



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij

ATKB | voor natuur
en leefomgeving

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

ARCADIS

Meten aan zwerfafval in de waterkolom

**Meetprotocol
Rijkswaterstaat WVL**

4 oktober 2023 - Public





Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij





Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Opzet meetstrategie	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Statische metingen	6
2.2.1	Selectie van meetlocaties	6
2.2.2	Beschrijving meetsysteem	7
2.2.3	Toepassingsbereik	13
2.2.4	Optioneel: aanvullende metingen van drijvend zwerfafval	13
2.3	Varende metingen	14
2.3.1	Selectie van meetlocaties	14
2.3.2	Beschrijving meetsysteem	14
2.3.3	Toepassingsbereik	15
2.4	Opzet datasysteem	16
3	Uitvoeren van metingen	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Vorbereiding en transport naar locatie	17
3.2.1	Afstemming van meetmomenten op afvoer en stroomsnelheid	17
3.2.2	Afstemmen van meetmomenten op windomstandigheden	17
3.2.3	Transport naar meetlocatie	18
3.2.4	Bepalen waterdiepte, stroomsnelheid en omstandigheden ter plaatse	18
3.2.5	Assemblage van het systeem (netten, lijnen en gewicht)	18
3.2.6	Plaatsen stroomsnelheidsmeters en registreren tellerwaardes	19
3.2.7	Plaatsen van meetsysteem en registratie van starttijd	19
3.2.8	Controle van de werking van het systeem	20
3.2.9	Lichten van de netten	20
3.2.10	Registratie van teller-waardes van de stroomsnelheidsmeters	20
3.2.11	Verzamelen van de monsters en registratie van meetgegevens	21
3.3	Transport en opslag van monsters	23



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



4	Analyse van resultaten	24
4.1	Verwerking van monsters voor analyse	24
4.2	Analyse met OSPAR-methode	25
4.3	Wegen van resultaten	25
5	Geraadpleegde bronnen	26
	Colofon	27



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



1 Inleiding

Rijkswaterstaat, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), wil toewerken naar een gestandaardiseerde monitor van zwerfafval in en langs de rijkswateren. Onderdeel hiervan is het monitoren van zwerfafval dat aanwezig is in de waterkolom van de grote rivieren (rijkswateren). Hiertoe is in 2021 een meetmethode ontwikkeld met relatief eenvoudig te hanteren vangnet(ten), waarmee op een zo goedkoop mogelijke, flexibele en snelle wijze statische metingen kunnen worden verricht van zwerfafval in de waterkolom van verschillende riviertypen, statisch langs of nabij de oever¹. Deze methode is in 2022 en 2023 verder onderzocht en aangevuld met een meetmethode voor het uitvoeren van metingen in het midden van rivieren (hierna: varende metingen) en met de methode voor eenduidige verwerking en analyse van monsters².

Op basis van de hierboven beschreven onderzoeken is het voorliggende protocol opgesteld. Dit protocol richt zich op het monitoren van meso- en macrodeeltjes van zwerfafval in de waterkolom. Monitoring op basis van het ontwikkelde protocol kan, gezamenlijk met andere projecten, uiteindelijk leiden tot een structureel inzicht in de omvang, de samenstelling en herkomst van zwerfafval in rivieren. Door te weten wat en hoeveel er wanneer in de rivieren drijft, waar het zich bevindt en waar het vandaan komt, kan het zwerfafvalprobleem mogelijk effectiever worden aangepakt. De ontwikkelde meetmethode zou bij voorkeur ook toepasbaar moeten zijn in niet-rijkswateren. Nevendoelstelling is dat het monitoringprotocol een basis kan vormen voor harmonisatie en standaardisatie van landelijke en Europese monitoring.

Met dit project is beoogd een goed, betrouwbaar, efficiënt en breed toepasbaar monitoringsprotocol voor zwerfafval in de waterkolom van rivieren te ontwikkelen. Dit project kan, gezamenlijk met andere projecten, uiteindelijk leiden tot een structureel inzicht in de omvang, de samenstelling en herkomst van zwerfafval in rivieren. Uiteindelijk vormt dit protocol een onderdeel van een nog verder te ontwikkelen monitoringsstrategie, waarin ook zaken als monitoringsfrequentie, meetlocaties en meetmethoden uitgewerkt worden.

¹ ATKB, 2022. Meetsysteem plastic. Monitoring plastic in de waterkolom. In opdracht van Rijkswaterstaat Kenmerk: 20211623/001. Definitief. Versie 1, 21 maart 2022

² Arcadis, 2023. Ontwikkeling meetmethoden: Monitoring zwerfafval in de waterkolom. In opdracht van Rijkswaterstaat WVL.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



2 Opzet meetstrategie

2.1 Inleiding

Dit protocol richt zich op het uitvoeren van metingen met de ontwikkelde meetinstrumenten en -methoden voor 1) statische metingen en 2) varende metingen. Bij toepassing van het ontwikkelde meetsysteem voor zowel statische als varende metingen wordt gestreefd naar een volledig handmatige bediening. Volledig handmatige bediening stelt uiteraard eisen aan te gebruikte netten en andere materialen. In dit hoofdstuk worden de eisen voor de te gebruiken materialen, de selectie van meetlocaties van de meetmethode en het toepassingsbereik uitgelegd, te beginnen met de statische metingen, gevolgd door de varende metingen.

2.2 Statische metingen

De methode voor statische metingen is geschikt om de hoeveelheid en soorten plastics in de verschillende waterlagen (boven, midden en onder) in beeld te brengen. De toepassing van meerdere netten zorgt echter ook voor een groter bemonsterd volume, waarmee grotere aantallen en meer soorten van de verschillende type plastics worden aangetroffen. Metingen met deze methode zorgen, wanneer ze over een lange tijdsperiode worden uitgevoerd, voor betere inzichten in de lokale verschillen in plastic transport op de temporele schaal³.

2.2.1 Selectie van meetlocaties

De keuze voor één of meerdere meetlocaties is afhankelijk van de doelstellingen van de monitoring. Aan de hand van luchtfoto's en kaarten zijn potentiële meetlocaties te zoeken en te selecteren. Voor het uitvoeren van statische metingen gaat het om locaties waar voldoende stroming is en waarvan af (of met een boot aangemeerd tegen) een kademuur, ponton of aanlegsteiger (statisch platform) gemeten kan worden.

Uit praktijktoepassing met de gehanteerde methode en materialen is gebleken dat er veel variatie kan optreden in het meten van stroomsnelheden. Dit kan de resultaten (aantal deeltjes per volume-eenheid) aanzienlijk beïnvloeden. Bij eventuele nieuwe meetlocaties is het aan te bevelen om te onderzoeken of er sprake is van stabiele, laminaire stroming en eenduidige stroomsnelheden. Als dat niet het geval is, dient rekening gehouden te worden met variatie in gemeten stroomsnelheden en resultaten per volume-eenheid.

Bij de selecties van locaties is het van belang dat de lokale oevermorfologie en structuren in het water zoals pieren, kribben of bruggen in acht genomen worden bij het bepalen van de geschiktheid van de locaties. Dit om te voorkomen dat metingen beïnvloed worden door het effect dat deze structuren op de waterstroom hebben. Daarnaast moet rekening gehouden worden met bochten in de rivier, waar zwevend afval zich door de stroming anders kan gedragen dan op rechte stukken van de rivier. Het is belangrijk om de keuze van locaties af te laten hangen van lokale observaties van hoe de stroming zich gedraagt. Rechte delen van rivieren zonder structuren hebben de voorkeur, omdat de stroming daar het meest homogeen is, maar ook gelet op veiligheid en zichtbaarheid voor ander scheepvaartverkeer.

Langs de oever zijn geschikte meetlocaties aanwezig in de vorm van pontons, kademuuren en aanlegplaatsen. In de hoofdstroom zijn vooral bruggen geschikte locaties om buiten de vaarweg, maar wel in de hoofdstroom te meten, aangezien daar met een boot aangemeerd kan worden. In dat geval is er wel toestemming nodig van de vaarwegbeheerder.

Bij het bepalen van meetlocaties moet ook ander gebruik van de rivier meegenomen worden. Veiligheid van veldwerkers is van groot belang, dus activiteiten zoals scheepvaart moeten geen risico's voor veldwerkers creëren op de meetlocaties. Een platform voor het uitvoeren van statische metingen kan bestaan uit een oever/kademuur, een steiger, ponton of een boot. Bij voorkeur bevindt de "werkvloer" zich hierbij relatief dicht tegen het wateroppervlak aan.

Een geschikte meetlocatie dient met het oog op efficiëntie te allen tijde binnen een tijdsbestek van maximaal enkele uren te bereiken en te bemonsteren zijn.

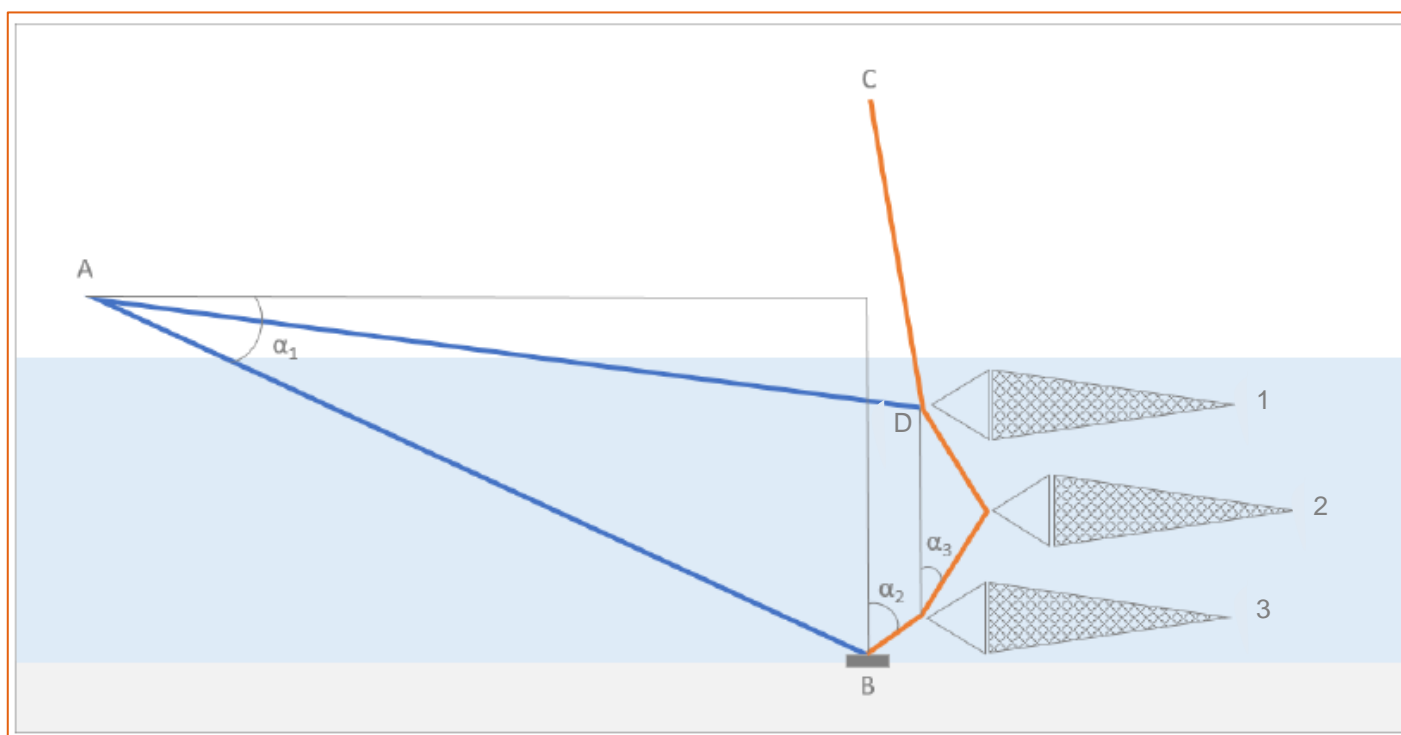
³ Arcadis, 2022. Quickscan monitoringsmethoden voor zwerfafval in de waterkolom. In opdracht van Rijkswaterstaat. Projectnummer 30141498. Referentie TJYYC5K22ZN6-1978230039-391:0.1



2.2.2 Beschrijving meetsysteem

De configuratie van het meetsysteem bestaat uit het geheel van lijnen, gewicht, netten en hijsysteem. Afhankelijk van de waterdiepte, stroomsnelheid, mate van (organische) vervuiling en het aantal netten dienen deze op elkaar afgestemd te worden.

In Figuur 1 is een schematische afbeelding weergegeven van het statische meetsysteem. Het systeem bestaat uit een gevlochten hoofdlijn (oranje; C) waaraan drie netten zijn bevestigd. Het geheel wordt op zijn plaats gehouden middels zogenaamde treklijnen (blauw, AB en AD) en een bodemgewicht (B). De treklijnen vanaf het bodemgewicht en vanaf het bovenste net worden bevestigd aan een bolder of een ander bevestigingspunt (A). Hierdoor wordt het geheel op zijn plaats gehouden. De hoofdlijn C is bevestigd aan een lier of een ander hijsmechanisme dat voldoet aan ARBO-eisen, waarmee het mogelijk is het geheel uit het water te hijsen, al dan niet met behulp van katrollen.



Figuur 1. Schematische weergave van monitoringsopzet, met daarbij de netten (1, 2 en 3), de hoofdlijn waaraan de netten worden bevestigd (C), het bodemgewicht (B), de lijnen om de constructie op de plaats te houden (A-B en A-D), het bevestigingspunt van deze lijnen (A).

Het middelste net hangt vrij tussen het bovenste en onderste net in, verbonden aan de hoofdlijn. Door de afstand tussen dit middelste net in relatie tot het bovenste en onderste net gelijk te houden, zal het middelste net tussen beide netten in blijven hangen.

Wanneer de netten in het water staan, zullen deze als gevolg van de stroming (waterdruk) naar het wateroppervlak gedreven worden, met als draaipunt A. Door toepassing van een bodemgewicht wordt dit voorkomen. Om de massa van het bodemgewicht te minimaliseren, is het van belang dat de treklijnen zoveel als mogelijk horizontaal lopen. Dit kan gerealiseerd worden door het punt waarop de lijnen worden vastgezet (A) zo laag als mogelijk te houden, zo dicht mogelijk bij de waterspiegel. De hoek (α_1) kan daarnaast verkleind worden door de lengte van de treklijnen te maximaliseren. In de opstelling wordt de onderste treklijn aan het bodemgewicht bevestigd, niet direct aan het onderste net. Het voordeel hiervan is dat het bodemgewicht niet los onder het systeem hangt en zich op een vaste afstand van punt A bevindt.

Ook is het van belang dat het hijsmechanisme waarmee de netten en het bodemgewicht omhooggetild worden, zich zoveel als mogelijk recht boven de netten en het bodemgewicht bevindt. Dit maakt het mogelijk dat de netten min of meer verticaal uit het water getild kunnen worden, waarbij alleen nog het middelste net enige horizontale verplaatsing heeft (tegen de stroming in). De horizontale verplaatsing van het systeem dient tijdens het hijsen tot een minimum



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



beperkt te blijven. In de praktijk blijkt het mogelijk om drie netten, met een bodemgewicht van 50 kg en bij stroomsnelheden van circa 0,5 m/s, nog handmatig te hijsen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van één extra katrol om de noodzakelijke kracht te halveren.

De hoofdlijn (C in Figuur 1) is een gevlochten lijn. Het voordeel hiervan is dat deze dun zijn en toch een hoge treksterkte hebben. De waterdruk op de lijn is hierdoor beperkt. De trekkracht die de netten uitoefenen op het systeem wordt opgevangen door de treklijnen. Dit maakt een stevig verankeringspunt voor deze lijnen (punt A) noodzakelijk.

Het bovenste net hangt min of meer op constante diepte. Door de bovenste treklijn aan te trekken of juist te vieren is hierin enige variatie mogelijk. Indien het bovenste net verder naar achteren wordt gezet (meer stroomafwaarts ten opzichte van het onderste net), dan zal het middelste net verticaal gezien iets dichter richting het onderste net schuiven.

Het is mogelijk om op elk punt op de hoofdlijn (C) een bevestigingspunt te maken voor de netten. De lengte van de hoofdlijn is afhankelijk van de waterdiepte en de mate waarin het middelste net achter het onderste en bovenste net hangt. De hoek α_3 mag hierbij niet te groot worden (maximaal 55°), aangezien de hoofdlijn op een gegeven moment in contact kan komen met het onderste en bovenste net, waardoor deze niet langer goed in de waterstroom staan. Daarnaast geldt dat wanneer het middelste net zich verder naar achteren bevindt, er meer kracht nodig is het gehele netsysteem uit het water te hijsen. Dit vanwege de horizontale verplaatsing van het net tegen de stroom in. Dit kan voorkomen worden door de hoofdlijn zo verticaal mogelijk te positioneren en hoeken α_2 en α_3 zo klein mogelijk te houden.

De netten zetten zich na plaatsing als een windvaan in de waterstroom. Eventueel veranderende stroomrichtingen (als gevolg van scheepvaart) hebben hierdoor geen effect op de werking van het systeem. De netten hebben een cirkelvormige opening, met als frame een aluminium ring met een diameter van 1,0 m. Dit leidt tot een relatief groot doorstroomoppervlak, maar blijft in de praktijk goed handmatig hanteerbaar. Het netwerk bestaat uit fijnmazig stramiengaas (0,39 mm x 0,79 mm) met goede lozende (water doorstromende) eigenschappen. Hierdoor zijn de netten toepasbaar bij relatief hoge stroomsnelheden (tot meer dan 1,0 m/s) en wordt zwerfafval met het formaat van 5 mm zwerfafval, maar ook kleiner afgevangen. De netten zijn in lengterichting conisch van vorm, hebben een ronde instroomopening en worden aan de stroomafwaartse zijde stevig dichtgebonden met een touw – zie Figuur 2.



Figuur 2. Dichtbinden van het stroomafwaartse open einde van een net (foto: Phil Nijhuis).



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



In het midden van de instroomopening van ieder net wordt een stroomsnelheidsmeter gemonteerd (zie Figuur 3, links). Deze stroomsnelheidsmeter dient een voldoende groot bereik te hebben voor betrouwbare metingen. Voor de metingen die zijn uitgevoerd om te komen tot voorliggend protocol zijn mechanische stroomsnelheidsmeters gehanteerd met een meetbereik van ongeveer 0,1 - 7,9 m/s⁴. Voor dit type meter is gekozen vanwege relatief beperkte kosten en omdat ze eenvoudig in gebruik zijn. Digitale meters zijn wellicht betrouwbaarder, maar worden ook al snel een stuk duurder.

Bij stroomsnelheden lager dan 0,2 m/s kan de gebruikte stroomsnelheidsmeter mogelijk minder betrouwbare resultaten geven. In die gevallen wordt aanbevolen stroomsnelheidsmeters te gebruiken met een lager meetbereik⁵.



Figuur 3. Weergave van een stroomsnelheidsmeter (links; foto: Phil Nijhuis) en de wijze van montage in de instroomopening van een net aan een dunne lijn (rechts, binnen rode omlijning; foto: ATKB).

Het meetstelsel kan toegepast worden vanaf kademuren, pontons en (werk)boten. Afhankelijk van de waterdiepte, stroomsnelheid, mate van vervuiling en de kenmerken van de locatie zijn er verschillende afwijkingen van de standaardconfiguratie van het stelsel mogelijk. Er kan hierbij gevarieerd worden in:

- a. Aantal netten;
- b. Lengte van de netten;
- c. Toegepast bodemgewicht;
- d. Lengte van de treklijnen.

Aantal netten

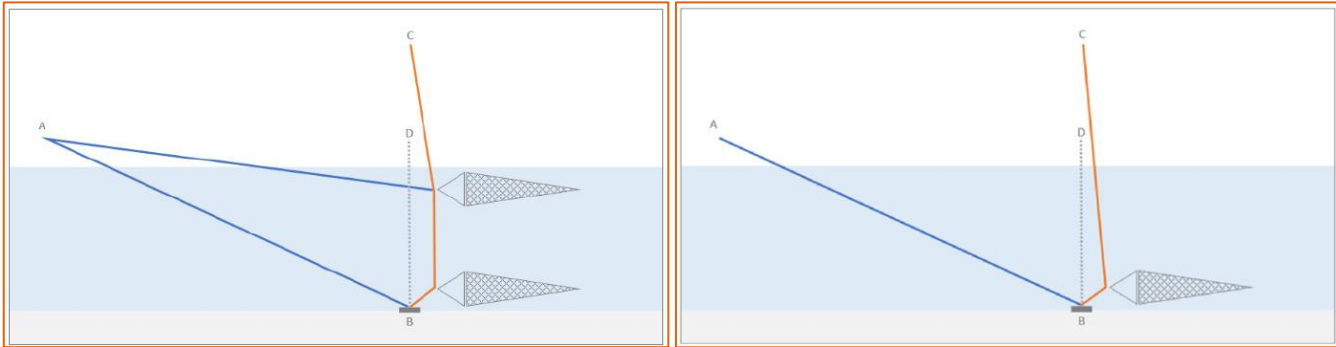
Bij een beperkte waterdiepte (< 3 m) of de combinatie van een grote waterdiepte (> 5 m) met hoge stroomsnelheid (> 1 m/s) kan het noodzakelijk zijn met slechts één of twee netten te monitoren. Bij toepassing van twee netten worden deze boven en onder in de waterkolom toegepast. Bij toepassing van één net kan dit zowel boven, midden als onder.

⁴ <https://www.royaleijkelkamp.com/nl/producten/veldmeetapparatuur/waterafvoer/stroomsnelheidsmeters/stroomsnelheidsmeter-mechanisch/>

⁵ Een voorbeeld hiervan: <https://www.generaloceanics.com/flowmeter-digital-mech.low-velocity-rotor.html>



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Figuur 4. Opzet van het meetsysteem bij geringe waterdiepte of een combinatie van grote waterdiepte en hoge stroomsnelheden.

In Figuur 4 is weergegeven met hoeveel netten er gemeten kan worden bij verschillende waterdiepten en stroomsnelheden. In Figuur 5 is de lengte van hoofdlijn A-B weergegeven, afhankelijk van het aantal netten en de waterdiepte. Bijvoorbeeld bij een gemeten stroomsnelheid van 1,2 m/s en een waterdiepte van 5 m, kan er gelijktijdig met 3 netten worden gemeten. Neemt de stroomsnelheid in de tijd toe tot 1,3 m/s, dan mag er met maximaal 2 netten tegelijkertijd worden gemeten. Boven de 1,5 m/s mag er niet meer worden gemeten.

Diepte (m)	Stroomsnelheid (m/s)														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
0,25	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
0,50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
0,75	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2,50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2,75	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3,00	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3,25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
3,50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
3,75	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
4,00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
4,25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
4,50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
4,75	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
5,00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
5,25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
5,50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1
5,75	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1
6,00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1
6,25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
6,50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
6,75	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
7,00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
7,25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
7,50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
7,75	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
8,00	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1

Figuur 5. Aantal toe te passen netten op basis van diepte en stroomsnelheid (bron: ATKB, 2022).



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Diepte (m)	3 netten			2 netten		1 net	
	a	b	c	a	b	a	
0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	3 netten
0,25	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
0,50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
0,75	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
1,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	
1,25	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	
1,50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	
1,75	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	
2,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	
2,25	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	1,1	1,0	
2,50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	1,3	1,0	
2,75	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	1,6	1,0	
3,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,0	1,8	1,0	
3,25	1,0	1,2	1,2	1,0	2,1	1,0	
3,50	1,0	1,3	1,3	1,0	2,3	1,0	
3,75	1,0	1,4	1,4	1,0	2,6	1,0	
4,00	1,0	1,6	1,6	1,0	2,8	1,0	
4,25	1,0	1,7	1,7	1,0	3,1	1,0	
4,50	1,0	1,9	1,9	1,0	3,3	1,0	
4,75	1,0	2,0	2,0	1,0	3,6	1,0	
5,00	1,0	2,1	2,1	1,0	3,8	1,0	
5,25	1,0	2,3	2,3	1,0	4,1	1,0	
5,50	1,0	2,4	2,4	1,0	4,3	1,0	
5,75	1,0	2,6	2,6	1,0	4,6	1,0	
6,00	1,0	2,7	2,7	1,0	4,8	1,0	
6,25	1,0	2,8	2,8	1,0	5,1	1,0	
6,50	1,0	3,0	3,0	1,0	5,3	1,0	
6,75	1,0	3,1	3,1	1,0	5,6	1,0	
7,00	1,0	3,3	3,3	1,0	5,8	1,0	
7,25	1,0	3,4	3,4	1,0	6,1	1,0	
7,50	1,0	3,6	3,6	1,0	6,3	1,0	
7,75	1,0	3,7	3,7	1,0	6,6	1,0	
8,00	1,0	3,8	3,8	1,0	6,8	1,0	

Figuur 6. Lengte van hoofdlijn (deel a, b en c) op basis van diepte en aantal netten (bron: ATKB, 2022).

Lengte van netten in relatie tot stroomsnelheid

Door toepassing van een grotere of kleinere lengte van het net is het, bij gelijke maaswijdte, mogelijk een net te creëren met meer of minder lozende eigenschappen. Bij hoge stroomsnelheden of een hoge vervuilingsgraad van de netten is het wenselijk een relatief lang net te hebben met veel oppervlak waar het water doorheen kan stromen. Dit net kan veel water afvoeren, waardoor de afvoerreductie (teruglopende waterafvoer door het net, als gevolg van vervuiling) van het net beperkt blijft. Een hogere afvoerreductie leidt tot een kleiner bemonsterd volume per tijdseenheid, wat niet gewenst is. Bij lage stroomsnelheden is het wenselijk een relatief kort net te hebben, zodat de waterdruk voldoende is om het net goed op te laten staan.

Bij lagere stroomsnelheden dan circa 0,2 m/s functioneert het meetsysteem minder goed. Bij lagere stroomsnelheden is de waterdruk namelijk onvoldoende hoog om het netwerk in combinatie met de ring goed open te laten staan. Een korter net (1-1,5 m lengte) in combinatie met een minder zwaar uitgevoerde ring kan in die omstandigheden uitkomst bieden, al is dit (nog) niet in de praktijk onderzocht. Aandachtspunt hierbij is ook het beperkte bereik van sommige typen stroomsnelheidsmeters. Dit kan mogelijk verholpen worden door toepassing van elektromagnetische stroomsnelheidsmeters of mechanische stroomsnelheidsmeters die geschikt zijn voor lage stroomsnelheden (met grotere schoepen). Dit is in de praktijk echter nog niet onderzocht.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Indien er veel vervuiling van de netten is als gevolg van algenbloei, dan gaat de voorkeur juist uit naar netten langer dan 3,0 m, die minder snel vervuild raken. Te lange netten zijn echter minder praktisch in gebruik. Zo zijn ze minder eenvoudig te reinigen en indien ze naast een boot geplaatst worden bestaat het risico dat ze – vooral het bovenste net – in de schroef terecht komen. Deze mogelijke gevolgen zijn uiteraard ongewenst. Bij veel vervuiling wordt het materiaal dan ook niet aangepast, maar wordt de meetduur verkort. De keuze voor het juiste net is daarom afhankelijk van een aantal factoren en dient per meting opnieuw overwogen te worden. Zie verder hoofdstuk 3.

Te gebruiken lijnen en gewichten

Afhankelijk van de waterdiepte hebben de verschillende lijnen waaruit het meetsysteem bestaat een bepaalde lengte nodig, waarbij dit in overeenstemming dient te zijn met het toegepaste bodemgewicht. Qua gewicht wordt er vanwege bedieningsgemak, ARBO en transport naar gestreefd dit zo laag mogelijk te houden. Proefondervindelijk is vastgesteld of en hoe het mogelijk is de netten op de juiste diepte in de waterkolom te krijgen. De basis hiervoor werd gevormd door gewichten van 12,5 kg, 25,0 kg en 50,0 kg.

Bij stroomsnelheden tot circa 0,5 m/s, met periodieke uitschieters naar circa 0,7 m/s bij passage van grote schepen, blijven de netten goed op diepte bij toepassing van 25,0 en 50,0 kg aan bodemgewicht (B). Dit geldt zowel voor de toepassing van korte treklijnen (10 m) als lange treklijnen (30 m). Een bodemgewicht van 12,5 kg in combinatie met drie netten en korte lijnen (10 m) is in de praktijk bij een waterdiepte van circa 4 tot 5 m nog toepasbaar tot stroomsnelheden van circa 0,2 m/s – bij hogere stroomsnelheden verschuift het bodemgewicht. Bij toepassing van langere lijnen (30 m) ligt het bodemgewicht meer stabiel op de waterbodem.

Door middel van lange treklijnen kan het bodemgewicht beperkt blijven. Dit omdat een langere treklijn meer effectief de horizontale kracht van de netten op het bodemgewicht kan opvangen. Geadviseerd wordt daarom zo lang mogelijke treklijnen te gebruiken. Tabel 1 geeft een overzicht van te hanteren bodemgewichten bij verschillende stroomsnelheden en bodemgewichten. De weergegeven waarden zijn een indicatie. Tijdens de meting dient altijd vastgesteld te worden of het bodemgewicht daadwerkelijk op de waterbodem rust.

Tabel 1. Toe te passen bodemgewichten bij verschillende stroomsnelheden en treklijnlengtes (bron: ATKB, 2022)

Stroomsnelheid (m/s)	Toe te passen bodemgewicht	
	Treklijn 10 m lengte	Treklijn 30 m lengte
0,2	12,5 kg	5,0 kg
0,5	25,0 kg	10,0 kg
0,9	50,0 kg	20,0 kg
1,2	80,0 kg	30,0 kg

Om op eenvoudige en snelle wijze vast te stellen of het bodemgewicht daadwerkelijk op de bodem ligt kan een dunne lijn aan het gewicht vastgemaakt worden, die loodrecht naar het wateroppervlak loopt (stippellijnen D in Figuur 2). Indien de waterdiepte constant is, kan aan de waterlijn van deze lijn een markering aangebracht worden, waarmee ter plekke vastgesteld kan worden of het bodemgewicht goed op de bodem ligt. Door het bodemgewicht met deze lijn iets op te tillen en weer op de waterbodem terug te laten zakken is dit ook voelbaar, zeker bij hardere bodems.

Voor de registratie van de netdiepte kan gebruik gemaakt worden diepteloggers of een dunne lijn die aan het bodemgewicht bevestigd wordt en waarop de diepte door middel van markeringen is aangegeven.

Voor alle lijnen geldt dat zo glad mogelijke en zo min mogelijk rafelende touwen/lijnen moeten worden gebruikt. Deeltjes die afbreken van touwen/lijnen kunnen namelijk zorgen voor contaminatie van monsters. Alle vezels vanaf 0,5 cm worden immers meegenomen in de data. Bij rafelende touwen/lijnen kunnen deeltjes afkomstig zijn van de touwen/lijnen die stroomopwaarts van het net in het water hangen.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



2.2.3 Toepassingsbereik

Het statische meetsysteem blijkt in de praktijk geschikt om de hoeveelheid en soorten plastics in de verschillende waterlagen (boven, midden en onder) in beeld te brengen bij waterdieptes van circa 3 m tot 7 m, bij stroomsnelheden van 0,5 tot 1,3 m/s. Bij grotere waterdieptes en stroomsnelheden hoger dan 1,3 m/s dient het meetsysteem te worden aangepast naar inzet van maximaal twee netten in verband met de hoge druk op het systeem door het water en het borgen van de veiligheid van bedienend personeel.

2.2.4 Optioneel: aanvullende metingen van drijvend zwerfafval

De statische metingen aan zwerfafval in de waterkolom kunnen worden uitgebreid met metingen aan drijvend zwerfafval, waarbij de bovenste 10-20 cm van de waterkolom wordt bemonsterd. Plastics zijn ook heel mobiel en kunnen door een omslag van drijvend naar zinkend gaan. Vooral zachte plastics worden snel beïnvloed door turbulentie of stroomsnelheid. Om een volledig beeld te krijgen van aanwezig zwerfafval in de waterkolom is het uitvoeren van metingen in de bovenste 10-20 cm daarom van toegevoegde waarde.

Gelijktijdig met de puntnetmetingen wordt voor dergelijke metingen ingezet op het meten van zwerfafval aan het wateroppervlak, om de concentraties in de waterkolom te kunnen vergelijken met de concentraties aan het wateroppervlak. Deze optionele toepassing kan alleen worden ingezet bij voldoende stroming (minimaal 0,2 m/s)⁶. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde 'manta trawl'. Gelijktijdig met de puntnetmetingen wordt deze manta trawl ingezet. De in eerder onderzoek toegepaste manta trawl heeft een rechthoekig frame, gemonteerd op een houten of aluminium plank met aan de kopse uiteinden drijvers gemonteerd indien nodig. De netopening heeft een breedte van 1,42 m en een hoogte van 0,155 m, waarmee een oppervlak van circa 0,22 m² wordt bemonsterd. Andere afmetingen zijn naar eigen inzicht mogelijk, mits het handmatig inzetten en bedienen ervan mogelijk blijft. Figuur 7 geeft een indruk van de inzet van dit meetinstrument.

De maaswijdte van het netwerk wordt gelijk gehouden aan de maaswijdte zoals toegepast in de puntnetten (0,39 x 0,79 mm). Het gebruikte net loopt taps toe en wordt met een touw dichtgebonden aan de stroomafwaartse zijde. Het net heeft een lengte van 3 m.

Het net wordt met gevlochten touwen zodanig bevestigd aan de vleugel van de manta trawl dat dit touw geen of zo min mogelijk invloed heeft op de stroming van het water richting de netopening. De manta trawl wordt door middel van een stevig touw van circa 10 m lengte vastgelegd aan een vaartuig of ander bevestigingspunt.

NB. Voor zwerfafval dat zich aan het wateroppervlak bevindt, is bekend dat stroming en windwerking van invloed kunnen zijn op de verspreiding hiervan over het breedteprofiel van de rivier. Bij het interpreteren van resultaten van metingen aan drijvend zwerfafval dient hiermee rekening gehouden te worden. In dit verband is het registreren van omgevingsparameters tijdens de uitvoering van metingen in het veld van groot belang.

⁶ Het toepassingsbereik van de manta-trawl bij lage stroomsnelheden is nog niet in de praktijk getest. Het is wel zo dat de manta-trawl drijvende wordt gehouden met rubberen drijvers. Hierdoor zou ook bij relatief lage stroomsnelheden kunnen worden gemeten, aangezien de stroming niet nodig is om het 'drijvend' te houden.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Figuur 7. Inzet van de manta trawl voor monitoring van zwerfafval aan de oppervlakte van stromende wateren (foto's: ATKB). Voor de hier toegepaste constructie is 1,8 mm betonplex gebruikt voor de 'vleugel'.

2.3 Varende metingen

2.3.1 Selectie van meetlocaties

Varende metingen kunnen op verschillende plaatsen in het breedteprofiel van een waterloop worden uitgevoerd, afhankelijk van de te beantwoorden onderzoeksvraag/-vragen. Er gelden in beginsel geen beperkingen voor selectie van meetlocaties, anders dan vanuit veiligheid en praktische uitvoerbaarheid:

1. Aanwezige scheepvaart: Drukbevaren wateren zijn lastig te bemonsteren vanwege de benodigde meetduur (zie 3.2.2), zeker in de vaargeulen.
NB. Voor het uitvoeren van monitoring op de rijkswateren is toestemming nodig van de nautisch beheerder van RWS, in verband met de scheepvaart die niet gehinderd mag worden. Deze toestemming dient tijdig, minimaal twee maanden voorafgaand aan de meetdatum, per locatie te worden aangevraagd.
2. De stroming in relatie tot het motorvermogen van de meetboot: De motor moet in staat zijn om voldoende vermogen te genereren om de boot in de waterstroming op dezelfde positie te houden gedurende een meting. Anderzijds is er een minimale stroomsnelheid nodig om metingen goed te kunnen uitvoeren van minimaal 0,2 m/s, net als bij het uitvoeren van statische metingen.
Logistieke aspecten als locatie voor tewaterlating van de boot, route en vaartijden naar de gewenste meetlocatie. Gewenst is een goede bereikbaarheid en korte reistijden.

2.3.2 Beschrijving meetsysteem

Varende metingen onderscheiden zich van de statische metingen doordat de netten enkel gefixeerd zijn aan de werkboot, waarbij deze niet hoeft te worden verankerd aan de waterbodem. Door de werkboot door middel van de motor, de waterstroming compenserend, continu op dezelfde plaats te houden, is het mogelijk om op deze wijze ook in de hoofdstroom metingen te verrichten. Er wordt tijdens de mobiele metingen gebruik gemaakt van twee netten; aan weerszijden van de boot één exemplaar (zie Figuur 8). Door toepassing van stroomsnelheidsmeters in de opening van de netten wordt ook bij deze metingen het bemonsterd volume aan water bepaald.

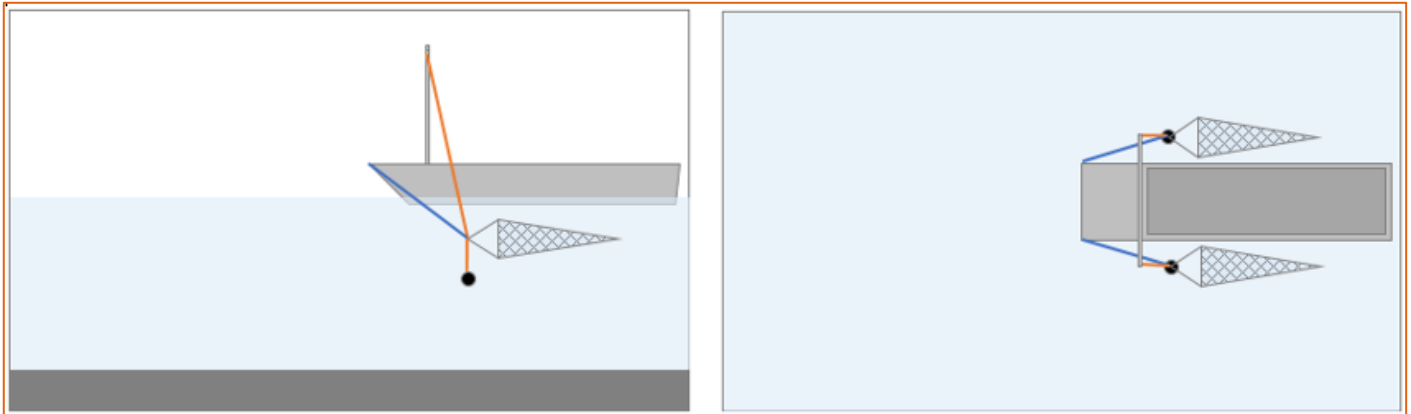
Elk net heeft een lengte van maximaal 1,5 m. Aandachtspunt vanuit oogpunt van veiligheid hierbij is dat de lengte van de netten is afgestemd op de gebruikte boot, zodat de netten onder geen beding in de schroef van de werkboot kunnen komen. De netten worden op diepte gebracht en gehouden door middel van een gewicht. Vanwege praktische uitvoerbaarheid, ARBO-omstandigheden, veiligheid en eenvoudige handmatige bediening wordt een gewicht gehanteerd van 15 kg.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Bij de mobiele metingen in stromende wateren is het niet goed mogelijk om op diepte te meten met handmatige bediening. Bovendien is het gewenst om snel uit te kunnen wijken voor passerende schepen. Daarom wordt als standaard gemeten met de bovenzijde van ieder net op circa 0,1-0,2 m onder het wateroppervlak, indien praktisch uitvoerbaar. Indien dit niet het geval is door bijvoorbeeld een hoge stroomsnelheid, dan worden alle metingen net onder het wateroppervlak uitgevoerd. Figuur 6 en Figuur 7 geven het meetsysteem visueel weer.



Figuur 8. Zijaanzicht (links) en bovenaanzicht (rechts) van de opstelling bij mobiele metingen.



Figuur 9. Opzet van mobiele metingen vanaf een werkboot op de IJssel bij Doesburg in 2023. Op deze foto vaart een boot na een uitgevoerde meting terug naar de oever voor verwerking van de monsters. De netten zijn op deze foto duidelijk vol geslibd met organisch materiaal. In dit geval is gebruik gemaakt van hydraulische mogelijkheden voor het ophalen en laten zakken van de netten (foto: ATKB).

2.3.3 Toepassingsbereik

Deze methode is ontwikkeld en succesvol ingezet voor metingen op de IJssel (bij Doetinchem en Deventer). De ervaringen ermee zijn dan ook beperkt. De grenzen van het toepassingsbereik zijn voor stroomsnelheden hetzelfde als bij statische metingen.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



De in te zetten vaartuigen en (vooral) het motorvermogen zijn bepalend voor inzet bij hogere stroomsnelheden en -afvoeren. Boven windkracht van 6 Beaufort mag er vanwege veiligheidseisen niet gevaren worden en kunnen varende metingen niet uitgevoerd worden. Bij intensieve scheepvaart is het uitvoeren van varende metingen niet goed mogelijk, aangezien er in dat geval veel uitgeweken moet worden en er geen aaneengesloten meting kan plaatsvinden. Meetlocaties met intensieve scheepvaart zijn dan ook niet geschikt voor het uitvoeren van varende metingen in of bij vaarroutes.

2.4 Opzet datasysteem

Het proces van uitvoeren van metingen tot en met uiteindelijke analyse en rapportage van data kent vele handelingen. Daarmee is het proces foutgevoelig, zo is bij het uitvoeren van veldmetingen geconstateerd, zeker als er meerdere partijen of personen betrokken zijn bij de verschillende handelingen. Dit heeft vooral betrekking op het noteren van gegevens en resultaten per meting. Daarom dient voorafgaand aan de uitvoering van veldmetingen een datasysteem opgezet te worden waarin de codering van iedere meting wordt vastgelegd. Dit databestand en daarin opgenomen gegevens dient als basis voor alle vervolgstappen en kan worden aangevuld met de resultaten daarvan. In hoofdstuk 3 en 4 worden de stappen beschreven. Het dataformaat moet bestaan uit een hanteerbaar gegevensformat (zoals MS Excel) met ten minste de volgende kolommen:

- Locatie (bijvoorbeeld Tolkamer)
- Datum (let op eenduidige notatie: dd-mm-jjjj)
- Waterdiepte (m)
- Monsternummer (let op eenduidige notatie, bijvoorbeeld Tolkamer_3 bij een derde statische meting of Tolkamer_v5 bij een vijfde varende meting)
- Monsterdiepte (alleen bij statische meting: boven, midden en onder)
- Net (alleen bij varende metingen: links of rechts)
- Tijd (tijdstip start, tijdstip eind, duur meting)
- Waarden debietmeter (start en eind)
- Berekeningen debietmeter (verschil eind – start, omrekening naar afstand (m), omrekening naar stroomsnelheid (m/s) en debiet (m³/s)
- Indien gemeten: massa mesodeeltjes in monster en/of massa macrodeeltjes per monster
- Resultaat/aantal deeltjes per OSPAR ID



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



3 Uitvoeren van metingen

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk richt zich op het uitvoeren van de veldwerkzaamheden voor metingen aan zwerfafval in de waterkolom.

De werkzaamheden voor het uitvoeren van een meting zijn als volgt samen te vatten, waarbij stappen 3 tot en met 8 per meting herhaald worden:

1. Voorbereiding en transport naar locatie;
2. Bepalen waterdiepte, stroomsnelheid en omstandigheden ter plaatse;
3. Assemblage van het systeem (netten, lijnen en gewicht);
4. Plaatsen van stroomsnelheidsmeters en registreren van teller-waardes;
5. Plaatsen van meetsysteem, registratie van starttijd;
6. Controle van de werking van het systeem;
7. Lichten van de netten;
8. Registratie van teller-waardes van de stroomsnelheidsmeters;
9. Verzamelen van de monsters per net en registratie van de bijbehorende meetgegevens.

NB. Voor het uitvoeren van metingen aan zwerfafval in de waterkolom wordt door de opdrachtgever een veiligheids- en gezondheidsplan (hierna: V&G-plan) verplicht gesteld. Het opstellen en hanteren hiervan wordt in dit protocol niet beschreven.

3.2 Voorbereiding en transport naar locatie

Vorbereiding voor de veldmetingen bestaat uit het verzamelen en transporteren van materieel naar de meetlocatie, maar ook uit het controleren van omstandigheden ter plaatse en het treffen van eventuele maatregelen voor omgang daarmee (LMRA). Veldwerkzaamheden dienen altijd met ten minste twee personen te worden uitgevoerd.

Voor het uitvoeren van metingen aan zwerfafval in de waterkolom kan door de opdrachtgever een V&G-plan verplicht worden gesteld. Het opstellen en hanteren hiervan wordt in dit protocol niet beschreven.

3.2.1 Afstemming van meetmomenten op afvoer en stroomsnelheid

Indien mogelijk dienen meetmomenten te worden afgestemd op de rivierafvoer. De rivierafvoer blijkt namelijk invloed te hebben op de hoeveelheid aangetroffen meso- en macroplastics, zo blijkt uit eerdere onderzoeken (ATKB, 2022; Arcadis, 2022). Een toename van de afvoer (en daarmee ook de waterstand) kan leiden tot een additionele influx van plastic, vooral van macroplastic dat bij stijgende waterstanden vanaf de oevers inspoelt. Ook is er tijdens afvoergolven doorgaans sprake van meer organisch materiaal in de waterkolom, waardoor de netten sneller dan gewenst dichtslibben. Het is daarom aan te bevelen om – indien mogelijk vanuit planning en logistiek – metingen aan zwerfafval in de waterkolom met de in dit protocol beschreven meetsystemen uit te voeren in perioden van gemiddelde afvoer, niet binnen enkele dagen voor of na een piek in de afvoer en waterstand.

Meest wenselijk zijn gedurende enkele dagen min of meer constante omstandigheden (min of meer constante of licht dalende afvoer) en dat er sprake is van omstandigheden waarvan bekend is dat de metingen goed kunnen worden uitgevoerd. Voor de Rijntakken betreft dit een afvoer bij Lobith van circa 2.000 m³/s.

Voor relatief lage afvoeren gelden in beginsel geen beperkingen of aandachtspunten voor het uitvoeren van metingen. Zoals eerder aangegeven is wel een minimale stroomsnelheid van (naar schatting; zie eerdere voetnoot) 0,2 m/s gewenst voor goede positionering van het meetsysteem en daarmee betrouwbare metingen. Zie ook de eerder gemaakte opmerkingen over de te gebruiken stroomsnelheidsmeters in relatie tot de geschatte stroomsnelheid ter plaatse, alsmede het belang van aanwezigheid van stabiele laminaire stroming (geen of geringe turbulentie).

3.2.2 Afstemmen van meetmomenten op windomstandigheden

Bij een windkracht >6 Beaufort is het niet toegestaan om monitoringwerkzaamheden op het open water uit te voeren met vaartuigen. In dat geval zijn varende/mobiele metingen dus niet mogelijk. Bij het plannen van veldwerkzaamheden dient hier waar mogelijk rekening te worden gehouden.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



3.2.3 Transport naar meetlocatie

Bij het meten vanaf een oever, ponton of steiger dienen de te gebruiken materialen met auto(bus) vervoerd te worden. In verband met veiligheid en efficiëntie dient een parkeergelegenheid zo dicht mogelijk bij de meetlocatie te worden gevonden, uiteraard binnen verkeersregels en in overeenstemming met een eventueel V&G-plan. Dit kan grotendeels vooraf worden nagegaan door gebruik te maken van digitale mogelijkheden met open source kaartmateriaal en omgevingsbeelden.

Wanneer er voor het uitvoeren van metingen gebruik wordt gemaakt van een boot, wordt vanwege flexibiliteit en eenvoudige uitvoerbaarheid uitgegaan van inzet van relatief kleine vaartuigen die op trailers achter een geschikte auto(bus) vervoerd kunnen worden. Hierbij dient de in te zetten boot op een geschikte locatie te water gelaten te worden en dient er gevaren te worden naar de meetlocatie. Vooraf kan hiervoor worden nagegaan waar een geschikte en toegankelijke trailerhelling aanwezig is, bij voorkeur uiteraard zo dicht mogelijk bij de meetlocatie. Bij deze locatie dient tevens geschikte parkeergelegenheid aanwezig te zijn voor de auto(bus) met trailer.

Voor het varen naar de meetlocatie gelden de reguliere verkeersregels op en rond het water. In een eventueel V&G-plan dienen deze te zijn verwerkt.

3.2.4 Bepalen waterdiepte, stroomsnelheid en omstandigheden ter plaatse

Voor het kunnen assembleren van het meetsysteem conform de in hoofdstuk 3 beschreven specificaties is het belangrijk om op de meetlocatie inzicht te hebben in:

- Bij statische metingen: waterdiepte, stroomsnelheid, windrichting en -kracht, vervuilingsgraad van het water (organisch materiaal, algenbloei);
- Bij varende metingen: stroomsnelheid, windrichting en -kracht, vervuilingsgraad van het water (organisch materiaal, algenbloei), intensiteit van scheepvaart;

De waterdiepte kan bepaald worden met een peilstok of een touw met een gewicht. De stroomsnelheid wordt bepaald door visuele waarneming. Dat geldt ook voor de verontreinigingsgraad met organisch materiaal en intensiteit van scheepvaart. De stroomsnelheid dient voldoende te zijn om de in te zetten netten gedurende de meetduur horizontaal te laten 'staan'. Bij lagere stroomsnelheden dan 0,2 m/s dient de meting verplaatst te worden naar een later moment.

De windrichting- en kracht kan worden nagegaan via online beschikbare gegevens van het dichtstbijzijnde meteorologische meetstation. Bij te veel wind (>6 Beaufort) kunnen varende metingen niet plaatsvinden. Dat geldt ook bij veel scheepvaart (> een schip per half uur) op of vlak bij de meetlocatie, waardoor (te) frequent uitgeweken moet worden en metingen niet optimaal of niet volledig kunnen worden uitgevoerd. Bij veel organisch materiaal is het ook de vraag of aaneengesloten metingen van ten minste 15 minuten kunnen plaatsvinden. Als dat niet het geval is, kunnen metingen niet efficiënt plaatsvinden en dient te worden overwogen de metingen te verplaatsen naar een later moment.

3.2.5 Assemblage van het systeem (netten, lijnen en gewicht)

Op basis van de stroomsnelheid en waterdiepte wordt het in te zetten gewicht bepaald voor zowel statische als varende metingen. De touwen worden op lengte gemaakt en de in te zetten netten worden gemonteerd conform de in hoofdstuk 3 beschreven specificaties. Voorafgaand aan de start van de meting dient te worden bepaald of het systeem goed functioneert. Hiervoor dient een test plaats te vinden, waarbij de meetopstelling gedurende 5 minuten wordt ingezet en waarbij wordt gezien of het functioneert volgens de specificaties zoals beschreven in hoofdstuk 3. Indien nodig dienen aanpassingen te worden gedaan aan het systeem, zoals het verhogen van het toegepaste gewicht, het aanpassen van lengte van touwen of het aanpassen van netlengte.

Voor de montage van het systeem voor statische metingen op verschillende dieptes in de waterkolom geldt:

1. Bevestig het bovenste net op de hoofdlijn zodanig dat de bovenzijde van de hoepel van het net zich op maximaal 0,5 m onder het wateroppervlak bevindt;
2. Bevestig het middelste net op de hoofdlijn zodanig dat de het midden van de hoepel van het net zich op halve waterdiepte bevindt;
3. Bevestig het onderste net op de hoofdlijn zodanig dat de onderzijde van de hoepel van het net zich op maximaal 0,5 m boven de waterbodem bevindt;



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Op basis van de testinzet wordt ook bepaald in hoeverre organisch materiaal kan zorgen voor het dichtslibben van netten, waardoor het inkorten van de standaard-meetduur (zie 3.2.8) aan de orde is. Zoals hierboven al aangegeven is het inkorten tot een meetduur van minder dan 15 minuten niet wenselijk.

Om verschillen in starttijd te voorkomen wordt er bij het systeem voor varende metingen voor gezorgd dat beide netten gelijktijdig te water worden gelaten/plaatst. Dat kan met behulp van een lier en katrollen (zie hoofdstuk 2).

3.2.6 Plaatsen stroomsnelheidsmeters en registreren tellerwaarden

Onderdeel van het gereed maken van de meetopstelling is ook het plaatsen van stroomsnelheidsmeters voor de ronde netten. De gemiddelde stroomsnelheid in de netopening (m/s) wordt verondersteld gelijk te zijn aan de gemiddelde stroomsnelheid van het water (m/s) op de meetdiepte. De stroomsnelheidsmetingen dienen te worden uitgevoerd met stroomsnelheidsmeters met propeller, die in de netopening of in de waterkolom geplaatst zijn door middel van touwen. De stroomsnelheidsmeter dient in het midden van ieder net te worden bevestigd door middel van zo dun mogelijke lijn – zie Figuur 10.

Door toepassing van stroomsnelheidsmeters in de opening van de netten is het mogelijk de flux van zwerfafval te bepalen (hoeveelheid zwerfafval per volume-eenheid rivierwater). Registreer de beginwaarden van de tellers van iedere stroomsnelheidsmeter en noteer welke stroomsnelheidsmeter bij welk net wordt ingezet.



Figuur 10. Aan een dunne lijn gemonteerde stroomsnelheidsmeter in het midden van een rond net (foto: Phil Nijhuis).

Inzet van een stroomsnelheidsmeter voor het oppervlaktemeetnet voor de manta trawl is niet gewenst omdat de net drijft op het oppervlak van het water en zit daardoor deels boven water. Omdat de stroomsnelheidsmeter niet altijd volledig onder water zit, kan het niet worden gegarandeerd dat de stroomsnelheidsmeter (juist) meet/functioneert. De stroomsnelheid van de manta-trawl wordt gelijk gehouden aan de stroomsnelheid van het bovenste net van de statische metingen.

3.2.7 Plaatsen van meetsysteem en registratie van starttijd

Het meetsysteem wordt geplaatst door het systeem handmatig, via lier en katrol(len), te laten zakken en door de stroming te laten 'zetten'. Zodra het gehele systeem in positie is, wordt direct de starttijd van de meting genoteerd. Deze werkwijze is gelijk voor statische metingen en voor varende metingen. Let bij het noteren van de starttijd op het eerder vastgesteld dataformat voor de meetronde (zie paragraaf 2.4).



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



3.2.8 Controle van de werking van het systeem

Voor elke meting wordt een monitoringsduur van 45 minuten per lichting aangehouden, zoals beschreven in Van de Ven & Hop (2021).

Gedurende de meetperiode dient regelmatig te worden gecontroleerd of het systeem nog goed geplaatst is en op de gewenste wijze functioneert. Wanneer dat niet het geval is, dient de meting gestopt te worden, moet het systeem waar nodig worden aangepast en dient een nieuwe meting te worden gestart met voorafgaand registratie van meetstanden en starttijden (zie 3.2.6 en 3.2.7).

Om op eenvoudige en snelle wijze vast te stellen of het bodemgewicht bij statische metingen op verschillende dieptes in de waterkolom daadwerkelijk op de bodem ligt kan een dunne lijn aan het gewicht vastgemaakt worden, wat loodrecht naar het wateroppervlak loopt. Indien de waterdiepte constant is kan aan de waterlijn van deze lijn een markering aangebracht worden, waarmee ter plekke vastgesteld kan worden of het bodemgewicht goed op de bodem ligt. Door het bodemgewicht met deze lijn iets op te tillen en weer op de waterbodem terug te laten zakken is dit ook voelbaar, in het bijzonder bij hardere bodems.

Wanneer blijkt dat de netten door aanwezigheid van organisch materiaal dichtslibben en de gewenste aaneengesloten meetduur van 45 minuten niet gehaald kan worden, wordt de meetduur ingekort. Als gevolg van een hoge vervuilingsgraad kan het noodzakelijk zijn de netten sneller te lichten. Dit is bijvoorbeeld het geval bij sterke vervuiling door (drijf)vuil bij hoge rivierafvoeren, of als gevolg van algen in de zomermaanden. Bij hoge rivierafvoeren dienen de netten als basis elke 10 tot 15 minuten gelicht te worden om de hoeveelheid (drijf)vuil in het net beperkt te houden. Op basis van de ervaringen in het veld kan deze periode ingekort of verlengd worden. Als richtlijn kan aangehouden worden dat elk monster bestaat uit 4 x 11,25 minuten, 3 x 15 minuten of 2 x 22,5 minuten monitoren. De inhoud van twee tot vier lichtingen wordt in dat geval tot één monster gemengd in een monsterpot.

3.2.9 Lichten van de netten

Na afloop van een meting wordt het eindtijdstip genoteerd en worden de netten in een vloeiend proces gelicht om vervuiling van zwerfafval uit andere lagen van de waterkolom te minimaliseren (zie de foto's in Figuur 11).



Figuur 11. Het lichten van netten bij een statische meting (links) met het gelijktijdig noteren van de eindtijd van de uitgevoerde meting (rechts; foto's: Phil Nijhuis).

3.2.10 Registratie van teller-waardes van de stroomsnelheidsmeters

Na het lichten van de netten worden allereerst de eindstanden van de stroomsnelheidsmeters afgelezen en genoteerd in of conform het eerder vastgestelde dataformat (zie paragraaf 2.4).



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



3.2.11 Verzamelen van de monsters en registratie van meetgegevens

De monsters worden per net verzameld in een kuip met water. Na het lichten zijn de netten eerst goed doorgeschud en nagespoeld met water, zodat de volledige inhoud zich in de punt van het net concentreert. Daarna wordt het net geopend door het touw waarmee het net is dichtgeknoopt, los te knopen. De inhoud wordt overgebracht in een kuip met water. Het net wordt schoongespoeld in deze kuip met behulp van een gieter – zie figuur 12). Het daarvoor gebruikte water dient in een aparte kuip te worden opgeslagen en dient vooraf gezeefd te zijn met een fijne zeef (500 μm) om contaminatie van monsters te voorkomen.



Figuur 12. Het overbrengen en naspoelen van een monster uit een net (foto: Phil Nijhuis).

Grof materiaal (niet zijnde zwerfafval) en eventuele grote organismen dienen handmatig uit het monster te worden verwijderd en te worden weggegooid in een aparte (afval)kuip of – bij levende organismen – handmatig teruggebracht te worden in het water.

De inhoud van de kuip met het monstermateriaal wordt vervolgens over een fijne metalen zeef (500 μm) gefilterd. De kuip wordt drie keer gespoeld met gieter of spuitfles (zie hierboven) om ook de laatste resten van materiaal mee te nemen – zie Figuur 13.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Figuur 13. Het zeven van monstermateriaal (links) en het resultaat van een (gezeefd) monster, gereed om opgeslagen te worden in een monsterpot (rechts). De Monsterpotten zijn op deze foto's herkenbaar door de rode deksels. (foto: Phil Nijhuis).

Op een monsterpot worden de gegevens van de meting genoteerd: datum, diepte/positie van het net en eventueel het nummer van de meting – zie Figuur 14). Voor goede verwerking van resultaten is het cruciaal dat hiervoor exact dezelfde codering van de meting wordt gehanteerd als de eerder vastgestelde codering (zie paragraaf 2.4), zonder enige aanpassing. Om fouten te voorkomen wordt hierbij bij voorkeur gebruik gemaakt van (waterbestendige) etiketten met daarop de codering van iedere meting.



Figuur 14. Voorbeelden van genoteerde gegevens van een meting op monsterpotten (foto: Remco Schreuders).



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



voor natuur
en leefomgeving



Het in de zeef achtergebleven materiaal wordt handmatig verzameld in de gelabelde monsterfles (inhoud 1-2 liter – zie Figuur 15). Verzamelde monsters worden goed afgesloten met een draaidop en vervolgens in een verzamelbak geplaatst. Hierbij wordt waar nodig gebruik gemaakt van een gieter, spuitfles en trechter om het residu op de zeef te concentreren en over te brengen in de monsterfles. Per monsterfles is er dus een monster van één net. Bij gebruik van meerdere netten zijn er dus per meting altijd meerdere monsters.



Figuur 15. Het handmatig overbrengen van monstermateriaal in een monsterpot. Op de foto is goed te zien dat op de gebruikte monsterpot de monstergegevens zijn genoteerd (foto: Phil Nijhuis).

Van elk monster worden de volgende gegevens geregistreerd in het eerder vastgestelde dataformat/database (zie paragraaf 2.4). Dit kan op analoge veldformulieren, maar kan ook direct in een digitaal bestand worden ingevoerd. Het gaat in dit stadium om het invullen van gegevens over:

- Diepte/positie waarop het monster is verzameld (bij statische metingen);
- Het betreffende net bij varende metingen (links of rechts, gezien met het zicht op de voorzijde van de boot);
- Tijdstippen (moment van plaatsen en lichten van de netten);
- start- en eindwaarde van de stroomsnelheidsmeter;
- eventuele bijzonderheden bij het uitvoeren van de meting.

3.3 Transport en opslag van monsters

Verzamelde monsters dienen zo koel als mogelijk te worden bewaard en dienen nog op de dag waarop de metingen zijn uitgevoerd te worden getransporteerd naar een locatie waar de monsters kunnen worden opgeslagen in een koelkast. Indien de monsters niet binnen één of twee dagen verder verwerkt en geanalyseerd gaan worden, verdient het aanbeveling om de monsters op te slaan in een vriezer, om afbraak van organisch materiaal en stank bij het verwerken en analyseren van monsters zoveel mogelijk te vermijden. Te allen tijde dient de codering van het monster goed zichtbaar te blijven op iedere monsterfles (datum, locatie, monsternummer, diepte of welk net).



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



4 Analyse van resultaten

4.1 Verwerking van monsters voor analyse

Voor analyse van een monster wordt het monster uit de koeling gehaald. Bevroren monsters dienen minimaal 16 uur van tevoren uit de vriezer gehaald te worden en ontdooid te worden aan luchttemperatuur of in een koelkast. De hoeveelheid aanwezig organisch materiaal bepaalt in sterke mate de benodigde tijd voor het ontdooien. Potten met veel organisch materiaal kunnen het best buiten de koelkast ontdooid worden.

Na ontdooien worden de monsterpotten voorzichtig leeggeschud op een fijnmazig net dat over een emmer is geplaatst en vastgezet – zie Figuur 16. Het net zorgt ervoor dat water wordt verwijderd en er vast monstermateriaal op het net blijft liggen. Dit net (kan ook worden uitgevoerd als een zeef) heeft dezelfde maaswijdte als het in het veld gebruikte net.



Figuur 16. Emmer met net voor het uitlekken van monstermateriaal (foto: Remco Schreuders).

De monsterpot wordt met een spuitfles met kraanwater nagespoeld en leeggegoten op het net, zodat al het materiaal uit de monsterpot wordt verwijderd. Omdat er soms handmatig materiaal uit de monsterpot verwijderd moet worden, verdient het aanbeveling om vanaf het openen te werken met kunststof handschoenen.

Het op het net achtergebleven materiaal wordt handmatig uitgezocht op aanwezigheid van deeltjes meso- en macroplastic met een minimale lengte, breedte of dikte van 5 mm. Dit kan, afhankelijk van de hoeveelheid organisch materiaal in een monster, een tijdrovende activiteit zijn, variërend van circa 5 tot meer dan 30 minuten per monster.

De plastic/zwerfafval deeltjes worden handmatig of met een pincet in een apart bakje of (petri)schaaltje gestopt. Na het uitzoeken van een volledig monster kan analyse van de meso- en macroplastics plaatsvinden door het indelen en tellen van deeltjes conform de OSPAR-methodiek.

Indien ervoor wordt gekozen deze analyse later te doen, dienen deeltjes per monster in aparte bakjes of petrischaaltjes te worden opgeslagen, waarop de gegevens van de meting van de monsterpot worden overgenomen (datum, locatie, monsternummer, diepte of welk net) – zie ook figuur 17. Houd ook hierbij weer rekening met het



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



eerder vastgestelde dataformat (zie paragraaf 2.4) en de juiste notatie van de meetgegevens van het betreffende monster. Resterend organisch materiaal wordt gedeponereerd in een aparte emmer en kan worden weggegooid met gft-afval.



Figuur 17. Foto's van het verwerkingsproces van monsters (foto's: Remco Schreuders).

4.2 Analyse met OSPAR-methode

De verzamelde monsters dienen conform de OSPAR-methode (van Emmerik et al., 2020 & OSPAR Commission, 2010) te worden gehanteerd. Hierbij worden de aanwezige macro- en mesoplastics onderverdeeld naar categorie zwerfafval, grootte en aantallen.

Ieder aangetroffen deeltje wordt gemeten langs de langste dimensie. Een vezel van een touw is bijvoorbeeld maximaal een millimeter dik, maar kan enkele centimeters lang zijn. Resultaten worden direct digitaal ingevoerd in het eerder opgestelde databestand, waarbij alle gegevens per meting genoteerd worden.

Bij het analyseren van de resultaten wordt bij voorkeur gewerkt met minimaal twee personen, zodat er altijd afstemming kan plaatsvinden over de aard van materialen en de wijze van meten en indelen volgens OSPAR.

4.3 Wegen van resultaten

Om een massabalans te kunnen opstellen voor aanwezigheid en transport van meso- en macroplastics kunnen de resultaten per monster en al dan niet met onderscheid tussen meso- en macrodeeltjes worden gewogen. Om te komen tot zuivere, eenduidige data is aan te bevelen om de deeltjes meso- en macroplastic voorafgaand goed te laten drogen, zodat er geen water wordt meegewogen.

Voor het wegen dient gebruik gemaakt te worden van een weegschaal met een nauwkeurigheid van 0,05 gram.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



5 Geraadpleegde bronnen

ATKB, 2022. Meetsysteem plastic. Monitoring plastic in de waterkolom. In opdracht van Rijkswaterstaat Kenmerk: 20211623/001. Definitief. Versie 1, 21 maart 2022

Arcadis, 2023. Ontwikkeling meetmethoden: Monitoring zwerfafval in de waterkolom. In opdracht van Rijkswaterstaat.

Arcadis, 2022. Quicksan monitoringsmethoden voor zwerfafval in de waterkolom. In opdracht van Rijkswaterstaat. Projectnummer 30141498. Referentie TJYYC5K22ZN6-1978230039-391:0.1

van Emmerik, T.H.M. and Vriend, P., 2021. Roadmap Litter Monitoring in Dutch Rivers. Wageningen, Wageningen University, Report. 44 pp., [https:// doi.org/10.18174/537439/](https://doi.org/10.18174/537439/)

Ven, M. van de & Hop, J., 2021. Meetplan monitoring plastics in de waterkolom bij een normale en hoge rivierafvoer. Notitie 20200932/04. ATKB, Waardenburg.



Europees Fonds voor
Maritieme Zaken en Visserij



Colofon

METEN AAN ZWERFAFVAL IN DE WATERKOLOM MEETPROTOCOL

KLANT

Rijkswaterstaat WVL

AUTEUR

Nanne van Hoytema (Arcadis), Thom Versteegen (Arcadis), Remco Schreuders (Arcadis), Raoul Kleppe (ATKB), Tim van Emmerik (WUR)

PROJECTNUMMER

30141498

ONZE REFERENTIE

TJYYC5K22ZN6-1978230039-740:3

DATUM

4 oktober 2023

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Remco Schreuders
Senior adviseur/projectmanager

VRIJGEGEVEN DOOR

Jolijn Posma
Teamleider Beleid & Strategie

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland

T +31 (0)88 4261 261