hoofdstuk 2.2 de revue te laten passeren en kort te beschrijven. Een monitoringplan hoeft niet uitgebreid te zijn om effectief te zijn!



## 4. TOELICHTING PER PARAMETER



De keuze van parameters is een belangrijke stap bij het opzetten van een meetnet-ontwerp (zie hoofdstuk 3, stap 6). In dit hoofdstuk worden de belangrijkste parameters en de bijbehorende meetmethoden nader toegelicht. Hierbij wordt het 6S-model als kapstok gebruikt.

Bij de keuze van meetmethoden is zoveel mogelijk aangesloten bij bestaande en geaccepteerde meetmethoden, zoals bijvoorbeeld de methoden uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014) en het handboek hydromorfologie (Osté et al., 2013). Daarnaast is voor elke parameter de minimale en optimale meetinspanning nader uitgewerkt (meetlocatie/ cyclus/ meetfrequentie), maar uiteraard zijn het gekozen meetdoel en de specifieke situatie leidend bij de uiteindelijke keuze. Tenslotte worden voor elke parameter één of meerdere manieren weergegeven waarop de resultaten kunnen worden gepresenteerd.

In dit hoofdstuk zijn enkele parameters lichtblauw gearceerd (■). Deze parameters vormen de basis voor de monitoring van hydro(morfo)logische processen en daarmee in de meeste gevallen de basis voor projectmonitoring. Het herstel van deze processen is een belangrijke voorwaarde voor het ecologisch herstel van beken en wordt dus vaak als projectdoel voor beekherstelprojecten opgenomen. Als biologische component is de macrofauna aangehouden: indien er geen specifieke doelsoorten zijn geformuleerd in de projectdoelen, wordt de monitoring van deze soortgroep aanbevolen.

Bij de cyclus is het meetjaar weergegeven ten opzichte van het jaar waarin de herstelmaatregelen worden uitgevoerd (T=0). Doorgaans wordt voorafgaand aan de ontwerpfase van het beekherstelproject een watersysteemanalyse uitgevoerd (T=-1).

#### 4.1 SYSTEEM



##### Oppervlakte stroomgebied

<b>Omschrijving</b>	De oppervlakte van het stroomgebied
<b>Belang</b>	De oppervlakte van het stroomgebied is een bepalende factor voor de afvoerhydrologie (stroming) en de typering van de beek
<b>Meeteenheid</b>	Km <sup>2</sup>
<b>Methode</b>	Oppervlaktebepaling in GIS
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	n.v.t.
<b>Cyclus</b>	T=-1
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig
<b>Resultaat</b>	Getal
<b>Tijdsinspanning</b>	15 minuten
<b>Opmerkingen</b>	



##### Landgebruik stroomgebied

<b>Omschrijving</b>	Het landgebruik van het stroomgebied
<b>Belang</b>	Het landgebruik is van grote invloed op de hydrologie van beek en beekdal en bepalend voor de mogelijkheden om maatregelen te nemen
<b>Meeteenheid</b>	Percentage landgebruik in klassen
<b>Methode</b>	Classificatie in GIS van de eenheden landgebruik in de uiterwaard/beekdal in natuurlijk/ onnatuurlijk op basis van LGN (Landelijk Grondgebruik Nederland). Bereken het oppervlak en bepaal het % natuurlijk/ onnatuurlijk t.o.v. het totaal

Vervolg op pagina 34

<b>Nauwkeurigheid</b>	25 x 25 m grid			
<b>Meetlocatie</b>	Beschouw het stroomgebied dat stroomopwaarts van het hersteltraject ligt			
<b>Cyclus</b>	T=-1			
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig			
<b>Resultaat</b>	<b>Landgebruik</b>	<b>Type</b>	<b>Aantal LGN-cellen</b>	<b>% Voorkomen</b>
	Agrarisch gebied	Niet-natuurlijk	9461	80.36
	Loofbos	Natuurlijk	1030	8.75
	Bebouwd gebied	Niet-Natuurlijk	748	6.35
	Naalbos	Niet-Natuurlijk	465	3.95
	Overig natuur	Natuurlijk	69	0.59
	<i>Bron: Handboek hydromorfologie (Osté et al., 2013)</i>			
<b>Tijdsinspanning</b>	1 uur			
<b>Opmerkingen</b>				

Zie ook: handboek hydromorfologie, paragraaf 3.20 (Landgebruik in uiterwaard/beekdal)



### Dalverhang

<b>Omschrijving</b>	Helling van het beekdal langs het lengteverloop van de beek
<b>Belang</b>	Het dalverhang is een belangrijk parameter voor het vaststellen van het geulpatroon van de beek in de evenwichtssituatie en de potenties voor morfodynamische processen. Met de (dominante) afvoer en de samenstelling van het beddingmateriaal kan het geultype en bijbehorende morfologie worden geclassificeerd (zie Makaske en Maas, 2015)
<b>Meeteenheid</b>	m/ km (-) (m +NAP)
<b>Methode</b>	Hoogtebepaling in GIS met behulp van AHN2 (5 x 5 m grid). Om het dalverhang te bepalen, wordt op regelmatige afstand de bodemhoogte bepaald (m +NAP)
<b>Nauwkeurigheid</b>	cm
<b>Meetlocatie</b>	Ongeveer 1 meetpunt per km De meting vindt plaats op de insteek (overgang talud naar maaiveld) of op een vaste afstand loodrecht ten opzichte van de insteek (m +NAP)
<b>Cyclus</b>	T=-1
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig
<b>Resultaat</b>	Grafiek XY: afstand tot uitstroomopening x bodemhoogte Berekening van bodem verhang per traject (m/ km)
<b>Tijdsinspanning</b>	1 uur
<b>Opmerkingen</b>	Het gaat om een globale indicatie van het dalverhang en niet om plaatselijke hoogtes of laagtes in het maaiveld. De gehanteerde 'meet'-punten moeten daarom indicatief zijn voor de maaiveldhoogte in de omgeving (100-200m) van de 'meet'-punten. Vaak wordt de actuele oever- (wal) van de beek genomen als goed herkenbare uniforme meetlocatie



### Samenstelling van de ondergrond en het oevermateriaal

<b>Omschrijving</b>	Bodemsoort en zetting van de oever
<b>Belang</b>	De samenstelling van de bodem en het oevermateriaal is van belang voor het inschatten van de morfologische stabiliteit van de huidige situatie en/of het ontwerp. Een bodem en oever van fijn zand eroderen makkelijker dan een oever van klei of veen; losse grond die onlangs is verplaatst erodeert gemakkelijker dan grond die zich al lange tijd op dezelfde plaats bevindt

<b>Meeteenheid</b>	Textuur van de bodem (veen, leem, zand of grind) en bodemopbouw (gelaagdheid en afwisseling van texturen)
<b>Methode</b>	Bepaling van de bodemsoort en bodemopbouw aan de hand van de bodemkaart, eventueel aangevuld met grondboringen Zetting in klassen van verwerkte gronden: compact, los, etc. Inventarisatie van (recente) graafwerkzaamheden en historische verlegging van de beekloop
<b>Nauwkeurigheid</b>	Bodemsoort: in klassen Zetting: inschatting in klassen
<b>Meetlocatie</b>	Minimaal: begin, midden en einde van het hersteltraject Optimaal: een zodanige dichtheid van dwarsprofielen kiezen dat een gebieddekkende bodemkaart kan worden gemaakt (schaal 1: 5.000 is gelijk aan minimaal 2 boringen/ ha)
<b>Cyclus</b>	T=-1
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig
<b>Resultaat</b>	Veldbodemkundige beschrijving van boorprofielen met schattingen van de textuur en het organische stofgehalte en een beschrijving van de bodemontwikkeling en het voorkomen van verkitte horizonten zoals ijzeroerlagen, podzol-B-horizonten en briklagen. Kaartbeeld met indicatie van ligging van makkelijk erodeerbare oevers en stabiele oevers
<b>Tijdsinspanning</b>	2 uur/boring inclusief kaartuitwerking
<b>Opmerkingen</b>	

#### 4.2 STROMING



##### Afvoer

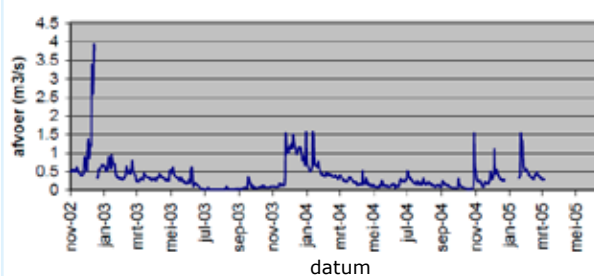
<b>Omschrijving</b>	Afvoer (debiet) verloop in de tijd
<b>Belang</b>	De afvoer (en afvoervariatie) is een belangrijke stuurfactor voor de morfologie van de beek en voor de stroomsnelheid. De metingen vormen de basis voor modelberekeningen, de hydraulische geometrie, meandergeometrie, transportcapaciteit en vrachtbepalingen
<b>Meeteenheid</b>	m <sup>3</sup> /s
<b>Methode</b>	Meetstuw, meetgoot (meten van de waterstand leidt tot debiet) Qh-relatie (meten van de waterstand en dwarsprofiel) ADM, ADCP (meten van de stroomsnelheid en waterstand leidt tot debiet) Zie Hartong en Termes, 2009
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	Op één representatieve locatie in het waterlichaam
<b>Cyclus</b>	T=hele looptijd (T=3 t/m 10)
<b>Meetfrequentie</b>	Continu (15 minuten registratie)

## Resultaat

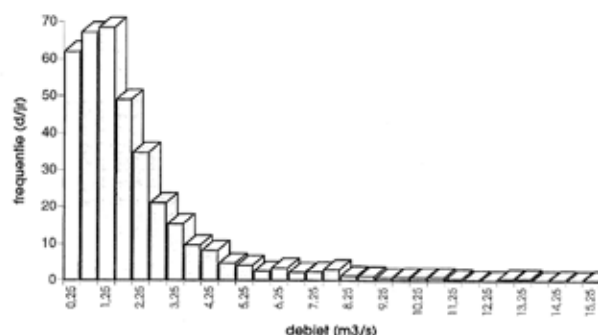
Grafiek XY = Tijd x afvoer (gemiddelde dagwaarden)

Grafiek XY = Afvoerfrequentieverdeling

Afvoer-statistieken = gemiddelde, minimale, maximale afvoer en dominante of geulvullende afvoer (Makaske en Maas, 2015)



Afvoer bij stuw 1.18. Bron: *Handboek hydromorfologie (Osté et al., 2013)*



Bron: *Ecologisch beekherstel (Laseroms, 1996)*

Beek	Gemiddelde afvoer (m³/ s)	Gemiddelde afvoer (m³/ s)	Jaarlijkse piekafvoer gemiddelde afvoer (-)	Jaarlijkse piekafvoer
Hagmolenbeek	0.46		5.64	12.3
Hooge Raam	1.17		2.25	13.2
Lunterse beek	0.33		5.54	16.8
Tungelroyse beek	1.01		5.00	4.95

Bron: *Beekdalbreed hermeanderen (Verdonschot et al., 2012)*

### Tijdsinspanning

### Opmerkingen

De meetopstelling dient ook geschikt te zijn voor het meten bij hoge afvoeren, deze zijn van groot belang voor de morfologische processen

Zie ook: *handboek hydromorfologie, paragraaf 3.5 (Afvoer)*



## Oppervlaktewaterstand

### Omschrijving

Stand van het oppervlaktewater

### Belang

De waterstand is van belang voor het bepalen (en modelleren) van de afvoer en inundatie van aanliggende gronden. Daarnaast is de oppervlaktewaterstand bepalend voor de grondwaterstanden en -fluxen van aanliggende gronden en daarmee de geschiktheid voor verschillende gebruiksfuncties. Het oppervlaktewaterverhang is (samen met het bodemverhang) een belangrijke stuurfactor voor de morfologie van de beek

### Meeteenheid

cm +NAP

### Methode

Vlotter/ Digitale Niveau Meter (DNM), drukopnemers, ultrageluid, radar/ Digitale Ranarmeter (DNR)

Zie Hartong en Termes, 2009

<b>Meetlocatie</b>	Op de volgende locaties in het waterlichaam: - bovenstrooms van de locatie van de herstelmaatregel - benedenstrooms van de locatie van de herstelmaatregel - op de locatie van de debietmeting, dit is mogelijk een van bovengenoemde locaties
<b>Nauwkeurigheid</b>	1 cm
<b>Cyclus</b>	T=hele looptijd (T=3 t/m 10)
<b>Meetfrequentie</b>	Continu (15 minuten registratie)
<b>Resultaat</b>	Grafiek XY = Tijd x waterstand (gemiddelde dagwaarden) Grafiek XY = Waterstandfrequentieverdeling Waterstand-statistieken = gemiddelde, minimale en maximale waterstand
<b>Tijdsinspanning</b>	Installeren meetopstelling: 4 uur (eenmalig) Uitlezen meetapparatuur: 2 uur (op jaarbasis)
<b>Opmerkingen</b>	

Zie ook: *handboek hydromorfologie, paragraaf 3.4 (Inundatiefrequentie en inundatieduur)*



### Stroomsnelheid

De stroomsnelheid kan direct gemeten worden in de beek, zie o.a. Osté et al. (2013) en Hartong en Termes (2009), maar ook worden afgeleid uit afvoer, waterstand en dwarsdoorsnede (zie 'structuren'). Deze laatste methode heeft de voorkeur boven directe metingen van de stroomsnelheid, omdat hiermee een beter inzicht kan worden verkregen in de variatie in de tijd. Directe metingen van de stroomsnelheid en van de variatie van de stroomsnelheid in de ruimte zijn onderdeel van de opnames van het substraatmozaïek (zie structuren).

#### ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)

Een goede methode voor het meten van de actuele stroomsnelheid en stroomsnelheidsvariatie in het dwarsprofiel is de varende ADCP-meting of varende doppler methode (zie o.a. Hartong en Termes, 2009). De methode kan ook worden toegepast voor het uitvoeren van een actuele debietmeting en het inmeten van het dwarsprofiel.

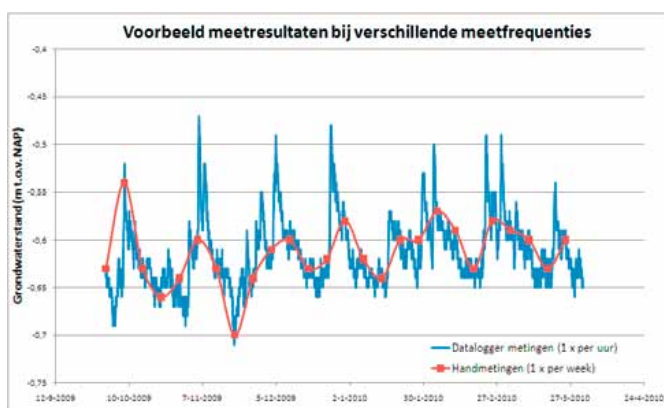
Een ADCP bepaalt in verticale secties het snelheidsprofiel over de verticaal, dat vervolgens wordt omgerekend naar een debiet. Bij de varende ADCP-meting vaart een meetboot met een constante snelheid van oever tot oever. In kleinere waterlopen worden akoestische (hand-) instrumenten gebruikt die op een catamaran/tri-maran zijn gemonteerd (zie foto). Deze wordt met een lijn van oever tot oever getrokken.



Voorbeeld akoestisch meet-instrument (ADCP) op een boot



<b>Omschrijving</b>	Stand van het grondwater in het beekdal of in percelen direct langs de beek
<b>Belang</b>	De grondwaterstand is van belang voor het landgebruik in het beekdal of direct langs de beek. Het oppervlaktewater staat in direct contact met het grondwater: als de grondwaterstand hoog is, watert het land/grondwater af op de rivier/beek; als de grondwaterstand laag is, kan er wegzijging van water naar het grondwater plaatsvinden. Verlaging van waterstanden (bijvoorbeeld door insnijding) kan verlaging van grondwaterstanden tot gevolg hebben vice versa. Daarnaast is de samenstelling van het grondwater van invloed op de oeervegetatie. Veel karakteristieke soorten van beekdalen zijn afhankelijk van (basenrijk) kwelwater
<b>Meeteenheid</b>	cm +NAP
<b>Methode</b>	Drukopnemer of akoestisch (handmatige peiling minder geschikt i.v.m. benodigde meetfrequentie, wel geschikt als controle van de andere methoden)  Zie Bouma et al., 2012
<b>Nauwkeurigheid</b>	Mimimaal: 1 cm, optimaal: 1 mm
<b>Meetlocatie</b>	Raaien van peilbuizen loodrecht op de hoogtelijn.  Voor veel meetdoelen is het belangrijk om de peilbuizen buiten de invloedsfeer te plaatsen van lokale beïnvloedingen om ervoor te zorgen dat de grondsituatie gemeten in de peilbuis in redelijke mate overeenkomt met de grondsituatie in de omgeving, zie Bouma et al., 2012.
<b>Cyclus</b>	T=hele looptijd (T=3 t/m 10)
<b>Meetfrequentie</b>	Continu (minimaal: dagregistratie, optimaal: uurregistratie)
<b>Resultaat</b>	Grafiek XY = Tijd x grondwaterstand (gemiddelde dagwaarden) Grafiek XY = Waterstandfrequentieverdeling Grondwaterstand-statistieken = gemiddelden, maxima, GVG, GHG, GLG, grondwatertrap



Bron: Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen (Bouma et al., 2012)

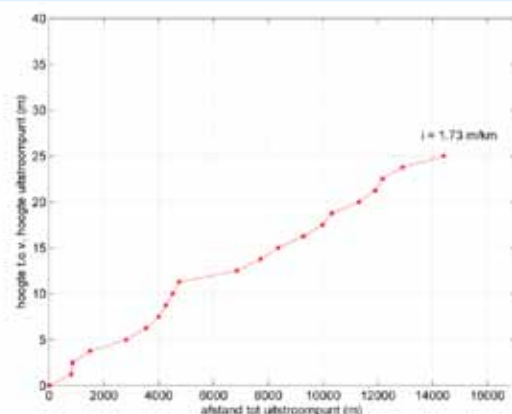
<b>Tijdsinspanning</b>	Plaatsen peilbuis: 4 uur (eenmalig)  Uitlezen meetapparatuur: 2 uur (op jaarbasis)
<b>Opmerkingen</b>	Zie ook: handboek hydromorfologie, paragraaf 3.12 (Grondwaterstand)

### 4.3 STRUCTUREN

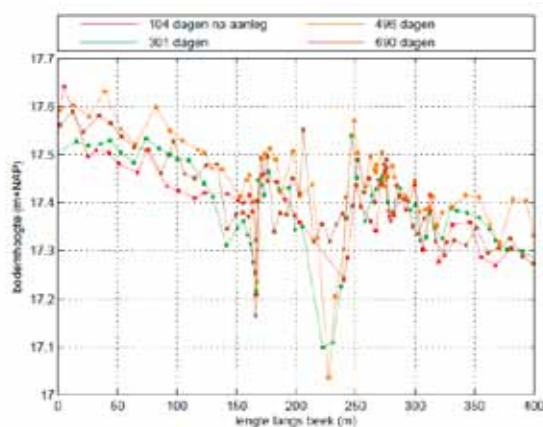


#### Bodemverhang (lengteverloop)

<b>Omschrijving</b>	Helling van de beekbodem langs het lengteverloop van de beek
<b>Belang</b>	Het bodem verhang is (samen met het oppervlaktewater verhang) een belangrijke stuurfactor voor de stroomsnelheid. De stroomsnelheid is bepalend voor de mate waarin het stromende water sediment kan verplaatsen en daarmee voor de morfologie van de beek (Laseroms, 1996; Makaske en Maas, 2015). Om het bodem verhang te kunnen bepalen, moet op regelmatige afstand de bodemhoogte worden gemeten (m +NAP)
<b>Meeteenheid</b>	m/ km (-) (m +NAP)
<b>Methode</b>	Inmeten lengteprofiel met DGPS, zie Hartong en Termes, 2009
<b>Nauwkeurigheid</b>	1-2 cm in de horizontaal en verticaal (DGPS)
<b>Meetlocatie</b>	Hele beek: 1-4 meetpunten per km Hersteltraject minimaal: begin, midden en einde van het hersteltraject Hersteltraject optimaal: 1 meetpunt per 25m De meting vindt plaats op het laagste punt in het dwarsprofiel
<b>Cyclus</b>	Hele beek: T=-1 Hersteltraject: T=0 (na oplevering), 1, 3, 6, 10
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig (1x per jaar) Metingen bij voorkeur in de zomerperiode, bij laag water
<b>Resultaat</b>	Grafiek XY: afstand tot uitstroomopening x bodemhoogte Berekening van bodem verhang per traject (m/ km)



Bron: Stabiliteitsdiagram van laaglandbeken (Eekhout en Hoitink, 2012)



Bron: Stabiliteitsdiagram van laaglandbeken (Eekhout en Hoitink, 2012)

Vervolg op pagina 40





<b>Tijdsinspanning</b>	Ca. 2 uur per km
<b>Opmerkingen</b>	De meting kan worden gecombineerd met de meting van het dwarsprofiel Door lokale verdiepingen kan het profiel een grillig verloop hebben

### Samenstelling beddingmateriaal

<b>Omschrijving</b>	Korrelgrootte van het substraat van de bedding		
<b>Belang</b>	De samenstelling van het beddingmateriaal bepaalt samen met de stroomsnelheid de sedimenttransportcapaciteit en is daarmee bepalend voor de beddingdimensies van de beek (Laseroms, 1996; Maas en Makaske, 2015)		
<b>Meeteenheid</b>	$\mu\text{m}$ (ingedeeld in klassen)		
<b>Methode</b>	De monsternamen zijn gericht op transporteerbaar beddingmateriaal (het bovenste sediment dat in beweging is geweest of anderszins uit het midden van de bedding) NEN 5104: Classificatie van onverharde grondmonsters ISO-14688-1: Identificatie en classificatie van grond, deel 1 Bij de bepaling van de korrelgrootte(verdeling) is met name een voldoende onderverdeling van de zandfracties van belang		
<b>Nauwkeurigheid</b>			
<b>Meetlocatie</b>	Minimaal: op één locatie in het hersteltraject, daar waar ook een dwarsprofiel wordt gemeten Optimaal: op meerdere locaties omdat de variatie in beddingmateriaal in een beektraject groot kan zijn		
<b>Cyclus</b>	T=-1, 0 (na oplevering), 3, 10		
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig (1x per jaar) Metingen bij voorkeur in voorjaar, na periode van hoog water		
<b>Resultaat</b>	Het resultaat wordt meestal weergegeven in een procentueel aandeel van verschillende klassen in de analyse, al dan niet weergegeven in een zeefkromme		
<b>Zeef (in <math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Zeefrest (in gram)</b>	<b>Zeefrest in % van totale massa (per zeef)</b>	<b>Zeefrest in % (gecumuleerd)</b>
2000 $\mu\text{m}$ (2mm)	0	0	100
1000 $\mu\text{m}$ (1mm)	20	2	100
500 $\mu\text{m}$	140	14	98
250 $\mu\text{m}$	600	60	85
125 $\mu\text{m}$	140	14	25
63 $\mu\text{m}$	10	1	9
50 $\mu\text{m}$	10	1	8
32 $\mu\text{m}$	20	2	7
16 $\mu\text{m}$	20	2	5
2 $\mu\text{m}$	30	3	3
Berekening van korrelgrootte-statistieken: D50, D90, D16, D35			
<b>Tijdsinspanning</b>	0,5 uur		
<b>Opmerkingen</b>	Meting kan gecombineerd worden met meting van het dwarsprofiel		

Zie ook: handboek hydromorfologie, paragraaf 3.16 (Mate van natuurlijkheid substraatsamenstelling)



### Veldbezoek met foto

<b>Omschrijving</b>	Veldbezoek met vastleggen van situatie op vaste punten (foto)
<b>Belang</b>	Een regelmatig veldbezoek is een goede manier om een vinger aan de pols te houden bij een herstelproject. Door foto's te maken op vaste locaties kan de (grootschalige) ontwikkeling worden vastgelegd. Daarnaast kan het veldbezoek aanleiding zijn om het meetnet-ontwerp aan te passen. Het veldbezoek vindt jaarlijks plaats en vormt daarmee de rode draad van alle metingen
<b>Meeteenheid</b>	n.v.t.
<b>Methode</b>	Foto op vaste locatie (met vaste richting/ oriëntatiepunt), zie ook het handboek hydrobiologie, hoofdstuk 5.3 (Bijkerk, 2014)
<b>Nauwkeurigheid</b>	n.v.t.
<b>Meetlocatie</b>	Afhankelijk van de omvang van het hersteltraject, minimaal één (vaste) locatie in dezelfde richting
<b>Cyclus</b>	T=-1, 0 (na oplevering), 1, 3, 6, 10
<b>Meetfrequentie</b>	4x per jaar (elk seizoen één maal), in het jaar van uitvoering is 1x waarschijnlijk voldoende
<b>Resultaat</b>	Fotoserie per vaste locatie
<b>Tijdsinspanning</b>	
<b>Opmerkingen</b>	Op de momenten van het veldbezoek kan eenvoudig ook het substraatmozaïek worden opgenomen. Daarnaast kunnen andere opvallende waarnemingen worden genoteerd (flora- en fauna, effecten van beheer, recreatie, etc.)



### Substraatmozaïek

<b>Omschrijving</b>	Schatting van het percentage van de meest voorkomende substraten in de beek
<b>Belang</b>	Het substraat is (in interactie met stroming) een van de voornaamste sturende factoren voor het voorkomen van aquatische organismen. De aanwezigheid en verhouding van de substraten zegt al veel over de optredende morfologische processen en de kansen voor diverse organismen. De vegetatiegroei is bovendien van invloed op de morfologische processen
<b>Meeteenheid</b>	% (van het oppervlak)
<b>Methode</b>	Gebruik hiervoor hoofdstuk 5 en het (standaard) 'veldformulier voor de meetpuntbeschrijving' uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014; bijlage 9, figuur 1a en 1b). Aanbevolen wordt om te inventariseren met waadpak. Minimaal: schatting op het oog van: - de substraten (in %) - vegetatielagen (in %) - dikte van de sliblaag (in cm) - stroomsnelheid (in cm/s) - beschaduwing (in klassen) Optimaal: volledig ingevuld veldformulier voor de meetpuntbeschrijving N.B.: Voor (wetenschappelijk) onderzoek naar substraatmozaïeken komt het gebruik van luchtfoto-series gemaakt met een drone of een time-lap-camera op een hoge positie steeds meer binnen handbereik
<b>Nauwkeurigheid</b>	5%

Vervolg op pagina 42

<b>Meetlocatie</b>	Afhankelijk van de omvang van het hersteltraject, minimaal één (vaste) locatie
<b>Cyclus</b>	T=-1, 1, 3, 6, 10
<b>Meetfrequentie</b>	4x per jaar (elk seizoen één maal), behalve in het jaar van uitvoering (T=0) Opname bij voorkeur uitvoeren bij laagwater, vaak zal dit in de zomer zijn.
<b>Resultaat</b>	Tabel met % per substraat en vegetatielaag, dikte van de sliblaag (minimale en maximale slibdikte, de mediane dikte en het negentig-percentiel), stroomsnelheid (m/s) en beschaduwning van het water (in klassen)
<b>Tijdsinspanning</b>	30 minuten per opname
<b>Opmerkingen</b>	In het winterhalfjaar kan door hoge afvoeren en slecht doorzicht het moeilijk zijn een goede opname te maken. De opname van het substraatmozaïek kan goed worden gecombineerd met het veldbezoek met foto en opname van het dwarsprofiel. Let wel op dat in het laatste geval eerst de opname van het substraatmozaïek wordt uitgevoerd en pas daarna het dwarsprofiel wordt ingemeten



### Dwarsprofiel

<b>Omschrijving</b>	Dwarsdoorsnede van de beek van insteek tot insteek (bodemhoogte)
<b>Belang</b>	Het dwarsprofiel of beddingdimensies zijn bepalend voor de habitatdiversiteit en kansen voor diverse organismen. De beddingdimensie wordt gestuurd door de afvoer(variatie), de samenstelling van het beddingmateriaal, het dalverhang en de weerstand (kM) (Laseroms, 1996). Daarnaast is een actuele meting van het dwarsprofiel essentieel voor bepaling van het debiet (Qh-relatie) of de stroomsnelheid (bij een bekend debiet)
<b>Meeteenheid</b>	m +NAP
<b>Methode</b>	DGPS, echolading (single beam) of traditionele methoden die gebruik maken van staven, kabels en gewichten (zie ISO 3454) ADCP (varende ADCP-meting of varende doppler methode), zie box onder 'stroomsnelheid'
<b>Nauwkeurigheid</b>	1-2 cm in de horizontaal en verticaal (DGPS) of nauwkeuriger (kinematische DGPS)
<b>Meetlocatie</b>	Minimaal op de volgende locaties in het waterlichaam: - op de locatie van de debietmeting, indien deze wordt gemeten d.m.v. een Qh-relatie - op een locatie aan het begin, in het midden en aan het einde van het hersteltraject  Optimaal: afhankelijk van de variatie in het geulpatroon en/ of de variatie in omgevingsfactoren die van invloed zijn op de patroonontwikkeling (stabiliteit van de oever, kwel), kan het meetnet verder worden verdicht met opnames op gelijke onderlinge afstand. Daarnaast kan het ook zinvol zijn de ontwikkeling van het dwarsprofiel te volgen op locaties waar veranderingen worden verwacht (controle), kritiek zijn (bijvoorbeeld waar oevererosie problemen kan veroorzaken met een perceelsgrens of waterkering) of worden waargenomen (achteraf, onverwacht)
<b>Cyclus</b>	T=-1, 0 (na oplevering), 1, 3, 6, 10

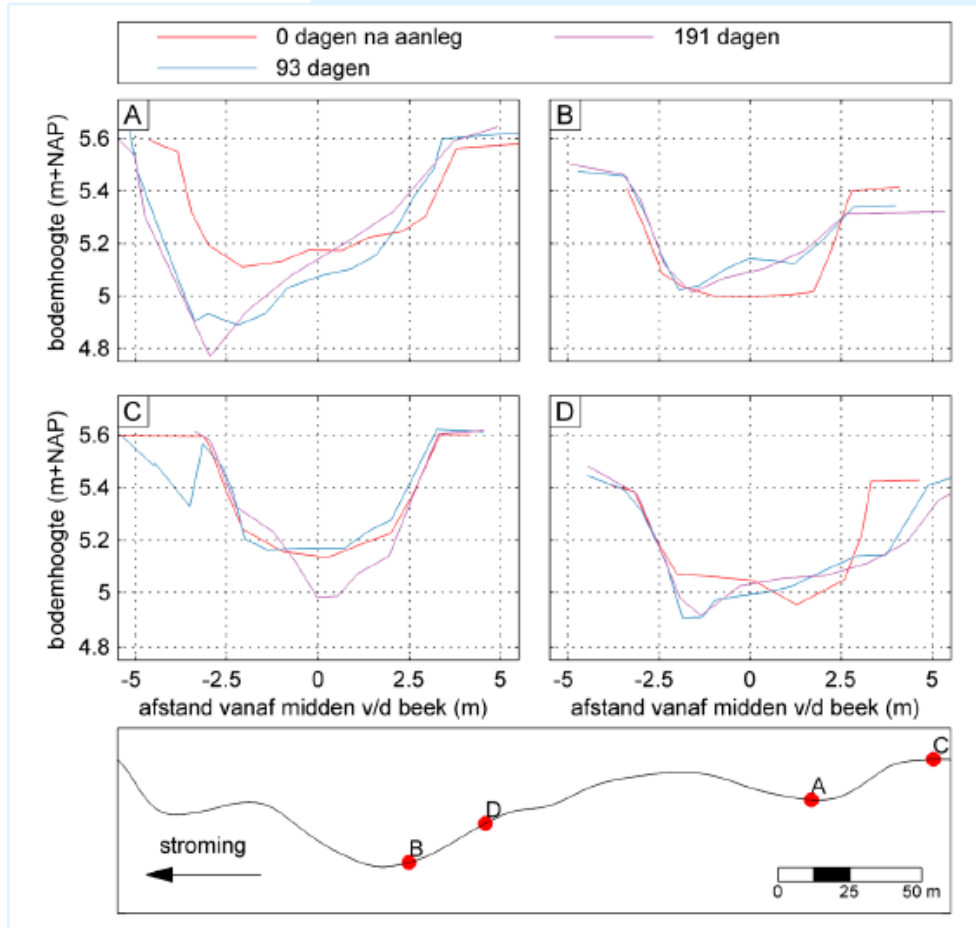
**Meetfrequentie**

T=-1, 0: eenmalig (1x per jaar)

T=1, 3, 6: 1-4x p/jaar, afhankelijk van de verwachte of waargenomen dynamiek

T=10: eenmalig (1x per jaar)

Metingen bij voorkeur in de zomerperiode, bij laag water

**Resultaat**

Bron: Stabiliteitsdiagram van laaglandbeken (Eekhout en Hoitink, 2012)

**Tijdsinspanning**

4 uur/dwarsprofiel

**Opmerkingen**

Meting kan worden gecombineerd met het veldbezoek met foto en opname van het substraatmozaïek

Zie ook: handboek hydromorfologie, paragraaf 3.14 (Dwarsprofiel en mate van natuurlijkheid)

**Tracé/ Sinuositeit****Omschrijving**

Bovenaanzicht van de beek/rieverloop. Mate van bochtigheid

**Belang**

Rechttrekken van de rivierloop leidt tot snellere afvoer en habitatverlies.

Herstel van meandering kan zorgen voor habitatdiversiteit en een minder snelle afvoer

**Meeteenheid**

- (dimensieloos)

Vervolg op pagina 44

## Methode

GIS-analyse: digitaliseer in GIS de middenlijn van de (ontwerp)beekloop (beek-as). De sinuositeit is de lengte van de middenlijn van de beekloop/directe afstand (hemelsbreed). Bij een recht kanaal is de sinuositeit 1  
N.B.1: Bij voldoende dichtheid van de dwarsprofielmetingen kan de tracé-ontwikkeling daarmee worden gevolgd en zijn geen aanvullende opnames nodig  
N.B.2: Voor (wetenschappelijk) onderzoek naar substraatmozaïeken komt het gebruik van luchtfoto-series gemaakt met een drone of een time-lap-camera op een hoge positie steeds meer binnen handbereik

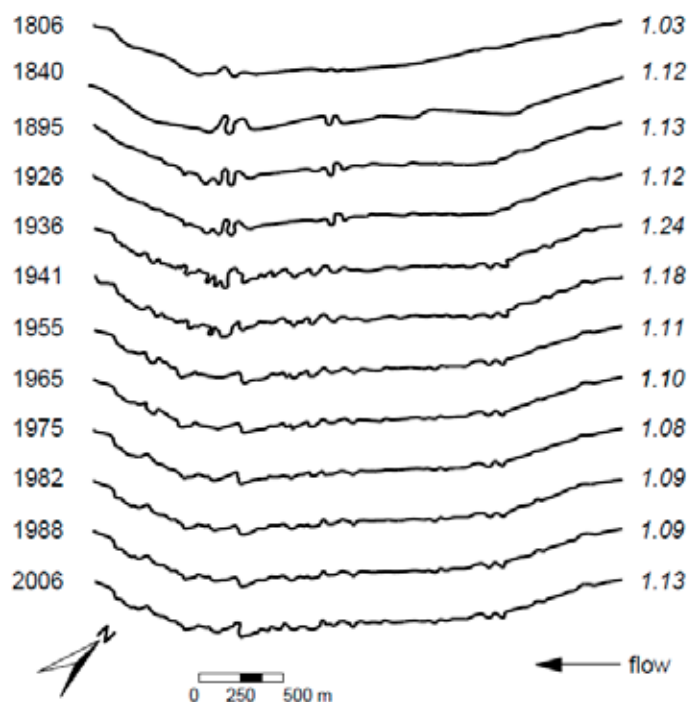
## Nauwkeurigheid

**Meetlocatie** gehele projectbereik

**Cyclus** T=-1, 0, 10

**Meetfrequentie** Eénmalig

**Resultaat** Getal



Bron: Stabiliteitsdiagram van laaglandbeken (Eekhout en Hoitink, 2012)

**Tijdsinspanning** afhankelijk van de gebruikte techniek

## Opmerkingen

Zie ook: handboek hydromorfologie, paragraaf 3.13 (Rivierloop) en het handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015).

## 4.4 STOFFEN



### Zuurstof-variatie

**Omschrijving** Zuurstofgehalte gedurende de dag

**Belang** Zuurstof is een eerste levensvoorwaarde van organismen. Het zuurstofgehalte vertoont een sterk dag- nachtritme, vooral in het groeiseizoen. Daarom levert een zuurstofmeting op een willekeurig tijdstip weinig informatie op

**Meeteenheid** mg/l

<b>Methode</b>	Continu (15 minuten registratie)
<b>Nauwkeurigheid</b>	0,1 mg/l
<b>Meetlocatie</b>	Op één representatieve locatie in het hersteltraject, nabij de bodem
<b>Cyclus</b>	T=-1, 1, 3, 10
<b>Meetfrequentie</b>	Minimaal: 2x (juni, augustus) Optimaal: 4x (maart, juni, augustus, oktober)
<b>Resultaat</b>	Minimum-gehalte Grafiek XY = tijdstip op de dag (uur) x zuurstofgehalte (mg/l)
<b>Tijdsinspanning</b>	
<b>Opmerkingen</b>	Temperatuur ook meten (berekening van het verzadigingspercentage)



### Nutriënten

<b>Omschrijving</b>	Gehalte totaal-stikstof en -fosfaat
<b>Belang</b>	Het gehalte stikstof en fosfaat is vooral van belang voor de groei van fyto-benthos en water- en oeverplanten. In beken komt een overmaat aan nutriënten vooral tot uiting in onbeschaduwde en langzaamstromende situaties (genormaliseerde beken). In combinatie met afvoergegevens kunnen jaarvrachten worden berekend, een belangrijke stuurfactor voor het functioneren van (benedenstrooms gelegen) meren en plassen
<b>Meeteenheid</b>	mg N/l, mg P/l
<b>Methode</b>	Standaard laboratoriumvoorschriften voor monsternamen en analyse
<b>Nauwkeurigheid</b>	0,1 mg/l (N), 0,01 mg/l (P)
<b>Meetlocatie</b>	Op één locatie die representatief is voor het hersteltraject
<b>Cyclus</b>	T= -1, 3, 10
<b>Meetfrequentie</b>	Minimaal: 6x per jaar (zomerhalfjaar) Optimaal: 12x per jaar
<b>Resultaat</b>	Jaargemiddelde gehalte (niet mogelijk bij keuze meetfrequentie 6x in zomerhalfjaar) Zomergemiddelde gehalte Jaarvracht (in combinatie met afvoergegevens)
<b>Tijdsinspanning</b>	
<b>Opmerkingen</b>	Metingen zijn meestal onderdeel van het standaardpakket



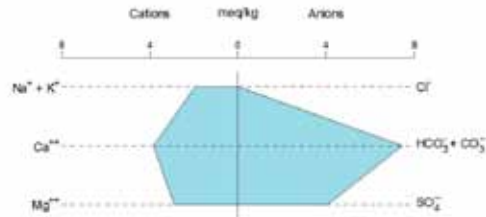
### Macro-ionen en ijzer

<b>Omschrijving</b>	Gehalte van belangrijkste macro-ionen (Na, Ca, Mg, Cl, HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> ) en ijzer (Fe)
<b>Belang</b>	De samenstelling van het water stuurt diverse biologische processen. Daarnaast zijn diverse organismen rechtstreeks afhankelijk van bijvoorbeeld het Ca of Mg gehalte. Daarnaast geeft de onderlinge verhouding van de macro-ionen inzicht in de herkomst van het water (regenwater, kwelwater, inlaatwater) en daarmee over het functioneren van het watersysteem
<b>Meeteenheid</b>	Mg/l -> meq/l
<b>Methode</b>	Standaard laboratoriumvoorschriften voor monsternamen en analyse
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	Op één locatie die representatief is voor het hersteltraject
<b>Cyclus</b>	T= -1, 3, 10
<b>Meetfrequentie</b>	4x per jaar

Vervolg op pagina 46

**Resultaat**

## Stiff-diagram

**Tijdsinspanning****Opmerkingen**

Metingen zijn soms onderdeel van het standaard-pakket (?)

*Zwevend stof***Omschrijving**

Gehalte van organische en anorganische zwevende bestanddelen

**Belang**

Veel stoffen en verontreinigingen zijn gehecht aan zwevend stof. Daarnaast is het zwevend stof een belangrijk onderdeel van het sediment-transport en de sedimentbalans. Bij onvoldoende stroming zorgt zwevend stof voor de aanwas van slib.

**Meeteenheid**

Mg/l

**Methode**

Standaard laboratoriumvoorschriften voor monsternamen en analyse

**Nauwkeurigheid****Meetlocatie**

Op één locatie die representatief is voor het hersteltraject (lieftst bovenstrooms van het hersteltraject)

**Cyclus**

T=-1, 3, 10

**Meetfrequentie**

12x per jaar

**Resultaat**

Grafiek XY = datum x zwevend stofgehalte

Jaargemiddelde gehalte

Jaarvrucht (in combinatie met afvoergegevens)

**Tijdsinspanning****Opmerkingen**

Metingen zijn soms onderdeel van het standaard-pakket (?)

*Overige verontreinigende stoffen***Omschrijving**

Gehalte aan relevante verontreinigende stoffen in het water (prioritaire stoffen, specifiek verontreinigende stoffen, medicijnen, geneesmiddelen, etc.)

**Belang**

Micro-verontreinigingen kunnen giftig zijn voor aquatische organismen en effecten veroorzaken, zoals aantasting van groei en reproductie en sterfte

**Meeteenheid**

µg/l

**Methode**

Standaard laboratoriumvoorschriften voor monsternamen en analyse

**Nauwkeurigheid**

Varieert per stof

**Meetlocatie**

Op één locatie die representatief is voor het hersteltraject

**Cyclus**

T=-1, 3, 10

**Meetfrequentie**

Minimaal: 6x per jaar (van Herpen et al., 2009)

Optimaal: 12x per jaar

**Resultaat**

Jaargemiddelde gehalte, toetswaarde (x- percentiel)

**Tijdsinspanning****Opmerkingen**

Metingen zijn meestal geen onderdeel van het standaard-pakket. Voor het vaststellen van het eco-toxicologische effect van alle voorkomende verontreinigingen wordt een methode uitgewerkt (ESF8 Stilstaande wateren, toxiciteit)

#### 4.5 SCHONEN



##### Onderhoud

<b>Omschrijving</b>	Wijze waarop het maaionderhoud in de beek wordt uitgevoerd
<b>Belang</b>	Door onderhoud worden water- en oeverplanten verwijderd. Meestal heeft onderhoud als doel om de doorstroming van het water te verbeteren. Informatie over het onderhoud is van belang om de afvoergegevens te kunnen interpreteren. Daarnaast is onderhoud direct (verwijdering van fyto-benthos, water- en oeverplanten, macrofauna en vis) en indirect (verwijdering van habitat voor fyto-benthos, macrofauna en vis) van invloed op de biologische soortgroepen
<b>Meeteenheid</b>	Datum van onderhoud Methode van onderhoud (maai-hark, maaiboot, klepelmaaier, maaikorf) Deel van het profiel dat wordt onderhouden (bodem, talud tweezijdig, talud eenzijdig)
<b>Methode</b>	Jaarlijks opvragen bij beheer en onderhoudsdienst, aflezen van maaikaart, afleiden van gedigitaliseerde maaikaart
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	Hele beek, incl. hersteltraject
<b>Cyclus</b>	Jaarlijks
<b>Meetfrequentie</b>	Eénmalig
<b>Resultaat</b>	Tabel (met datum, methode onderhoud en deel profiel per traject) of kaart
<b>Tijdsinspanning</b>	1 uur
<b>Opmerkingen</b>	

#### 4.6 SOORTEN



##### Macrofauna

<b>Omschrijving</b>	Bemonstering van de macrofauna-levensgemeenschap
<b>Belang</b>	Macrofauna is een goede indicator voor de ecologische kwaliteit van een beek. Macrofauna is plaatsgebonden; daarnaast reageert de macrofauna redelijk snel op veranderingen in het leefmilieu (zie figuur 3.6)
<b>Meeteenheid</b>	Soortensamenstelling en abundantie (aantal per soort)
<b>Methode</b>	Bemonstering met een handnet, cf. het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014)
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	Minimaal: op één representatieve locatie in het hersteltraject Optimaal: op meerdere locaties in het hersteltraject
<b>Cyclus</b>	Minimaal: T= -3, -1, 3, 6, 8 en 10
<b>Meetfrequentie</b>	Minimaal: één keer per jaar. Kies het tijdstip van de bemonstering in maart-mei Optimaal: twee keer per jaar. Kies het tijdstip van de voorjaarsbemonstering in maart-mei en dat van de najaarsbemonstering van half september t/m oktober

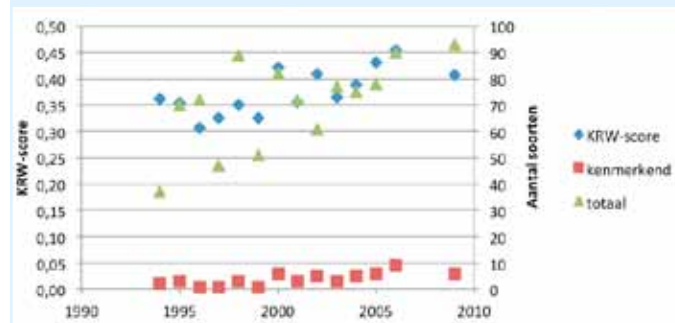
Vervolg op pagina 48



## Resultaat

Soortenlijst en abundantie per monster

KRW-score per monster, aantal kenmerkende soorten, totaal aantal soorten e.d.



Bron: Evaluatie 25 jaar waterkwaliteit en ecologie  
(Waterschap Groot Salland, 2012)

## Tijdsinspanning

Bemonstering, uitzoeken en determineren per monster: ca. 2 dagen

## Opmerkingen

Bij de bemonstering wordt een veldformulier ingevuld. Zie hiervoor hoofdstuk 5 en het (standaard) 'veldformulier voor de meetpunt-beschrijving' uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014; bijlage 9, figuur 1a en 1b).

Het is belangrijk dat er meerdere monsters beschikbaar zijn van vóór de ingreep (minimaal 2). Indien de ingreep al heeft plaatsgevonden, zijn er mogelijk gegevens bekend van vóór de ingreep.

Een andere mogelijkheid is het bemonsteren van één (of meerdere) referentielocaties buiten de invloedssfeer van de maatregel (zie hoofdstuk 3, stap 7; controle-traject: vergelijking in de ruimte). Deze moeten zich in hetzelfde waterlichaam bevinden, bij voorkeur bovenstrooms van het hersteltraject

Zie ook: handboek hydrobiologie, hoofdstuk 12 (macrofauna)



## Fytobenthos

### Omschrijving

Bemonstering van fytobenthos op van nature aanwezige substraten

### Belang

Fytobenthos omvat eigenlijk alle algen die op een substraat leven. Fytobenthos is een goede indicator voor eutrofiëring, organische vervuiling en ionenrijkdom. Fytobenthos is plaatsgebonden; daarnaast reageert fytobenthos relatief snel op veranderingen in het leefmilieu (zie figuur 3.6)

### Meeteenheid

Soortensamenstelling en abundantie (aantal per soort)

### Methode

Afschrapen van fytobenthos van aanwezige substraten (in volgorde van afnemende voorkeur): riet, andere oeverplanten of waterplanten, ondergedoken stengels van drijfbladplanten, takjes die geruime tijd in het water hebben gehangen of gelegen, oeverbeschoeiing of stenen (Bijkerk, 2014)

### Nauwkeurigheid

### Meetlocatie

Minimaal: op één representatieve locatie in het hersteltraject  
Optimaal: op meerdere locaties in het hersteltraject

### Cyclus

Minimaal: T= -3, -1, 3, 6, 8 en 10

### Meetfrequentie

Minimaal: één keer per jaar. Kies het tijdstip van de bemonstering in april  
Optimaal: twee keer per jaar. Kies het tijdstip van de voorjaarsbemonstering in april en dat van de najaarsbemonstering in september

<b>Resultaat</b>	Soortenlijst en abundantie per monster KRW-score per monster, aantal kenmerkende soorten, totaal aantal soorten e.d.
<b>Tijdsinspanning</b>	Bemonstering en determineren per monster: ca. 1 dag
<b>Opmerkingen</b>	Bij de bemonstering wordt een veldformulier ingevuld. Zie hiervoor hoofdstuk 5 en het (standaard) 'veldformulier voor de meetpunt-beschrijving' uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014; bijlage 9, figuur 1a en 1b).  Het is belangrijk dat er meerdere monsters beschikbaar zijn van vóór de ingreep (minimaal 2). Indien de ingreep al heeft plaatsgevonden, zijn er mogelijk gegevens bekend van vóór de ingreep.  Een andere mogelijkheid is het bemonsteren van één (of meerdere) referentielocaties buiten de invloedssfeer van de maatregel (zie hoofdstuk 3, stap 7; controle-traject: vergelijking in de ruimte). Deze moeten zich in hetzelfde waterlichaam bevinden, bij voorkeur bovenstrooms van het hersteltraject

Zie ook: *handboek hydrobiologie, hoofdstuk 9 (kiezelwieren)*



### Water-en oeverplanten

<b>Omschrijving</b>	Opname van de water- en oevervegetatie
<b>Belang</b>	Water- en oeverplanten zijn een goede indicator voor de ecologische kwaliteit van een beek. Het voorkomen van water- en oeverplanten is sterk gerelateerd aan de abiotische condities van de standplaats. Daarom zijn water- en oeverplanten bij uitstek geschikt als indicatoren voor de kwaliteit van water en waterbodem. Water- en oeverplanten reageren minder snel op veranderingen in het leefmilieu (zie figuur 3.6)
<b>Meeteenheid</b>	Soortensamenstelling en abundantie (aantal per soort)
<b>Methode</b>	Opname van vegetatie (visueel en waar nodig met een hark of satakroon) in minimaal twee proefvlakken: één voor de watervegetatie (groeivormen Submers, Drijvend, Emers, Kroos en Flab) en één voor de oevervegetatie (groeivorm Oeverbegroeiing) (Bijkerk, 2014)
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	Minimaal: op één representatieve locatie in het hersteltraject Optimaal: op meerdere locaties in het hersteltraject
<b>Cyclus</b>	Minimaal: T= -3, -1, 3, 6, 8 en 10
<b>Meetfrequentie</b>	Minimaal: hoofdonname in de periode 1 juli tot 1 september Optimaal: vooropname in de periode 15 april tot 15 mei en hoofdonname in de periode 1 juli tot 1 september
<b>Resultaat</b>	Soortenlijst en abundantie per monster KRW-score per opname, aantal kenmerkende soorten, totaal aantal soorten e.d.

Vervolg op pagina 50

<b>Tijdsinspanning</b>	Opname per locatie: ca. 2 uur
<b>Opmerkingen</b>	<p>Bij de opnames wordt een veldformulier ingevuld. Zie hiervoor hoofdstuk 5 en het (standaard) 'veldformulier voor vegetatieopname' uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014; bijlage 9, figuur 2a t/m 2d).</p> <p>Het is belangrijk dat er meerdere opnames beschikbaar zijn van vóór de ingreep (minimaal 2). Indien de ingreep al heeft plaatsgevonden, zijn er mogelijk gegevens bekend van vóór de ingreep.</p> <p>Een andere mogelijkheid is het maken van opnames op één (of meerdere) referentielocaties buiten de invloedssfeer van de maatregel (zie hoofdstuk 3, stap 7; controle-traject: vergelijking in de ruimte). Deze moeten zich in hetzelfde waterlichaam bevinden, bij voorkeur bovenstrooms van het hersteltraject</p>

Zie ook: *handboek hydrobiologie, hoofdstuk 11 (vegetatie)*



### Vis

<b>Omschrijving</b>	Bemonstering van de vis-levensgemeenschap
<b>Belang</b>	<p>Vissen zijn een goede indicator voor de ecologische kwaliteit van een beek. Veel vissoorten gebruiken (in verschillende levensstadia) verschillende delen van de gehele beek en soms daarbuiten. De samenstelling van de visgemeenschap weerspiegelt de voedselrijkdom en habitatdiversiteit van een water, inclusief het stromingsregiem. Daarnaast is vis een unieke indicator voor de connectiviteit van een watersysteem.</p> <p>De vis-levensgemeenschap wordt daarom beïnvloed door veranderingen op diverse schaalniveaus (zie figuur 3.6)</p>
<b>Meeteenheid</b>	Soortensamenstelling, abundantie (aantal per soort) en lengte-frequentieverdeling
<b>Methode</b>	Bemonstering van oeverzone en open water met een elektrovisapparaat (Bijkerk, 2014)
<b>Nauwkeurigheid</b>	
<b>Meetlocatie</b>	<p>Minimaal: over het algemeen volstaat één representatief traject in het hersteltraject</p> <p>Optimaal: bij grotere projecten meerdere trajecten in het hersteltraject</p> <p>Het benodigde aantal trajecten berekent men uit de vereiste minimale bemonsteringsinspanning en de oppervlakte en de totale oeverlengte van het hersteltraject (zie Bijkerk, 2014)</p>
<b>Cyclus</b>	Minimaal: T= -3, -1, 3, 6, 8 en 10
<b>Meetfrequentie</b>	Eén keer per jaar in de periode half juli-eind oktober
<b>Resultaat</b>	<p>Soortenlijst en abundantie per traject</p> <p>Lengte-frequentie-verdeling per soort</p> <p>KRW-score per traject, aantal kenmerkende soorten, totaal aantal soorten e.d.</p>
<b>Tijdsinspanning</b>	Bemonstering per traject: ca. 3 uur

## Opmerkingen

Bij de bemonstering wordt een veldformulier ingevuld. Zie hiervoor hoofdstuk 5 en het (standaard) 'veldformulier voor visbestandsopname' uit het handboek hydrobiologie (Bijkerk, 2014; bijlage 9, figuur 3).

Het is belangrijk dat er meerdere bestandsopnames beschikbaar zijn van vóór de ingreep (minimaal 2). Indien de ingreep al heeft plaatsgevonden, zijn er mogelijk gegevens bekend van vóór de ingreep.

Een andere mogelijkheid is het bemonsteren van een referentielocatie buiten de invloedssfeer van de maatregel (zie hoofdstuk 3, stap 7; controle-traject: vergelijking in de ruimte). Gezien de grote mobiliteit van vissen ligt het kiezen van een dergelijk referentietraject in hetzelfde waterlichaam niet voor de hand

---

*Zie ook: handboek hydrobiologie, hoofdstuk 13 (vis)*

## 5. BASIS MEETNET-ONTWERP



Een meetnetontwerp bestaat uit een overzicht van parameters, meetmethoden, locaties en meetfrequenties. Het meetnetontwerp wordt weergegeven in overzichtelijke tabellen. In dit hoofdstuk zijn twee tabellen opgenomen die als basis kunnen dienen. Aan deze tabellen wordt een kaart met de ligging van de beoogde locaties toegevoegd (hier niet weergegeven).

In de tabellen zijn alle parameters uit hoofdstuk 4 opgenomen. Door de relevante parameters uit dit overzicht te selecteren, kan snel een eerste versie van het meetnet-ontwerp worden opgesteld.

In dit hoofdstuk zijn enkele parameters lichtblauw gearceerd (■). Deze parameters vormen de basis voor de monitoring van hydro(morfo)logische processen en daarmee in de meeste gevallen de basis voor projectmonitoring. Het herstel van deze processen is een belangrijke voorwaarde voor het ecologisch herstel van beken en dus vaak als projectdoel voor beekherstelprojecten opgenomen. Als biologische component is de macrofauna aangehouden: indien er geen specifieke doelsoorten zijn geformuleerd in de projectdoelen, wordt de monitoring van deze soortgroep aanbevolen.

Daarnaast is voor elke parameter de minimale meetinspanning uit hoofdstuk 4 in de tabellen verwerkt (aantal meetlocaties/ cyclus/ meetfrequentie). Zoals al eerder werd aangegeven, is deze meetinspanning indicatief: het meetdoel en de specifieke situatie zijn leidend voor de uiteindelijke keuze.

Bij de cyclus is het meetjaar weergegeven ten opzichte van het jaar waarin de herstelmaatregelen worden uitgevoerd (T=0, groen gearceerd (■)). Doorgaans wordt voorafgaand aan de ontwerpfase van het beekherstelproject een watersysteemanalyse uitgevoerd (T=-1). Andere logische rapportage-momenten zijn op 3 jaar na uitvoering van de maatregelen (T=3) en na afloop van de monitoring (T=10). Deze momenten zijn in tabel 5.2 geel gearceerd (■).

Tabel 5.1: Voorbeeld uitwerking meetplan hersteltraject (blauwe regels vormen het basisprogramma voor monitoring van hydromorfologische processen)

SS	Parameter	Methode	Resultaat (presentatie)	#loc	Cyclus	Frequentie
<b>Systeem</b>	Oppervlakte stroomgebied	Oppervlaktebepaling in GIS	Oppervlakte (km <sup>2</sup> )	-	T=-1	1x
	Landgebruik stroomgebied	Classificatie in GIS (LGN)	Percentage per landgebruiksvorm (tabel)	-	T=-1	1x
	Dalverhang	Hoogtebepaling in GIS (AHN2)	Verhang per traject (grafiek of kaart) (m/ km)	Var	T=-1	1x
	Samenstelling ondergrond en oever	Bodemkaart, evt. grondboorings	Omschrijving bodemsoort en -opbouw	3	T=-1	1x
<b>Stroming</b>	Afvoer	Continue debietmeetmethoden	Afvoer-frequentieverdeling	1	Hele looptijd	Continu
	Oppervlaktewaterstand	Continue waterstandmetingen	Waterstand-frequentieverdeling	2	Hele looptijd	Continu
	Grondwaterstand	Raaien van standbuizen loodrecht op hoogtelijn	Grondwaterstand-frequentieverdeling	Var	Hele looptijd	Continu
<b>Structuren</b>	Bodemverhang	Inmeten lengteprofiel met DGPS	Verhang per traject (grafiek of kaart) (m/ km)	3	T=-1, 0, 1, 3, 6, 10	1x p/j
	Samenstelling beddingmateriaal	Korrelgroottebepaling	Tabel/ zeefkromme	1	T=-1, 0, 3, 10	1x p/j
	Veldbezoek met foto	Vaste foto-punten	Foto-reeks	1	T=-1, 0, 1, 3, 6, 10	4x p/j
	Substraatmozaiek	Karteren (op het oog)	o.a. percentage per substraat (tabel)	1	T=-1, 1, 3, 6, 10	4x p/j
	Dwarsprofiel	Inmeten dwarsprofiel met DGPS	Ontwikkeling dwarsprofiel (grafiek)	3	T=-1, 0, 1, 3, 6, 10	1-4x p/j
	Tracé/ Sinuositeit	Middeltlijn beek/ luchtfoto	Kaart	-	T=-1, 0, 10	1x p/j
<b>Stoffen</b>	Zuurstof-variatie	Continu meting	Minimum-gehalte, zuurstofverloop (mg/l)	1	T=-1, 3, 10	4x continu
	Nutriënten	Standaard	Jaar- en zomergemiddelde concentratie (mg/l)	1	T=-1, 3, 10	6x p/j
	Macro-ionen en ijzer	Standaard	Jaargem. concentratie, Stiff-diagram (mg/l)	1	T=-1, 3, 10	4x p/j
	Zwevend stof	Standaard	Jaargemiddelde concentratie (mg/l)	1	T=-1, 3, 10	12x p/j
	Microverontreinigingen	Standaard	Jaargem. Concentratie/ toetswaarde (mg/l)	1	T=-1, 3, 10	6x p/j
<b>Schonen</b>	Onderhoud: datum, methode, deel	Maaikart (opvragen of digitaal)	Tabel of kaart	-	Jaartijks	1x p/j
<b>Soorten</b>	Fytoplankton	Cf. handboek hydrobiologie	Ss + ab locatie -> KRW-score	1	T=-3,-1, 3, 6, 8, 10	1x vj
	Water- en oeverplanten	Cf. handboek hydrobiologie	Ss + ab locatie -> KRW-score	1	T=-3,-1, 3, 6, 8, 10	1x zhj
	Macrofauna	Cf. handboek hydrobiologie	Ss + ab locatie -> KRW-score	1	T=-3,-1, 3, 6, 8, 10	1x vj
	Vis	Cf. handboek hydrobiologie	Ss + ab + lf traject -> KRW-score	1	T=-3,-1, 3, 6, 8, 10	1x

nj#loc=minimaal aantal locaties; var=variabel; ss=soortensamenstelling; ab=abundantie; lf=leeftijds-frequentieverdeling; vj=voorjaar; zhj=zomerhalfjaar; nj=najaar

Tabel 5.2: Voorbeeld uitwerking meetplan hersteltraject (blauwe regels vormen het basisprogramma voor monitoring van hydromorfologische processen)

5S	Parameter	#loc	T=-3	T=-2	T=-1	T=0	T=1	T=3	T=6	T=8	T=10
<b>Systeem</b>	Oppervlakte stroomgebied	-			1x						
	Landgebruik stroomgebied	-			1x						
	Dalverhang	Var			1x						
	Samenstelling ondergrond en oever	3			1x						
<b>Stroming</b>	Afvoer	1	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont
	Oppervlaktewaterstand	2	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont
	Grondwaterstand	Var	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont
<b>Structuren</b>	Bodemverhang	3			1x	1x		1x	1x		1x
	Samenstelling beddingmateriaal	1			1x	1x		1x	1x		1x
	Veldbezoek met foto	1			4x	1x	4x	4x	4x		4x
	Substraatmozaïek	1			4x	1x	4x	4x	4x		4x
	Dwarsprofiel	3			1x	1x	1-4x	1-4x	1-4x		1x
	Tracé/ Sinuositeit	-			1x	1x					1x
<b>Stoffen</b>	Zuurstof-variatie	1			2x cont			2x cont			2x cont
	Nutriënten	1			6x			6x			6x
	Macro-ionen en ijzer	1			4x			4x			4x
	Zwevend stof	1			12x			12x			12x
	Microverontreinigingen	1			6x			6x			6x
<b>Schonen</b>	Onderhoud	-	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
<b>Soorten</b>	Fytoebenthos	1	1x vj		1x vj			1x vj	1x vj	1x vj	1x vj
	Water- en oeverplanten	1	1x zhj		1x zhj			1x zhj	1x zhj	1x zhj	1x zhj
	Macrofauna	1	1x vj		1x vj			1x vj	1x vj	1x vj	1x vj
	Vis	1	1x		1x			1x	1x	1x	1x

#loc= minimaal aantal locaties; cont=continu; vj=voorjaar; zhj=zomerhalffjaar; nj=najaar

Jaar van systeemanalyse en rapportage Jaar van uitvoering van de maatregel(en)



## REFERENTIES

- Bak, A., W.M. Liefveld en I. van Splunder, 2010. Richtlijn Projectmonitoring, Inrichtingsprojecten Rijkswateren. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. 25 okt 2010.
- Bijkerk, R. (red), 2014. Handboek hydrobiologie. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapport 2014-02. ISBN 978.90.5773.616.2
- Bouma, J., M. Maasbommel en I. Schuurman, 2012. Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapport 2012-50. ISBN 978.90.5773.595.0
- Dahm, V., B. Kupilas, P. Rolauffs, D. Hering, P. Haase, H. Kappes, M. Leps, A. Sundermann, S.
- Döbbelt-Grüne, C. Hartmann, U. Koenzen, C. Reuvers, U. Zellmer, C. Zins en F. Wagner, 2014. Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Juni 2014. ISSN 1862-4804.
- Eekhout, J. en T. Hoitink, 2012. Stabiliteitsdiagram van laaglandbeken. Wageningen Universiteit, Hydrologie en kwantitatief waterbeheer. Presentatie CoP Hermeanderen 6 november 2012.
- Eekhout, J.P.C., 2014. Morphological Processes in Lowland Streams. Implications for Stream Restoration. Wageningen University, Wageningen. PhD thesis. ISBN 978-90-6173-911-7. 178p.
- Eekhout, J. en T. Hoitink, 2014. Morfodynamiek van Nederlandse laaglandbeken. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2014-15. ISBN 978.90.5773.631.5
- Feld, C.K., S. Birk, D.C. Bradley, D. Hering, J. Kail, A. Marzin, A. Melcher, D. Nemitz, M.L. Petersen, F. Pletterbauer, D. Pont, P.F.M. Verdonschot en N. Friberg, 2011. From natural to degraded rivers and back again: a test of restoration ecology theory and practice. *Advances in Ecological Research*, 44, 119-209.
- FISRWG, 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. Federal Interagency Stream Restoration Working Group. GPO item no. 0120-A. Sudoc's No. A 57.6/2:EN3/PT 653. ISBN 0-934213-59-3.
- Gruijter, J.J. de, D.J. Brus, M.F.P. Bierkens and M. Knotters, 2006. *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Springer, Berlin, 332 pp.
- Groote, G., C. Hugenholtz-Sasse en P. Slikker, 1990. *Projecten leiden. Methoden en technieken voor projectmatig werken*. Het Spectrum, Utrecht. ISBN 90-274-6878-8.
- Hammond, D., J. Mant, J. Holloway, N. Elbourne en M. Janes, 2011. *Practical River Restoration Appraisal Guidance for Monitoring Options (PRAGMO)*. Guidance document on suitable monitoring for river and floodplain restoration projects. River Restoration Centre, Cranfield, Bedfordshire.
- Hartong, H. en P. Termes, 2009. *Handboek debietmeten in open waterlopen*. STOWA, Utrecht. STOWA-rapport 2009-41. ISBN 978.90.5773.450.2.

Herpen, F. van, O. van Tongeren, R. Knobben, P. Baggelaar en W. van Loon, 2009. Quickscan precisie en betrouwbaarheid KRW-monitoringsprogramma's. Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch. 68p.

Knotters, M. (red.), 2008. Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving. Wageningen UR, Wettelijke Onderzoeks taken Natuur & Milieu, Wageningen. Wot 6. ISBN 978-90-78207-07-08.

Laseroms, L., 1996. Ecologisch beekherstel. Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Utrecht. Maart, 1996.

Makaske, B. en G. Maas, 2015. Handboek geomorfologisch beekherstel; leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2015-02. ISBN 978.90.5773.661.2.

Matthews, J., B. Reeze, C.K. Feld en A. Hendriks, 2010. Lessons from practice: assessing early progress and success in river rehabilitation. *Hydrobiologia* 655: 1-14. DOI 10.1007/s10750-010-0389-2.

Nijboer, R. en G. Boedeltje, 2011. Evaluatie van 23 jaar macrofauna-monitoring bij Waterschap Rijn en IJssel. Waterschap Rijn en IJssel, Doetinchem.

Osté, A.J., B. de Groot en O. van Dam, 2013. Handboek hydromorfologie 2.0, Afleiding en beoordeling hydromorfologische parameters Kaderrichtlijn Water. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Delft. Versie 2.0.

Rijkswaterstaat, 2014. Richtlijn KRW Monitoring Oppervlaktewater en Protocol Toetsen & Beoordelen. Update vastgesteld in MRE-bijeenkomst 26 juni 2014. Zie [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl).

STOWA, 2014. Ecologische sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2014-19. ISBN 978.90.5773.646.9

Thom, R. M. and K. F. Wellman, 1996. Planning aquatic ecosystem restoration monitoring programs. Battelle Marine Sciences Laboratory and Battelle Seattle Research Center, Washington. IWR Report 96-R-23. December 1996.

Verdonschot, P. (red), 1995. Beken stromen. Leidraad voor ecologisch beekherstel. STOWA, Utrecht. STOWA-rapport 95-03. WEW-rapport 06. ISBN 90.74476.26.0.

Verdonschot, P., A. Besse, J. de Brouwer, J. Eekhout en R. Fraaije, Beekdalbreed Hermeanderen: Bouwstenen voor de 'leidraad voor innovatief beek- en beekdalherstel'. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapport 2012-36. ISBN 978.90.5773.580.6

Waterschap Groot Salland, 2012. Evaluatie 25 jaar waterkwaliteit en ecologie. Waterschap Groot Salland, Zwolle. 79p.

Yochum, S., 2013. Guidance for Stream Restoration. USDA Natural Resources Conservation Service, Colorado Technical Notes Engineering No 27.2.

# BIJLAGE 1

Veldformulier voor de meetpuntbeschrijving

Veldformulier meetpuntbeschrijving (1)		Waarnemer(s)					
<b>Algemeen</b>							
Meetpuntcode	RD-coördinaten		x:	y:	Meetdatum	dd-mm-jjjj	
Naam water				Meettijd	hh:mm		
<b>Weersomstandigheden tijdens bemonstering</b>							
Luchttemperatuur	°C			Bewolking	Onbewolkt	Wisselend	Bewolkt
Windrichting	N-O-Z-W			Neerslag	Geen	Nu en dan	Aanhoudend
Windsnelheid	Beaufort			Neerslagvorm	Regen	Hagel	Sneeuw
<b>Weersomstandigheden voorgaande dag</b>				<b>Omgeving en beheer</b>			
Harde wind (> 7 Bf)	Niet	Af en toe	Vaak	Landschapstype	1	2	3
Bewolking	Onbewolkt	Wisselend	Bewolkt	Landgebruik	1	2	3
Neerslag	Geen	Nu en dan	Aanhoudend	Schoning recent	Nee	Een oever	Beide oevers
<b>Fysisch-chemisch</b>							
		<b>Op 0,3 m diepte</b>		<b>Op diepte</b>			
Watertemperatuur	°C	m		Doorzicht	cm		
Zuurgraad	pH	m		Bodemzicht	Ja	Nee	
EGV	µS/cm bij 20 °C	m		Afwijkende kleur	Ja	Nee	
Zuurstofgehalte	mg/l	m		Afwijkende geur	Ja	Nee	
Zuurstofverzadiging	%	m		Kleur / geur	/		
<b>Hydromorfologisch</b>							
Waterbreedte	m gemiddeld	Hellingshoek		gemiddeld	maximaal	minimaal	
	m maximaal					° nat profiel	
	m minimaal					° droog profiel	
Waterdiepte	m gemiddeld					° waterlijn	
	m maximaal	Beschoeiing		Nee	Een oever	Beide oevers	Lokaal
langs beschoeiing	m	Droogval		(<10%):	(10-50%):	(51-99%):	(100%):
Wateroppervlak	ha	Beschaduwing		(<10%):	(10-39%):	(40-69%):	(70-100%):
Stroomsnelheid in de stroomdraad	m/s gemiddeld	Stromingsvariatie (variatie $V_{\text{bodem}}$ )		(≤2):	(3-4):	(≥5):	
	m/s maximaal	Stroomribbels (opp. aandeel)		(<5%):	(>5-20%):	>20%):	
	m/s minimaal	Substraatvariatie (aantal klassen)		(<5):	(5-6):	>6):	
Kwelverschijnselen	Geen	Ijzereerslag	Bacterievies	Opwelling	Indicerende planten	Overige	
Bijzonderheden							
<b>Monsternummers</b>							
Meetpunt	Fytoplankton	Sieralgen	Kiezelwieren	Zoöplankton	Vegetatie	Macrofauna	Vis

Veldformulier meetpuntbeschrijving (2)

Locatieschets bovenaanzicht

Substraten %

Steen	_____
Grof grind	_____
Fijn grind	_____
Zand	_____
Klei / leem	_____
Veen	_____
IJzeroer	_____
Stamhout	_____
Takken	_____
Boomwortels	_____
Blad	_____
Grove detritus	_____
Fijne detritus	_____
Slib	_____
Houtbekleding	_____
Betonbekleding	_____
Staalbekleding	_____
Geotextiel	_____

Locatieschets dwarsprofiel(en)

Dikte sliblaag cm

1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____
6	_____
7	_____
8	_____
9	_____
10	_____

Vegetatielagen %

Totaal water	_____
Ondergedoken	_____
Drijvend	_____
Emergent	_____
Kroos	_____
Flab	_____
Totaal oever	_____
Bomen	_____
Kruiden/grassen	_____

Oevervegetatiezone	Geen	Breedte < 1 m	Breedte 1 - 2 m	Breedte 2 - 5 m	Breedte > 51 m
--------------------	------	---------------	-----------------	-----------------	----------------

Mos	_____
-----	-------

