



anteagroup



Onderzoeksprotocol

PFAS in hekkelspecie /
(aquatische) gewassen

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

In het kader van het toenemende bewustzijn en bezorgdheid over de verspreiding van persistente verontreinigende stoffen in het aquatisch en terrestrisch milieu, is het van belang om op systematische wijze inzicht te verkrijgen in de aanwezigheid en verspreiding van per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in watergangen en betrokken compartimenten. PFAS zijn een groep van door de mens vervaardigde stoffen die bekend staan om hun chemische stabiliteit en water- en vetafstotende eigenschappen, maar die tegelijk persistent, bioaccumulerend en potentieel toxisch zijn voor mens en milieu.

www.anteagroup.nl



Over Antea Group Nederland

Antea Group is het thuis van 1.800 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 75 jaar.

1. Aanleiding, doel en uitgangspunten

Vanwege deze eigenschappen is er wereldwijd toenemende aandacht voor het meten van PFAS in verschillende milieumatrices, waaronder water, bodem en biota (waarbij onder biota zowel planten als dieren worden verstaan, evenals producten van dieren zoals eieren).

(Water)planten, onder andere, vormen een relevante matrix voor de monitoring van PFAS, omdat zij via hun wortels, bladeren en andere oppervlakken in direct contact staan met zowel het sediment als met water, die de twee grootste PFAS-reservoirs zijn. Planten kunnen dan ook een rol spelen in de mogelijke verspreiding van PFAS naar andere compartimenten van het milieu via beheermaatregelen zoals schouwen/hekkelen. Schouwen of hekkelen is een gangbare praktijk in het Nederlandse waterbeheer, waarbij water- en oeverplanten periodiek uit sloten en andere watergangen worden verwijderd om de doorstroming te waarborgen en om te voorkomen dat de watergangen dichtgroeien of verlanden. De hierbij vrijkomende biomassa (ook wel hekkelspecie genoemd) wordt in de praktijk vaak op de kant gelegd, doorgaans binnen een zone van 25 meter naast de watergang, tijdelijk opgeslagen of in sommige gevallen zelfs hergebruikt, bijvoorbeeld als meststof of bodemverbeteraar op landbouwpercelen.

Vanwege de bekende aanwezigheid van PFAS in het sediment van diverse watergangen, is de zorg ontstaan dat met het verwijderen en verwerken van deze planten ook PFAS vanuit het aquatisch milieu naar de terrestrische omgeving wordt verplaatst. Wanneer hekkelspecie op de oever wordt neergelegd of elders wordt verspreid, bestaat het risico dat PFAS in de bodem terechtkomt, met mogelijke gevolgen voor de lokale bodemkwaliteit, grondwater en voedselveiligheid. De potentie dat deze stoffen zich, via menselijk handelen, verder verwijderen van de oorspronkelijke bron, onderstreept het belang van nauwkeurige bemonstering en analyse van waterplanten bij beheersmaatregelen.

Het ontbreekt momenteel aan een gestandaardiseerde en breed gedragen aanpak voor het bemonsteren en analyseren van (water)planten als milieumatrix. Uit recente praktijkervaringen en overleg met betrokken partijen blijkt dat verschillende laboratoria sterk uiteenlopende resultaten rapporteren voor vergelijkbare monsters. Deze verschillen zijn naar verwachting terug te voeren op variatie in monstervoorbereiding, verschillen in analysemethoden en een gebrek aan uniformiteit in de keuze en behandeling van het plantmateriaal. Het gevolg is dat de gemeten concentraties moeilijk onderling te vergelijken zijn, wat leidt tot onzekerheid over de interpretatie van de resultaten.

Om betrouwbare en reproduceerbare gegevens te verkrijgen die als basis kunnen dienen voor gefundeerde besluitvorming, is behoefte aan een gestandaardiseerde, onderbouwde en praktisch uitvoerbare werkwijze voor het bemonsteren, behandelen en analyseren van waterplanten in het kader van PFAS-onderzoek.

Het onderhavige protocol beoogt aan deze behoefte tegemoet te komen. Het beschrijft op gestructureerde wijze hoe het veldwerk en het laboratoriumonderzoek uitgevoerd dienen te worden met betrekking tot de planten die in de toekomstige hekkelspecie terechtkomen. Daarbij is specifiek aandacht voor de selectie van de bemonsteringslocaties, het type plantmateriaal, de wijze van bemonstering en opslag, en de verwerking tot een analyseresultaat dat geschikt is voor beleidsmatige beoordeling. Dit protocol is opgesteld op basis van een combinatie van literatuuronderzoek, interviews met deskundigen uit de praktijk, bestaande analysemethoden en inzichten uit eerdere pilotprojecten. Het doel is om te komen tot een uniforme werkwijze die betrouwbare, toetsbare en vergelijkbare gegevens oplevert, en zo bijdraagt aan een ecologisch verantwoorde omgang met hekkelspecie in een PFAS-belast milieu.

2. Veldwerk

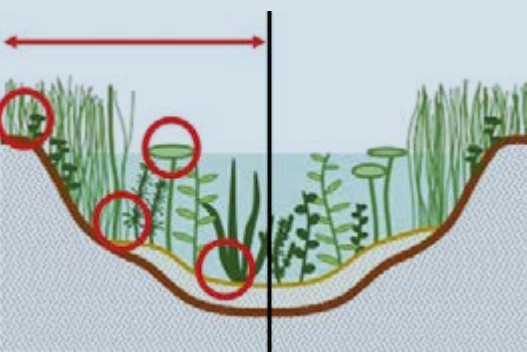
2.1 Selectie monsteropnamepunten en planten

Achtergrond

Het hekkelen gebeurt doorgaans één à twee keer per jaar met gespecialiseerd materieel, zoals hekkelbakken, maaikorven of hydraulische armen. Deze worden ingezet vanaf de oever tot ongeveer halverwege de breedte van de watergang of, meestal bij grotere watergangen, vanuit een boot tot de oever (de werkwijze voor het bemonsteren komt daarmee overeen met de standaard werkwijze bij het bemonsteren van bodem/water op PFAS.). De vrijkomende biomassa, of hekkelspecie, wordt doorgaans op de oever gelegd, binnen 25 meter van de watergang. Afhankelijk van de regio en de mate van verontreiniging verschilt de toegestane periode waarin waterplanten op de kant mogen liggen. In Friesland bedraagt deze periode minimaal twee dagen, terwijl bij PFAS-verontreiniging een maximum van vijf werkdagen geldt. Deze minimale wachttijd is bedoeld om waterdieren de gelegenheid te geven om terug te keren naar het water.

Monstersselectie

De bemonstering dient het hekkelproces zo goed mogelijk na te bootsen. Voor het nemen van een representatief plantmonster van de hekkelspecie worden daarom vier (deel)monsters genomen verspreid over een raai, loodrecht op de watergang. Een raai is een denkbeeldige lijn, waarop op meerdere locaties monsters worden genomen. In dit geval loopt de raai van de oever tot halverwege de watergang. Langs deze raai wordt op 4 locaties plantmateriaal bestaande uit verschillende aanwezige plantensoorten (oeverplanten, waterplanten op het talud en de bodem, en drijvende planten) en algen en verzameld; het meenemen van slib wordt daarbij zoveel mogelijk vermeden.



bemonstering binnen de raai





Voor de monsternamen van de verschillende plantensoorten wordt de volgende werkwijze aangehouden:

- Waterplanten worden tijdens het hekkelen meestal geharkt, waardoor de gehele plant wordt getrokken en de wortels vaak meekomen. Deze wortels zijn daarom wel relevant voor hekkelspecie. Bij de monsternamen kunnen eveneens met behulp van een hark waterplanten losgetrokken van de bodem, zodat ook wortelstructuren worden meegenomen;
- Drijvende planten (zoals eendenkroos) komen in zijn geheel terecht in de hekkelspecie en kunnen worden verzameld met een schepnet;
- Oeverplanten (zoals riet) worden bij hekkelen over het algemeen gemaaid of deels losgetrokken met de hekkelbak. Hierbij komen doorgaans geen wortels in de hekkelspecie terecht, waardoor de wortelzone voor deze planten buiten beschouwing kan worden gelaten.

Bij het onderzoek naar PFAS-concentraties in (water)planten wordt als standaardbenadering aanbevolen om geen onderscheid te maken tussen plantensoorten. Per raai worden vier representatieve deelmonsters verzameld waarin zoveel mogelijk diverse planten en plantendelen en soorten worden meegenomen. Deze deelmonsters worden samengevoegd tot één mengmonster. Deze aanpak sluit aan bij de praktijk van hekkelen, waarbij de hekkelspecie meestal als een homogeen mengsel wordt behandeld en verwerkt. Hierdoor is botanische kennis niet noodzakelijk en wordt een representatief beeld gegeven van de PFAS-concentraties in het totale plantmateriaal dat vrijkomt bij het beheer.¹ Wel moet er bij de bemonstering op worden gelet dat het mengmonster representatief is voor de aanwezige planten. Zo moet worden vermeden dat bepaalde plantensoorten of plantendelen in overmaat in het monster aanwezig zijn ten opzichte van hun werkelijke aanwezigheid in het veld.

Bemonsteringsperiode

Voor de meest representatieve en vergelijkbare resultaten dient het onderzoek plaats te vinden in een vastgestelde periode omdat het PFAS-gehaltes kan variëren afhankelijk van de groeifase van de planten. De bemonstering vindt idealiter plaats na de langste dag vanaf eind mei (week 22), wanneer de PFAS-concentraties in planten naar verwachting het hoogst zijn. Dit heeft te maken met een lagere opname van voedingsstoffen door de plant in deze fase en de overgang naar bloei- en zaadvorming.

2.2 Verzamelen, verpakken en hanteren van monsters

Los van de specifieke onderzoeksdoelstellingen geldt dat zowel het daadwerkelijke hekkelen als de bemonstering worden uitgevoerd met PFAS-vrije materialen en onder strikt hygiënische omstandigheden. Dit betekent onder meer:

¹Indien het doel van het onderzoek dit vereist, bijvoorbeeld wanneer men wil onderzoeken hoe de concentratie van PFAS varieert tussen verschillende plantendelen en/of tussen verschillende plantensoorten, kan ervoor worden gekozen om wél onderscheid te maken tussen plantgroepen. Het is daarbij van belang dat tijdens het bemonsteren een botanisch specialist beschikbaar is om de vegetatie correct te kunnen identificeren.



- Geen gebruik van kleding of handschoenen met een fluoropolymeercoating of PFAS-behandeling. Volgens huidige inzichten lijken latex handschoenen geschikt te zijn, mits deze ongecoat zijn. Ook nitril wegwerphandschoenen kunnen worden gebruikt, zolang ze PFAS-vrij zijn en geen fluorcoating bevatten. Siliconen handschoenen zijn doorgaans herbruikbaar en worden minder vaak ingezet bij monsternamen vanwege hygiëne-eisen.
- Geen gebruik van waadpakken, regenkleding of waterafstotende kleding of schoenen die behandeld zijn met een fluoropolymeercoating, aangezien deze vaak PFAS bevatten. Gebruik van LDPE, PVC-kleding is wel mogelijk.
- Geen gebruik van cosmetica, moisturizers, handcrèmes, zonnebrandmiddelen, muggenspray of vergelijkbare producten die mogelijk PFAS bevatten. Gebruik uitsluitend producten die volledig op natuurlijke basis zijn samengesteld. Indien het gebruik van dergelijke producten om persoonlijke redenen toch noodzakelijk is, zorg er dan voor dat direct contact met het monstermateriaal wordt voorkomen, bijvoorbeeld door het dragen van handschoenen en een laboratoriumjas of vergelijkbare beschermende kleding.
- Alle materialen die tijdens monsternamen, opslag en verzending in contact komen met het monstermateriaal, moeten PFAS-vrij zijn. Dit betreft onder andere:
 - » Monsternamenmaterialen (zoals schepjes of grijpers)
 - » Monstercontainers, inclusief deksels en sluitingen
 - » Snijmatten of andere ondergronden waarop plantmateriaal wordt verwerkt
- Vermijd het gebruik van kunststoffen die fluoropolymeren bevatten, zoals:
 - » Polytetrafluorethyleen (PTFE of Teflon)
 - » Polyvinylidenefluoride (PVDF)
 - » Andere fluoropolymeerhoudende materialen of coatings

Deze voorzorgsmaatregelen zijn essentieel om contaminatie van de monsters te voorkomen en de betrouwbaarheid van de analyseresultaten te waarborgen². Voor aanvullende informatie over PFAS-bemonstering en analysemethoden wordt verwezen naar de Handreiking PFAS bemonsteren, opgesteld door Arcadis³. Hoewel deze richtlijnen specifiek zijn opgesteld voor (water)bodem- en watermonsters, kunnen bepaalde aanbevelingen en aandachtspunten ook relevant zijn voor de bemonstering van vegetatiemateriaal.

Per monsternamenpunt wordt één pot gevuld met het verzamelde plantmateriaal, inclusief eventuele meegekomen wortels en aanhangend bodem- of slibmateriaal. Het materiaal wordt enkele seconden uitgelekt of uitgeschud om overtollig water te verwijderen. Het monster mag niet worden uitgespoeld of grondig schoongeschud, omdat dit in de praktijk bij het hekkelen ook niet gebeurt.

Per analyse wordt na homogenisatie in het laboratorium doorgaans 5 gram materiaal ingezet. Daarom is voor elk monster een minimale hoeveelheid van 10 gram vereist, zodat er voldoende beschikbaar is voor de initiële analyse én eventuele heranalyses. Bij voorkeur wordt 15 gram verzameld, zodat optimaal kan worden voldaan aan de huidige laboratoriumbehoeften. Van elk monster wordt vóór het verpakken een foto genomen, om de staat en samenstelling van het monster te documenteren.

Na bemonstering worden de plantenmonsters direct verpakt in luchtdichte, UV-werende, PFAS-vrije emballage. Deze verpakking beschermt het monster tegen afbraak of chemische verandering onder invloed van zonlicht. Indien UV-werend materiaal niet beschikbaar is, dient het monster op een koele, donkere plek te worden bewaard en zo snel mogelijk naar het laboratorium te worden vervoerd. Voor kleine hoeveelheden (ongeveer 15 gram) is het aan te raden om slibpotten of vergelijkbare kleine, PFAS-vrije containers te gebruiken. Gebruik van standaard plastic zakken wordt afgeraden, tenzij aantoonbaar is dat deze geen PFAS bevatten of afgeven.

Ongeacht het type verpakking geldt dat monsters altijd direct na bemonstering donker en koel moeten worden opgeslagen. Bij voorkeur worden de monsters binnen enkele uren naar het laboratorium gebracht.

²De veiligheid van de medewerker is hierbij altijd belangrijker dan het tegengaan van mogelijke contaminatie. Als er toch PFAS-verdacht materiaal gebruikt wordt (b.v. in verband met veiligheidsmaatregelen) dit vermelden op het kwaliteitsborgingsformulier.

³<https://iplo.nl/@213782/bemonstering-analyse-pfas-verbindingen/>



3. Laboratoriumanalyses

De analyses worden verricht aan de hand van de richtlijn Implementing regulation-2022/1428- EN- EUR-Lex. Dit is de Europese richtlijn voor de bemonsterings- en analysemethoden voor de controle op perfluoralkylstoffen in bepaalde levensmiddelen. Verschillende zaken worden echter niet specifiek benoemd in deze richtlijn en worden daarom hieronder behandeld.

Bemonsteringsmethode

De verzamelde plantenmonsters worden geanalyseerd op de aanwezigheid van PFAS via geavanceerde laboratoriumtechnieken. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van vloeistofchromatografie gekoppeld aan massaspectrometrie (LC-MS/MS), een analysemethode die bekend staat om zijn hoge gevoeligheid en precisie bij het detecteren van PFAS in complexe matrices zoals biotisch materiaal.

Voorbehandeling: wel/niet drogen

Er bestaan twee benaderingen met betrekking tot de staat van het plantenmonster vóór analyse:

1. Sommige laboratoria kiezen ervoor om de planten eerst te drogen, waarna het droge materiaal wordt vermalen en geanalyseerd.
2. Andere laboratoria analyseren het natte monster, zoals verzameld in het veld.

Beide methoden hebben voor- en nadelen. Het drogen van planten voor analyse heeft als voordeel dat resultaten kunnen worden uitgedrukt per gram drooggewicht, wat nauwkeuriger vergelijkbaar is met normwaarden uit toxicologisch of ecologisch onderzoek. Ook ligt het gehekelde materiaal na het hekkelen altijd een periode op de waterkant, waar het uitlekt en uitdroogt, voordat het materiaal verder wordt verwerkt. Het nadeel van het vooraf drogen van het plantenmateriaal is dat vluchtige of minder stabiele PFAS-componenten mogelijk verloren gaan tijdens het droogproces. Analyse op nat materiaal voorkomt dit risico, maar introduceert grotere variatie door het wisselende vochtgehalte van planten.

Voor dit protocol wordt gekozen om de analyses uit te voeren op nat, ongelijkmatig uitgelekt materiaal, zoals het is verzameld in het veld. Deze keuze sluit het best aan bij de praktijk van hekkelen, omdat op deze manier het materiaal onderzocht wordt op de manier waarop het ook is vrijgekomen. Ook minimaliseert dit de kans op verlies van vluchtige PFAS-componenten. Tegelijkertijd geeft het bemonsteren van nat materiaal een reëler beeld van wat in het veld feitelijk wordt opgevangen op de waterkant.

Voorbehandeling: malen en homogeniseren

Het is essentieel dat de monsters vóór analyse in het laboratorium worden gemalen en gehomogeniseerd. Dit houdt in dat alle plantendelen, wortels en eventueel aanhangend water en slib of grond samen worden vermalen tot één homogeen monster. Zo ontstaat een representatief totaalbeeld van de PFAS-concentraties in de volledige hekkelspecie, zoals die vrijkomt bij het daadwerkelijke slootonderhoud. Bovendien komt de verhouding tussen plantenmateriaal en slib hiermee overeen met de praktijk.

Te analyseren verbindingen

Veel commerciële laboratoria hanteren momenteel (d.d. halverwege 2025) een standaard PFAS-analysepakket, gericht op toepassingen in bodem, grondwater of bluswater. Deze pakketten zijn vaak beperkt tot een selectie van 24⁴ tot 30⁵ meer veelvoorkomende PFAS-verbindingen zoals PFOS, PFOA, GenX en de stoffen die op de PFAS-advieslijst⁵ staan. Er zijn ook andere pakketten beschikbaar met bijvoorbeeld uitsluitend PFOS en PFOA. Voor onderzoek naar plantmateriaal is het in ieder geval belangrijk dat het analysepakket de korteketenvormen bevat, zoals Perfluorbutaan-*z*uur (PFBA), Perfluorpen-*ta*an-*z*uur (PFPeA), Perfluorhexaan-*z*uur (PFHxA) en Perfluorbutaan-*s*ulfon-*z*uur (PFBS). Deze verbindingen zijn mobieler en gemakkelijker opneembaar door de wortels, waardoor ze relatief hoge concentraties kunnen bereiken in water- en oeverplanten.

⁴Concawe PFAS EQS reflections article publication.pdf

⁵PFAS advieslijst 2019: https://iplo.nl/publish/pages/224246/1907012-pfas_-_advieslijst_tbv_tijdelijk_handelingskader_v4.pdf



Deze verbindingen maken deel uit van de eerder genoemde PFAS-advieslijst. Het is daarom meestal niet nodig om het laboratorium expliciet te vragen om een uitgebreid PFAS-pakket dat deze korteketenvormen bevat te gebruiken. Tegelijkertijd moet worden opgemerkt dat de selectie van veelvoorkomende PFAS-verbindingen die geanalyseerd worden niet goed gedocumenteerd is en geen duidelijke prioriteringsmethode volgt⁴. Hierdoor is deze lijst onderhevig aan wijzigingen, die sneller of langzamer kunnen optreden naarmate het onderzoek op het gebied van PFAS vordert en nieuwe informatie beschikbaar komt. Het is daarom goede praktijk om van tevoren te controleren of het geselecteerde pakket daadwerkelijk de relevante korteketenvormen bevat.

Indien gewenst kan naast de standaard PFAS-analyse ook een totaalfluor-analyse (EOF, extractable organofluor) worden uitgevoerd. Een EOF-analyse kan waardevol zijn omdat hiermee ook onbekende of niet-specifiek gemeten organofluorverbindingen die niet individueel worden geanalyseerd bij een reguliere PFAS-bepaling worden gedetecteerd. Hierdoor ontstaat een completer beeld van de totale belasting met fluorhoudende stoffen. In het kader van recente EU-ontwikkelingen wordt Trifluorazijnzuur (TFA), een afbraakproduct van bepaalde PFAS, ook toegevoegd aan de prioritaire lijst van PFAS in oppervlaktewater⁶. Ervaring met EOF-analyses en de opname van TFA is echter nog wisselend, waardoor de interpretatie van resultaten soms lastig kan zijn. Het uitvoeren van een EOF-analyse kan nuttig zijn, maar de praktische toepassing en resultaten moeten zorgvuldig worden geïnterpreteerd.

[⁶Water pollution: Council and Parliament reach provisional deal to update priority substances in surface and ground waters- Consilium](#)

Meer weten?

Ivar Lanting

Senior adviseur Milieu & Energie

+31 6 11602639

Ivar.Lanting@Anteagroup.nl

www.anteagroup.nl