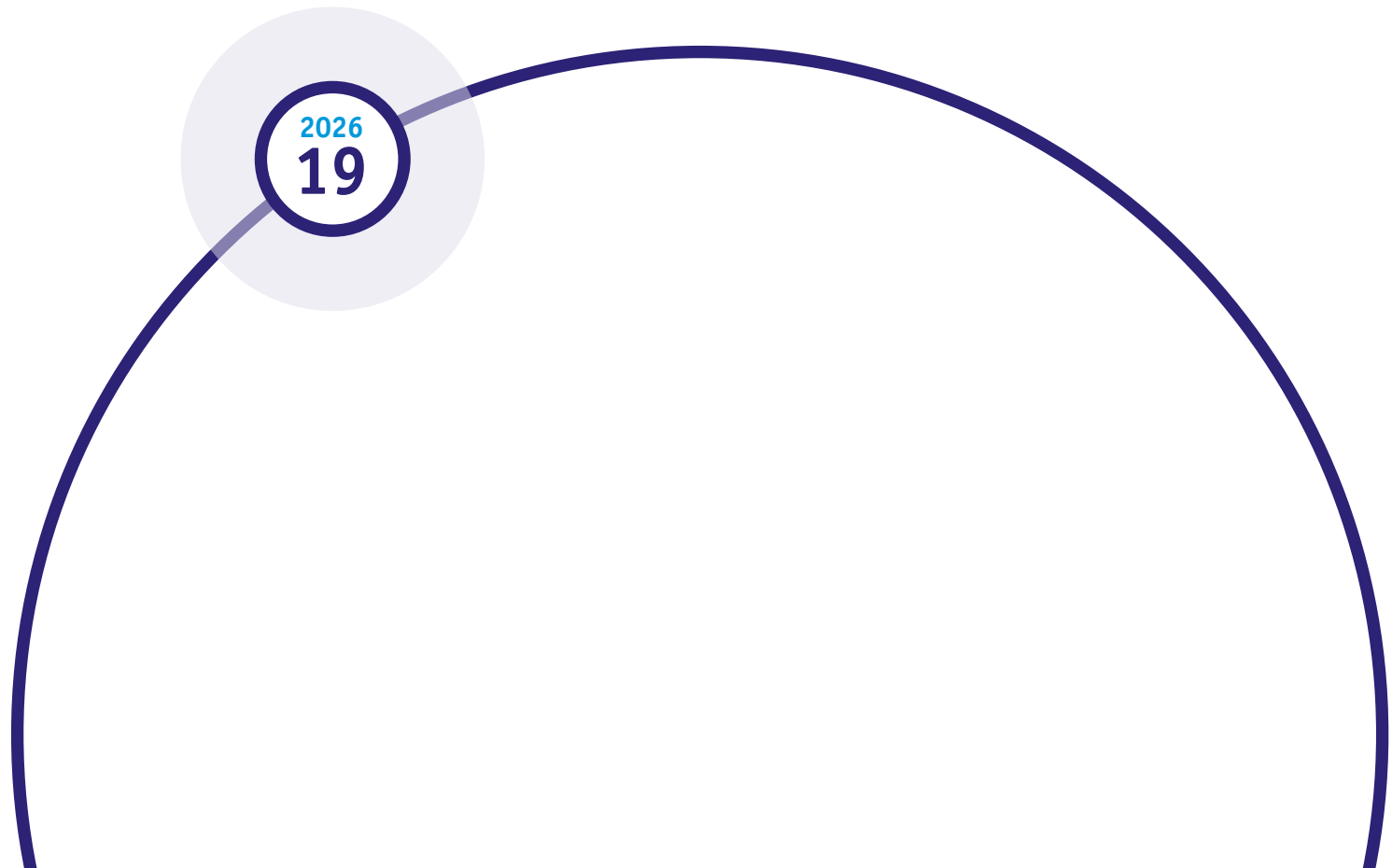


EBE0 Living Labs: Van monitoring naar ecologische diagnose van oppervlaktewater

2026
19



EBE0 Living Labs: Van monitoring naar ecologische diagnose van oppervlaktewater



Amersfoort, Mei 2026

Uitgave	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA Postbus 2180 3800 CD Amersfoort
Auteurs	Gea van der Lee*, Jip de Vries*, Gertie Arts, Ine Beyen, Marijn Gülpen, Maria van Herk, Martin Knotters, Marcel Polling, Jacco van Rijssel, Ralf Verdonschot, Dennis Walvoort, Hessel Woolderink <i>* Gelijke bijdrage</i>
Beeldmateriaal	Jip de Vries, Gea van der Lee en IstockPhoto
Vormgeving	Shapeshifter, Utrecht
STOWA	2026-19
ISBN	978.94.6479.138.9
Referaat	Van der Lee, G., de Vries, J., Arts, G., Beyen, I., Gülpen, M., van Herk, M., Knotters, M., Polling, M., van Rijssel, J., Verdonschot, R., Walvoort, D., Woolderink, H. (2025). EBEO Living Labs: Van monitoring naar ecologische diagnose van oppervlaktewater.
Trefwoorden	Knelpunten, stressoren, indicatoren, KRW, diagnose, beoordelingssysteem, ecologische kwaliteit

Dit rapport beschrijft de resultaten uit het EBEO project. Dit project had als doel om aan de hand van vier Living Labs een methodiek te ontwikkelen waarmee op basis van de aanwezige organismen een diagnose kan worden gesteld van mogelijke knelpunten in het functioneren van de Nederlandse wateren. In samenwerking met deze Living Labs is de monitoringscyclus doorlopen in een aantal workshops, waarvan de resultaten worden beschreven. Daarbij was er aandacht voor het definiëren van monitoringsbehoeften, een methodiek voor het kiezen van monsterlocaties en meetfrequenties, de wijze van bemonsteren, analyseren en opslaan van monitoringsdata. Parallel hieraan is het prototype van het diagnostische instrument EBEO ontwikkeld op basis van wensen van de waterbeheerders en andere gebruikers. De huidige werking van dit instrument is hier beschreven met een toepassing op data uit de verschillende Living Labs.

Dankwoord

Dank aan de Living Lab-houders Marjoke Muller en Laura Hesp (RWS), Simone van Dam en Sandra Roodzand (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Barend van Maanen (Waterschap Limburg), en Brechje Rijkens (Waterschap Drents Overijsselse Delta), aan Bas van der Wal, Tessa van der Wijngaart, Freek van Gent en Pui Mee Chan (STOWA), alsmede aan alle andere deelnemers aan de workshops voor hun waardevolle bijdrage. Zonder hun input was dit project niet mogelijk geweest.

Disclaimer

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

➤ ECOLOGISCH BEGRIP OPPERVLAKTEWATER VAN DATA NAAR DIAGNOSE

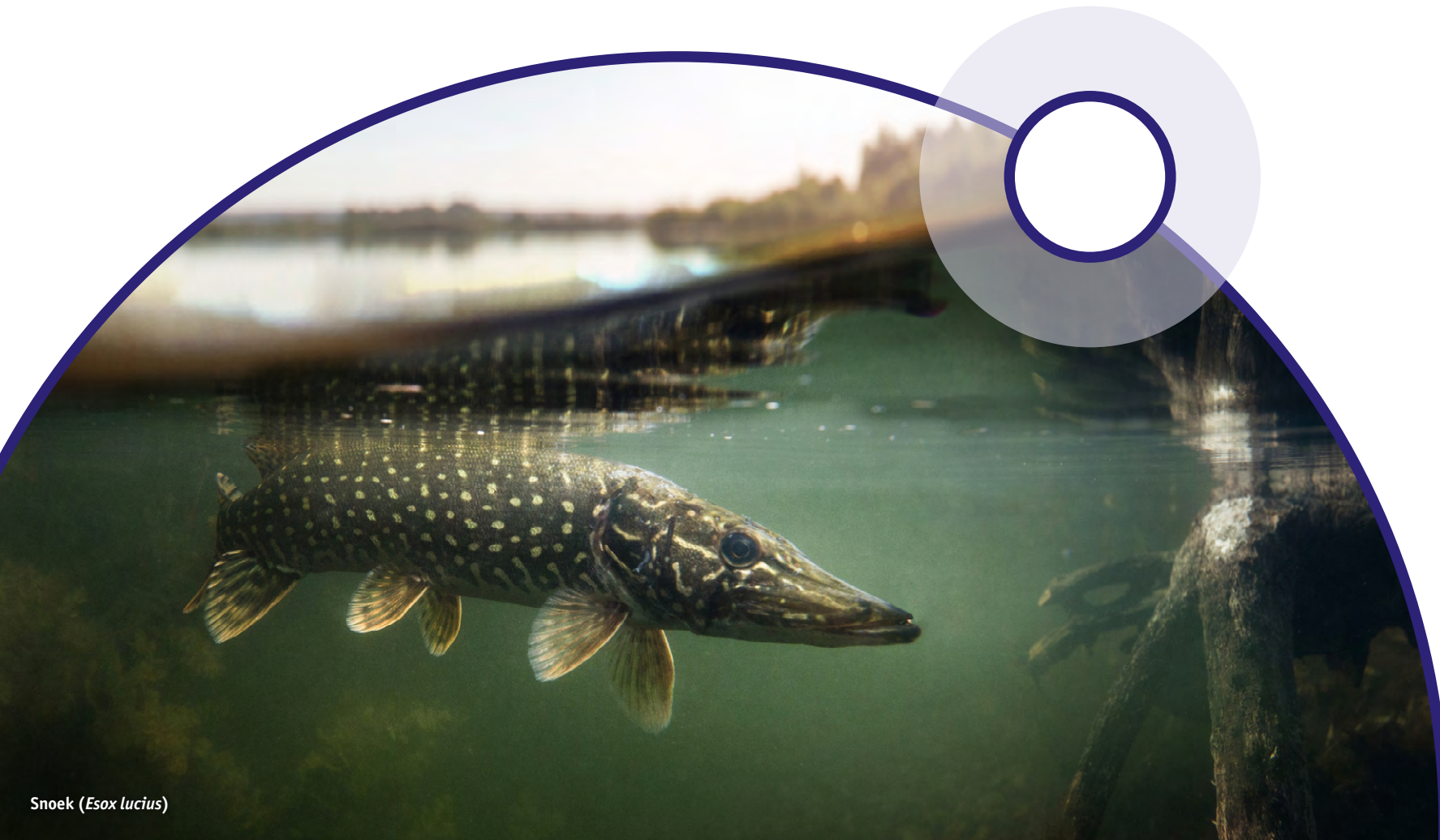


In dit project werkt STOWA met verschillende partners aan een methode waarmee de waterbeheerders de ecologische toestand van wateren beter kunnen verklaren, in een ook voor niet-ingewijden begrijpelijke vorm. Dat gebeurt door actuele kennis over de eisen die de aangetroffen water- en watergebonden organismen aan hun omgeving stellen, beter te benutten. De methode wordt samen met medewerkers van waterbeheerders gebiedsgericht uitgewerkt in zogenoemde levende laboratoria, met uiteenlopende watertypen. Met name om het draagvlak voor en de praktische bruikbaarheid van de nieuwe methode te waarborgen.

De nieuwe methode geeft samen met de ecologische sleutelfactoren (www.ecologischessleutelfactoren.nl) - die inzicht geven in de niet-levende omstandigheden waaronder de aquatische levensgemeenschap verkeert - een zo goed mogelijk antwoord op de vraag waarom de ecologische toestand is zoals die is (diagnose). Daarmee krijgen waterbeheerders meer en betere handvatten voor het afleiden van de juiste waterkwaliteitsdoelen en het nemen van de juiste, kosteneffectieve maatregelen om de toestand te verbeteren en waterkwaliteitsdoelen te halen.

Meer informatie over dit project is te vinden op www.stowa.nl/ebeo.

➔ TEN GELEIDE



Snoek (*Esox lucius*)

VAN METEN NAAR BEGRIJPEN: MONITORING ALS SLEUTEL VOOR GERICHTE WATERKWALITEITSMATREGELEN

Dit rapport laat zien hoe monitoring niet alleen inzicht geeft in de ecologische toestand van watersystemen, maar ook kan worden ingezet om de oorzaken van knelpunten te diagnosticeren. Door ervaringen uit Living Labs te benutten, biedt het rapport handvatten om monitoring beter af te stemmen op de informatiebehoefte van waterbeheerders en om gerichte maatregelen te onderbouwen. Daarmee draagt het bij aan effectiever waterbeheer en een betere ecologische waterkwaliteit.

Waterbeheerders beschikken in Nederland over uitgebreide meetnetten en verzamelen al decennialang gegevens over de ecologische toestand van oppervlaktewateren. Deze monitoring vormt de basis voor de beoordeling van de waterkwaliteit in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW). De huidige beoordelingssystematiek biedt echter vooral inzicht in de toestand van een watersysteem en in mindere mate in de achterliggende oorzaken van een ontoereikende ecologische kwaliteit. Voor effectief waterbeheer is juist dat inzicht essentieel: alleen wanneer duidelijk is welke knelpunten het functioneren van een watersysteem beperken, kunnen gerichte en effectieve maatregelen worden genomen.

Binnen het programma EBEO wordt daarom gewerkt aan een beoordelingssystematiek die niet alleen de ecologische toestand beschrijft, maar ook ondersteunt bij het stellen van een diagnose van ecologische knelpunten. Daarbij staan soorten en levensgemeenschappen centraal, omdat zij informatie bevatten over milieuomstandigheden en habitatkwaliteit over een langere periode. Door deze informatie te koppelen aan milieu- en habitatpreferenties van soorten ontstaat inzicht in mogelijke stressoren, zoals nutriëntenbelasting, hydromorfologische omstandigheden of organische belasting. Dit biedt een basis voor het formuleren van maatregelen die aansluiten bij de specifieke problematiek van een watersysteem.

Om deze werkwijze te ontwikkelen en te toetsen, is binnen EBEO gewerkt met zogenoemde Living Labs. In deze Living Labs, die verschillende watertypen in Nederland vertegenwoordigen, werken onderzoekers en toekomstige gebruikers, waaronder waterbeheerders, provincies en adviesbureaus, samen aan de ontwikkeling en toepassing van een diagnostisch instrument. Deze samenwerking richt zich niet alleen op het instrument zelf, maar ook op de vraag hoe monitoring zo kan worden ingericht dat deze optimaal aansluit bij de informatiebehoefte voor diagnose en beheer.

De ervaringen uit de Living Labs onderstrepen het belang van een goede afstemming tussen monitoring en informatiebehoefte. Monitoring is geen doel op zich, maar een middel om inzicht te verkrijgen in het functioneren van watersystemen en om handelingsperspectief te bieden voor beheer en beleid. Deze rapportage laat zien hoe de monitoringscyclus binnen EBEO in de praktijk vorm krijgt en welke inzichten dit oplevert. Daarmee vormt het rapport een belangrijke stap in de verdere ontwikkeling van een diagnostische beoordelingssystematiek die waterbeheerders ondersteunt bij het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit.

Mark van der Werf
Directeur STOWA

INHOUD

Ten Geleide	5
<hr/>	
HOOFDSTUK 1 Inleiding	8
HOOFDSTUK 2 Monitoringscyclus	11
HOOFDSTUK 3 Ontwikkeling prototype diagnostisch instrument	17
HOOFDSTUK 4 Inzetten diagnostisch instrument: uitkomsten Living Labs	24
HOOFDSTUK 5 Referenties	30
HOOFDSTUK 6 Bijlages	34
<hr/>	
STOWA in het kort	82

➔ HOOFDSTUK 1 INLEIDING

1

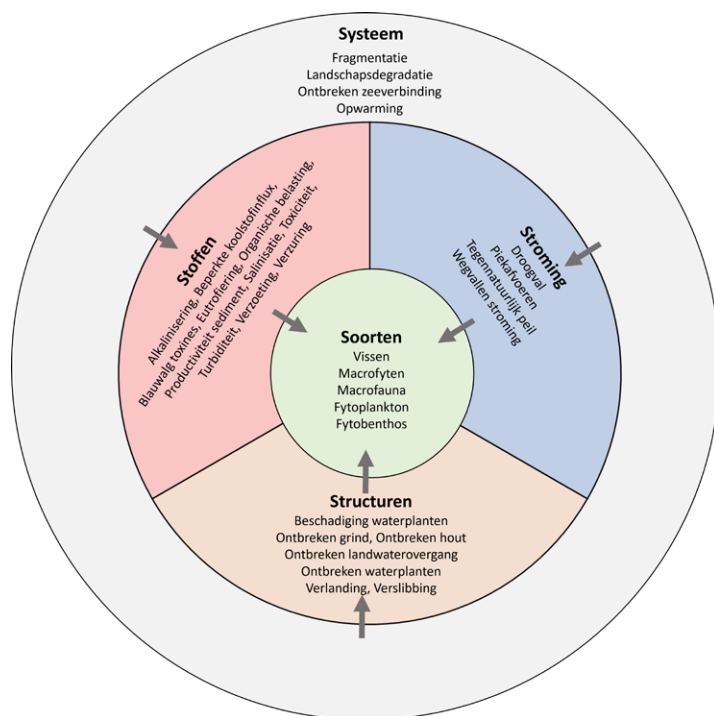


1.1 AANLEIDING

De Nederlandse waterbeheerders voeren uitgebreide ecologische monitoring uit, waaronder het inventariseren van algen (fytoplankton en fyto benthos), waterplanten (macrofyten), macrofauna en visgemeenschappen. Op basis van deze soortenlijsten kan met de maatlatten van de Kaderrichtlijn Water (KRW) de ecologische toestand van een waterlichaam worden vastgesteld.

FIGUUR 1.1.

In EBEO staan de soorten in de levensgemeenschap centraal, deze geven namelijk informatie over de knelpunten in het systeem, de stoffen, stroming en structuren in het waterlichaam.



Daarbij bepaalt het voorkomen van positieve en negatieve indicatorsoorten de ecologische waterkwaliteit in klassen variërend van 'slecht' tot '(zeer) goed' (zie Handboek Hydrobiologie, Bijkerk *et al.* 2014). Deze beoordeling geeft echter geen inzicht in de knelpunten of achterliggende factoren die verantwoordelijk zijn voor een ontoereikende toestand. Zo'n diagnose kan wél worden gesteld door te kijken naar de milieu- en habitatpreferenties van afzonderlijke soorten (ILOW 2025).

De aanwezigheid of afwezigheid van specifieke indicatorsoorten geeft namelijk waardevolle informatie over de milieuomstandigheden op de meetlocatie (Figuur 1.1), waarbij het bovendien gaat om een integratie van omstandigheden over een langere periode. Op basis van de knelpunten kunnen vervolgens ruimtedekkende maatregelen worden geformuleerd om de toestand van het waterlichaam te verbeteren (Van der Lee *et al.* 2021).

1.2 AANPAK PROJECT

In opdracht van STOWA is het project 'Ecologisch Begrip Oppervlaktewater EBEO' opgezet. Het doel van dit project was om aan de hand van drie Levende Laboratoria een methodiek te ontwikkelen waarmee op basis van de soorten een diagnose kan worden gesteld van mogelijke knelpunten in het functioneren van de Nederlandse wateren.

De Living Labs zijn ingericht door STOWA om zo veel mogelijk recht te doen aan de verschillende watertypen die we in Nederland hebben. Deze bieden een manier om in nauwe samenwerking met toekomstige gebruikers een passend instrument te ontwikkelen en de toepassing ervan te testen. Het betreft de volgende Living Labs (Figuur 1.2):

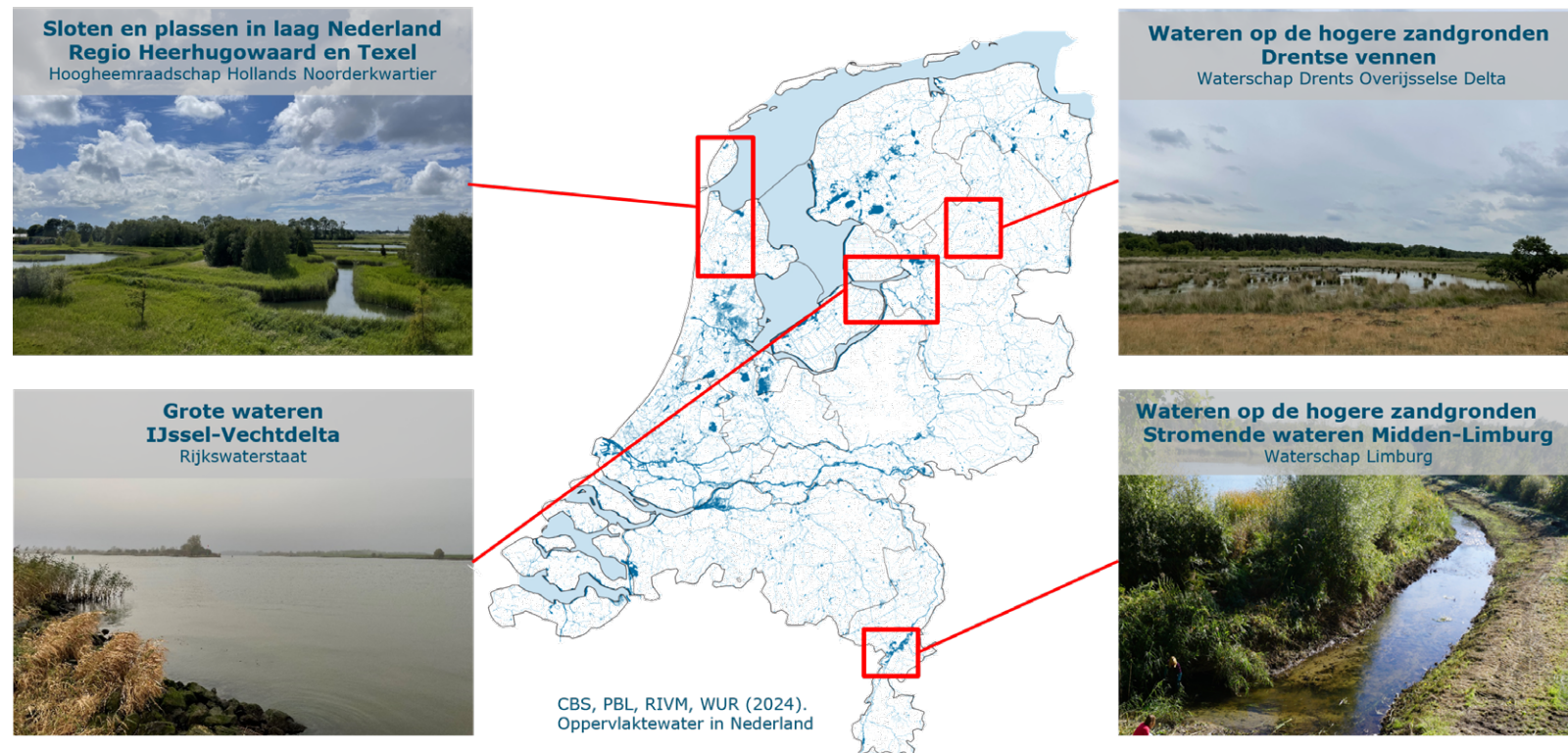
- **Grote wateren in de IJssel-Vechtdelta**, i.s.m. Rijkswaterstaat;
- **Sloten en plassen in polders van laag Nederland**, regio Heerhugowaard en Texel, i.s.m. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier;
- Wateren op de hogere zandgronden, met twee subtypen:
 - a) **Stromende wateren in Midden-Limburg**, i.s.m. Waterschap Limburg
 - b) **Drentse vennen**, i.s.m. Waterschap Drents Overijsselse Delta.

In samenwerking met de Living Labs is de monitoringscyclus doorlopen (Figuur 2.1). Voor elke stap in de monitoringscyclus is een workshop georganiseerd om te zorgen dat er zoveel mogelijk aansluiting is met de praktijk. Deelnemers zijn uitgenodigd vanuit het waterbeheer, terreinbeheer, provincies, waterlaboratoria, adviesbureaus en kennisinstellingen vanwege hun expertise op de verschillende onderwerpen. Parallel aan het doorlopen van de monitoringscyclus is het diagnostisch instrument ontwikkeld. Deze is tijdens werksessies getest met behulp van monitoringsdata afkomstig uit de Living Labs.

1.3 LEESWIJZER

Dit rapport beschrijft de resultaten uit het EBEO project. Hoofdstuk 2 bevat een samenvatting van de workshops rond het doorlopen van de monitoringscyclus. In Hoofdstuk 3 komt vervolgens de ontwikkeling van het prototype van het diagnostisch instrument aan bod. Hoofdstuk 4 bespreekt tot slot de resultaten van de toepassing van het instrument op data uit de verschillende Living Labs.

FIGUUR 1.2 Overzicht van de Living Labs in het EBEO project.



➔ HOOFDSTUK 2 MONITORINGSCYCLUS

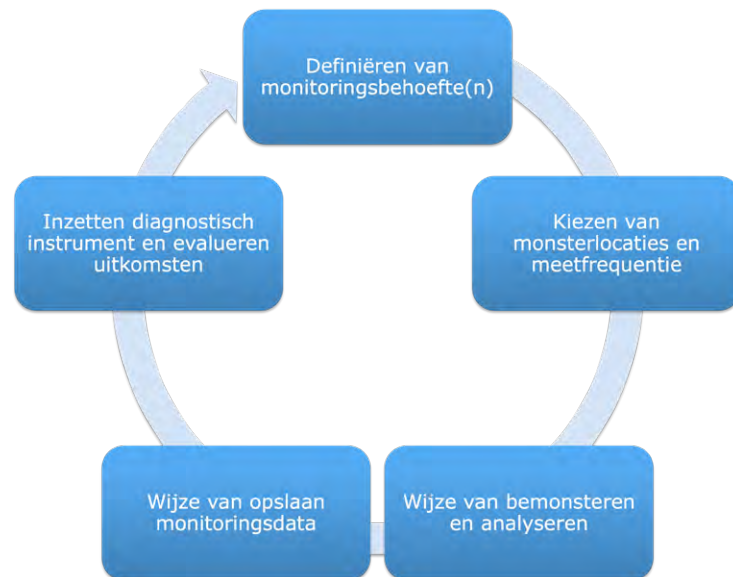
2



In samenwerking met de Living Labs zijn de verschillende stappen in de monitoringscyclus behandeld (Figuur 2.1), waaronder: 1. Het definiëren van de monitoringsbehoefte(n) en onderzoeksvragen, 2. Het kiezen van monsterlocaties en meetfrequentie, 3. De wijze van bemonsteren en analyseren, 4. De wijze van opslaan van monitoringsdata, 5) Het inzetten van het diagnostisch instrument en het evalueren van de uitkomsten. In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de uitkomsten van de eerste vier stappen. De resultaten van de laatste stap worden in hoofdstuk 5 gepresenteerd.

FIGUUR 2.1

De monitoringscyclus, overzicht van de fases binnen het EBEO Living Labs project.



2.1 DEFINIËREN VAN MONITORINGSBEHOEFTEN

Gedurende de eerste workshop is ingegaan op de monitoringsbehoefte aan de hand van drie vragen: 1. Wat monitor je nu en waar gebruik je het voor? 2. Wat mis je nu aan gegevens en/of kennis en waarom wil je dat weten? 3. Wat houdt je momenteel tegen (barrières), waar zie je kansen om dit te realiseren en wat en wie heb je daarbij nodig? Er is gekeken naar de monitoringsbehoefte van de water- en terreinbeheerders, provincies en adviesbureaus. De besproken onderwerpen die bij meerdere Living Labs aan bod kwamen, zijn hieronder samengevat. Voor een uitgebreide beschrijving van de monitoringsbehoeften per Living Lab wordt verwezen naar het verslag van workshop 1 (Van der Lee *et al.* 2024a).

Huidige monitoring

De monitoring van de waterbeheerders is vooral gericht op de biologische kwaliteitselementen (macrofauna, fytoplankton, fytopbenthos, macrofyten en vis), de waterchemie, en in beperkte mate de hydromorfologie (afvoer, debiet, morfologie, Gewässerstrukturgütekartierung). Overige monitoring omvat metingen van onder andere zoöplankton, sieraalgen, vogels, beschermde soorten, gewasbeschermingsmiddelen, microverontreinigingen, en de waterbodem. De terreinbeheerders voeren SNL-monitoring uit (Subsidiestelsel Natuur en Landschap) (vegetatiekarteringen, flora (soortgericht), telroutes voor insectengroepen, (broed)vogels) en meten grondwaterstanden en peilen in natuurgebieden. De provincies meten regionaal de grondwaterstanden en bepalen in natuurgebieden de grondwaterkwaliteit.

Daarnaast voeren zij karteringen uit van vegetatie en specifieke soorten. De adviesbureaus zetten projectmatig nieuwe technieken in, zoals eDNA. Uit de discussies kwam naar voren dat een deel van de monitoringsinspanning overlappend is, omdat de procedures tussen de organisaties niet op elkaar afgestemd zijn. Er kwam een behoefte naar voren om de monitoringsinspanningen meer op elkaar af te stemmen.

De monitoringsgegevens worden gebruikt: om de biologische toestand te beoordelen (o.a. EKR-scores (Ecologische KwaliteitsRatio), SNL-scores, toetsen habitat- en natuurdoeltypen), om verandering in de tijd te bepalen, om knelpunten te diagnosticeren, om effecten van maatregelen vast te stellen, als input voor watersysteemanalyses, als input voor beleid en vergunningverlening, voor het bijsturen van beheer en onderhoud, om ad hoc vragen te beantwoorden. Ook worden de gegevens verstrekt voor wetenschappelijk onderzoek.

Ontbrekende gegevens en kennis

Een aantal aspecten wordt in meerdere Living Labs gemist:

- De mogelijkheid om een goede diagnose te stellen en de belangrijkste knelpunten in een waterlichaam te identificeren.
- Een centrale plek met openbare ontsluiting van data en protocollen, zodat de data beter beschikbaar worden gesteld tussen de organisaties.
- Een efficiënte wijze om 'overige wateren' (sloten, poelen, vennen, moerassen) te monitoren.
- Inzicht in de interactie tussen land en water, abiotiek en biotiek, en verschillende trofische niveaus.
- Inzicht in de rol van hydro-morfologie, klimaatverandering, slib, waterbodems, grondwater, toxiciteit en exoten op de ecologie.

Barrières en kansen om dit te realiseren

Naast een gebrek aan tijd, geld en capaciteit voor het bemonsteren van meer meetpunten en het uitvoeren van onderzoek wordt een gebrek aan kennis genoemd om data te integreren. Mogelijk kunnen meer middelen worden vrijgemaakt door verplichte monitoringsprocedures voor verschillende doeleinden beter op elkaar af te stemmen, deze data centraal beschikbaar te stellen op een platform en meer inzicht te krijgen in elkaars maatregelen (bijv. tussen N2000 en KRW-opgave).

Verbeterde samenwerking tussen de verschillende organisaties (waterschappen, Rijkswaterstaat, provincies en terreinbeheerders) en verschillende disciplines met

eventueel een centrale coördinatie is hiervoor essentieel. Ook wordt het inzetten van nieuwe meettechnieken als kans gezien, net als een integraal diagnostisch beoordelingskader.

2.2 METHODIEK VOOR HET KIEZEN VAN MONSTERLOCATIES EN MEETFREQUENTIES

In de tweede workshop is de methodiek voor het kiezen van monsterlocaties en meetfrequenties besproken (Van der Lee *et al.* 2024b). Een hulpmiddel bij het ontwerpen van nieuwe monitoringnetwerken en bij het evalueren van bestaande monitoringnetwerken is een checklist bestaande uit 14 onderdelen (Gruijter *et al.* 2006; uitgebreide uitleg is opgenomen in Bijlage A):

1. Analyse en specificatie van het doel: Waarvan en wat wil ik weten?
2. Kwaliteitsmaat: hoe betrouwbaar moet het resultaat zijn?
3. Randvoorwaarden: welke middelen zijn (niet) beschikbaar?
4. Voorinformatie: wat weet ik al?
5. Sample support: hoeveel wil ik bemonsteren?
6. Analysemethode: wat is de methode van voorbewerking van de data?
7. Samengestelde monsters: worden mengmonsters samengesteld?
8. Keuze tussen *modelgebaseerd* en *ontwerpgebaseerd* het resultaat afleiden.
9. Bij *ontwerpgebaseerde* benadering: Welk type kanssteekproef?
10. Bij *modelgebaseerde* benadering: Hoe monsterpatroon optimaliseren?
11. Uiteindelijke steekproef: Waar ga je waarnemen (kaart)? Welke tijden ga je waarnemen (tabel)?
12. Veldwerkprotocol: Wat zijn regels voor uitwijken naar andere locaties/tijdstippen?
13. Beschrijving van de methode van dataverwerking.
14. Kostenbegroting en voorspelling van de kwaliteit van de resultaten: bij onzekerheid hierover eerst een pilot uitvoeren.

Uit de workshop kwam naar voren dat de bemonsteringslocaties op dit moment veelal worden gekozen op basis van: bereikbaarheid, representativiteit van de locatie, voortzetten van wat al bestaat, budget en ecologisch waardevolle locaties. Opvallend was dat het kiezen van bemonsteringslocaties op basis

van loting slechts éénmaal werd aangegeven. De tijdstippen van bemonsteren worden meestal gekozen op basis van: een protocol, bemonstering met een vaste frequentie, bemonstering afhankelijk van het doel en op basis van een budget. Het is echter aan te bevelen de term ‘representatief’ niet te gebruiken, en in plaats daarvan de opzet en het doel van de steekproef gedetailleerd te beschrijven (Knotters *et al.* 2009). De steekproef kan zowel een kanssteekproef zijn als een gerichte steekproef, afhankelijk van het doel (Thompson 2002). Beide worden toegelicht in box 2.1 (zie volgende bladzijde)(uitgebreide toelichting in Bijlage B).

2.3 WIJZE VAN BEMONSTEREN EN ANALYSEREN

In de derde workshop stond de wijze van bemonsteren en analyseren centraal (Van der Lee *et al.* 2025). Het handboek Hydrobiologie (Bijkerk *et al.* 2014) is hierbij als uitgangspunt genomen, waar voor een aantal aspecten verfijning gewenst is.

Discussiepunten en aanpassingen op het handboek hydrobiologie

De methodiek in het Handboek Hydrobiologie volstaat over het algemeen voor de toestandbepaling van vissen, macrofauna, macrofyten, fytoplanton en fyto benthos. Ook geeft het uitgebreid aan hoe zoöplankton kan worden bemonsterd en geanalyseerd. In de workshop zijn per organismegroep discussiepunten en mogelijke aanpassingen op het Handboek Hydrobiologie besproken.

Onderwerpen die daarbij aan bod kwamen, waren onder meer: de keuze van de monsterlocaties en het moment van bemonsteren, het bemonsteren zelf, het inschatten van de vegetatie, het uitzoeken en determineren van de soorten, de toepassing van alternatieve methoden (zie Bijlage C voor uitgebreid overzicht per organismegroep). Een overkoepelende aanbeveling was dat methodologische keuzes consequenter moeten worden vastgelegd als meta-data in de databases. Verder is de TWN-lijst nu niet up-to-date en dient deze regelmatig(er) te worden geactualiseerd met de nieuwste taxonomische inzichten.

Inzetten van DNA-technieken in het waterbeheer

Om tot een diagnose te komen zijn goedkope en snelle alternatieve methoden gewenst, zoals het inzetten van DNA-technieken. Per soortgroep is de potentie van DNA-analyse van bulkmonsters (bulk-DNA) en van environmental DNA (eDNA) in het waterbeheer omschreven (zie Bijlage D voor volledig overzicht). eDNA detecteert uitsluitend sporen van organismen en is daardoor non-invasief, terwijl bulk-DNA vereist dat de organismen zelf worden gevangen. Samenvattend blijkt er op dit moment voldoende potentie te zijn om DNA-methoden in te zetten voor de monitoring van macrofauna (bemonstering en uitzoeken volgens conventionele methode, gevolgd door DNA-metabarcoding) en vissen (watermonster, gevolgd door eDNA-metabarcoding). Voorlopig is het echter niet mogelijk om met DNA-metabarcoding informatie te verkrijgen over de populatieopbouw en visuele kenmerken, en het is slechts beperkt of minder nauwkeurig mogelijk om een schatting te krijgen van de abundantie. Voor macrofyten is het gebruik van water eDNA tot dit moment beperkt tot het opsporen van invasieve exoten op stroomgebiedsschaal. Hoewel DNA-methoden voor diatomeeën en fytoplankton veelbelovend zijn, verdient monitoring met conventionele methoden voorlopig de voorkeur, doordat onder andere de referentiedatabases nog onvolledig zijn.

Opname van ecologische relevante hydromorfologische kenmerken

De ecologische beoordeling in de KRW bestaat primair uit biologische kwaliteitselementen, met een beperkt aantal hydromorfologische elementen als ondersteunende factoren. Voor de regionale wateren is een longlist van parameters opgesteld om de ecologisch relevante hydromorfologische elementen in het veld uitgebreider te noteren voor diagnose. Deze kan verder worden ontwikkeld om aan te sluiten bij de Aquo-standaard en toekomstige gebruikers, en worden toegespitst op specifieke monitoringsvragen. In bijlage E is een omschrijving gegeven van de relevante morfologische parameters, hun belang en literatuurverwijzingen naar relevante maatlatten en handboeken waarin uitvoerig wordt beschreven hoe deze parameters bepaald kunnen worden.

BOX 2.1 STEEKPROEVEN IN RUIMTE

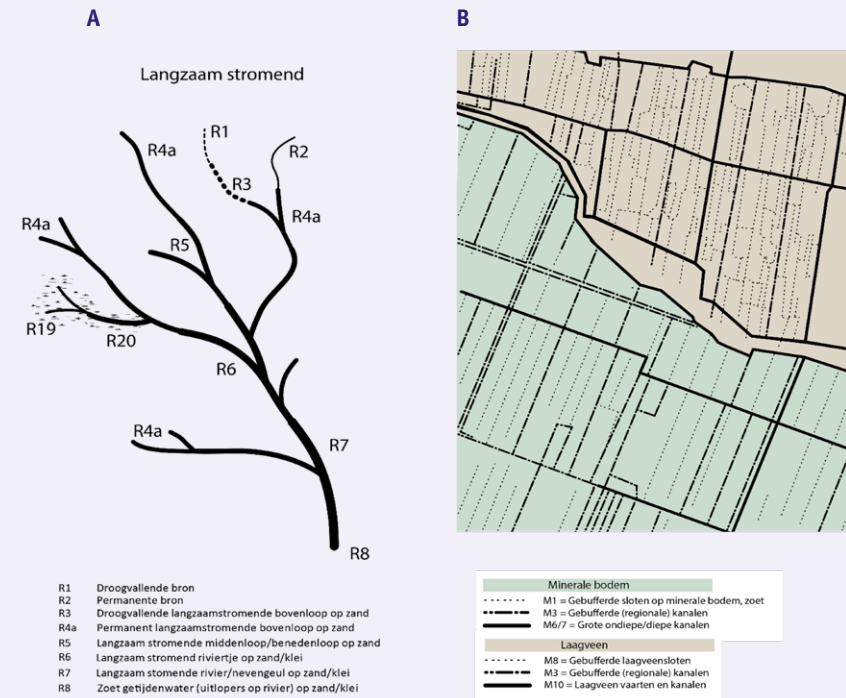
Bij aselechte steekproeven worden de meetlocaties geloot. Dat wil niet zeggen dat er zomaar wat locaties worden geprikt. In tegendeel. In de praktijk wordt vrijwel altijd gebruik gemaakt van expertkennis en bestaande gegevens. Dat kan bijvoorbeeld worden gedaan door het studiegebied op te delen in relatief homogeen veronderstelde ruimtelijke eenheden (strata; Figuur 2.2). Het voordeel van het nemen van aselechte streekproeven is dat ze objectief zijn, wat van belang is in juridische context. Daarnaast kan de nauwkeurigheid van de resultaten worden gekwantificeerd voor zowel het studiegebied als geheel als voor afzonderlijke deelgebieden.

Bij gerichte steekproeven worden locaties geselecteerd op basis van specifieke kenmerken van het waterlichaam. De keuze kan bijvoorbeeld zijn gebaseerd op expertkennis, (ruimtelijke) modellen, omgevingsinformatie of bestaande gegevens. De resultaten kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om meer inzicht te krijgen in bepaalde deelgebieden en om knelpunten te lokaliseren en te analyseren.

Als men uitspraken wil doen over deelstroomgebieden, zoals de gemiddelde soortenrijkdom, de fractie van een gebied met een ecologische kwaliteitsratio (EKR) groter dan 0.8 of de toename van de abundantie van een gidssoort, heeft men een ruimtelijk model nodig. Een dergelijk model maakt het ook mogelijk om de betrouwbaarheid van de resultaten te maximaleren en te kwantificeren. Voordelen van gerichte steekproeven zijn de flexibiliteit, de eenvoud waarop bestaande gegevens kunnen worden verwerkt, en dat de betrouwbaarheid van de resultaten kan worden gemaximaliseerd en gekwantificeerd. Een potentieel nadeel is de benodigde steekproefomvang, die doorgaans groter is dan die van aselechte steekproeven.

FIGUUR 2.2

Voor het bepalen van steekproeven kan het studiegebied worden opgedeeld in relatief homogeen veronderstelde ruimtelijke eenheden, de zogenaamde strata. Een gebied kan homogeen zijn naar factoren als grondsoort, ontstaansgeschiedenis, bodemgebruik, belastingen, watertype. Voorbeeld van hydromorfologische gegevens die als strata kunnen dienen om steekproeflocaties te selecteren met A) stroomgebied met langzaamstromende wateren en B) polder met minerale bodem en laagveen.



Link tussen ecologische diagnose en toxiciteit

Op dit moment wordt de toxicologische beoordeling (chemische toestand) formeel gescheiden van de ecologische beoordeling bepaald. Toxiciteit is echter een belangrijke Ecologische Sleutelfactor die de ecologie beïnvloedt. Het is aan te bevelen bij diagnostische monitoring om verdiepend onderzoek te doen via de Sleutelfactor Toxiciteit (SFTox) wanneer toxiciteit een mogelijk knelpunt is. Daar krijgen waterkwaliteitsbeheerders via een integrale benadering een beeld van de druk van alle (mengsels van) stoffen, en van de effecten van die druk op de ecologie. Het biedt bovendien handvatten om maatregelen te nemen die het meest effect hebben. Voor een toelichting van de werkwijze binnen de SFTox wordt verwezen naar Bijlage F.



2.4 WIJZE VAN OPSLAAN VAN MONITORINGSDATA

Tijdens de vierde workshop werd de wijze van opslaan van monitoringsdata geëvalueerd, in het bijzonder van meta-data, aanvullende data voor diagnose en data uit nieuwe technieken. Er zijn ervaringen opgehaald met bottlenecks en oplossingsrichtingen voor een goede data-doorstroom en juist gebruik van de data-standaarden door inzamelaars, verwerkers en gebruikers van data (de Vries *et al.* 2025a).

De volgende aandachtspunten kwamen hierbij naar voren:

- Er is aandacht nodig voor de benodigde voorkennis in het gebruik van ecologische data (bijv. kennis van taxonomische wijzigingen waardoor oude data niet zonder meer vergeleken kunnen worden met nieuw verkregen data).
- Er is aandacht nodig voor het gebruik van de juiste data-standaarden.
- Er is duidelijke communicatie nodig rondom de validatie en het aanpassen van data.
- Opslag van ruwe gegevens in plaats van enkel bewerkte gegevens is belangrijk.
- Meta-data moet zorgvuldig worden vastgelegd.
- Er is behoefte aan het beschikbaar maken van oude data.
- De verwerking van ontbrekende parameters, nieuwe soorten of gewijzigde taxonomische inzichten in naamgeving en andere nieuwe informatie die in databases gestandaardiseerd moet worden vastgelegd, is een complex proces. Er is de wens om het proces transparanter te maken.
- Er is behoefte aan een methode om te voorkomen dat foutieve data in de database terecht komen. Het beperken van mogelijke invoeropties door middel van bijv. pull-down menu's kan daaraan bijdragen. Data-invoer met vrij invulbare velden is echter nog steeds nodig, al geeft dit een grotere kans op foutieve invoer.
- Er is behoefte aan harmonisatie in veldwaarnemingen om verschillen in interpretaties tegen te gaan (bijv. begrenzing oeverzone).

⇒ HOOFDSTUK 3 ONTWIKKELING PROTOTYPE DIAGNOSTISCH INSTRUMENT

3



Eendagsvlieg nimf (*Siphonurus*)

Dit hoofdstuk bespreekt de ontwikkeling van het prototype diagnostisch instrument. Allereerst worden de initiële wensen besproken, gebaseerd op een verkenning van bestaande ecologische instrumenten en de eerste workshop waarin verschillende organisaties hun ideale diagnostisch instrument konden schetsen. Op basis van deze wensen is een prototype instrument ontwikkeld. In dit hoofdstuk komt de huidige werking van het instrument aan bod. Daarnaast worden mogelijke toekomstige verbeteringen en advies over beheer en onderhoud van het instrument gegeven.

3.1 VERKENNING BESTAANDE ECOLOGISCHE INSTRUMENTEN

Voorafgaand van de ontwikkeling van het prototype diagnostisch instrument is een sterkte-zwakte-analyse voor ecologische instrumenten ten behoeve van de ontwikkeling van EBEO gedaan (zie Droog & Wilhelm 2024). Hieruit kwam naar voren welke elementen van belang zijn bij de ontwikkeling van het diagnostisch instrument en er is geëvalueerd hoe deze elementen in de bestaande instrumenten zijn opgenomen. Adviezen uit de rapportage die zijn meegenomen in de ontwikkeling van het huidige instrument zijn: compleetheit van de soortgroepen en diagnostische parameters (bijv. AqMad; Deltares 2019), gebruik van een standaard invoerformat, koppeling aan de ILOW database, output in verschillende tabbladen die meerdere inzichten verschaffen ruimtelijk, in tabelvorm en verschillende aggregatieniveaus (bijv. macrofauna knelpuntenanalyse tool; Van der Lee *et al.* 2023). De adviezen omtrent het beheer van de milieu-habitatpreferentie database (ILOW 2025) en het advies om via de berekeningswijze in Iteratio (Holtland *et al.* 2010) de kwaliteit van de preferentiewaarden te verbeteren, zijn instrument-overstijgend en dienen meegenomen te worden in de update van de milieu- en habitatpreferentiedatabase.

3.2 VERKENNING WENSEN DIAGNOSTISCH INSTRUMENT

Tijdens de eerste workshop is door de deelnemers een schets gemaakt van hun ideale diagnostisch instrument per organisatietype: provincies, adviesbureaus, Rijkswaterstaat, waterschappen en terreinbeheerders (Bijlage G; Van der

Lee *et al.* 2024a). Voor de provincies is het van belang dat databases van alle vakgebieden (o.a. hydrologie, chemie, aquatische en terrestrische ecologie) voor heel Nederland beschikbaar komen in een algemene database, met tabellen met normoverschrijdingen als product. De adviesbureaus wensten een data-gedreven model, dat relaties tussen schaalniveaus beschrijft (teruglopend in complexiteit zijn die: soorten – milieupreferenties – knelpunten – oordeel). Rijkswaterstaat formuleerde als ideaal een dashboard met basisinformatie (kaart, luchtfoto, tijdbalk met events), drukfactoren op basis van een Quickscan van de data, en een duiding met kennisleemten, met als doel bewustzijn te creëren. Door de waterschappen werd een knelpuntenanalyse-tool geschetst, die kan inzoomen op verschillende detailniveaus (kaart, per meetpunt, trend, inzicht in achterliggende indicerende soorten). Terreinbeheerders legden de nadruk op het weergeven van relaties tussen waterlichamen en de omgeving op landschapsschaal, bijv. door inzicht in de ligging van N2000-gebieden rondom KRW-waterlichamen.

Het vertrekpunt bij de ontwikkeling van het diagnostisch instrument EBEO is de schets van de waterbeheerders. Hieraan zijn de verschillende schaalniveaus toegevoegd die door de adviesbureaus zijn ingebracht. In een vervolg kan de ligging van bijv. de Natura 2000-gebieden in de kaarten worden opgenomen (voor nu zijn de bestanden te groot waardoor het instrument langzaam wordt). Wij adviseren om het EBEO-instrument te presenteren via een dashboard, waarin ook links naar aanvullende diagnostische informatie beschikbaar zijn, zoals de Ecologische Sleutelfactoren en events (bijvoorbeeld weersomstandigheden of hydrologische extremen), om aan te sluiten bij de wensen van Rijkswaterstaat. Dit viel echter buiten de scope van dit project, net als de wens van de provincies om een algemene database beschikbaar te stellen.

3.3 WERKING PROTOTYPE INSTRUMENT

Het diagnostisch instrument EBEO zal online vrij beschikbaar worden. De toepassing bestaat uit het doorlopen van een aantal tabbladen, startend bij de invoer en resulterend in het visualiseren van diagnose op verschillende manieren afhankelijk van de onderzoeksvraag.

TABEL 3.1

Overzicht van de knelpunten per watertype opgenomen in het EBEO diagnostisch instrument. Van de knelpunten met een 1 zijn op dit moment nog geen milieu- en habitatpreferenties van organismen opgenomen in de ILOW-database en kunnen (nog) niet worden berekend wateren.

	BEKEN EN RIVIERTJES	GROTE RIVIEREN	SLOTEN	ONDIEPE KANALEN	DIEPE KANALEN	PLASSEN EN MEREN	VENNEN	Brakke wateren
KRW-typen	R2, R4a, R4b, R5, R6, R12, R13, R14, R17, R18, R19, R20	R7	M1a, M1b, M8	M3, M6a, M6b, M10	M7a, M7b	M11, M14, M20, M25, M27	M12, M13, M26	M30, M31
Systeem								
Fragmentatie	X	X						
Landschapsdegradatie ¹	X	X	X			X	X	
Ontbreken zeeverbinding		X						X
Opwarming	X	X	X	X	X	X	X	
Stroming								
Droogval	X						X	
Piekafvoeren ¹	X	X						
Tegennatuurlijk peil ¹			X			X		X
Wegvallen stroming	X	X						
Stoffen								
Alkalinisering	X					X	X	
Beperkte koolstofinflux ¹		X						
Blauwalg toxines ¹		X		X	X	X		X
Eutrofiering	X	X	X	X	X	X	X	X
Organische belasting	X	X	X	X	X	X	X	X
Productiviteit sediment	X		X	X		X	X	X
Salinisatie	X		X	X	X	X		X
Toxiciteit-pesticide	X	X	X	X	X	X	X	X
Toxiciteit-sulfide			X			X	X	X
Turbiditeit ¹	X		X	X	X	X		X
Verzoeting								X
Verzuring							X	
Structuren								
Beschadiging waterplanten	X		X	X	X	X		
Ontbreken grind	X	X						
Ontbreken hout	X	X						
Ontbreken landwaterovergang	X	X	X	X	X	X	X	X
Ontbreken waterplanten		X	X	X	X	X	X	X
Verlanding ¹			X			X	X	X
Verslibbing	X		X	X		X		X

De diagnose bestaat uit drie modules – knelpunten, beheeropgave en EKR - die elk zijn bepaald op basis van de verschillende organismegroepen (diatomeeën - DIATM, macrofauna - MACEV, macrofyten - MACFYT en vissen - VISSN). De knelpunten zijn berekend op basis van de aanwezige indicatorsoorten en hun milieu- en habitatpreferenties uit de ILOW-database, waarna ze per watertype zijn geïjkt aan de recente data van de Nederlandse waterbeheerders (zie tabel 3.1 op de vorige bladzijde voor de knelpunten die zijn opgenomen in het diagnostisch instrument EBEO). De beheeropgave bestaat uit het aantal exoten, Rode Lijstsoorten, zeldzame soorten en soorten in het raamwerk biodiversiteit. Vooralsnog is het niet mogelijk om de EKR-scores te berekenen vanuit de monitoringsdata, en kunnen deze alleen worden ingeladen en gevisualiseerd. Een uitgebreide beschrijving van de gemaakte keuzes, gebruikte achtergrond data en berekeningsmethoden zijn opgenomen in het EBEO-achtergronddocument (Van der Lee & de Vries 2025). De opties voor visualisatie zijn een kaart, radarplot of tijdsplot. Daarnaast omvat het instrument tabellen met de achterliggende milieu- en habitatpreferenties die zijn gebruikt voor de berekeningen en een overzicht van de uitkomsten per meting. Hieronder volgt een overzicht van de verschillende tabbladen in het diagnostisch instrument EBEO.

Invoer

Invoer van monitoringsgegevens gebeurt op basis van de Aquo-standaard in csv-formaat (bijv. het IM-metingenformaat). Daarnaast is er een optioneel invoerveld voor de in Aquokit berekende EKR-scores, die in het instrument enkel gevisualiseerd worden en niet verder bewerkt.

Controle gegevens

De ingeladen monitoringsgegevens worden weergegeven met één extra kolom voor foutmeldingen, zoals bijvoorbeeld waarnemingen van soorten die niet in de TWN-lijst zijn opgenomen.

Locatie meetpunten

Op een kaart is per organismegroep de locatie van de meetpunten te zien,

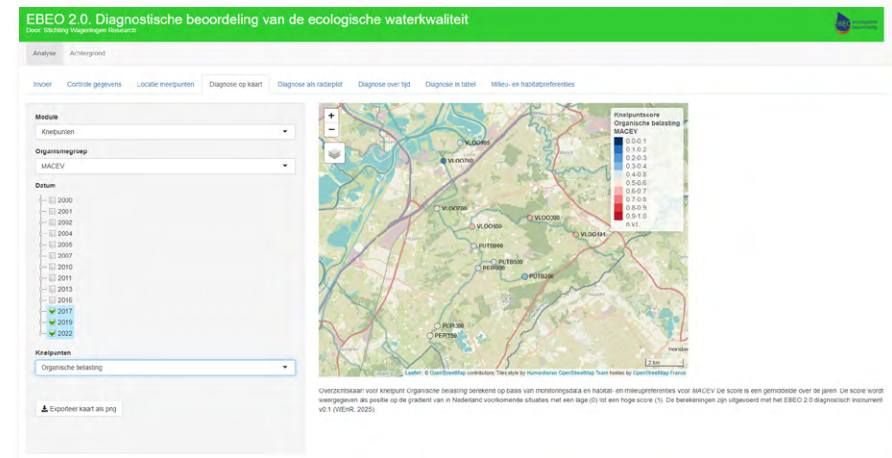
waarbij ook het watertype is weergegeven. Hiermee kan worden gecontroleerd of de geografische gegevens goed zijn ingeladen.

Diagnose op de kaart

De diagnose op kaart is het meest geschikt wanneer de onderzoeksvraag betrekking heeft op ruimtelijke verschillen. De visualisatie maakt het eenvoudig om bijvoorbeeld een knelpunt, beheeropgave of EKR-score tussen verschillende locaties te vergelijken (Figuur 3.1). Er kan worden gekozen op basis van welke organismegroep en meetmoment(en) de kaart wordt gegenereerd. De score is een gemiddelde over de jaren. Er is gebruik gemaakt van de meest recente achtergrondkaarten van OpenStreetMap, en de KRW-waterlichamenkaart van het InformatieHuis Water voor lijnvormige wateren (Zie Bijlage I voor toekomstige uitbreiding van de kaartkagen). Als monsters uit eerdere jaren worden weergegeven, kan het waterlichaam dus anders hebben gelezen.

FIGUUR 3.1

Interface van EBEO-instrument, tabblad diagnose op de kaart. Zie bijlage H voor een voorbeeld kaart van de alle modules.

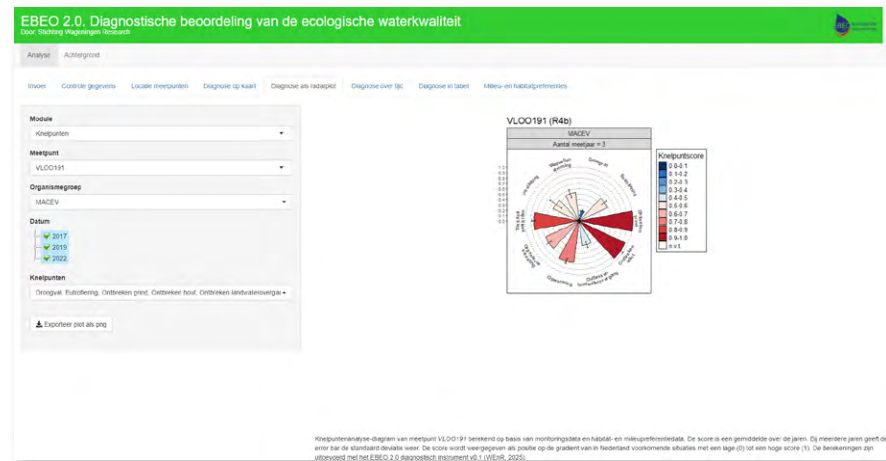


Diagnose als radarplot

De diagnose in radarplot is het meest geschikt wanneer de onderzoeksvraag gericht is op hoe een locatie scoort op de verschillende knelpunten, beheeropgaven of EKR-scores. De visualisatie maakt het eenvoudig om de verschillende parameters binnen een module te vergelijken (Figuur 3.2). Er kan worden gekozen op basis van welke organismegroep(en) en meetmoment(en) de radarplot wordt gegenereerd. Daarnaast moeten minimaal 3 parameters uit een module - knelpunten, beheeropgaven of EKR-scores - worden geselecteerd. Wanneer meerdere organismegroepen worden aangevinkt, wordt voor elk van de groepen een aparte radarplot weergegeven. Niet alle parameters zijn beschikbaar voor elke organismegroep. Als een parameter niet beschikbaar is dan wordt die weergegeven met een transparante taartpunt. De score is een gemiddelde over de jaren. Bij meerdere jaren geeft de error bar de standaarddeviatie weer, en daarmee de variatie tussen de jaren.

FIGUUR 3.2

Interface van EBEO-instrument, tabblad diagnose als radarplot. Zie bijlage H voor een voorbeeld radarplot van de alle modules.



Diagnose over tijd

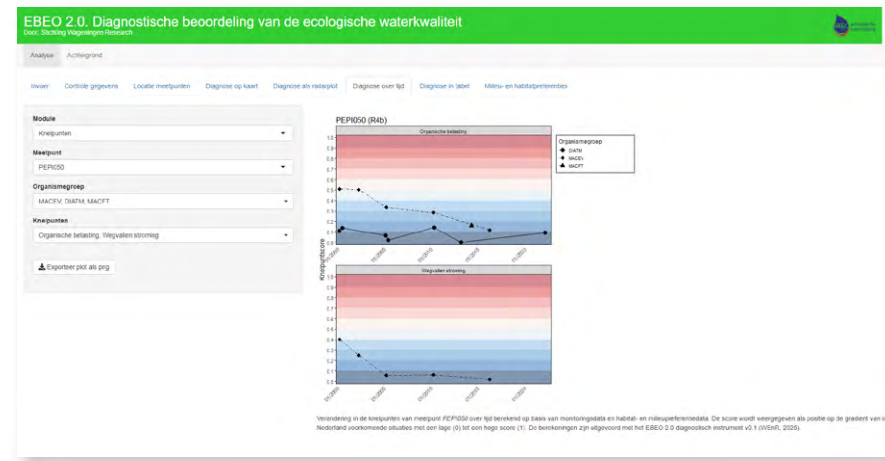
De diagnose door tijd is het meest geschikt wanneer de onderzoeksvraag is gericht op hoe knelpunten, beheeropgaven of EKR-scores op een meetpunt zijn veranderd over de jaren. De visualisatie maakt het eenvoudig om trends te visualiseren, en daarmee inzicht te krijgen in verbeteringen of verslechtingen door de tijd heen (bijv. na het nemen van herstelmaatregelen) (Figuur 3.3). Er kan worden gekozen op basis van welke organismegroep(en) en welke knelpunten, beheeropgaven of EKR-scores de tijdsplot wordt gegenereerd. Voor elke organismegroep wordt de trend met een aparte lijn weergegeven.

Diagnose in tabel

De scores die in het instrument zijn berekend, zijn hier in interactieve tabelvorm weergegeven. Deze data zijn in .csv en .xls-formaat te downloaden voor verdere verwerking buiten het instrument.

FIGUUR 3.3

Interface van EBEO-instrument, tabblad diagnose over tijd. Zie bijlage H voor een voorbeeld tijdsplot van de alle modules.



Milieu- en habitatpreferenties

De achterliggende milieu- en habitatpreferentiedatabase die is gebruikt voor het bepalen van de knelpunten en de beheeropgave is weergegeven in interactieve tabelvorm. Ter naslag van de berekende scores kan worden gefilterd op de meetpuntnaam of andere selectiecriteria. Ook deze is te downloaden in .csv en .xls-formaat. Indifferente soorten die niet zijn meegenomen in de berekening zijn schuin weergegeven.

3.4 INTERPRETATIE KNELPUNTEN

Het instrument berekent een knelpuntscore, maar geeft daarmee geen kwaliteitsoordeel. De uitkomst geeft namelijk de positie op een gradiënt van de in Nederland voorkomende situaties tussen 2010-2024. Het bereik van deze gradiënt is per knelpunt, per organismegroep en per watertype afgeleid (zie Bijlage). Er is gekozen voor een ijking op recente Nederlandse data, omdat deze data op een relatief consistente wijze is verzameld. Daarnaast zijn levensgemeenschappen onder invloed van o.a. klimaatverandering blijvend veranderd, waardoor oudere gegevens minder representatief zijn voor de huidige toestand. Tot slot zijn buitenlandse 'referenties' vaak niet vergelijkbaar is met de Nederlandse situatie, waardoor alle knelpunten als maximale stress zouden worden aangeduid, terwijl het doel van het instrument is om de variatie in knelpunten te duiden.

Voor een aantal watertypes (zoals de grotere rivieren) kan dit beperkend zijn, omdat alle wateren van dit type in Nederland in een slechtere toestand verkeren. Hierdoor zou een lage knelpuntscore kunnen worden berekend, terwijl het ecologisch gezien niet in een ideale toestand verkeerd (ten opzichte van bijv. referentiesystemen in het buitenland). Hier zou in de toekomst kunnen worden gekeken naar een ijking op basis van een grotere dataset die wateren met een betere ecologische toestand of een referentiebeeld buiten Nederland meeneemt. De knelpuntscore is echter nog steeds goed te gebruiken om het verschil in knelpunt-score tussen locaties weer te geven, en weer te geven wat te bereiken is binnen de in Nederland voorkomende situaties.

3.5 TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

GEDurende de werksessies met de Living Labs is het instrument interactief toegepast op de data van de betreffende waterbeheerders (zie Hoofdstuk 4). Hierbij kwamen een aantal wensen van de gebruikers naar voren betreft de ontwikkeling van het instrument. Een deel van de wensen is reeds in het instrument geïmplementeerd; overige wensen zijn vastgelegd voor toekomstige ontwikkeling. Deze wensen bestaan onder andere uit (uitgebreid overzicht in Bijlage I):

- Het toevoegen van aanvullende modules, zoals diagnose op basis van de afwezige soorten en diagnose op basis van kosten-efficiënte bemonsterings- en analysemethoden.
- Het toevoegen van aanvullende soortgroepen, in eerste instantie sieralgen, fytoplankton en zoöplankton.
- EKR-berekeningen uitvoeren met API (Application Programming Interface, een manier van direct communiceren tussen computerprogramma's) via Aquokit/QBWAT.
- Mogelijkheid om de diagnose van verschillende meetpunten te aggregeren.
- Het toevoegen van verschillende kaartlagen, waaronder de KRW-stroomgebieden, KRW-watergangen, dieptekaart, Ecotopenkaart, N2000-gebieden en habitattypenkaart.
- Visualiseren van de betrouwbaarheid van de knelpuntenbepaling (zie Bijlage J).

Voor de implementatie van het instrument is het daarnaast gewenst om aantal goede voorbeeldgebieden (showcases) uit te werken, zodat gebruikers kunnen zien hoe het instrument werkt en wat de meerwaarde is. Op de langere termijn zou zelfs een community of practice kunnen worden opgezet voor EBEO om gebruikerservaringen uit te wisselen.



3.6 ADVIES BEHEER EN ONDERHOUD

Beheer en onderhoud zijn zowel technisch als inhoudelijk noodzakelijk. Het technisch beheer vereist de continue inzet van een beheerder die achter de schermen zorgt voor hosting, het uitvoeren van software-updates, het verhelpen van storingen en het beveiligen van de software.

Om het instrument in de toekomst ook inhoudelijk up-to-date te houden is het van belang dat de ijking jaarlijks wordt bijgewerkt met nieuw beschikbare monitoringsdata van waterbeheerders. Ook dienen aanpassingen in de TWN-lijst in het instrument worden doorgevoerd. Ook is het van belang dat de milieu- en habitatpreferentiedatabase periodiek wordt bijgewerkt met nieuwe kennis, zoals bijvoorbeeld het toevoegen van preferenties van exoten bij de vissen.



Daarnaast zal er op een langere termijn aandacht nodig zijn om het instrument blijvend te laten aansluiten op de behoeften van de gebruiker, zoals het uitbreiden van de functionaliteit, het toevoegen van watertypes, organismegroepen en knelpunten en het vergroten van het gebruiksgemak door middel van aanpassingen in de lay-out. Om op de hoogte te blijven van deze gebruikersbehoeften is nodig dat gebruikers via een mailadres, helpdesk, of ticketsysteem vragen over het gebruik van het instrument kunnen stellen, meldingen kunnen maken van bugs of inhoudelijke feedback kunnen geven. Het is echter aan te bevelen dat hier duidelijk wordt aangegeven dat vragen over (gebiedsspecifieke) interpretatie niet onder het beheer valt, maar aan de gebruiker is.

⇒ HOOFDSTUK 4 INZETTEN DIAGNOSTISCH INSTRUMENT: UITKOMSTEN LIVING LABS

4



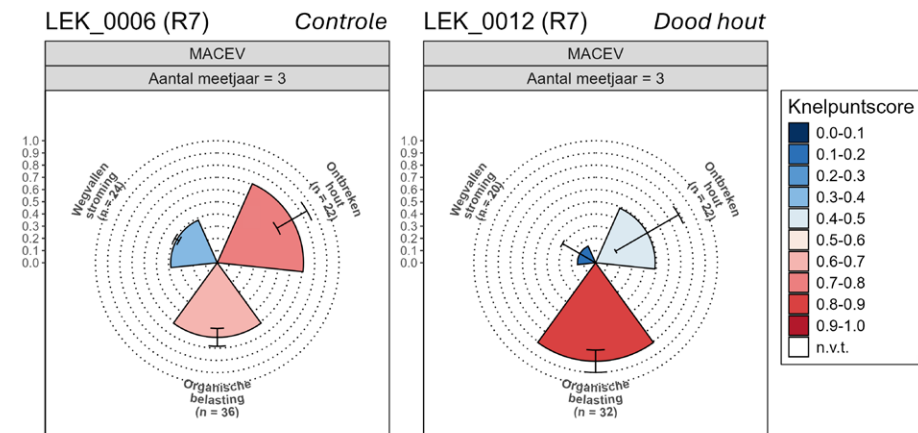
In ieder Living Lab is het prototype van het diagnostisch instrument EBEO tijdens werksessies toegepast om, op basis van monitoringsdata, mogelijke knelpunten in de watersystemen te identificeren. Daarbij zijn verschillende casussen behandeld voor de grote wateren in de IJssel-Vechtdelta, sloten en plassen in polders van laag Nederland, stromende wateren in Midden-Limburg, en Drentse vennen. In deze rapportage is slechts een selectie van de resultaten opgenomen; voor een uitgebreide bespreking van de uitkomsten van de Living Labs wordt verwezen naar het verslag van de werksessies (de Vries *et al.* 2025b). Tijdens de werksessies werden knelpunten interactief in de tool bekeken. Naast herkenning leverde dit een duidelijke aanleiding tot gesprek tussen de aanwezige deelnemers, waaronder waterbeheerders, monsternemers, en terreinbeheerders, en nieuwe inzichten wat betreft de monitoring. Hieruit blijkt de toegevoegde waarde van het inzichtelijk maken van monitoringsdata en daarop gebaseerde knelpunten in het beheergebied.

4.1 GROTE WATEREN IN DE IJSEL-VECHTDELTA

In de rivier de Lek in het beheergebied van Living Lab Rijkswaterstaat is in het verleden op een aantal punten dood hout aangebracht om de aquatische diversiteit te vergroten. Met behulp van het diagnostisch instrument zijn radarplots gemaakt voor twee meetpunten, één waar dood hout is aangebracht (LEK_0012, locatie RD 145203, 443228) en één controlepunt (LEK_0006, locatie RD 139675, 442583). De knelpunten ontbreken van hout, wegvallen stroming en organische belasting zijn weergegeven (Figuur 4.1). Waar op het controlemeetpunt het ontbreken van hout een middelhoge knelpuntscore heeft, is deze voor het meetpunt waar dood hout is aangebracht gering. Dit geeft dus weer dat aldaar inderdaad meer soorten met een preferentie voor houtsubstraat worden gevonden. Daarnaast valt op dat er een verschillende knelpuntscore is voor organische belasting, die hoger uitslaat voor het meetpunt waar dood hout is aangebracht. Uit de werksessie kwam naar voren dat dit te verklaren kan zijn omdat dit meetpunt zich achter een palenrij bevindt, en hier meer aangroei is. Het knelpunt wegvallen stroming is op beide meetpunten gering voor macrofauna.

FIGUUR 4.1

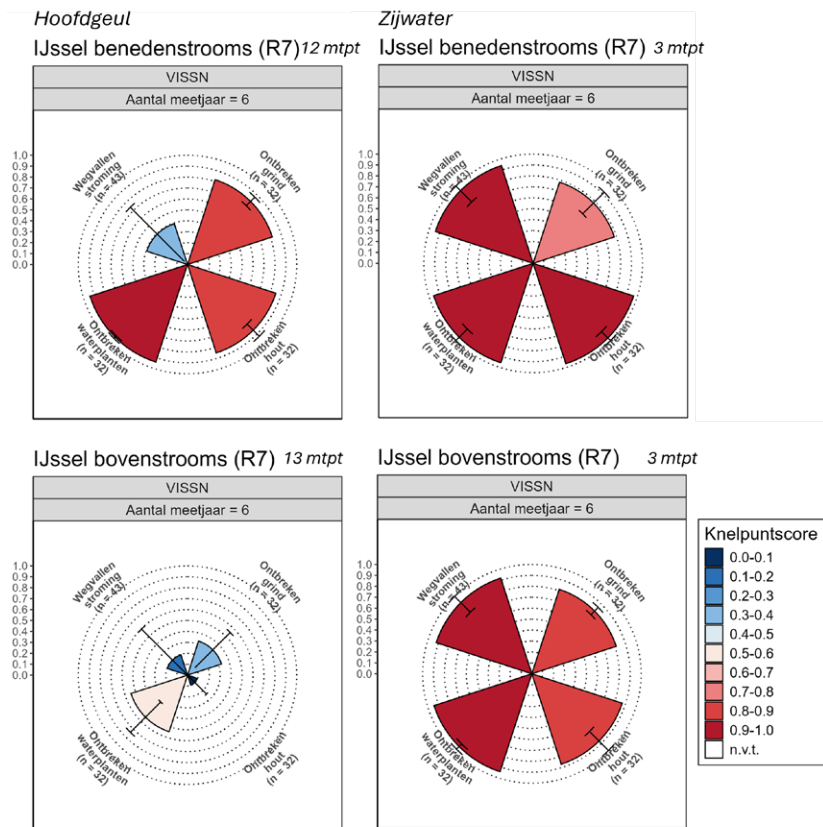
Radarplots voor meetpunten LEK_0006 (controle) en LEK_0012 (met dood hout) berekend op basis van monitoringsdata (bemonstering uit 2020, 2021 en 2022) en habitat- en milieupreferentiedata voor macrofauna. Het gemiddelde aantal indicatorsoorten dat is meegenomen per knelpunt staat tussen haakjes (minimaal 4 zijn nodig voor de berekening). De knelpuntscore wordt weergegeven als positie op de gradiënt van in Nederland voorkomende situaties met een lage (0) tot een hoge knelpuntscore (1). De error bars geven de variatie tussen de jaren weer als standaard-deviatie. De bemonsteringsmethoden zijn per meetpunt passend gekozen, dus voor LEK_006 is een poliepgrijper en een handnet gebruikt. Voor het bemonsteren van LEK_0012 is de macrozoïbenthoszuiger en een handnet gebruikt. De waarnemingen zijn samengevoegd als multihabitatbemonstering.



In de rivier de Gelderse IJssel is gekeken naar de knelpunten voor vissen (Figuur 4.2). Er is een vergelijking gemaakt tussen de IJssel benedenstrooms en bovenstrooms en tussen de hoofdgeul en zijwateren (meetpunten behorend tot niet-meestromende en meestromende diepe zijwateren). De gevonden aantallen zijn gemiddeld over de trekken per gegroepeerd punt, waarbij ook nulvangsten zijn meegenomen. Er is geselecteerd op de boomkor als bemonsteringsmethode,

FIGUUR 4.2

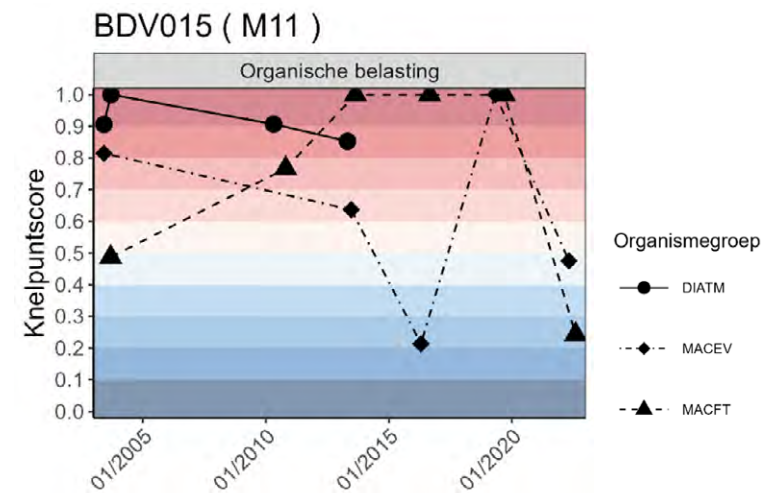
RadarpLOTS voor gecombineerde meetpunten benedenstrooms en bovenstrooms in de IJssel, in de hoofdgeul en diepe zijwateren (bogi11, bogi12, bogi 15, begi12, begi13a, begi13b) berekend op basis van monitoringsdata (voorjaarsmonsters 2019-2024, inclusief nul trek) en habitat- en milieupreferentiedata. Het gemiddelde aantal indicatorsoorten dat is meegenomen per knelpunt staat tussen haakjes (minimaal 4 zijn nodig voor de berekening). De knelpuntscore wordt weergegeven als positie op de gradiënt van in Nederland voorkomende situaties met een lage (0) tot een hoge score (1). De error bars geven de variatie tussen de jaren weer als standaarddeviatie.



om de meetpunten vergelijkbaar te houden. Het knelpunt wegvallen stroming is groter in de zijwateren dan in de hoofdgeul. Daarnaast valt een hoge knelpuntscore voor de drie structuurparameters grind, hout en waterplanten op voor alle locaties behalve in de hoofdgeul van de IJssel bovenstrooms, waar de knelpunt scores lager zijn. Er zijn echter weinig indicerende vissen, waardoor het resultaat sterk gestuurd wordt door enkele soorten. De lagere knelpunt score voor het ontbreken van hout bij de IJssel bovenstrooms is bijvoorbeeld terug te herleiden naar het voorkomen van de winde op deze locatie in combinatie met weinig andere soorten. Aangezien de winde ook zonder houtstructuren kan gedijen blijkt hieruit dat de achterliggende milieu- en habitatpreferentiedatabase voor vissen nog bijgewerkt dient te worden.

FIGUUR 4.3

Verandering in de knelpunten over tijd berekend op basis van de monitoringsdata en habitat- en milieupreferentiedata voor diatomeeën, macrofyten en macrofauna. De knelpunt score wordt weergegeven als positie op de gradiënt van in Nederland voorkomende situaties met een lage (0) tot een hoge score (1).

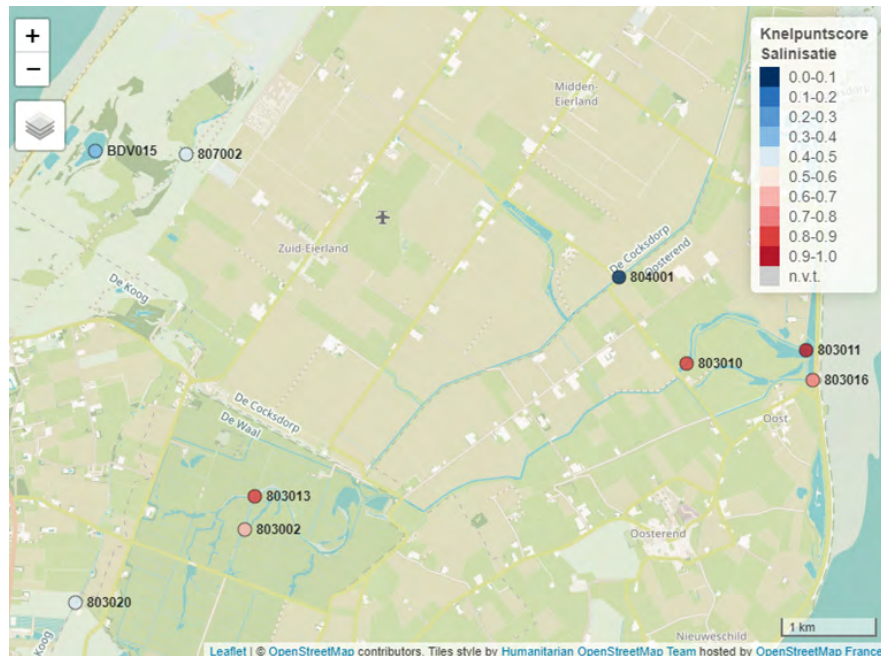


4.2 SLOTEN EN Plassen IN POLDERS VAN LAAG NEDERLAND

Op Texel, in het beheergebied van Living Lab Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, ligt het duinmeer Binnen Muy (M11) met meetpunt BDV15 (locatie RD 114743, 570680). Hier is sinds lange tijd een aalscholver- en lepelaarkolonie aanwezig waardoor de organische belasting zeer hoog is. De populatie is recent in grootte afgenomen, wat terug is te zien in de afname van knelpuntcores voor organische belasting (Figuur 4.3, op de vorige bladzijde).

FIGUUR 4.4

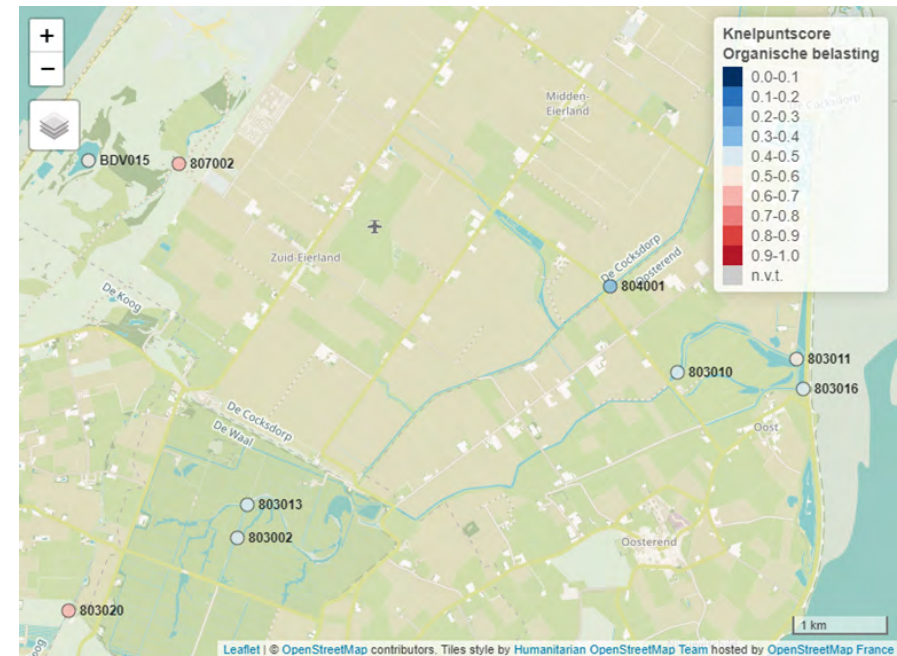
Overzichtskaart voor knelpunt Salinisatie berekend op basis van monitoringsdata uit 2013-2022 en habitat- en milieupreferenties voor MACEV (Zoutgehalte: > Zeer zwak brak).



In het gebied Waal en Burg bevindt zich een watersysteem dat van west naar oost loopt, met onder andere de meetpunten 803020 (west), 803013 en 803016 (gemaal Krassekeet). In het oosten is de invloed van zout groter dan in het westen, zoals te zien is in de knelpuntscore voor salinisatie (Figuur 4.4). Bij 803020 is een matig hoge knelpuntscore voor organische belasting te zien, terwijl die voor meer oostelijk gelegen punten in dit watersysteem lager ligt (Figuur 4.5). Dit is te verklaren door de aanwezigheid van RWZI Everstekeoog bij meetpunt 803020, die in geringe mate effluent toevoegt aan het verder kwel- en neerslaggevoede systeem.

FIGUUR 4.5

Overzichtskaart voor knelpunt Organische belasting (onder) berekend op basis van monitoringsdata uit 2013-2022 en habitat- en milieupreferenties voor MACEV (Saprobie: > A-mesosaproob).



4.3 STROMENDE WATEREN IN MIDDEN-LIMBURG

In de Tungelroyse beek in het beheergebied van Living Lab Waterschap Limburg is gekeken naar stroming. Het knelpunt wegvallen stroming laat voor de meest recente meting in 2024 gemiddelde knelpuntcores zien in het grootste deel van het stroomgebied, terwijl het benedenstroomse traject in het Leudal duidelijk

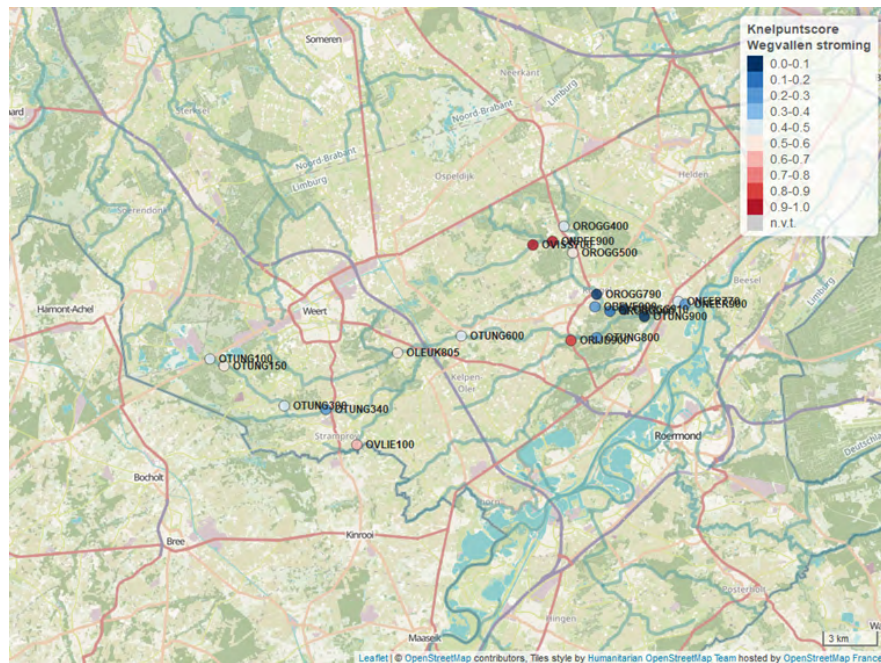
lagere knelpuntcores laat zien (Figuur 4.6). Hier zijn meer stromingsminnende soorten aanwezig. In dit benedenstroomse gedeelte van de loop door het Leudal heeft de beek zijn natuurlijke loop behouden. In de zijbeken Rijdt, Vissensteert en Neerpeelbeek is een hogere stress door het wegvallen van stroming te zien.

FIGUUR 4.6

Overzichtskaart voor knelpunt Wegvallen stroming berekend op basis van monitoringsdata en habitat- en milieupreferenties voor macrofauna in 2024 (Stroming: Rheofiel & Rheobiont (afwezigheid van positieve indicatie geeft knelpunt)). De knelpuntcore wordt weergegeven als positie op de gradiënt van in Nederland voorkomende situaties met een lage (0) tot een hoge score (1).

FIGUUR 4.7

Overzichtskaart voor knelpunt Fragmentatie berekend op basis van monitoringsdata uit 2014-2020 en habitat- en milieupreferenties voor VISSN (Migratiegilde: Regionaal (afwezigheid van positieve indicatie geeft knelpunt)). De knelpuntcore wordt weergegeven als positie op de gradiënt van in Nederland voorkomende situaties met een lage (0) tot een hoge score (1).



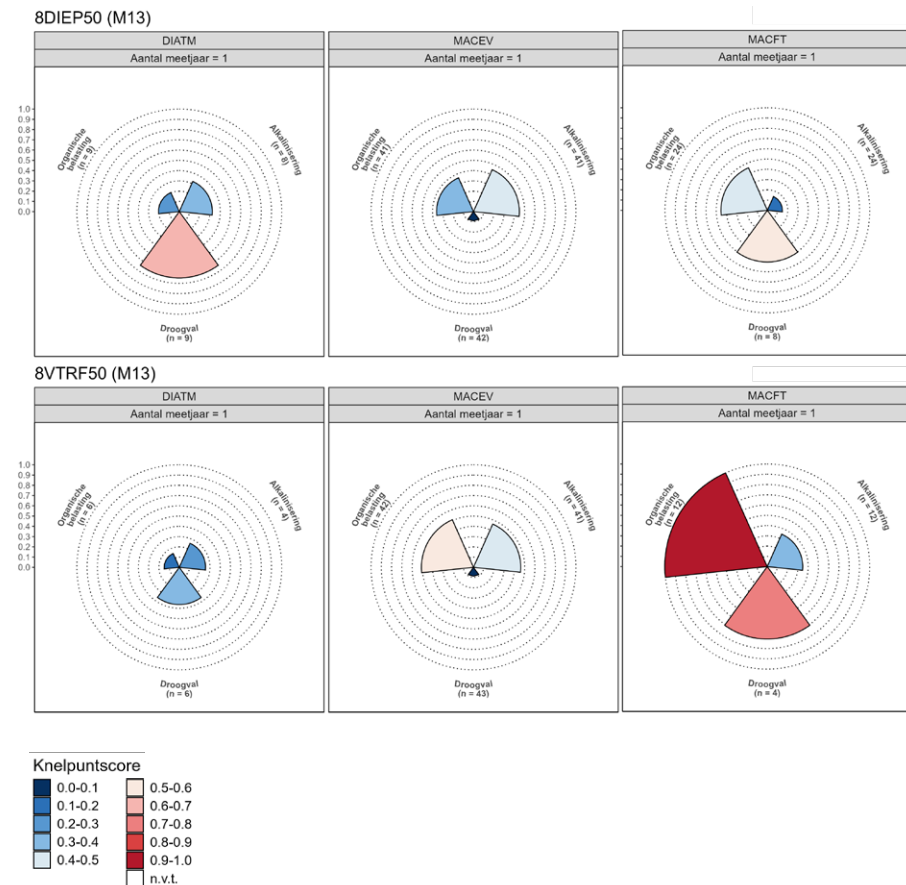
Met behulp van het voorkomen van regionaal migrerende vissen is er een beeld verkregen van de fragmentatie in het Vlootbeekstelsel (Figuur 4.7). Hierbij is een kanttekening dat er vaak weinig verschillende soorten worden waargenomen op een meetpunt, wat de knelpuntcores kan beïnvloeden. Daarom is ervoor gekozen enkel de data van monsters met minstens 4 soorten te gebruiken. Uit de kaart rijst het beeld dat de hoofdloop van het Vlootbeekstelsel niet tot zeer weinig fragmentatie ondervindt. De Vlootbeek is dan ook aangesloten op de Kitschbach in de bovenloop en mondt uit in de Maas. De zijbeken Putbeek en Pepinusbeek scoren echter gemiddeld tot matig. Alhoewel tussen 2001 en 2010 permanente stuwen zijn verwijderd in deze beken, zijn hier minder regionaal migrerende vissen te vinden.

4.4 DRENTSE VENNEN

In het beheergebied van Living Lab Waterschap Drents Overijsselse Delta zijn twee vennen met een verschillende kwaliteit met elkaar vergeleken (Figuur 4.8). De ervaring van het waterschap is dat het Diepveen (8DIEP50, locatie RD 225941, 537302) in een goede toestand en het ven Turfpad (8VTRF50, locatie RD 209883, 543351) in een slechte toestand verkeert. Dit beeld is inderdaad terug te zien in de knelpuntcores. Het Diepveen heeft over de organismegroepen genomen een lagere score voor organische belasting, alkalinisering en droogval. Een uitzondering hierop vormt droogval geïndiceerd door diatomeeën, die een matig groot knelpunt weergeven voor het Diepveen. In het ven Turfpad is de knelpuntcore voor organische belasting oplopend met een lage score voor diatomeeën, een gemiddelde knelpuntcore voor macrofauna en een hoge score voor macrofyten. Hier kan de historische belasting een rol spelen, die sterker terugkomt in de respons van macrofyten.

FIGUUR 4.8

Radarplots voor het Diepveen en Turfpad (2023). Knelpuntanalyse-diagram van meetpunten berekend op basis van monitoringsdata en habitat- en milieupreferentiedata. Het gemiddelde aantal indicatorsoorten dat is meegenomen per knelpunt staat tussen haakjes (minimaal 4 zijn nodig voor de berekening). De knelpuntcore wordt weergegeven als positie op de gradiënt van in Nederland voorkomende situaties met een lage (0) tot een hoge score (1).



➔ HOOFDSTUK 5 REFERENTIES

5



Gewone oeverlibel (*Orthetrum cancellatum*)

- Anglès d'Auriac, M. B., Strand, D. A., Mjelde, M., Demars, B. O., & Thaulow, J. (2019). Detection of an invasive aquatic plant in natural water bodies using environmental DNA. *PloS one*, 14(7), e0219700.
- Bessey, C., Jarman, S. N., Berry, O., Olsen, Y. S., Bunce, M., Simpson, T., ... & Keesing, J. (2020). Maximizing fish detection with eDNA metabarcoding. *Environmental DNA*, 2(4), 493-504.
- Bijkerk, R. (red) (2014) Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Deels aangepaste versie. Rapport 2014 - 02, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Bruce, K. *et al.* (2021). A practical guide to DNA-based methods for biodiversity assessment. Pensoft.
- Brus D. J., 2022. Spatial sampling with R. CRC Press. doi:10.1201/9781003258940, <https://github.com/DickBrus/SpatialSamplingwithR>.
- de Gruijter, J. J., Brus, D. J., Bierkens, M. F. P., & Knotters, M. (2006). Sampling for natural resource monitoring. Springer.
- de Vries, J., Gülpen, M. & Verdonshot, R. C. M. (2025a). EBEO2.0 Living Labs: verslag workshop 4. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/701233>.
- de Vries, J., van der Lee, G. H. & Verdonshot, R. C. M. (2025b). EBEO2.0 Living Labs: verslag workshop 5. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/701234>.
- Deltares (2019). Handleiding Webapplicatie AqMad: waterplanten, diatomeeën, macrofauna en vis. STOWA rapport 2019 06.
- Droog, M. & Wilhelm, M. (2014). Sterkte-zwakte analyse voor ecologische instrumenten ten behoeve van ontwikkeling EBEO 2.0. In opdracht van STOWA. RHDHV/TAUW rapport R001-1293050MFW-V01-efm-NL
- Eckblad, J. W. (1991). How many samples should be taken? *BioScience*, Vol. 41, No. 5, Coastal Barriers, pp. 346-348. <https://doi.org/10.2307/1311590>
- Espinosa Prieto, A., Beisel, J. N., Verschuren, P., & Hardion, L. (2023). Toward freshwater plant diversity surveys with eDNA barcoding and metabarcoding. *Environmental DNA*, 5(4), 648-670.
- Holtland, W. J., ter Braak, C. J. F. & Schouten, M. G. C. (2010). Iteratio: calculating environmental indicator values for species and releve's. *Applied Vegetation Science* 13(3): 369–377.
- Hootsmans, M., Beentjes, K., Hoorn, B. van der & Wal, J. van der (2021). 'Gebruik van DNA voor inzicht in biologische waterkwaliteit met diatomeeën'. H2O-Online, 10 november 2021.
- ILOW. (2025). Milieu- en habitatpreferentiedatabase. Informatiehuis water.
- Kim, Y. S., Yun, H. S., Lee, J. H., Lee, K. L., Choi, J. S., Won, D. H., ... & Yoon, H. S. (2024). Comparison of Metabarcoding and Microscopy Methodologies to Analyze Diatom Communities in Five Estuaries Along the Southern Coast of the Korean Peninsula. *Microbial Ecology*, 87(1), 95.
- Knotters, M., Brus, D. J., & de Gruijter, J. J. (2009). Hoezo representatief?: over de betekenissen van representatief in de KRW literatuur. *Stromingen: vakblad voor hydrologen*, 15(1), 3-14. <https://edepot.wur.nl/3169>
- Knotters, M., de Vos, J. A., Sonneveld, M. P. W., & Keizer-Vlek, H. E. (2007). Zelfsturing door monitoring in de noordelijke Friese wouden. *H2O: tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling*, 40(20), 41-43. <https://edepot.wur.nl/343111>
- Knotters, M., Walvoort, D. J. J., & Gerritsen, P. A. (2023). Kartering van grondwaterspiegeldiepten in de polders en wetlands van Friesland. *Stromingen: vakblad voor hydrologen*, 28(3), 15-32.

- Kuiters, A. T., A. H. Heidema, D. J. Brus & N. M. van Rooijen, 2022. Vegetatieontwikkeling in duinen en duinvalleien op Oost-Ameland onder invloed van bodemdaling; Resultaten Valleikartering 2001-2020. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3142.
- Lacoursière Roussel, A., Côté, G., Leclerc, V., & Bernatchez, L. (2016). Quantifying relative fish abundance with eDNA: a promising tool for fisheries management. *Journal of Applied Ecology*, 53(4), 1148-1157.
- Lorenz, A. W., Haase, P., Januschke, K., Sundermann, A., & Hering, D. (2018). Revisiting restored river reaches—Assessing change of aquatic and riparian communities after five years. *Science of the total environment*, 613, 1185-1195.
- Makaske, B., Maas, G., & Candel, J. (2020). Handboek Geomorfologisch Beekherstel. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA rapport 2020-36). Amersfoort.
- Martin, I., Niftrik, L., & Veraart, J.A. (2025). Microbioom-analyse als nieuwe tool voor ecologische waterkwaliteitsbeoordeling? STOWA.
- NLÖ. (2001). Gewässerstrukturgütekartierung in Niedersachsen. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie. Hildesheim
- Osté, A. J., De Groot, B., & Van Dam, O. (2013). Handboek Hydromorfologie 2.0: afleiding en beoordeling hydromorfologische parameters Kaderrichtlijn Water. RPS rapport voor Rijkswaterstaat, Centrale Informatievoorziening.
- Poikane, S., Kelly, M., & Cantonati, M. (2016). 'Benthic algal assessment of ecological status in European lakes and rivers: challenges and opportunities'. *Science of the Total Environment* 568: 603-613.
- Prieto, A. E., Hardion, L., Debortoli, N., Bournonville, T., Mathot, T., Marescaux, J., ... & Beisel, J. N. (2024). A comparative analysis of eDNA metabarcoding and field surveys: Exploring freshwater plant communities in rivers. *Science of The Total Environment*, 954, 176200.
- Sagova-Mareckova, M., Boenigk, J., Bouchez, A., Cermakova, K., Chonova, T., Cordier, T., ... & Stoeck, T. (2021). Expanding ecological assessment by integrating microorganisms into routine freshwater biomonitoring. *Water research*, 191, 116767.
- Schoenle, A., Scepanski, D., Floß, A., Büchel, P., Koblitz, A. K., Scherwaß, A., ... & Waldvogel, A. M. (2024). The dilemma of underestimating freshwater biodiversity: morphological and molecular approaches. *BMC Ecology and Evolution*, 24(1), 69.
- Schulz, M., D. J. J. Walvoort, J. Barry, D. M. Fleet, en W. M. G. M. van Loon, 2019. Baseline and power analyses for the assessment of beach litter reductions in the European OSPAR region. *Environmental Pollution* 248:555-564, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.030>.
- Snijders, J., P. Baggelaar, B. Schaub, D. Slot, F. van Schaik en P. van der Wee, 2015. Een schot voor open doel. Ontwerp meetnet Overig Water. Royal HaskoningDHV. RDCHW_BD5214_R001_902793_F02
- Spear, M. J., Embke, H. S., Krysan, P. J., & Vander Zanden, M. J. (2021). Application of eDNA as a tool for assessing fish population abundance. *Environmental DNA*, 3(1), 83-91.
- STOWA (2010-28). Handboek hydrobiologie. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Amersfoort.
- STOWA (2018-49). Referenties en maatlatten voor Natuurlijke Watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Amersfoort.
- STOWA (2018-57). Ecologische Sleutelfactoren Stromende Wateren, tussenrapportage hydrologie en morfologie. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Amersfoort.

- Thompson, S. K., (2002). Sampling. John Wiley & Sons, New York, 367 pp.
- van Dam, H., Spier, J., Gotjé, W., Arts, G.H.P., van Delft, J.J.C.W., Ketelaar, R., van Kleef, H.H. (2004). Ontwikkeling STOWA-Beoordelingsstelsel Vennen. STOWA rapport 2004-02.
- van der Lee, G. H. (2023) Macrofauna Knelpuntenanalyse v1.1 als onderdeel van het PPS project Slim Monitoren van de waterkwaliteit.
- Van der Lee, G. en de Vries, J. (2025). EBEO 2.0 Living Labs: Achtergrond document diagnostisch instrument v1.0. STOWA
- van der Lee, G. H., Arts, G.H.P., Beyen, I., Broussard, A.M., van Rijssel, & Verdonschot, R. C. M. (2024a). EBEO2.0 Living Labs: Verslag Workshop 1. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/683659>.
- van der Lee, G. H., Polling, M., Laros, I., & Verdonschot, R. (2025b). Cross-comparing different protocols for DNA metabarcoding of freshwater macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 1-15.
- van der Lee, G. H., Polling, M., van der Laan, I., Kodde, L., & Verdonschot, R. C. (2024c). From DNA to diagnostics: A case study using macroinvertebrate metabarcoding to assess the effectiveness of restoration measures in a Dutch stream. *Science of the Total Environment*, 923, 171413.
- van der Lee, G. H., Verdonschot, R.C.M. & Verdonschot, P.F.M. (2021). Advies voor het monitoren van de ecologische waterkwaliteit (No. 2011-11). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).
- van der Lee, G.H., Arts, G.H.P., Beyen, I., Broussard, A.M., Knotters, M., ... Woolderink, H. A. G. (2024b). EBEO2.0 Living Labs: Verslag workshop. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/683621>.
- van der Lee, G.H., Arts, G.H.P., Beyen, I., de Groot, G.A., de Leeuw, J.J., ... Vries, J. (2025). EBEO2.0 Living Labs: verslag workshop 3. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/688195>.
- van Kouwen, L. A., van der Lee, G. H., Kraak, M. H., & Verdonschot, P. F. (2025). An empirically derived riparian forest preference index for lowland stream macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, 175, 113547.
- Verdonschot, P. F. M., & van den Hoorn, M. W. (2004). Hydromorfologische kwaliteitselementen; achtergronddocument bij de natuurlijke KRW-typen. (Alterra-rapport; No. 1074). Alterra. <https://edepot.wur.nl/28388>
- Verdonschot, R. C. M., Beyen, I., van der Lee, G. H., van der Meer, T. V., & Verdonschot, P. F. M. (2024). EBEO 2.0: deelproject landschapskwaliteit. STOWA.
- Vidaković, D., Mayombo, N. A. S., Castellanos, A. B., Kloster, M., & Beszteri, B. (2024). Diatom metabarcoding as a tool to assess the water quality of two large tributaries of the Danube River. *Ecological Indicators*, 168, 112793.
- Wang, S., Yan, Z., Hänfling, B., Zheng, X., Wang, P., Fan, J., & Li, J. (2021). Methodology of fish eDNA and its applications in ecology and environment. *Science of the Total Environment*, 755, 142622.
- Zhang, L. J., Xu, S., Zhao, Z., Zhou, X. H., Feng, Q., Yang, J. H., ... & Zhang, X. W. (2021). Precision of eDNA metabarcoding technology for biodiversity monitoring of eukaryotic phytoplankton in lakes. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue*, 42(2), 796-807.

⇒ HOOFDSTUK 6 BIJLAGES

6

Brede waterpest (*Elodea canadensis*)

➤ BIJLAGE A

CHECKLIST ONTWERPEN EN EVALUEREN MONITORINGSNETWERKEN

De checklist voor het ontwerp en evaluatie van monitoringsnetwerken bestaat uit de volgende 14 onderdelen en is ontleend aan het boek 'Sampling for Natural Resource Monitoring' (Gruijter *et al.* 2006):

1 Analyse en specificatie van het doel

- a. Gebied en periode waar je in geïnteresseerd bent.
- b. Deelgebieden en -perioden waarvoor aparte informatie vereist is.
- c. Variabele(n) die moeten worden waargenomen op de geselecteerde locaties en tijdstippen
- d. Wat moet worden berekend: een gemiddelde, een fractie, een totaal, een voorspelling/interpolatie voor een niet-bemonsterde locatie of tijdstip, etc.
- e. Type resultaat: kwantitatief of kwalitatief?
 - Kwantitatief: getallen (je rekent iets uit)
 - Kwalitatief: woorden
 - Uitkomst toets (bijv. voldoet wel/niet aan norm)
 - Uitkomst classificatie (bijv. goed/matig/slecht)
 - Uitkomst detectie (bijv. aanwezig/afwezig)

2 Kwaliteitsmaat

Een getal dat aangeeft hoe betrouwbaar het resultaat moet zijn. Voorbeelden:

- Breedte van een 95%-betrouwbaarheidsinterval;
- Foutenmarges bij toetsen (bijv. max. kans op ten onrechte goed- of afkeuren);
- Percentage correct geclassificeerd.

3 Randvoorwaarden

- Beschikbaar budget
- Kwaliteit waaraan het resultaat ten minste moet voldoen
- M.b.t. veldwerk, transport, laboratoriumcapaciteit

4 Voorinformatie

- Een lijst, bestand of kaart met de eenheden waaruit een selectie wordt gemaakt
- Algemene kennis, ervaring, informatie uit vergelijkbare projecten, beschikbare steekproefgegevens, kaarten, GIS-bestanden
- Informatie over de variatie van de doelvariabele(n)

5 "Sample support"

Bijvoorbeeld hoe groot de monsters zijn die genomen gaan worden op de geselecteerde locaties en tijdstippen. Dit is van invloed op de nauwkeurigheid van de informatie en hangt daarom samen met de steekproefomvang die benodigd is om aan de vereiste nauwkeurigheid te voldoen.

6 "Analysemethode"

Methode van voorbewerking om uit de gemeten variabele(n) de doelvariabele te berekenen. Ook dit is van invloed op de nauwkeurigheid en daarmee de benodigde steekproefomvang.

7 Samengestelde monsters

Mengmonsters samenstellen of niet? Mengen kun je zien als fysisch het gemiddelde bepalen en het kan een methode zijn om aan budgettaire randvoorwaarden te voldoen, omdat laboratoriumkosten kunnen worden uitgespaard. Informatie over de variatie gaat daarbij echter verloren.

8 Keuze tussen “modelgebaseerd” of “ontwerpgebaseerd”

Dit is een belangrijke keuze, want het bepaalt of loting vereist is.

- Modelgebaseerd: het resultaat wordt verkregen met behulp van één of meerdere modellen.
- Ontwerpgebaseerd: het resultaat wordt afgeleid uit de verzamelde gegevens, gebruikmakend van de selectiekansen van de steekproefeenheden. Er wordt geen model gebruikt.

Wanneer ontwerpgebaseerd?

- Als objectiviteit belangrijk is: je wilt geen discussies over of je wel het goede model hebt gebruikt etc. (zie bijv. stikstofdossier)
 - Toetsen aan (wettelijke) normen
 - Berekening van schadeuitkeringen
 - Beboeting, kwaliteitscontrole
 - Bepalen van de kwaliteit van een model (validatie)
- Als je geaggregeerde informatie wilt voor grote gebieden (bijv. een gebiedsgemiddelde, totaal, oppervlaktefractie)

Wanneer modelgebaseerd?

- Als een kanssteekproef niet mogelijk is
- Als objectiviteit niet zo belangrijk is
- Ruimte: als gedetailleerde patrooninformatie vereist is (kaart)
- Tijd: als een dynamisch proces moet worden beschreven

9 Bij ontwerpgebaseerde benadering:

- Type kanssteekproef
 - Je kunt op allerlei verschillende manieren punten loten
 - Vooraf moet je dus de manier kiezen die het beste bij jouw doel past

10 Bij modelgebaseerde benadering:

- Kanssteekproef (loten) is dan suboptimaal
- Je moet een bepaald patroon optimaliseren (bijvoorbeeld zo goed mogelijke ruimtelijke spreiding, zo goed mogelijke vertegenwoordiging van verschillende situaties)

11 De uiteindelijke steekproef

- Kaart met locaties waar je gaat waarnemen
- Tabel met tijden waarop je gaat waarnemen

12 Veldwerkprotocol

Dit is belangrijk, bijvoorbeeld om ervoor te zorgen dat binnen de doelpopulatie/ gebied/periode wordt bemonsterd. Een belangrijk onderdeel vormen de regels voor het uitwijken naar reservelocaties of -tijdstippen wanneer op een geselecteerde steekproefeenheid niet kan worden waargenomen. Deze regels moeten ervoor zorgen dat er geen vertekening ontstaat.

13 Beschrijving van de methode van dataverwerking

Als dit vooraf is beschreven kan veel werk worden bespaard, want de verzamelde waarnemingen kunnen direct als invoer dienen van procedures waarmee de gewenste informatie wordt berekend. Bovendien vergemakkelijkt dit het overdragen van een monitoringnetwerk naar mensen die niet bij de ontwikkeling ervan betrokken zijn geweest.

14 Kostenbegroting en voorspelling van de kwaliteit van de resultaten

Als er onzekerheid is over uiteindelijke kosten en kwaliteit, bijvoorbeeld omdat voorinformatie over de ruimtelijke en/of temporele variatie van de doelvariabele(n) ontbreekt, dan is het raadzaam om eerst een pilot uit te voeren.

➤ BIJLAGE B ONTWERP VAN STEEKPROEVEN

BB.1 STEEKPROEVEN IN DE RUIMTE

Aselecte steekproeven

Bij een aselechte steekproef worden de meetlocaties geloot. Dat wil niet zeggen dat we zo maar wat locaties prikken. In tegendeel. In de praktijk wordt vrijwel altijd gebruik gemaakt van expertkennis en bestaande gegevens. Dat kunnen we bijvoorbeeld doen door het studiegebied op te delen in relatief homogeen veronderstelde ruimtelijke eenheden, de zogenaamde strata. Dit wordt een gestratificeerde enkelvoudige aselechte steekproef genoemd (stratified simple random sampling, de Gruijter *et al.* 2006, Brus 2022). Andere vormen van aselechte steekproeven zijn, bijvoorbeeld tweetrapssteekproeven, aselechte clustersteekproeven, aselechte systematische steekproeven, enz. De keuze hangt af van randvoorwaarden t.a.v. budget, nauwkeurigheid en praktische randvoorwaarden.

Al deze verschillende aselechte steekproeven hebben als voordeel dat ze objectief zijn. Bij het selecteren van de locaties is geen ruimtelijk model nodig. Er hoeven dus ook geen (subjectieve) modelaannames te worden gedaan. Dat is belangrijk wanneer de resultaten bijvoorbeeld juridisch moeten worden getoetst. Een ander voordeel is dat er geen selectievoorkeur is. De resultaten hebben daardoor geen onbekende systematische afwijking. Ook kan de nauwkeurigheid van de resultaten worden gekwantificeerd voor zowel het studiegebied als geheel als voor afzonderlijke deelgebieden. Aselechte steekproeven worden ook wel ontwerpgebaseerde steekproeven genoemd (de Gruijter *et al.* 2006).

In de ecologie worden aselechte steekproeven ook toegepast. Een voorbeeld daarvan is de vegetatiemonitoring op Ameland (Kuiters *et al.* 2022). De

monitoringslocaties zijn hier geloot. De helft van de gelote locaties wordt elke twee jaar vervangen door opnieuw gelote locaties. De andere helft van de gelote locaties liggen vast. De vaste punten dienen om temporele trends te kunnen volgen, de opnieuw gelote locaties om het ruimtelijke beeld te verbeteren. Op basis van deze locaties worden elke twee jaar kaarten gemaakt van de ruimtelijke verbreiding van vegetatietypes en de temporele trends daarvan.

Een ander voorbeeld van een aselechte steekproef met toepassingen in de zoetwaterecologie wordt beschreven in Snijders *et al.* (2015) (Figuur B1 op de volgende pagina). Thompson (2002) schreef een handboek over steekproeven voor ecologisch onderzoek.

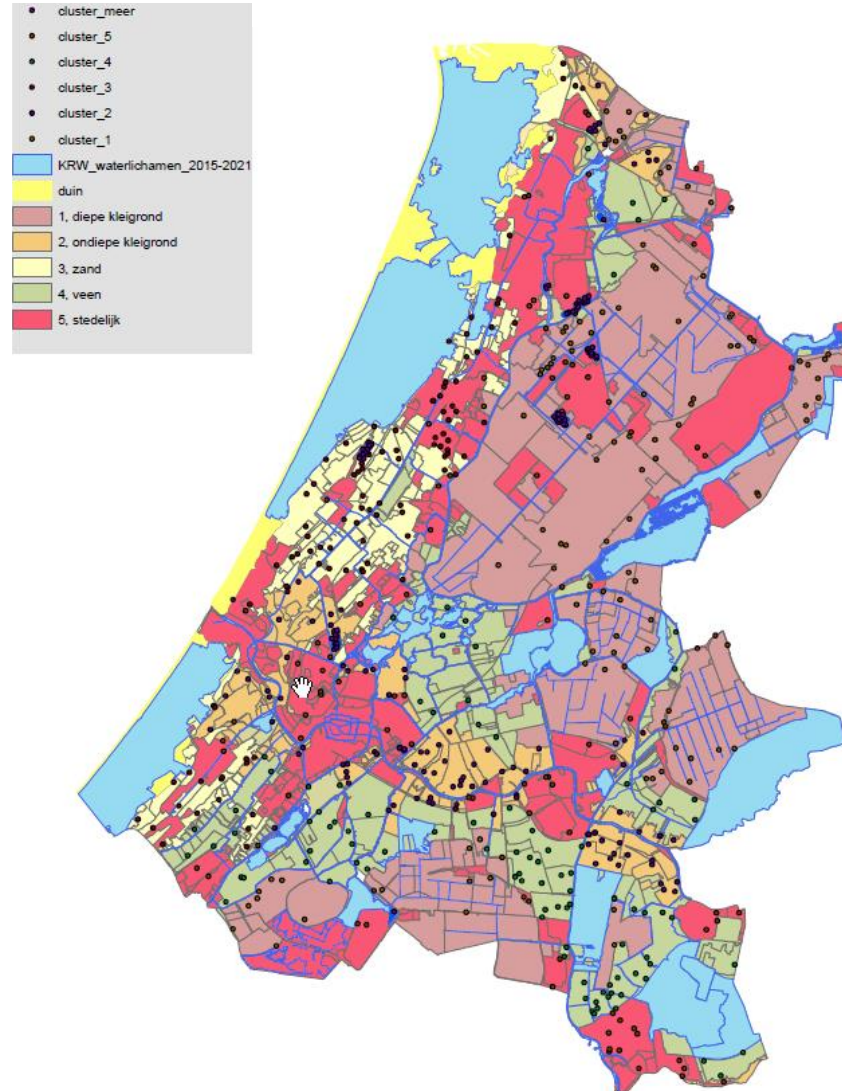
Gerichte steekproeven

Bij gerichte steekproeven worden locaties geselecteerd op basis van expertkennis, (ruimtelijke) modellen, omgevingsinformatie zoals hydro-morfologische gegevens en/of bestaande gegevens. De resultaten kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om meer inzicht te krijgen in bepaalde deelgebieden en om knelpunten te lokaliseren en te analyseren.

Als men uitspraken wil doen over deelstroomgebieden, zoals de gemiddelde soortenrijkdom, de fractie van een gebied met een ecologische kwaliteitsratio (EKR) groter dan 0,8, de toename van de abundantie van een gidssoort of de soortendichtheid langs waterlopen, heeft men een ruimtelijk model nodig. Een dergelijk model maakt het ook mogelijk om de betrouwbaarheid van de resultaten te maximaleren en te kwantificeren. Dergelijke steekproeven worden daarom ook wel modelgebaseerde steekproeven genoemd (de Gruijter *et al.* 2006).

FIGUUR B1

Voorbeeld van een aselechte steekproef uitgevoerd door het Hoogheemraadschap van Rijnland (overgenomen van Snijders et al. 2015). De strata zijn ingedeeld naar grondsoort, aangevuld met stedelijk gebied.



Voordelen van dergelijke gerichte steekproeven zijn de flexibiliteit, de eenvoud waarop bestaande gegevens kunnen worden verdisconteerd, en dat de betrouwbaarheid van de resultaten kunnen worden gemaximaliseerd en gekwantificeerd. Potentieel nadeel is de benodigde steekproefomvang. Die is doorgaans groter dan die van aselechte steekproeven omdat een ruimtelijk model moet worden gekalibreerd. Bovendien kan de geldigheid van de gemaakte modelveronderstellingen ter discussie worden gesteld, wat nadelig kan zijn in bijvoorbeeld juridische disputen (bijvoorbeeld bij toetsing van de toestand aan wettelijke normen).

Als men gericht op een locatie wil inzoomen om het systeem beter te leren begrijpen is geen ruimtelijk model nodig. Wel moet men zich dan realiseren dat alleen uitspraken kan worden gedaan over individuele waarnemingslocaties en niet over deelstroomgebieden als geheel.

Afgeraden wordt om locaties te kiezen enkel en alleen vanwege de goede bereikbaarheid (dit wordt ook wel convenience sampling genoemd). Denk daarbij aan stuwen, bruggen of waterlopen langs wegen. Hoewel dit mogelijk leidt tot kostenbesparing, leidt dit ook vaak tot een onbekende systematische afwijking (sampling bias). Dat komt doordat voor deze locaties vaak bijzondere omstandigheden gelden. Voor een stuw zijn dit bijvoorbeeld een afwijkende redoxtoestand, accumulatie van organismen en een verhoogde stroomsnelheid. Bij analyse van dergelijke gegevens kun je daarom ook alleen maar uitspraken doen over deze specifieke locaties en niet over het (deel)stroomgebied als geheel.

Deelgebieden (strata)

Voor zowel aselechte steekproeven als gerichte steekproeven kan het studiegebied worden opgedeeld in relatief homogeen veronderstelde ruimtelijke eenheden, de zogenaamde strata. Een gebied kan homogeen zijn naar factoren als grondsoort, ontstaansgeschiedenis, bodemgebruik, belastingen, watertype etc. (voorbeeld van stratificatie op basis van hydro-morfologie in Figuur B2).

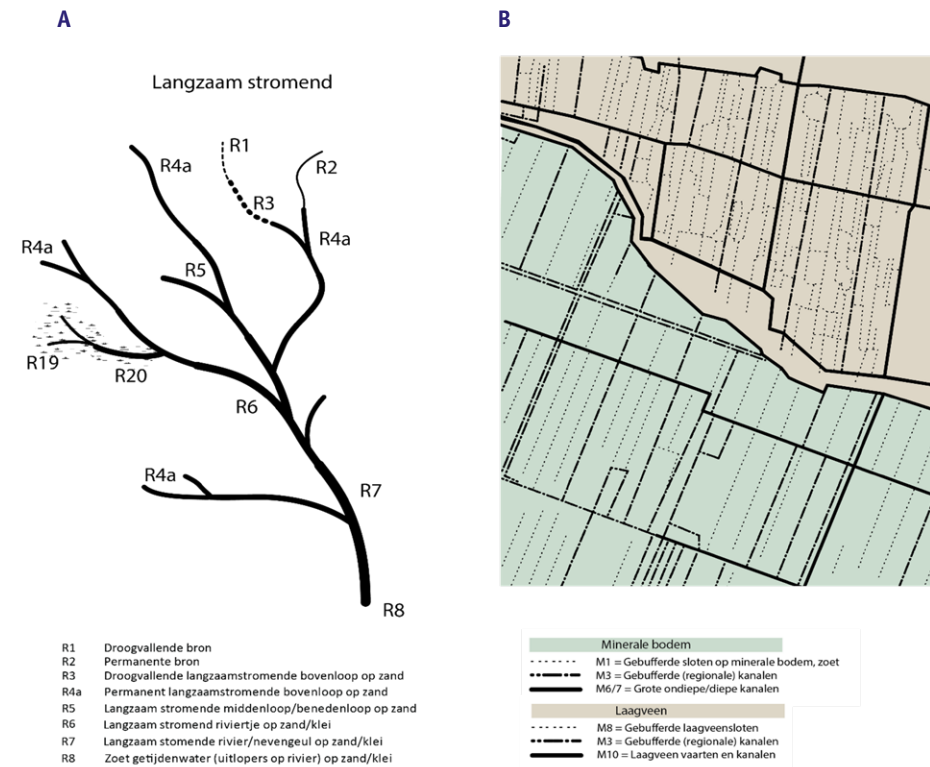
Steekproefomvang

Naast de geografische ligging van de waarnemingslocaties is ook het aantal waarnemingsmeetlocaties van belang. Het aantal waarnemingslocaties kan worden berekend op basis van de minimaal vereiste nauwkeurigheid en/of van het maximaal beschikbare budget. Door gebruik te maken van een ruimtelijk model kan het aantal (en de ligging van) waarnemingslocaties op voorhand worden berekend gegeven een minimale nauwkeurigheidseis.

Als het doel statistisch toetsen is, bijvoorbeeld op de aanwezigheid van significante temporele trends, kan gebruik worden gemaakt van een poweranalyse. Daarmee kan het minimaal benodigde aantal locaties worden berekend gegeven de te detecteren minimale trendgrootte (in bijvoorbeeld soortenrijkdom of ecologische kwaliteitsratio) en het onderscheidend vermogen van de toets. Zie bijvoorbeeld Schulz *et al.* (2019).

FIGUUR B2

Voorbeeld van hydro-morfologische gegevens die als strata kunnen dienen om steekproeflocaties te selecteren met A) stroomgebied met langzaamstromende wateren en B) polder met minerale bodem en laagveen.



BB.2 STEEKPROEVEN IN DE TIJD EN IN RUIMTE-TIJD

Steekproeven in de tijd hebben vaak met een regelmatige frequentie (constant interval), met als doel:

- Trendanalyse
- Modelleren van dynamisch proces
- Interventiemodellering: effect ingreep bepalen

De lengte van de waarnemingsperiode en de waarnemingsfrequentie worden bepaald door de dynamiek van het proces en de vraagstelling. Een jaarlijkse seizoensfluctuatie wordt bijvoorbeeld alleen zichtbaar bij maandelijkse of nog hogere meetfrequenties, maar voor het detecteren van een langjarige trend kan met lagere frequenties worden volstaan. Een proces met een lang “geheugen”, dat wil zeggen een grote afhankelijkheid tussen waarnemingen op opeenvolgende tijdstippen, moet langer worden bemeten dan een proces met een kort geheugen.

Zelden zijn steekproeven in de tijd aselect, maar dit is wel te overwegen als het doel van de steekproef is om bijvoorbeeld een temporeel gemiddelde te toetsen aan een norm. Ook is een kanssteekproef in de tijd te overwegen als onderdeel van een zogeheten BACI-design (Before-After, Impact-Control), wanneer voor een variantieanalyse wordt gekozen als verwerkingsmethode.

Alle monitoringnetwerken zijn ruimte-tijdsteekproeven. Zouden ze dat niet zijn, dan zouden in het ene uiterste de monitoringresultaten ‘fake’ zijn omdat er immers niets is waargenomen, in het andere uiterste zouden de monitoringresultaten de kwaliteit van het oppervlaktewater foutloos weergeven, met de kanttekening dat er geen oppervlaktewater meer is omdat alles in laboratoria foutloos is geanalyseerd. Monitoringnetwerken zijn ruimte-tijdsteekproeven die zich tussen deze twee uitersten bevinden. Dat betekent dat de informatie die verzameld wordt met monitoring een bepaalde nauwkeurigheid heeft.

Er zijn verschillende patronen mogelijk voor ruimte-tijdsteekproeven, onder andere:

1. Statisch: altijd op dezelfde plek terugkeren, maar op elke plek op andere tijdstippen dan op de andere plekken
2. Synchron: overal op hetzelfde tijdstip meten, maar telkens op andere locaties,
3. Statisch-synchron: altijd op dezelfde locaties en tijdstippen meten
4. Roterend: bij een volgende meetronde een deel van de locaties opnieuw bezoeken en voor een deel op nieuwe locaties terugkeren. Hier zijn allerlei varianten bij denkbaar.

Bij deze patronen kan de selectie van locaties en tijdstippen gericht zijn of aselect, afhankelijk van het doel van de monitoring. Bij aselecte steekproeven van locaties en of tijdstippen zijn allerlei designs mogelijk, bijvoorbeeld gestratificeerde aselecte steekproeven, waarbij de ruimte in deelgebieden en/of de tijd in deelperioden wordt verdeeld. Een voorbeeld van een synchron patroon waarbij zowel tijdstippen als locaties volgens een gestratificeerde enkelvoudig aselecte steekproef zijn geselecteerd, is de steekproef om N- en P-totaal in oppervlaktewater te toetsen aan maximaal toelaatbare risicowaarden (MTR) in de Noordelijke Friese Wouden (Knotters *et al.* 2007).

➤ BIJLAGE C DISCUSSIEPUNTEN EN AANPASSINGEN OP HET HANDBOEK HYDROBIOLOGIE

TABEL C1 *Overzicht van de discussiepunten en aanpassingen op het handboek hydrobiologie voor vissen*

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Watertype	Consensus over oplossing	Kennishiaat
BOM-methode of habitatgerichte bemonstering	BOM-methode is geschikt wanneer vissen homogeen verspreid zijn. Dit is mogelijk niet zo voor grote rivieren.	Habitatspecifieke deelmaatlaten, een kleine groepje (RWS, WUR, ATKB) gaat hier in maart over sparren.	Alle	Nog niet	Habitatspecificaties
Diagnostiek	In bemonsteringsgegevens ontbreekt er vaak informatie m.b.t. hydromorfologische kenmerken en andere (kwaliteits)parameters.	Een gestandaardiseerd veldformulier waarbij in detail hydromorfologische eigenschappen en andere (kwaliteits) parameters worden gekwantificeerd/genoteerd.	Alle	Ja	De mogelijkheid van standaardisatie naar voor andere biologische kwaliteitsparameters per watertype (R, M en O)
Frequentie monitoren	Bij een aantal watersystemen is de frequentie te laag bij grote systemen.	Gebruik maken van ontwikkelingen van andere biologische parameters (vegetatie bijvoorbeeld).	Alle	Ja	Wanneer is het aantal bemonsteringspunten genoeg voor een juiste diagnose?
Monitoringsperiode	Op de grote rivieren wordt in het voorjaar bemonsterd, niet ideaal vanwege variabelere omstandigheden zoals waterstand, paaitrek, winterclustering.	Als de logistiek het toelaat, monitoring verschuiven naar het najaar zoals beschreven in handboek hydrobiologie. Afwegingen voor keuzes uit het verleden nagaan.	Grote rivieren	Ja	Hoe vergelijkbaar zijn het voor- en najaar (0+ wintersterfte, habitatkeuze)
Monitoringsperiode	Nazomer/najaar, steeds vaker droog.	Monitoring doorschuiven naar voorjaar of wellicht alleen de elektroscapnet bemonstering.	Kleine wateren	Ja	Hoe vergelijkbaar zijn het voor- en najaar (0+ wintersterfte, habitatkeuze)
Lengtemetingen	In hoeverre kan de conditie van vissen worden meegenomen in de diagnostiek? Meer gebruik maken van lengtemetingen voor diagnostiek en conditie vis noteren.	Standaard noteren conditie van vis, indien mogelijk lengte en gewicht bepalen.	Alle	Ja	Wat zegt de conditie van vis over de visstand?

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Watertype	Consensus over oplossing	Kennishiaat
Elektrovisserij	Efficiëntie is afhankelijk van habitat, persoon, watersysteem. De onbruikbaarheid van zegen in stromend water	Per watersysteem evalueren <ul style="list-style-type: none"> • Gebruik van keurnet toetsen • Alternatieven (eDNA) afwegen 	Kleine R-typen	Ja	Doordat het elektroschepnet erg bemonsteraar specifieke resultaten geeft, kan het zijn dat soorten volledig gemist worden waarbij je niet weet of dit aan de bemonsteraar ligt of dat deze soorten er daadwerkelijk niet zijn.
E-DNA	<ul style="list-style-type: none"> • Waar komt het vandaan (bovenstrooms)? Daardoor ingewikkelde diagnostiek/ maatregelen. • Extern DNA (lozingen, vogel uitwerpselen). • Voldoende betrouwbaar voor aantal soorten? • Onderscheid tussen gerelateerde soorten moeilijk. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verspreiding en afbraak DNA nader onderzoeken. • Combineren met informatie over habitats en andere biologische kwaliteitsparameters. • Resultaten filteren met expertkennis. 	Vooral R-typen	Deels <ul style="list-style-type: none"> • Vooral complementair • Inzetbaar voor macrofauna of plankton? • Doorzetten onderzoek 	<ul style="list-style-type: none"> • Wat betekent het gebruik van DNA voor de beoordeling met deelmaatlaten? • Wat is de meerwaarde voor verschillende biologische kwaliteitsparameters? • Wat is de verspreiding van vis DNA in stromende wateren? • Hoeveel DNA per soort per habitat wordt geregistreerd, wat is de variatie hierin?
Exoten	Grondels en andere exoten meenemen in de maatlaten?	Onderzoeken in welke mate exoten als negatief kunnen/moeten worden beoordeeld (concurrentie inheemse soorten, overdraagbaarheid parasieten, temperatuur-/ habitatgevoeligheid).	Alle	Ja, voor de lange termijn	Habitat Geschiktheids Indexen zijn onbekend voor exoten, concurrentie met inheemse soorten vaak onbekend, drempelwaarden vanaf wanneer exoten moeten worden meegenomen in de maatlaten.
Habitat voorspelt deelmaatlatscore	Diep en ondiep habitat hebben invloed op de hoeveelheid waterplanten en daarmee op de verhouding brasem:limnofielen.	Deelmaatlat limnofielen niet afhankelijk van brasem maken: <ul style="list-style-type: none"> • Meer uitdrukken in "absolute" aantallen/ biomassa • Uitzoeken welke soorten onder welke gildes vallen 	M-typen	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Draagkracht van een systeem is vaak onbekend. • Welke soorten/gildes goede indicatoren zijn is vaak onbekend. • Referentiewaarden (GEP/MEP), analyse van beste gebieden.
Habitat voorspelt deelmaatlatscore	Voor rheofiele, diadrome en eurytope soorten in de R-type wateren geldt het bovenstaande ook.	<ul style="list-style-type: none"> • Door uiterwaardwateren te bemonsteren (bedenken hoe mee te nemen in maatlaten) • Absolute biomassa van kenmerkende soorten/gildes. 	R-typen	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Rol van brasem in ecologie / kwaliteitsbeoordeling. • Robuustheidstesten deelmaatlaten.
Verspreiding soorten over watersysteem	Het voorkomen van soorten op specifieke locaties wordt niet meegenomen.	Percentage voorkomen (FOO over het systeem) naast abundantie en aantal soorten gebruiken voor de maatlaten.	Alle	Deels	<ul style="list-style-type: none"> • Frequency Of Occurrence als alternatief in de deelmaatlaten. • Resolutieniveau tussen soorten abundantie en aantal soorten.

TABEL C2 Overzicht van de discussiepunten en aanpassingen op het handboek hydrobiologie voor macrofauna.

Onderwerp	Discussiepunt	Mogelijk probleem	Aangedragen oplossing	Knelpunt dat oplossing in de weg staat/actie nodig	Watertype	Consensus	Kennishiaat
Timing bemonstering in seizoenen	Effect van wisseling in bemonsteringsmoment per monsterpunt in de tijd binnen seizoen (bijv. jaar in april en ander jaar in juni)	Door seizoensvariatie moeilijk data bij analyse met elkaar te vergelijken	<ul style="list-style-type: none"> Op monsterpunt altijd op hetzelfde moment in het jaar bemonsteren; dit meenemen in bemonsteringsplanning. Volgorde punten in de tijd inschatten op basis gebiedskennis. 	Geen	Alle	Ja	Wat is eigenlijk de variatie in voorkomen soorten door het jaar heen, wat is het effect op toestandcores, diagnose? Oud onderzoek beschikbaar, goed dit opnieuw te bekijken.
	Krijg je een vertekend beeld van de ecologische kwaliteit wanneer je later in het voorjaar monstert omdat soorten eerder emergeren door klimaatverandering?	Onderwaarden ecologische toestand locatie omdat je veel kenmerkende soorten mist later in het seizoen		Logistiek/capaciteit planning labs beperkend als alles in maart-april moet	Stromend, mogelijk minder relevant in stilstaand	Nee, meningen zijn verdeeld over of dit daadwerkelijk optreedt	Onderzoek nodig, wordt in 2025 kleinschalig opgestart door i.i.g. WAM (aantal laaglandbeken) en HDSR (Kromme Rijn)
	Najaarsbemonsteringen worden op veel plekken geschrapt	Minder compleet beeld levensgemeenschap		Geen	Alle	Ja	Wat is eigenlijk de variatie door het jaar heen, wat is het effect op toestandcores, diagnose? Oud onderzoek beschikbaar, goed dit opnieuw te bekijken
	Wanneer moeten wateren die sterk in verschijningsvorm veranderen in de tijd worden bemonsterd (o.a. opdrogende plas)?	Krijg je wel een goede inschatting van de toestand wanneer maar op één moment gemeten wordt?		Goede gebiedskennis noodzakelijk	Droogvallende wateren	Ja	Geen

Onderwerp	Discussiepunt	Mogelijk probleem	Aangedragen oplossing	Knelpunt dat oplossing in de weg staat/actie nodig	Watertype	Consensus	Kennishiaat
Methode	Het aantal meters dat geschept wordt ligt niet vast bij multihabitatmethode, hierdoor kan variatie ontstaan in monstergrootte (5-10 m)	Dit heeft effect bij maatlatten die sterk door soortenrijkdom worden gestuurd (bijv. sloten). Hoe meer meters, hoe meer soorten, hoe hoger EKR.		Minder ruimte voor inzet veldkennis monsterner, die gericht bepaalde habitats monstert om zo een zo goed mogelijk beeld te krijgen van toestand.	Vooral M-typen (sloten), maar zou overal effect kunnen hebben	Nee, discussie over effect en ook het belang van meer meters nemen bij groter aantal habitats	Testen hoe robuust maatlatten zijn bij toenemende monsterlengte. Indien grote afwijking strikter protocol invoeren
	Effect van doormonsteren bij weinig dieren in monster tot bepaald aantal individuen is gehaald (conform handboek)	Mogelijk worden slechte monsters overgewaardeerd (meer soorten geeft hogere score, feit dat er weinig dieren worden gevonden kan teken zijn van verstoring)		Aanpassen berekeningen in programma's zodat deze stopregel wordt doorgevoerd	Alle	Nee, aanpak verschilt per lab	Testen wat effect is van doormonsteren tot op een vast aantal individuen.
	Sommige soorten/groepen worden niet representatief bemonsterd met huidige methode	Tellen wel mee in beoordeling (bijv. grote waterkevers, schaatsenrijders, kreeften, zwanemosselen)		Schrappen niet wenselijk, ook grijs gebied want geldt waarschijnlijk voor meer soorten. Alternatief is andere methode naast huidige te gebruiken, maar dit is goed niet haalbaar i.v.m. inspanning	Alle	Ja	Testen wat bijdrage op totale score is van dit type soorten?
	Natte oevers meenemen of niet?	Als oever genegeerd wordt mis je veel indicatieve soorten, bijv. nvo's, plasdras-sloten		Inschatting waar grens ligt tussen land en water kan lastig zijn in veldsituatie, vraagt interpretatie van de veldmedewerker	Alle	Ja	Meer aandacht hiervoor is belangrijk. Verkennen waarde dieren gevonden net boven waterlijn. Sommige monsternemers spoelen oeverlijn t.b.v. kevers. Goede indicatoren hydromorfologie (loopkevers)

Onderwerp	Discussiepunt	Mogelijk probleem	Aangedragen oplossing	Knelpunt dat oplossing in de weg staat/actie nodig	Watertype	Consensus	Kennishiaat
Uitzoeken	Fijnere zeef gebruiken dan protocol (250 ipv 500 µm) geeft meer watermijten en wormensoorten	Indicatorsoorten spoelen door zeef		Afweging t.o.v. hoeveelheid uitzoekwerk, veel eerste stadia die niet determineerbaar zijn morfologisch	Stromend	Ja	Wat is effect precies, valt het niet weg tegen andere afwijkingen?
	Hoeveelheid dieren per groep uitzoeken is variabel per plek/lab	Missen van indicatorsoorten bij te kleine steekproeven		Hoeveelheid werk versus extra informatie, in ieder geval niet te weinig eruit halen!	Alle	Ja	n.v.t.
	Oligochaeta staan als facultatief om uit te zoeken in Handboek Hydrobiologie, net zoals watermijten in bepaalde watertypen	Missen van indicatoren		n.v.t.	Alle	Ja	n.v.t.
Determineren	Hoe ver moet er worden doorgedetermineerd in bepaalde groepen waar nieuwe determinatieliteratuur over beschikbaar is gekomen (bijv. bepaalde Diptera)?	In feite moet alles tot op het laagste taxonomische niveau op naam worden gebracht, maar door het verschijnen van steeds meer nieuwe werken neemt de inspanning hiermee ook verder toe		<ul style="list-style-type: none"> Determinatieinspanning per monster neemt steeds verder toe. TWN lijst nu niet up-to-date, actie nieuwe taxonomische inzichten verwerken (wijzigingen genus en soortnamen) en nieuwe soorten toevoegen. 	Alle	Ja	Soorten tellen vaak niet mee in maatlatten want waren niet bekend ten tijde van opstellen, staan er bijv. als genus in.

TABEL C3 *Overzicht van de discussiepunten en aanpassingen op het handboek hydrobiologie voor macrofyten. De tabel geldt voor alle watertypes.*

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
1. Wijze van bemonsteren en analyseren	Kennisniveau analist; niveau naamgeving; duidelijkheid over mossen. Er zijn verschillen tussen NEN en KRW.	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteitsborging door ringonderzoek (taak Unie van Waterschappen om dit te organiseren). • Cursussen moeilijke soorten (bijv. Kranswieren, grassen), opleiding, herbaria. • Referentiecollecties • Meer uitwisseling tussen waterbeheerders. 	Ja	Kennis en ervaring met soorten; Gebruik DNA-analyse voor soorten
2. Bemonsterings-frequentie	Of je in het voorjaar of in het najaar een opname maakt, maakt verschil uit a.g.v. vele waterplanten die in mei – juli tot ontwikkeling komen. Sommige zijn in het najaar verdwenen (cyclus voltooid).	<ul style="list-style-type: none"> • Meerdere keren per jaar bemonsteren. • Standarisatie van bemonsteringsperiode. • Optimum is 2 bemonsteringsrondes; suboptimaal is standarisatie per locatie en per maand. 	Ja	n.v.t.
3. Bemonsterings-methode	Met een hark mis je soorten, zeker bij een lage bedekking; de harkmethode dient concreter te worden beschreven.	<ul style="list-style-type: none"> • Hark methode standaardiseren: gaas tussen de tanden van een hark bevestigen. • Gemiddelde hoogte toevoegen van de submerse vegetatie. 	Ja	n.v.t.
4. Proefvlak keuze en grootte	Begrenzing van de oeverzone	<ul style="list-style-type: none"> • Methode aanreiken om oeverzone te begrenzen. • Standarisatie van methodes (o.a. zones) en begroeibare arealen. • Soortenlijst van "droge" en "natte" soorten; riet niet gebruiken voor begrenzing. 	Ja	Soortenlijsten om te gebruiken voor de boven- en onderbegrenzing van de oeverzone
5. Gebruik door andere stakeholders (natuurbeheerders)	Hoe kan beter worden aangesloten op de monitoring door de natuurbeheerders?	<ul style="list-style-type: none"> • Een volledige opname is nodig voor andere doeleinden dan KRW. • Planten buiten de opname als losse waarnemingen. 	Ja	n.v.t.

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
6. Welke soorten doen mee in de oeveropname?	Problemen met benoemen van soorten in de oeveropname: welke soorten doen mee? Mossen? Droge soorten?	<ul style="list-style-type: none"> • Samenstelling van alle soorten wel meenemen, ook in rivieren en ook de droge soorten (dit laatste geeft aansluiting aan de monitoring van de natuurbeheerders). • Mossen enkel meenemen in veengebieden, in bronnen, rivieren en in zure vennen. • Altijd alle groeivormen schatten. • Verschillende soortenlijsten nodig voor onder- en bovenbegrenzing van de oeverbegroeiing. 	Ja	n.v.t.
7. Wat valt onder de verschillende KRW-oeveren? Hoe de oever begrenzen/ Wat te doen met vooroevers? Hoe de oeverzone te begrenzen? Hoe om te gaan met fluctuerend peil? Hoe groot/ breed is de oever?	De begrenzing van de oevers wordt gezien als een probleem en zou moeten worden gestandaardiseerd.	Op basis van soortenlijsten de begrenzing van de oeverzone in het veld mogelijk maken.	Ja	Soortenlijsten om te gebruiken voor de boven- en onderbegrenzing van de oeverzone
8. Hoe het beste de rietbreedte en de beschaduwning van beken in te schatten?	Als je in het veld staat, is de breedte van een rietkraag niet goed in te schatten. De beschaduwning van beken is moeilijk in het veld in te schatten	<ul style="list-style-type: none"> • Gebruik maken van luchtfoto's/ satellietbeelden. • Breedte van de oeverzone noteren. 	Ja	Is er een betere methode om beschaduwning van beken in te schatten?
9. Proefvlakkeuze en oriëntatie	Zonering: welke kant van een water bemonsteren? Wat is representatief? Hoe rekening te houden met zonering? Dienen oever- en wateropname bij elkaar te liggen in een gradiënt?	Oriëntatie van de oevers vastleggen.	Ja	n.v.t.
10. Wat is representatief?	Hoeveel zones moeten worden onderscheiden. Hoe groot is een proefvlak voor een representatieve opname op de oever, in het water, in de diepte?	<ul style="list-style-type: none"> • Groot oppervlak voor KRW behouden. Daarbinnen twee kleine vegetatie-opnamen maken. • Minimum aantal/ oppervlakte proefvlak per watertype. • Voor soort specifieke monitoring--> meerdere kleine opnamen binnen gradiënt. 	Ja	Hoeveel meetpunten zijn nodig voor een goede beschrijving van het water? T.b.v. KRW en t.b.v. diagnose stellen

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
11. Opnameschaal	Welke opnameschaal is de beste?	<ul style="list-style-type: none"> Voor verschillende doeleinden werken verschillende schalen. Kleine opnamen in percentages bedekking; Voor KRW opnamen is de Tansley schaal het meest geschikt. 	Ja	<ul style="list-style-type: none"> In hoeverre kunnen met remote sensing groeivormen worden ingeschat? Hoe kunnen satelliet en remote sensing data worden gebruikt bijv. om groeivormen in te schatten? Er is overeenstemming nodig over hoe de Tansley schaal om te rekenen naar percentages.
12. Bedekking van groeivormen schatten	In de praktijk is het niet altijd gemakkelijk om het percentage bedekking van de groeivormen in te schatten	<ul style="list-style-type: none"> Totale bedekking schatten of het percentage kale bodem inschatten en omrekenen. Aanvullend ook de hoogte van de submerse vegetatie noteren. De huidige groeivormen zijn OK voor de KRW. 	Ja	n.v.t.
13. Waar de groeivormen opnemen? En welke groeivormen opnemen per soort?	We bespreken de schatting van de bedekking van de groeivormen in het veld. De aparte schattingen van de groeivormen is belangrijk maar ook de somparameters. De totale bedekking kan meer dan 100 % zijn, omdat lagen zich boven elkaar kunnen bevinden. De groeivormen kunnen zeer variabel zijn in de tijd.	Altijd alle groeivormen opnemen in de verschillende zones (zowel water- als in oeverzone), en ook de somparameters.	Ja	Nader onderzoek nodig naar de vraag: Geven de groeivormen of de variatie in groeivormen een goede indicatie?
14. Zijn de huidige groeivormen adequaat?	We bespreken of de groeivormen nu onderscheiden in de KRW-maatlat voldoende zijn of dienen te worden uitgebreid. Er zijn uitgebreidere typering van groeivormen beschikbaar uit de literatuur, bijv. Den Hartog en Segal (1964).	<ul style="list-style-type: none"> De huidige groeivormen zoals onderscheiden in de KRW-maatlat zijn voldoende voor de KRW maar niet voor andere doeleinden. Verdere kwalificering van groeivormen is nodig voor specifieke watertypen (bijv. laagveen). 	Ja	n.v.t.
15. Onderscheid van FLAB (Floating Algae Beds) versus draadalgen is verwarrend	Floating Algae Beds zijn de drijvende draadalgen. Ze gaan drijven door gasontwikkeling. In een water kun je een draadalgenlaag op het sediment aantreffen en/of een drijvende draadalgenlaag.	<ul style="list-style-type: none"> De verschillende lagen apart onderscheiden en ook de draadalgen apart schatten van de submerse vegetatie. Draadalgen apart van FLAB schatten. 	Ja	
16. Hoe kan worden aangesloten bij de monitoring van de natuurbeheerders?		Er is consensus dat het belangrijk is om zoveel mogelijk aan te sluiten bij andere monitoringsinspanningen. Aansluiten bij Natura 2000 en Rijkswaterstaat kaarten	Ja	

TABEL C4 Overzicht van de discussiepunten en aanpassingen op het handboek hydrobiologie voor fytoplankton en fyto benthos.

Onderwerp	Discussiepunt	Oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
Bemonstering	Standaardisatie: monstername is veel uniformer dan in het verleden wat voordelen oplevert voor het verwerken en vergelijken van de data.	Hier blijft afstemmen en het volgen van het juiste protocol van belang omdat correct bemonsteren nodig is om resultaten te kunnen vergelijken in de ruimte en in de tijd. Dit vraagt van ervaren analisten om mee het veld in te gaan om monsternames te begeleiden. Andere interpretaties van de uitleg in tekstvorm kunnen zo voorkomen worden. Op deze manier gaan verschillen in monsternames minder afhankelijk zijn van de monsternemer (zie ook andere parameters).	Ja Eerst niet omdat protocollen te streng zouden zijn maar na bespreken wat dit juist inhoudt en betekent voor het verdere verwerken van de data wel. Dit gaat specifiek over de handelingen en materialen om het monster te nemen.	Geen kennishiaat maar mogelijk andere interpretatie van beschrijving in protocol en gebrek aan ervaring.
	Andere parameters die de monstername beïnvloeden zoals bijvoorbeeld fysieke kenmerken van deegene die bemonstert. Zo is niet elke meetlocatie voor iedereen bereikbaar. Dit heeft ook invloed op de monstername maar deze kenmerken worden vaak niet genoteerd hoewel dit nodig is voor goede interpretatie van de data.	<ul style="list-style-type: none"> Dit wordt al genoteerd bij sommige laboratoria om tot een betere analyse te komen. Aangeraden is om dit altijd te noteren. Jaarlijks overleg over aanpak bemonsteringen waarbij iedereen bijleert van de ervaringen van anderen draagt bij aan betere standaardisatie. 	Ja	n.v.t.
	Focus op bemonsteren van knelpunten	<ul style="list-style-type: none"> Meestal wordt vanuit een slechte toestand een monitoring/eenmalige bemonstering opgezet. Beter is om ook goede toestanden te bemonsteren om zo meer inzicht te verkrijgen in wat je hoort te verwachten in bepaalde wateren. Voorkennis geeft je inzicht in wat er anders is en helpt je zoeken naar de juiste interpretatie van wat je in het monster aantreft. Om de werking van het systeem beter te begrijpen helpt het om het veld in te gaan, liefst analisten en ecologen samen. 	Ja	Inzicht in wat de data uiteindelijk opleveren en zeggen over een gebied is hiervoor nodig. Interpretatie en goede gebiedskennis zijn hiervoor cruciaal en niet altijd aanwezig bij de opdrachtgevers/dataverwerkers.
	<ul style="list-style-type: none"> Minder kennis rondom projectmonitoring. Er wordt bemonstert om een bepaalde vraag te beantwoorden binnen een project maar zonder voldoende kennis, zodat je niet weet wat je moet gaan meten. Protocollen die ondersteuning bieden voor een goede bemonstering worden bij onvoldoende kennis niet naar de juiste inzichten geïnterpreteerd. 	Om een goed meetnet uit te zetten binnen een project is ervaring en inzicht nodig. Opnieuw is gebiedskennis en inzicht in het functioneren van het systeem hierbij van belang. Het bijspijkeren van kennis op themadagen zodat analisten en ecologen de juiste, representatieve locaties voor bemonstering kunnen vaststellen en de data kunnen interpreteren.	Ja	idem

Onderwerp	Discussiepunt	Oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
	Meetlocaties zijn meestal niet representatief voor de biologie. Dit is duidelijk een algemeen probleem waardoor resultaten een vertekend beeld geven. Locaties worden gekozen vanuit andere overwegingen zoals bereikbaarheid, bestaande meetnet of gemakshalve door het combineren met andere ander metingen (bv chemie).	<ul style="list-style-type: none"> Meetpunten zijn niet vlakdekkend maar liggen meestal in het afvoerputje van verschillende gebieden. Als haarvaten in het achterliggende gebied meegenomen worden krijg je veel meer inzicht in wat er zich in het gebied afspeelt op vlak van waterkwaliteit. Het is daarom belangrijk dat voor de gekozen meetpunten afstemming is tussen ecooloog en analist. Het is ook nodig om tijd te investeren om betere locaties te kiezen die misschien minder toegankelijk zijn maar betere inzichten in de werkelijke status van het water opleveren. 	Ja	Een goede gebiedskennis vormt hier een kennishiaat indien niet aanwezig bij uitvoerders en/of opdrachtgevers. Deze kennis is nodig om een goed vlakdekkend meetnet op te stellen.
	Budget bepaalt vaak de monsterlocaties: meer tijd betekent meer geld.	Er is afstemming nodig tussen analist en ecooloog om tot representatieve monsterlocaties te komen binnen de mogelijkheden van het project.	Ja	Gebiedskennis is vaak te beperkt waardoor geen representatief meetnet wordt opgesteld.
	Slechts op enkele plaatsen worden sieraalgen meegenomen.	Ook sieraalgen bemonsteren helpt om meer inzicht te krijgen in wat er zich in het watersysteem afspeelt.	Ja	Bemonstering sieraalgen meenemen en protocol voor opstellen.
Analyse	Te beperkte standaardversies van op te leveren analysedata waardoor veel informatie verloren gaat. Extra informatie moet nu in één kolom onder opmerkingen. Hier staat te veel informatie, wat het vinden van de juiste informatie bemoeilijkt voor degene die deze data verder verwerkt en hopelijk interpreteert. Deze data worden daarom vaak verwijderd terwijl deze juist belangrijke informatie bevatten.	Uitbreiden van de op te leveren dataset van de analyses met extra velden is nodig om hierin orde te verkrijgen en het vermijden dat (cruciale) informatie verloren gaat. Als dit gestandaardiseerd wordt kan het overal toegevoegd worden en kunnen de inzichten van de analist meegenomen voor eventuele latere dataverwerking en interpretaties.	Ja	n.v.t.
	De vele data die verzameld worden zouden samen met interpretatie ervan opgeleverd moeten worden. Dit gebeurt nu enkel als dit specifiek gevraagd wordt. Bovendien zijn deze zijn zelden gebiedsdekkend waardoor een goede interpretatie niet altijd mogelijk is.	Voor alle analisten is het delen van de kennis die zij uit hun analyses halen belangrijk gezien de kennis voornamelijk bij hun zit en niet altijd bij dataverwerkers. Rapportages opleveren met interpretatie zoals in het verleden wel gedaan werd is gewenst. Of zoals bij sommige waterbeheerders, bijvoorbeeld Wetterskip Fryslân, waar analisten en ecologen samenwerken.	Ja	Geen hiaat enkel in overlevering en aandacht voor het belang van de kennis.

Onderwerp	Discussiepunt	Oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
	Geen koppeling tussen Taxainfo en EBEO indicatiewaarden	Datasets uitbreiden zodat koppeling makkelijker wordt. Dit kan door TWN uit te breiden met gestandaardiseerde velden met nuttige informatie die analist verkrijgt door specifieke kenmerken te noteren die helpen bij de interpretatie van het monster. Hiervoor zijn gebiedskennis en inzichten in het functioneren van een ecosysteem noodzakelijk.	Ja	Geen kennishiaat maar belangrijk dat er kennisoverdracht is en dat analisten deze kennis kunnen aanleveren.
	Sieralgen vormen onderdeel van een goede analyse van het watersysteem en worden nu niet meegenomen.	Het zou vanzelfsprekend moeten zijn om de aanwezige kennis van sieralgen in te zetten.	Ja	Sieralgenmaatlat
	De wensen van de ecologen stemmen niet overeen met de resultaten van de analyses.	Na oplevering van enkel data worden deze verwerkt volgens de verplichte regelgeving maar interpretaties ontbreken omdat de ecologen niet altijd de kennis bezitten voor goede interpretatie van de aangeleverde data. Deze informatie meeleveren en jaarlijkse themadagen organiseren om deze kennis bij te spijkeren kunnen hierbij helpen.	Ja	Ecologen moeten gericht vragen stellen, analyses moeten gericht zijn op het beantwoorden van die vragen.
	Tussen de opdrachtgever en de analist zitten vaak vele lagen waardoor er weinig tot geen rechtstreekse communicatie is. Doordat analist en ecoloog te ver van elkaar staan gaat belangrijke informatie verloren.	Meer info dan enkel basisgegevens uitwisselen via bijvoorbeeld oplevergesprekken met alle partijen. Voor degenen die de data verwerken zouden elk jaar themadagen georganiseerd kunnen worden zodat kennis wordt overgedragen. Zo wordt de kennis ingezet in de verdere verwerking van de data en kunnen maatlaten verbeterd worden (zie ook koppeling TWN-EBEO).	Ja	n.v.t.
Informatie-systemen, TWN en taxonomie	Inrichting van informatiesystemen is te beperkend in wat je kan opleveren. Eén extra veld voor opmerkingen is te weinig. Hier wordt of veel informatie gegroepeerd of juist weggelaten waardoor deze informatie onoverzichtelijk wordt of moeilijk te interpreteren is.	Zoals eerder aangegeven is uitbreiden van het aantal gestandaardiseerde velden nodig om geordend informatie toe te voegen. Overleg over de juiste invulling hiervan tussen analisten geeft de beste dataset zodat data ook later makkelijker geraadpleegd kunnen worden.	Ja	n.v.t.
	Achterstand in bijwerken TWN-lijst leidt tot onvolledigheid en nog meer beperkingen in wat je kan opleveren.	RWS heeft de verantwoordelijkheid om deze lijst bij te houden in opdracht van Informatiehuis Water. Een betere aansturing van de beheerder van de lijst kan dit oplossen. Dit is belangrijk gezien gebruik van de lijst verplicht is voor oplevering van de data.	Ja	n.v.t.

Onderwerp	Discussiepunt	Oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
	Geen taxonomische consensus, wat leidt tot het ontbreken van geldige namen en enkel aanduiding hoger taxonomisch niveau dan mogelijk zou zijn.	Dit oplossen is wat complexer omdat er consensus moet zijn tussen analisten. Bijeenkomsten om dit te bespreken en knopen door te hakken vergemakkelijken algemeen correct gebruik van deze lijst.	Ja	n.v.t.
	Literatuur die gebruikt wordt voor analyse kan verschillen.	Er wordt duidelijk aangeven welke literatuur gebruikt wordt vanuit de TWN. Een overzichtelijke en makkelijk te vinden literatuurlijst die tijdig bijgewerkt wordt ontbreekt. Bij nieuwe soorten tijdig aangeven als informatie over welke literatuur te gebruiken beschikbaar is.	Ja	Nieuwe soorten geven tijdelijk wat moeilijkheden in correcte naamgeving maar dit is een vanzelfsprekend kennishiaat dat met een goede aanpak tijdig kan aangepakt worden (zie ook TWN- geen taxonomische consensus oplossing)
	Taxonomische onenigheid leidt tot meer fouten over spreiding en zeldzaamheid van soorten. Zo werden sommige soorten vroeger ingedeeld onder één soort terwijl het nu twee verschillenden blijken te zijn	Bij verwerken van data is daarom voldoende informatie in de dataset van belang. Ook de aanpak van dit probleem moet uniformer op een correct uitgewerkte wijze door ervaren analisten. Hier geldt ook weer dat kennisoverdracht en een duidelijke werkomschrijving nodig zijn.	Ja	n.v.t.
	PON - focus op taxonomie maar ecologische kennis moet bijgespijkerd worden	Als de werking van fytoplankton en fytoenthos in het ecologische systeem verduidelijkt wordt kunnen ze beter ingezet worden om de ecologische waarde van het systeem waar ze voorkomen te verklaren. Ook hier is kennisoverdracht weer aan de orde.	Ja	n.v.t.
	<ul style="list-style-type: none"> Telstrategie, opgesplitst in groot of klein, zou eenheid moeten bieden in analysemethode maar hier is onduidelijkheid over zeker bij startende analisten. Handboek Hydrobiologie vs. NEN Het handboek geeft aan dat je begint met tellen, volgens NEN ga je eerst een soortenlijst opstellen en dan tellen. De juiste telstrategie kiezen kan daarom moeilijk zijn. 	Begeleiding en bijscholing kunnen beginnende analisten helpen. Zo wordt ook een betere telstrategie aangehouden die beter overeenkomt met de doorwinterde analisten en kan de juiste telstrategie gekozen worden naar gelang het monster en de vraag vanuit de ecologie.	Ja	n.v.t.

Onderwerp	Discussiepunt	Oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
	Bijwerken handboek hydrobiologie en dit communiceren. Er zijn wijzigingen doorgevoerd maar die worden niet altijd duidelijk gecommuniceerd. Er is ook onvoldoende aandacht om in overleg met meerdere analisten het handboek up to date te houden.	<ul style="list-style-type: none"> De kennis over het fytoplankton groeit sterk waardoor het tijdig bijwerken van het handboek hydrobiologie nodig is. Dit draagt ook bij tot betere aansluiting van de monstermethode bij internationale methodes. Al blijft het ook belangrijk de beschreven protocollen met inzicht te interpreteren. Als de tekst vaker niet juist geïnterpreteerd wordt vraagt dit om verduidelijking in het handboek. Indien er aanpassingen zijn is het ook nodig deze te communiceren zo is iedereen die er mee werkt ook weer op de hoogte. 	Ja	n.v.t.
Limitaties	Budget bepaalt vaak welke analyses worden uitgevoerd i.p.v. wat nodig is.	Een betere kosten-batenafweging in overleg tussen analist en ecooloog levert beter bruikbare analysedata op. Nu ligt de beslissing over hoe er geanalyseerd wordt bij het budget waardoor dit niet vanuit de kennis van de analyse gebeurt.	Ja	n.v.t.
	De tijd die analisten hebben om de monsters te verwerken is vaak te beperkt, meer tijd betekent ook dat er meer kan ingezet worden op het meeleveren van een goede interpretatie en betere communicatie met de opdrachtgever/dataverwerker.	Budgetten efficiënter inzetten door analist mee te nemen in wat de meest effectieve bemonstering en analyse, inclusief interpretatie, is binnen het budget.	Ja	Kennis gaan halen waar die zit. Overleg met analist voor je beslist hoe je tijd en budget gaat inzetten.
	De software die beschikbaar is wordt steeds verder ontwikkeld en is beter beschikbaar. Het gebruik ervan is nog beperkt net als het inzicht in de werking of inzetbaarheid.	<ul style="list-style-type: none"> Kennis van de software en de functies d.m.v. cursussen waarbij kennis ontwikkelen over de interpretatie van de data aan bod komt. 	Ja	n.v.t.
	Rode lijsten kunnen bijdragen om het belang van soorten te aan te duiden en fytoplankton meer onder de aandacht te brengen.	<ul style="list-style-type: none"> Dit kan fytoplankton meer onder de aandacht brengen en helpen om meer inzicht te geven aan het ecologisch functioneren ervan zodat fytoplankton vaker correct ingezet worden bij analyses van het watersysteem. 	Ja	n.v.t.

TABEL C5 *Overzicht van de discussiepunten en aanpassingen op het handboek hydrobiologie voor zoöplankton.*

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
Toepassing	Hoe kan zoöplankton worden ingezet in de beoordeling?	Beoordeling kan op basis van 1) biodiversiteit, 2) indicatiewaarde milieu, 3) functionele rol. De groep zoöplankton kan met name inzicht geven over het systeem door hun functionele rol. We beperken ons hier tot mesozoöplankton.	Ja	Wetenschappelijk weten we veel over de rol van zoöplankton, en over hoe deze kennis te gebruiken is voor beheer. De gebruiker is echter minder op de hoogte van de mogelijkheden van gebruik van de groep zoöplankton voor diagnose van knelpunten.
Bemonsteringsfrequentie	Bemonstering van 7 maanden in groeiseizoen is te beperkt. Er is doorlopende data nodig.	<ul style="list-style-type: none"> • Het handboek zou een minimum bemonstering per beoordelingsmethode moeten beschrijven, want hoe zwaarder de plicht, hoe kleiner de kans dat het wordt toegepast. • Sluit aan bij bemonsteringen in groeiseizoen. Advies: bemonster 1-3 maal buiten groeiseizoen voor goed begrip van het systeem. Uitgaande van het doel: weten wat de startpositie is van het zoöplankton per jaar. Daarvoor in februari bemonsteren. • In geval van een specifieke vraagstelling, en voor meer inzicht, is een aangepaste bemonsterings-frequentie nodig, bijv. oplopend tot 2-wekelijks in grote wateren als het Markermeer. 	Ja	n.v.t.
Bemonsteringslocatie	Verticale dimensie	Als een enkel monster wordt genomen, dan moet de gehele waterkolom bemonsterd worden. Vanwege verticale migratie kunnen organismen zich op de bodem ophouden. Wanneer kwalitatief wordt gemeten, kan een net worden gebruikt. Wanneer kwantitatieve data nodig zijn, wordt er om de meter een gedefinieerd volume bemonsterd, bijv. met een pomp.	Ja	n.v.t.

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
	Horizontale dimensie	Minimum is een monster in open water en een littoraal monster (indien littorale zone aanwezig is) voor een beter beeld van het gehele waterlichaam. Reden is dat het littoraal een refugium kan zijn van zoöplankton in geval van vispredatie.	Ja	n.v.t.
	Littorale zone	<ul style="list-style-type: none"> In de littorale zone kan grote ruimtelijke variatie optreden. Een mengmonster van locaties langs de oever kan deze variatie meenemen. Een teveel aan sediment en detritus kan onbruikbare monsters opleveren. Vermijd sediment/vegetatie en bemonster juist open plekken. Doel is om te zien of pelagisch zoöplankton zich in de oeverzone schuilhoudt. 	Ja	n.v.t.
	Aanvullend advies	Indien het water bevaren is, bemonster dan niet in de vaargeul. Als er een sluis of brug is, bemonster dan niet daar. Bemonster ook niet in de schaduw.	Ja	n.v.t.
Bemonsteringsvolume	Te groot bemonsteringsvolume voorkomen	<ul style="list-style-type: none"> Richtlijnen opstellen voor bemonsteringsvolume. Het volume is afhankelijk van het minimum benodigd aantal individuen, wat weer afhankelijk is van de analysemethode (aldaar in handboek omschreven). Het benodigd volume om een minimum aantal individuen te bemonsteren kan erg verschillen per waterlichaam. In eutroof water kan 1 L genoeg zijn, tegenover 50-200 L voor oligotroof of door zout beïnvloed water. Advies is om eerst een pilot te doen om volume te bepalen, of om voorbeelden uit de praktijk te nemen. Het is wel van belang dat er gedurende het jaar één bemonsteringsmethode wordt aangehouden. 	Ja	n.v.t.

Onderwerp	Discussiepunt	Aangedragen oplossing	Consensus over oplossing	Kennishiaat
Methodologische vernieuwing	Hoe zetten we nieuwe technieken in?	<ul style="list-style-type: none"> Nieuwe technieken hebben voordelen die de analyse kunnen aanvullen, in hoeveelheid te analyseren volume, in snelheid en in kosteneffectiviteit. Met bijvoorbeeld gebruik van een scanner, beeldherkenning en een opgebouwde referentie-database, kunnen individuen op hoger taxonomisch niveau worden ingedeeld. Daarmee kunnen functionele groepen worden bepaald, met als bijkomend voordeel dat de grootte-distributie eenvoudiger te berekenen is. Het nadeel is wel dat de individuen niet aan een lager taxonomisch niveau kunnen worden toegewezen. De genoemde beeldherkenningstechnieken zijn daarmee een mogelijke uitbreiding, maar geen vervanging van handmatige analyse. We moeten er ook voor waken dat praktische (taxonomische) kennis verloren gaat. DNA-gebaseerde technieken kunnen determinatie van taxa aanvullen, die morfologisch moeilijk op naam te brengen zijn. Het nadeel is echter dat DNA-gebaseerde technieken geen informatie geven over de stadia waarin de individuen zich bevinden, wat bijvoorbeeld nodig is voor een beoordeling op basis van de Lengte-frequentieverdeling. 	Nee	Hoe kunnen we voordelen van nieuwe technieken gebruiken en tegelijkertijd taxonomische identifikatiekennis behouden?

➤ BIJLAGE D INZETTEN VAN DNA-TECHNIEKEN IN HET WATERBEHEER

Dit overzicht beschrijft per soortgroep de state-of-the-art van DNA-analyse van bulkmonsters (bulk-DNA) en van environmental DNA (eDNA) in het waterbeheer. Het onderscheid is relevant: eDNA detecteert uitsluitend sporen van organismen en is daardoor non-invasief, terwijl bulk-DNA vereist dat de organismen zelf worden gevangen. Per soortgroep hebben beide methoden hun voor- en nadelen, en deze worden besproken in het licht van de traditionele methoden, waarbij de resultaten van workshop 3 die werd bijgewoond door meerdere DNA-experts worden meegenomen (Van der Lee *et al.* 2025).



Waterpissebed (*Asellus aquaticus*)

MACROFAUNA

Traditionele morfologische identificatie van macrofauna is arbeidsintensief en afhankelijk van taxonomische expertise. DNA-metabarcoding biedt hiervoor een alternatief: het is minder tijdrovend, vraagt geen diepgaande taxonomische kennis, is niet seizoen afhankelijk en maakt determinatie mogelijk van fauna in vroege levensstadia zowel als beschadigde individuen, mits referentiedatabases voldoende compleet zijn.

Zowel eDNA als bulk-DNA methoden worden gebruikt voor biodiversiteitsonderzoek met macrofauna, maar met duidelijke verschillen in toepassing en betrouwbaarheid. Water eDNA is non-invasief, kostenefficiënt en snel uit te voeren, waardoor het aantrekkelijk is voor vlugge brede screenings. De methode is echter gevoelig voor contaminatie en off-target amplificatie (bijv. van zoöplankton, terrestrische insecten en fytoplankton), levert niet altijd alleen maar lokale resultaten op en heeft bovendien doorgaans een zeer lage overeenkomst met traditionele morfologische analyses (van der Lee *et al.* 2025, resultaten workshop 3). Ook is er een hoog risico op het missen van essentiële indicator-soorten, met name als deze zeer zeldzaam zijn en/of een hard schild hebben die weinig DNA afgeeft aan de omgeving.

Bulk-DNA vereist het verzamelen en uitzoeken van organismen, maar levert, afhankelijk van het DNA-protocol, vaak een bredere taxonomische dekking en betere vergelijkbaarheid met klassieke methoden. Van der Lee *et al.* (2024c) toonden bovendien aan dat bulk-DNA van macrofauna geschikt is voor het stellen van een diagnose. Daarbij kan worden gekozen tussen een agressieve lysis, waarbij de organismen verloren gaan maar de overeenkomst met soortenlijsten het grootst is,

of een milde (of soft) lysis (van der Lee *et al.* 2025b), waarbij de dieren intact blijven maar soorten harde pantsers (bijv. kevers en sommige wantsen) soms worden gemist. Als laatste optie kan ook niet-uitgezocht netmateriaal worden gebruikt, inclusief planten- en substraatresten. Dit levert extra soorten op, maar maakt nacontrole onmogelijk omdat al het materiaal wordt vermalen.

Uit workshop 3 bleek dat er draagvlak is om voor deze soortgroep op de conventionele manier te blijven bemonsteren, maar dat de identificatie vervolgens met DNA metabarcoding kan worden gedaan in de toekomst.

MACROFYTEN

Bij macrofyten richt DNA-onderzoek zich vooral op eDNA uit water en, in mindere mate, sediment (zeer lokaal; hier verder buiten beschouwing gelaten). Water-eDNA geeft voorlopig nog niet altijd een volledig beeld van de aanwezige soorten, al zijn er recente verbeteringen gevonden voor bijvoorbeeld rivieren (Espinosa Prieto *et al.* 2025). Deze resultaten laten zien dat op grote schaal een relatief goed overzicht kan worden verkregen van de aanwezige macrofyten. Echter zijn deze nog niet ver genoeg doorontwikkeld om al in gebruik te worden genomen en is verdere ontwikkeling nodig; zo oordeelde ook de participanten van workshop 3. Daarom ligt de nadruk in de literatuur en praktijk vooral op het gebruik van water-eDNA voor het opsporen van invasieve exoten op stroomgebied schaal, als ‘early-warning’ tool (bv. Anglès d’Auriac *et al.* 2019, Espinosa Prieto *et al.* 2023). Dit heeft zeker zijn nut, gezien het via bijvoorbeeld qPCR of ddPCR steeds gemakkelijker mogelijk is om voor de Nederlandse natuur zeer schadelijke soorten als watercrassula of waterteunisbloem vroegtijdig op te sporen.

VISSEN

Ook voor vissen beperkt het gebruik van DNA-technieken zich tot eDNA. Hier worden recentelijk veel vorderingen mee gemaakt, en studies laten zien dat eDNA grotendeels vergelijkbare en soms zelfs completere vissen soortenlijsten kan genereren dan conventionele methoden (Wang *et al.* 2020, Bessey *et al.* 2020). Op dit moment wordt eDNA uitsluitend complementair toegepast, bijvoorbeeld



voor het vaststellen van de aan- of afwezigheid van soorten, en nog niet als vervanging van bestaande methoden. De combinatie van eDNA en conventionele methoden biedt het meest complete beeld: met vangstgegevens kunnen ook populatiedichtheden, aantallen en gezondheid worden bepaald. Dit sluit aan bij de aanbeveling uit Workshop 3 om eDNA voorlopig vooral in combinatie met traditionele technieken te gebruiken. In de workshop werd aangemerkt dat er tegelijkertijd wel nog aanzienlijke kennishiaten bestaan voordat eDNA voor vissen algemeen in gebruik kan worden genomen. In stromende wateren is vaak onduidelijk waar eDNA van vissen precies vandaan komt; dit hangt af van de grootte van het stroomgebied en bemoeilijkt de diagnostiek en het toetsen van maatregelen. Bovendien zal het met alleen water eDNA nooit mogelijk zijn exacte aantallen te bepalen, al zijn er steeds meer aanwijzingen dat relatieve abundantie wel succesvol kan worden bepaald (bijvoorbeeld Lacoursière Roussel *et al.* 2016, Spear *et al.* 2021).

DIATOMEËN

Dankzij recente DNA-technieken kunnen diatomeeën nu veel sneller en goedkoper worden herkend dan via traditionele microscopie, terwijl ze toch betrouwbare milieukwaliteitsindexen zoals IPS opleveren, zowel in stromende (gebruikt in 21 van de 27 EU-landen) als stilstaande wateren (9 van de 27 EU-landen; Poikane *et al.*, 2016). Uit een vergelijkend onderzoek (Hootsmans *et al.*, 2021) blijkt dat op DNA-gebaseerde diatomeeënljsten redelijk goed overeenkomen met morfologische lijsten en dat ook de IPS-waarden (Indice de Polluosensitivité Spécifique) van beide methoden grotendeels binnen dezelfde bandbreedte vallen. Interessant is dat bij DNA-analyse geen verschillen optreden of IPS-waarden veranderen als aantallen per soort niet worden meegewogen.



Diatomeeën onder de microscoop

Hoewel DNA-methoden veelbelovend zijn, zijn er voor deze soortgroep toch nog aandachtspunten. Zo staan lang niet alle diatomeeën uit Nederlandse maatlatten in DNA-referentiedatabases, wat identificatie van veel soorten bemoeilijkt (zie rapport KWR Diatom biosensor: KWR-2024-081). Bovendien wordt er meestal een matige relatie gevonden tussen DNA-resultaten en handmatige tellingen in termen van abundantie van diatomeeën (zie bv. Kim *et al.* 2024, Vidaković *et al.* 2024). Verder kunnen water eDNA-monsters vrij zwevende soorten bevatten die van een onbekende afstand aangevoerd zijn, en daardoor minder representatief zijn voor lokale gemeenschappen; substraatmonsters (uit bijvoorbeeld plantoppervlakken, rietstengels of bodemmonsters) geven daar meestal een beter beeld. Dit bleek dan ook uit de resultaten van workshop 3 waar de DNA-experts deze problemen erkende, en de voorkeur gaf aan conventionele methode voor het monitoren van kiezelalgen.

FYTOPLANKTON

DNA-metabarcoding voor zoetwaterfytoplankton laat zien dat het een krachtige methode is om kosteneffectief diversiteit te detecteren, inclusief kleine soorten (“nano-” en “microfytoplankton”), die met morfologische methoden vaak gemist worden (Zhang *et al.* 2021, Schoenle *et al.* 2024). Echter zijn er aanzienlijke beperkingen, die vooral te maken hebben met de onvolledigheid van referentiedatabases voor veel fytoplanktonklassen (Schoenle *et al.* 2024).

De deelnemers aan workshop 3 noemden daarnaast dat taxonomische nomenclatuur vaak verschilt tussen conventionele en moleculaire methoden, wat het momenteel erg lastig maakt de verkregen resultaten toe te passen in KRW maatlatten. Daarnaast leidt DNA-afbraak, transport en variabele DNA-preservatie tot onzekerheden in het relateren van DNA-signaal aan lokale abundantie of biomassa. Toch suggereren recente studies dat bij voldoende sequentiediepte, goede standaardisatie en verbeterde referentiedatabases, DNA een waardevolle aanvulling is op traditionele monitoring, vooral voor snelle detectie van samenstellingsveranderingen in fytoplanktongemeenschappen of fytoplanktonblooms.

➤ BIJLAGE E

ECOLOGISCHE RELEVANTE HYDROMORFOLOGISCHE KENMERKEN

Morfologie speelt een belangrijke rol voor de aquatische ecologie omdat het de fysieke structuur van waterlichamen bepaalt en daarmee de leefomstandigheden voor flora en fauna beïnvloedt. Kenmerken zoals waterdiepte, stromingspatronen, oeverstructuur en sedimenttype reguleren de beschikbaarheid van zuurstof, nutriënten en schuilplaatsen, wat essentieel is voor habitat- en biodiversiteit. In stromende wateren beïnvloedt de morfologie bijvoorbeeld de dynamiek van erosie en sedimentatie, wat bijdraagt aan de variatie in habitattypen. In stilstaande wateren, zoals meren en vennen, bepaalt de bodemstructuur mede de waterkwaliteit door processen zoals nutriëntenretentie en zuurstofuitwisseling. Een goed begrip van morfologische kenmerken helpt daarom bij het bepalen van ecologische processen en habitatkwaliteit en ondersteunt duurzaam waterbeheer. In verschillende onderzoeken is het belang van morfologie op water- en habitatkwaliteit al uitvoerig beschreven (zie: NLÖ, 2001; Van Dam *et al.*, 2004; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2015; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020).

De meeste morfologische parameters kunnen in het veld worden bepaald of geschat, mits de schaal van het waterlichaam dit toelaat. Voor kleinere waterlichamen, zoals beken en sloten, kunnen kenmerken zoals sinuositeit, dieptevariatie en substraattypering relatief eenvoudig door directe waarneming en metingen in het veld worden vastgesteld. Voor grotere waterlichamen, zoals rivieren en meren, kan het echter noodzakelijk zijn om aanvullende methoden toe te passen, zoals naslag van satellietbeelden, bathymetrische kaarten of andere monitoringdatasets. Dit geldt bijvoorbeeld voor het bepalen van sinuositeit, afvoer(dynamiek), stroomsnelheid en inundatiefrequentie op rivierschaal, of de volumevariatie van een groot meer. Het kiezen van de juiste methode is

daarmee afhankelijk van de schaal en complexiteit van het systeem en vereist een afweging tussen detailniveau, tijdsinvestering en beschikbare middelen. De morfologische parameters beschreven in Tabel E1 zijn daarom primair bedoeld om in het veld te worden gemeten of geschat (tenzij niet anders mogelijk), zodat ze direct bijdragen aan een gedetailleerd en praktijkgericht inzicht in de (hydro)morfologische kenmerken van het watersysteem. Voor de grotere rivieren, kanalen en meren wordt aangeraden om de morfologische parameters en werkwijze zoals beschreven in het Handboek Hydromorfologie 2.0 (Osté *et al.*, 2013) en ESF stromende wateren (STOWA, 2018-57) te gebruiken. Daarnaast is het aan te raden om gebruik te maken van de fysiotope kartering zoals beschreven in Kater *et al.* (2012) voor de grote rivieren.

Voor de watertypen stromende wateren, meren & vennen en sloten & kanalen is een voorstel voor veldformulieren gedaan zodat relevante morfologische parameters genoteerd kunnen worden in aanvulling op de uit te voeren biotische bemonstering. In het overzicht 'beschrijving morfologische kenmerken' is een omschrijving gegeven van de morfologische parameters, hun belang en literatuurverwijzingen naar relevante maatlatten en handboeken waarin uitvoerig wordt beschreven hoe deze morfologische parameters bepaald kunnen worden. Hiermee kan (waar nodig in combinatie met GIS- en/of dataanalyse) worden bijgedragen aan de bepaling of er sprake is van een goede ecologische en chemische toestand van het oppervlaktewater.

TABEL E1

Overzicht morfologische parameters (dikgedrukte parameters hebben de prioriteit en zijn van groter belang voor de ecologie).

Morfologische parameter	Omschrijving	Toepassing
Aangrenzend landgebruik	Invloed van nabijgelegen landgebruik op waterkwaliteit.	Alle waterlichamen
Banken	Stabiliteit en functie van sedimentbanken stroming en habitat.	Stromende wateren
Breedte/lengte (m)	Rol van waterlichaam breedte in stroming, volume en ecologie.	Alle waterlichamen
Breedte-diepteverhouding	Evenwicht in waterlichaam voor stabiliteit en habitat.	Stromende wateren, sloten en kanalen
Breedtevariatie	Invloed van variabele breedte op stromingspatronen en habitatdiversiteit.	Stromende wateren
Dieptevariatie	Effect van dieptevariatie op habitatdiversiteit.	Alle waterlichamen
Droogval	Effect van droogvallende delen op ecologie en biodiversiteit.	Alle waterlichamen
Grindafrondding	Invloed van grindvorm op transport en habitat.	Stromende wateren
Grindmediaan klasse	Gemiddelde grindgrootte en invloed op erosie potentie/ mobiliteit en zuurstofvoorziening.	Stromende wateren
Helling oever	Stabiliteit van oevers en oppervlakte/gradient in land-water overgang.	Alle waterlichamen
Houtige structuren oever	Effect van bomen langs oevers op stroming en schuilplaatsen.	Stromende wateren
Indicatie kwel	Belang van kwelwater voor ecologie en waterchemie.	Alle waterlichamen
Indicatie wegzijging	Infiltratie en waterverlies via ondergrondse afvoer.	Alle waterlichamen
Instroompunten/drainage aanwezig	Effect van instroom en drainage op waterkwaliteit.	Alle waterlichamen

Morfologische parameter	Omschrijving	Toepassing
Oevererosie	Effect van erosie op sedimenttransport en habitatvorming	Stromende wateren, sloten en kanalen
Oeversubstraat	Samenstelling van oevermateriaal en invloed op erosie.	Alle waterlichamen
Oevervegetatie/beschoeiing	Rol van vegetatie bij oeverstabilisatie en habitatvorming. Invloed van kunstmatige oevers op habitat en sedimentdynamiek.	Alle waterlichamen
Sedimentsortering	Invloed van sedimentgrootteverdeling op stroming en habitat.	Stromende wateren, sloten en kanalen
Sinuositeit	Mate van kronkeling van een waterloop en effect op habitatvariatie en biodiversiteit.	Stromende wateren
Slibdikte	Belang van slibdikte voor zuurstofvoorziening en waterkwaliteit.	Meren en vennen, sloten en kanalen
Stuwen	Effect van stuwen op stroming, sedimentatie en migratie.	Stromende wateren, sloten en kanalen
Substraat bedding / bodem	Type en structuur van de bedding / bodem en invloed op stroming (stromende wateren) en habitat.	Alle waterlichamen
Substraatdiversiteit	Effect van substraatdiversiteit op habitatkwaliteit.	Alle waterlichamen
Uitstroompunt aanwezig	Effect van uitstroompunten op waterkwantiteit en kwaliteit.	Alle waterlichamen
Waterdiepte gemiddeld	Invloed van gemiddelde waterdiepte op stroming en habitat.	Alle waterlichamen
Zandafrondding	Effect van zandvorm op sedimenttransport en stabiliteit.	Stromende wateren
Zandmediaanklasse	Gemiddelde zandkorrelgrootte en effect op transportcapaciteit.	Stromende wateren

BE.1 VELDFORMULIEREN

Stromend water deel 1

Stromende wateren

Geul

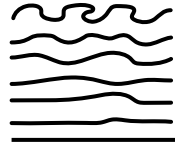
Alle geulparameters worden in het veld bepaald op dit invoerblad en niet op voorhand via kaartmateriaal.

Afmetingen waterlichaam*

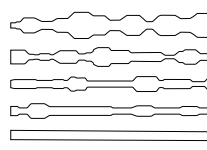
B = Breedte (m)
D = Waterdiepte gemiddeld (m)

Breedte/diepte verhouding¹

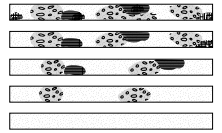
Zeer ondiep (<1:10)
Ondiep (1:6 - 1:10)
Intermediair (1:4 - 1:6)
Diep (1:3 - 1:4)
Zeer diep (>1:3)

Sinuositeit¹

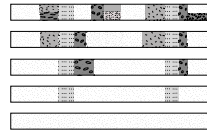
Zeer hoog
Hoog
Intermediair
Laag
Zeer laag
Bijna recht
Recht

Breedtevariatie¹

Zeer groot
Groot
Matig
Gering
Afwezig

Dieptevariatie¹

Zeer groot
Groot
Matig
Gering
Afwezig

Substraatdiversiteit¹

Zeer groot
Groot
Matig
Gering
Afwezig

Stuwen¹

Geen stuw of kunstwerk
Stuw (vrije overloop)
Hoge stuw (> 1m) (vrije overloop)
Schotbalk/kantelstuw/klepstuw
Vispassage

Banken*

Pointbar/kronkelwaardrug



Mid-channel bank



Laterale banken



Geen zand of grind bank



Riffle-Pool



Confluentie bank



Geforceerde mid-channel bank

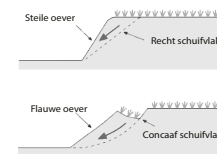


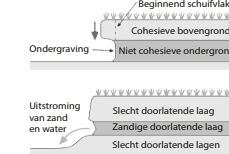
¹ Aankruisen indien van toepassing, één antwoord mogelijk.
* Aankruisen indien van toepassing, meerdere antwoorden mogelijk.
Waarde invullen

Stromend water deel 2

Oever

Oevererosie *





Oeversubstraat # (%)

Klei
Silt/Leem
Zand
Grind en stenen
Veen/organisch materiaal
Vast gesteente

Oever vegetatie of beschoeiing*

Geen
Gras
Riet/zegges/oevervegetatie
Kruidachtigen/hoge vaste planten
Verharding (steen/beton/etc)
Beschoeiing

Houtige structuren oever*

Boomgerelateerde luwte
Ondergraving van boomwortels
Om/ingevallen boom
Houtpakket
Broedplaatsen/nesten vogels
Boomwortels
Holen

Aangrenzend landgebruik*

Bos, beekbegeleidend
Bos, naaldbos
Weiland
Akker
Schouwpad
Stedelijk

Stromend water deel 3

Substraat bedding

Substraat# (%)		Houtige structuren*	
Klei	<input type="checkbox"/>	Houtpakket	<input type="checkbox"/>
Silt/leem	<input type="checkbox"/>	Bladpakket	<input type="checkbox"/>
Zand	<input type="checkbox"/>	Beverdam	<input type="checkbox"/>
Grind	<input type="checkbox"/>	Ingevallen boom	<input type="checkbox"/>
Steen	<input type="checkbox"/>		
Slib	<input type="checkbox"/>		
FPOM	<input type="checkbox"/>		
CPOM	<input type="checkbox"/>		
Hout	<input type="checkbox"/>		
Dikte sliblaag (cm)	<input type="checkbox"/>		
Grindmediaan klasse ¹		Grindafronding ¹	
Fijn grind (GFN) 2 -< 5,6 mm	<input type="checkbox"/>	Hoekig grind GHO	<input type="checkbox"/>
Matig grof grind (GMG) 5,6 -< 16 mm	<input type="checkbox"/>	Matig afgerond grind GMA	<input type="checkbox"/>
Zeer grof grind (GZG) 16 -< 63 mm	<input type="checkbox"/>	Afgerond grind GAF	<input type="checkbox"/>
Nvt	<input type="checkbox"/>		
Zandmediaan klasse ¹		Zandafronding ¹	
Uiterst fijn (ZUF) 63 -< 105 µm	<input type="checkbox"/>	Hoekig zand ZHO	<input type="checkbox"/>
Zeer fijn (ZZF) 105 -< 150 µm	<input type="checkbox"/>	Matig afgerond zand ZMA	<input type="checkbox"/>
Matig fijn (ZMF) 150 -< 210 µm	<input type="checkbox"/>	Afgerond zand ZAF	<input type="checkbox"/>
Matig grof (ZMG) 210 -< 300 µm	<input type="checkbox"/>		
Zeer grof (ZZG) 300 -< 420 µm	<input type="checkbox"/>		
Uiterst grof (ZUG) 420 -< 2000 µm	<input type="checkbox"/>		
Nvt	<input type="checkbox"/>		
Sedimentsortering ¹			
Zeer goed gesorteerd	<input type="checkbox"/>		
Goed gesorteerd	<input type="checkbox"/>		
Matig gesorteerd	<input type="checkbox"/>		
Slecht gesorteerd	<input type="checkbox"/>		
Zeer slecht gesorteerd	<input type="checkbox"/>		
Opmerkingen			

Vennen en meren

Vennen en meren

Afmetingen waterlichaam[#]

B	Breedte (m)	<input type="checkbox"/>	K	Indicatie Kwel	<input type="checkbox"/>
L	Lengte (m)	<input type="checkbox"/>	Wz	Indicatie wegzijging	<input type="checkbox"/>
D	Waterdiepte gemiddeld (cm)	<input type="checkbox"/>	I	Instroompunten aanwezig	<input type="checkbox"/>
			U	Uitstroompunt aanwezig	<input type="checkbox"/>
				Droogval*	<input type="checkbox"/>

Oever

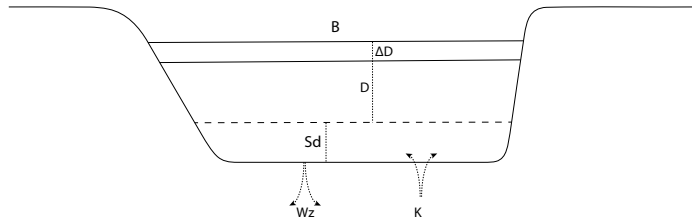
Bijzondere oeverkenmerken*		Aangrenzend landgebruik*	
Oever afkalving	<input type="checkbox"/>	Bos	<input type="checkbox"/>
Oever vertrapping	<input type="checkbox"/>	Buffer/oever strook	<input type="checkbox"/>
Instabiliteit oever door waterfluctuatie	<input type="checkbox"/>	Weiland	<input type="checkbox"/>
Golflag/werking	<input type="checkbox"/>	Akker	<input type="checkbox"/>
		Schouwpad	<input type="checkbox"/>
		Stedelijk	<input type="checkbox"/>
Helling oever ¹			
Flauw	<input type="checkbox"/>		
Matig steil	<input type="checkbox"/>		
Steil	<input type="checkbox"/>		
Substraat			
Bodemsubstraat # (%)		Oeversubstraat # (%)	
Klei	<input type="checkbox"/>	Klei	<input type="checkbox"/>
Silt/leem	<input type="checkbox"/>	Silt/Leem	<input type="checkbox"/>
Zand	<input type="checkbox"/>	Zand	<input type="checkbox"/>
Grind	<input type="checkbox"/>	Grind en stenen	<input type="checkbox"/>
Steen	<input type="checkbox"/>	Veen/organisch materiaal	<input type="checkbox"/>
Slib	<input type="checkbox"/>		
FPOM	<input type="checkbox"/>		
CPOM	<input type="checkbox"/>		
Hout	<input type="checkbox"/>		
Dikte sliblaag (cm)	<input type="checkbox"/>		

¹ Aankruisen indien van toepassing, één antwoord mogelijk
^{*} Aankruisen indien van toepassing, meerdere antwoorden mogelijk
[#] Waarde invullen

Sloten en kanalen deel 1

Sloten en kanalen

Afmetingen waterlichaam[#]



B	Breedte (m)	<input type="checkbox"/>	K	Indicatie Kwel*	<input type="checkbox"/>
D	Waterdiepte gemiddeld (cm)	<input type="checkbox"/>	Wz	Indicatie wegzijging*	<input type="checkbox"/>
ΔD	Variatie in diepte tussen zomer en winterpeil (cm)	<input type="checkbox"/>	I	Instroompunten aanwezig*	<input type="checkbox"/>
				Droogval*	<input type="checkbox"/>

Breedte/diepte verhouding¹

	Zeer ondiep (<1:10)	<input type="checkbox"/>	Geen stuw of kunstwerk	<input type="checkbox"/>
	Ondiep (1:6 - 1:10)	<input type="checkbox"/>	Stuw (vrije overloop)	<input type="checkbox"/>
	Intermediair (1:4 - 1:6)	<input type="checkbox"/>	Hoge stuw (>1m) (vrije overloop)	<input type="checkbox"/>
	Diep (1:3 - 1:4)	<input type="checkbox"/>	Schotbalk/kantelstuw/klepstuw	<input type="checkbox"/>
	Zeer diep (>1:3)	<input type="checkbox"/>	Vispassage	<input type="checkbox"/>

Oever

Oeversubstraat # (%)

Klei	<input type="checkbox"/>	Oevervegetatie of beschoeiing *	<input type="checkbox"/>
Silt/Leem	<input type="checkbox"/>	Geen	<input type="checkbox"/>
Zand	<input type="checkbox"/>	Gras	<input type="checkbox"/>
Grind en stenen	<input type="checkbox"/>	Riet/zegges/oevervegetatie	<input type="checkbox"/>
Veen/organisch materiaal	<input type="checkbox"/>	Kruidachtigen/hoge vaste planten	<input type="checkbox"/>
Vast gesteente	<input type="checkbox"/>	Verharding (steen/beton/etc)	<input type="checkbox"/>
		Beschoeiing	<input type="checkbox"/>

Bijzondere oeverkenmerken *

Oever afkalving	<input type="checkbox"/>	Aangrenzend landgebruik*	<input type="checkbox"/>
Oever vertrapping	<input type="checkbox"/>	Bos	<input type="checkbox"/>
Instabiliteit oever door waterfluctuatie	<input type="checkbox"/>	Buffer/oever strook	<input type="checkbox"/>
Golfslag/werking	<input type="checkbox"/>	Weiland	<input type="checkbox"/>
		Akker	<input type="checkbox"/>
		Schouwpad	<input type="checkbox"/>
		Stedelijk	<input type="checkbox"/>

Helling oever¹

Flauw	<input type="checkbox"/>
Matig steil	<input type="checkbox"/>
Steil	<input type="checkbox"/>

¹ Aankruisen indien van toepassing, één antwoord mogelijk
[#] Aankruisen indien van toepassing, meerdere antwoorden mogelijk
^{*} Waarde invullen

Sloten en kanalen deel 2

Substraat

Substraat # (%)

Klei	<input type="checkbox"/>
Silt/leem	<input type="checkbox"/>
Zand	<input type="checkbox"/>
Grind	<input type="checkbox"/>
Steen	<input type="checkbox"/>
Slib	<input type="checkbox"/>
FPOM	<input type="checkbox"/>
CPOM	<input type="checkbox"/>
Hout	<input type="checkbox"/>
Dikte sliblaag (cm)	<input type="checkbox"/>

Substraatdiversiteit¹

	Zeer groot	<input type="checkbox"/>
	Groot	<input type="checkbox"/>
	Matig	<input type="checkbox"/>
	Gering	<input type="checkbox"/>
	Afwezig	<input type="checkbox"/>

Opmerkingen

BE.2 BESCHRIJVING MORFOLOGISCHE KENMERKEN

Aangrenzend landgebruik

Het aangrenzende landgebruik beïnvloedt de waterkwaliteit via afspoeling van voedingsstoffen, sedimenten en verontreinigende stoffen. Intensief landbouwgebruik kan bijvoorbeeld leiden tot verhoogde nutriëntenbelasting (nitraat en fosfaat), wat eutrofiëring en zuurstofverlies in het water kan veroorzaken, wat schadelijk is voor macrofauna. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28).

Banken

De aard en stabiliteit van sedimentbanken zijn essentieel voor het reguleren van de waterstroom en sedimentatie van minerale en organische sedimenten en dus het bieden van schuilplaatsen en voortplantingsgebieden voor macrofauna. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020).

Breedte/lengte (m)

Voor stromende wateren bepaalt de breedte van een waterlichaam in belangrijke mate de doorstroomcapaciteit en de energetische dynamiek. Een grotere breedte ondersteunt een stabiele waterbeweging, bevordert de spreiding van sedimenten en zorgt voor een gevarieerde habitat langs de oevers. Dit is van belang voor zowel de ecologische functionaliteit als het waterkwaliteitsbeheer. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-49; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020). Voor vennen en meren bepalen de afmetingen van het waterlichaam bepaalt de stabiliteit en ecologische rijkdom van een ven of meer. Grotere systemen zijn vaak biodiverser en chemisch stabiel, terwijl kleinere vennen kwetsbaarder zijn voor milieufactoren. Daarnaast zijn kleine vennen gevoeliger voor verdamping en droogval en zijn ze minder vatbaar voor menging door wind. (Zie: Van Dam *et al.*, 2004; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2018-49).

Breedte-diepteverhouding

Een evenwichtige verhouding tussen de breedte en de diepte van een waterlichaam is essentieel voor een stabiele stroming en sedimentatiepatronen en de vorming van sedimentatiestructuren zoals banken en beddingvormen. Afwijkingen in deze verhouding kunnen wijzen op verstoringen in het natuurlijke hydrodynamische systeem, wat weer gevolgen heeft voor de ecologische functies. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020)

Breedtevariatie

Variatie in de breedte van een waterlichaam creëert een mozaïek van stromingspatronen en waterdiepten, wat bijdraagt aan een grotere diversiteit aan leefomstandigheden voor macrofauna en vissen. Smalle secties kunnen zorgen voor versneld stromend water en zuurstofrijke zones, terwijl bredere secties juist langzamer stromende habitats bieden die geschikt zijn voor andere soorten. (Zie: NLÖ, 2001; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28; Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2018-49).

Dieptevariatie

Een grotere variatie in diepte creëert verschillende microhabitats. (Zie: NLÖ, 2001; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28; Osté *et al.*, 2013)

Droogval

Het droogvallen van een waterlichaam, of delen daarvan, heeft significante ecologische implicaties. Natuurlijke droogvallende perioden kunnen bijdragen aan biodiversiteit en de dynamiek van het ecosysteem, maar langdurige droogte kan wijzen op verstoringen of klimaatgerelateerde veranderingen. (Zie: STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-49).

Grindafronding

De afronding van grindkorrels beïnvloedt de stromingsintensiteit en de transportmogelijkheid en afstand van sediment. Ronder grind wijst op langdurige erosie en transport, terwijl hoekig grind kan duiden op recente sedimenttoevoer. Voor macrofauna en vissen is de grootte en vorm van grind mogelijk van belang. (Zie: NLÖ, 2001; Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2018-49)

Grindmediaan klasse

De grindmediaan klasse verwijst naar de gemiddelde grootte van de grinddeeltjes in de bedding. Dit is van belang voor de erosiegevoeligheid of transportmogelijkheid van het grind en daarmee stabiliteit van het habitat. Daarnaast beïnvloedt het de waterdoorlaatbaarheid van de rivierbedding en daarmee de zuurstofvoorziening in de bodem. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2018-49).

Helling oever

De helling van de oever beïnvloedt de snelheid van erosie en de stabiliteit van de oevers. Flauwe hellingen bevorderen de vestiging van oevervegetatie, wat de oeverzone stabiliseert, terwijl steile hellingen vaak gepaard gaan met snellere afkalving en verlies van natuurlijke habitat. (Zie: STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020).

Houtige structuren oever

Houtige structuren, zoals omgevallen bomen en takken en bomen aan de overgang water/oever, spelen een cruciale rol in het creëren van schuilplaatsen, rustgebieden en paaiplaatsen. Het kan ook zorgen voor vertraging van de stroming en daarmee bijdragen aan sedimentatieprocessen en habitatdiversiteit en -complexiteit.

(Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2010-28; Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2018-49).

Indicatie kwel

Kwelwater, dat vaak rijk is aan mineralen en arm aan zuurstof, kan de chemische samenstelling van het water beïnvloeden. De aanwezigheid van kwel is daarom een belangrijke indicator voor de ecologische integriteit en de natuurlijke wateraanvoer binnen het systeem. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; Van Dam *et al.*, 2004).

Indicatie wegzijging

Wegzijging betreft het verlies van water via infiltratie of ondergrondse afvoer. Dit is cruciaal voor het inzicht in de waterbalans en voor het beheren van zowel natuurlijke als door de mens beïnvloede wateren. (Zie: STOWA, 2018-49; Van Dam *et al.*, 2004)

Instroompunten/drainage aanwezig

De locatie en aanwezigheid van instroom- en drainagesystemen bepalen de waterverversing en -verdeling in het systeem. Deze punten zijn essentieel voor het begrijpen van de hydrodynamica en kunnen duiden op zowel natuurlijke processen als op menselijke ingrepen in het waterbeheer. Daarnaast fungeren ze als mogelijke input van nutriënten en/of verontreinigingen in het waterlichaam. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004).

Oevererosie

Eenzijds kan erosie bijdragen aan een natuurlijke dynamiek en de creatie van diverse habitats, zoals steile oevers die broedplaatsen voor vogels of schuilplaatsen voor vissen bieden en daarnaast sediment aanleveren voor habitatdiversiteit in de geul. Anderzijds kan overmatige erosie leiden tot verhoogde sedimentbelasting, wat nadelig is voor waterkwaliteit en habitatkwaliteit van macrofauna verslechtert. (Zie: NLÖ, 2001; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-49; Makaske *et al.*, 2020)

Oeversubstraat

De kenmerken van het oeversubstraat bepalen de erosiegevoeligheid en ecologische kwaliteit van de oeverzone. Zandige oevers eroderen bijvoorbeeld makkelijker dan oevers bestaande uit cohesieve sedimenten. Een natuurlijke, gevarieerde oeverstructuur ondersteunt daarnaast diverse microhabitats, en bevordert de integratie tussen land- en waterecosystemen. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2010-28; Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2018-49).

Oevervegetatie/beschoeiing

Oevervegetatie speelt een cruciale rol bij het reguleren van de waterkwaliteit door schaduw (temperatuurregulatie), stabilisatie van oevers (erosiepreventie) en toevoer van organisch materiaal (zoals bladafval, wat voedsel en schuilplaatsen biedt). Daarnaast speelt het een belangrijke rol in het bieden van verschillende habitats (Zie: NLÖ, 2001; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28). Beschoeiingen kunnen de fysieke dynamiek van een waterlichaam verstoren door de natuurlijke afwisseling van stroming en sedimentverplaatsing te belemmeren. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de habitatstructuur, omdat er minder natuurlijke oevers en vegetatie zijn voor fauna. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28).

Sedimentsortering

Sedimentsortering verwijst naar de verdeling van korrelgroottes in de bedding. Sortering van het sediment is van belang voor de mogelijkheid tot sedimentverplaatsing en ook voor het verder uitsorteren van sedimenten door verschillen in stroomsnelheden, hetgeen habitatdiversiteit bevordert. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-57).

Sinuositeit

Sinuositeit (de mate waarin een waterloop kronkelt) beïnvloedt de stromingsdynamiek, sedimenttransport en habitatdiversiteit. Sterk meanderende waterlopen hebben een gevarieerdere stroming, met diepe poelen en ondiepe riffles, wat bijdraagt aan een hogere biodiversiteit. Rechte of gekanaliseerde waterlopen hebben vaak een verminderde ecologische waarde, omdat de stroming minder variabel is en sedimenttransport verstoord kan raken. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2010-28; Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2018-49).

Slibdikte

De dikte van de sliblaag is een indicator voor de sedimentatieprocessen en heeft invloed op de zuurstofvoorziening in de bodem. Een te dikke sliblaag kan leiden tot anaerobe omstandigheden, wat nadelig is voor de bodemorganismen en de algehele waterkwaliteit. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28).

Stuwen

Stuwen beïnvloeden de stromingsdynamiek en kunnen zorgen voor barrières voor migratie. Peilregulatie door stuwen kan daarnaast leiden tot slibophoging en verhoogde nutriëntbelasting. Stuwen beïnvloeden daarmee stroming, waterkwaliteit en migratiemogelijkheden. (Zie: NLÖ, 2001; STOWA, 2010-28).

Substraatdiversiteit

De samenstelling van het bodemsubstraat (bijvoorbeeld zand, klei, grind) is bepalend voor de doorlatendheid, de nutriëntenbalans en de stabiliteit van het waterlichaam. Een gevarieerde bodemstructuur ondersteunt een divers bodemleven en beïnvloedt de ecologische processen, zoals sedimentatie en zuurstofuitwisseling. (Zie: Van Dam *et al.*, 2004; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-49).

Substraat bedding / bodem

Het type en de structuur van de bodem of het beddingmateriaal (bijv. zand, silt, klei, grind) bepalen de waterdoorstroming, erosiebestendigheid/mobiliteit van de bedding en daarmee de beschikbaarheid van leefomgevingen voor fauna (en flora). Het substraat beïnvloedt ook de mogelijkheid van vissen en andere fauna om zich voort te planten en voedsel te vinden. (Zie: STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-49; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020).

Uitstroompunt aanwezig

De aanwezigheid van een natuurlijke of kunstmatige uitstroompunt heeft invloed op de water kwantiteit en kwaliteit van vennen, meren, sloten en kanalen. (Zie: STOWA, 2018-49).

Waterdiepte gemiddeld

De gemiddelde waterdiepte beïnvloedt de mate van lichtpenetratie, temperatuurverdeling en zuurstofhuishouding in het water. Diepte is daarbij essentieel voor de primaire productie, de stabiliteit van thermische lagen en het creëren van verschillende leefgebieden voor aquatische organismen. Daarnaast is de waterdiepte bepalend voor de natte doorsnede, stroomsnelheid en daarmee sediment mobiliteit in stromende wateren. (Zie: NLÖ, 2001; Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; Van Dam *et al.*, 2004; STOWA, 2010-28; STOWA, 2018-57; Makaske *et al.*, 2020).

Zandafronding

De mate van afronding van zandkorrels beïnvloedt de hydrodynamiek en sedimenttransport in een waterlichaam. Ronde zandkorrels rollen gemakkelijker mee met de stroming en kunnen sneller worden getransporteerd, terwijl hoekige zandkorrels bijdragen aan stabielere sedimentlagen. Dit heeft invloed op de bodemstabiliteit, de zuurstofuitwisseling in de bodem en de beschikbaarheid van leefgebieden voor macrofauna. In stromende wateren beïnvloedt de zandafronding de mobiliteit van sediment en de structuur van de rivierbedding. In meren en sloten bepaalt het mede de doorlatendheid van de bodem, wat weer invloed heeft op de interactie met het grondwater en de mate van kwel en wegzijging. (Zie: Osté *et al.*, 2013; STOWA, 2018-49)

Zandmediaanklasse

De zandmediaanklasse geeft de dominante korrelgrootte van het zand weer. Dit is een belangrijke parameter voor sedimenttransport en bodemecologie. Fijner zand is gevoeliger voor verstoring en kan bij hoge stroomsnelheden gemakkelijk in transport of suspensie raken, wat troebel water en een verminderde lichtinval kan veroorzaken. Grover zand blijft beter liggen, wat bijdraagt aan stabielere habitats en een betere hechting voor macrofauna en waterplanten. In beken en rivieren bepaalt de zandmediaan klasse mede de snelheid van sedimenttransport en de structuur van de rivierbedding. In sloten en meren beïnvloedt de korrelgrootte de bodemdoorlatendheid en de beschikbaarheid van zuurstof in het substraat. (Zie: Verdonschot & Van den Hoorn, 2004; STOWA, 2018-49; Makaske *et al.*, 2020).

➤ BIJLAGE F

OPTIES VOOR VERVOLGONDERZOEK NAAR TOXISCHE DRUK

OPTIES VOOR VERVOLGONDERZOEK NAAR TOXISCHE DRUK

Hoe kun je verder als blijkt dat toxiciteit een knelpunt is op een meetpunt? In dat geval kan de methode van de Sleutelfactor Toxiciteit (SFTox) verdiepende informatie geven. Met de Sleutelfactor Toxiciteit krijgen waterkwaliteitsbeheerders via een integrale benadering (de zogenoemde DPSIR-methode) een beeld van de druk van alle (mengsels van) stoffen, en van de effecten van die druk op het waterleven. Het biedt bovendien handvatten om maatregelen te nemen die het meest effect hebben. Een introductie van de methode is hier te vinden: <https://www.sleutelfactortoxiciteit.nl/key-factor-toxicity-introduction>.

TWEE SPOREN VOOR BEPALING TOXISCHE DRUK

Binnen de SFTox kan de toxische druk kan bepaald worden via het Chemiespoor en het Bioassayspoor.

HET CHEMIESPOOR

Het Chemiespoor van de Sleutelfactor Toxiciteit levert inzicht in de mate waarin de ecologische toestand in oppervlaktewateren belemmerd kan worden door (mengsels van) chemische stoffen. Met de resultaten van het Chemiespoor kunnen rangordeningen van locaties, en daarbinnen van stofgroepen en stoffen afgeleid worden met de sterkste belemmerende invloeden. Dit helpt bij het afleiden van maatregelen: waar, wat en hoe? Bij de beoordeling volgens het Chemiespoor wordt gebruik gemaakt van de Chemie-rekentool. Die gebruikt als invoergegevens de concentraties van stoffen in water, en levert als uitvoer een waarde van de toxische druk van stoffen, stofgroepen en mengsels. De resultaten worden samengevat in vijf gradaties van chemische verontreiniging.

HET BIOASSAYSPOOR

Bioassays zijn gevoelige screeninginstrumenten waarmee de effecten van complexe mengsels van stoffen in watermonsters opgespoord kunnen worden. De bioassays reageren op alle stoffen die mogelijk in het mengsel aanwezig kunnen zijn en die een toxisch effect veroorzaken. Daarnaast integreren ze de effecten van het gehele mengsel van stoffen, in plaats van het berekenen van een mengseleffect. Hiermee wordt een grote stap gezet ten opzichte van de ca. 150 stoffen die momenteel individueel beoordeeld worden.

Er zijn vele verschillende bioassays beschikbaar, waarvan elk zich richt zich op een specifiek toxicologisch werkingsmechanisme. Dat kan de overleving van een testorganisme zijn, maar ook de verstoring van cellulair metabolisme, kankerverwekkendheid, of de mate van hormoonverstoring. Bij toepassing van de Sleutelfactor Toxiciteit wordt aanbevolen welke set het meest geschikt is voor de te beantwoorden vraag.

INTERPRETATIE BASISSET BIOASSAYS AAN DE HAND VAN INTERACTIEVE TOOL

Voor de interpretatie van bioassay resultaten is een interactieve tool ontwikkeld, waarmee aan de hand van de gemeten bioassay responses een bepaling van de chemische waterkwaliteit wordt gemaakt. Hiervoor zijn bioassay responses gekoppeld aan het vijf-klassensysteem van het Chemiespoor. Voor deze analyses is het overigens wenselijk om de begeleiding en het advies van een expert in te winnen om misinterpretatie te voorkomen. De interactieve bioassay-tool is hier te vinden: <https://www.sleutelfactortoxiciteit.nl/verdieping/werken-met-het-bioassayspoor/aan-de-slag-met-het-interpreteren-van-bioassayresultaten>.

➤ BIJLAGE G IDEALE DIAGNOSTISCH INSTRUMENT PER ORGANISATIE TYPE

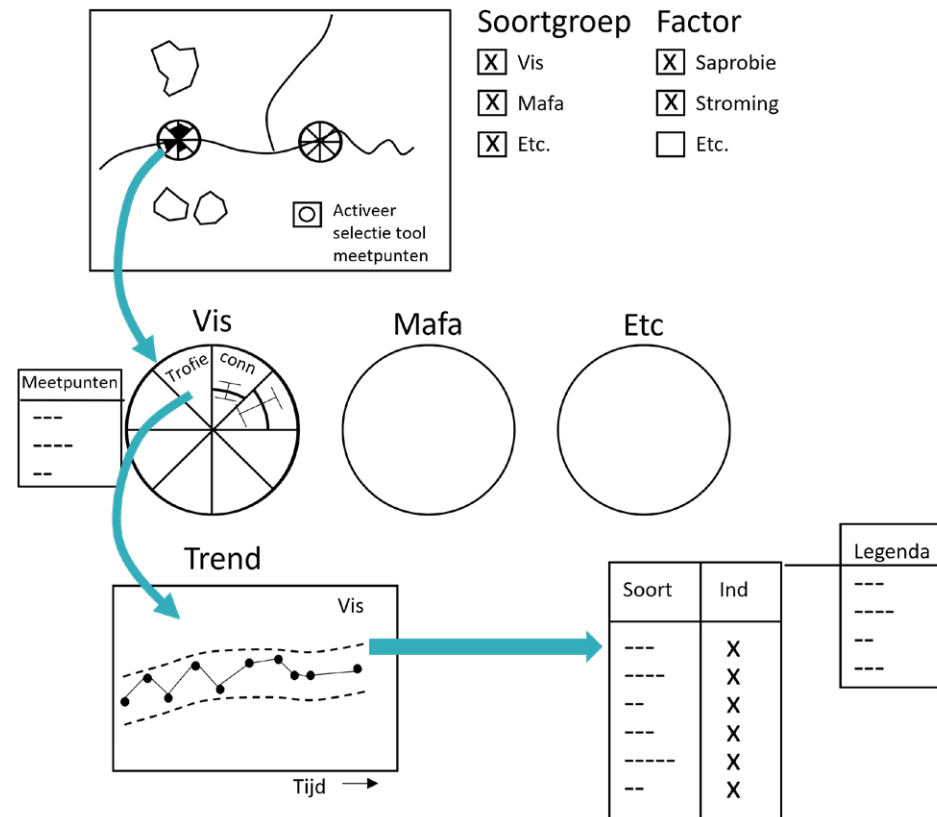
In de eerste workshop van de monitoringscyclus is gebrainstormd over de vereisten van het ideale diagnostisch instrument aan de hand van een drietal vragen:

1. Welke parameters bevat je ideale diagnostisch instrument?
2. Welk detailniveau heeft de output?
3. Hoe wordt het resultaat weergegeven?

Na het beantwoorden van deze vragen door de deelnemers met post-its, is er een schets gemaakt van het ideale diagnostisch instrument. Hieronder volgt een overzicht van de gedigitaliseerde weergaves van het ideale diagnostisch instrument per organisatietype.

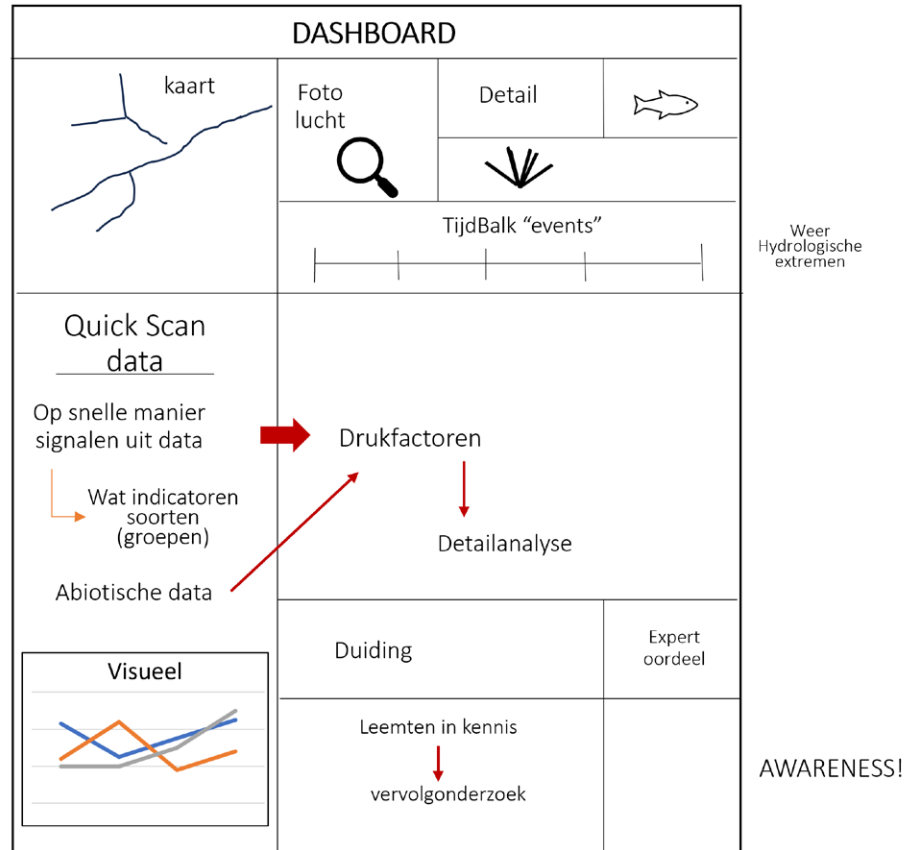
FIGUUR G1

Gedigitaliseerde weergave van het ideale diagnostisch instrument van de waterschappen.



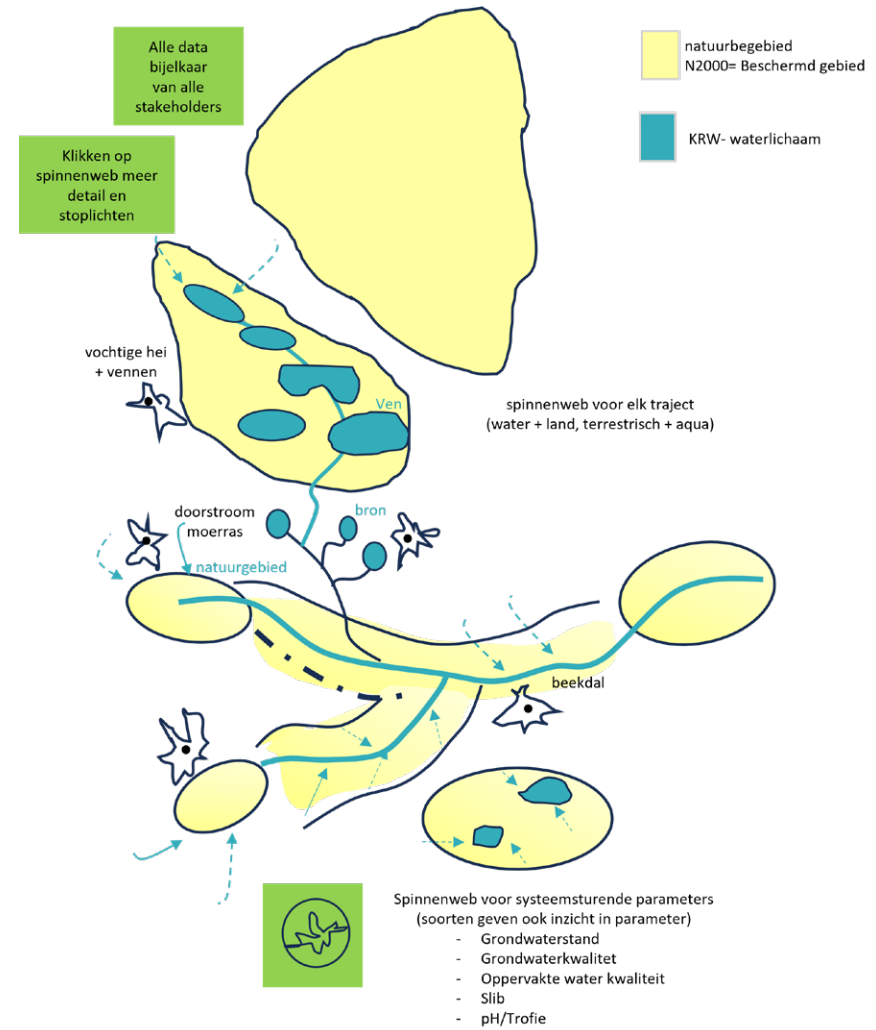
FIGUUR G2

Gedigitaliseerde weergave van het ideale diagnostisch instrument van Rijkswaterstaat.



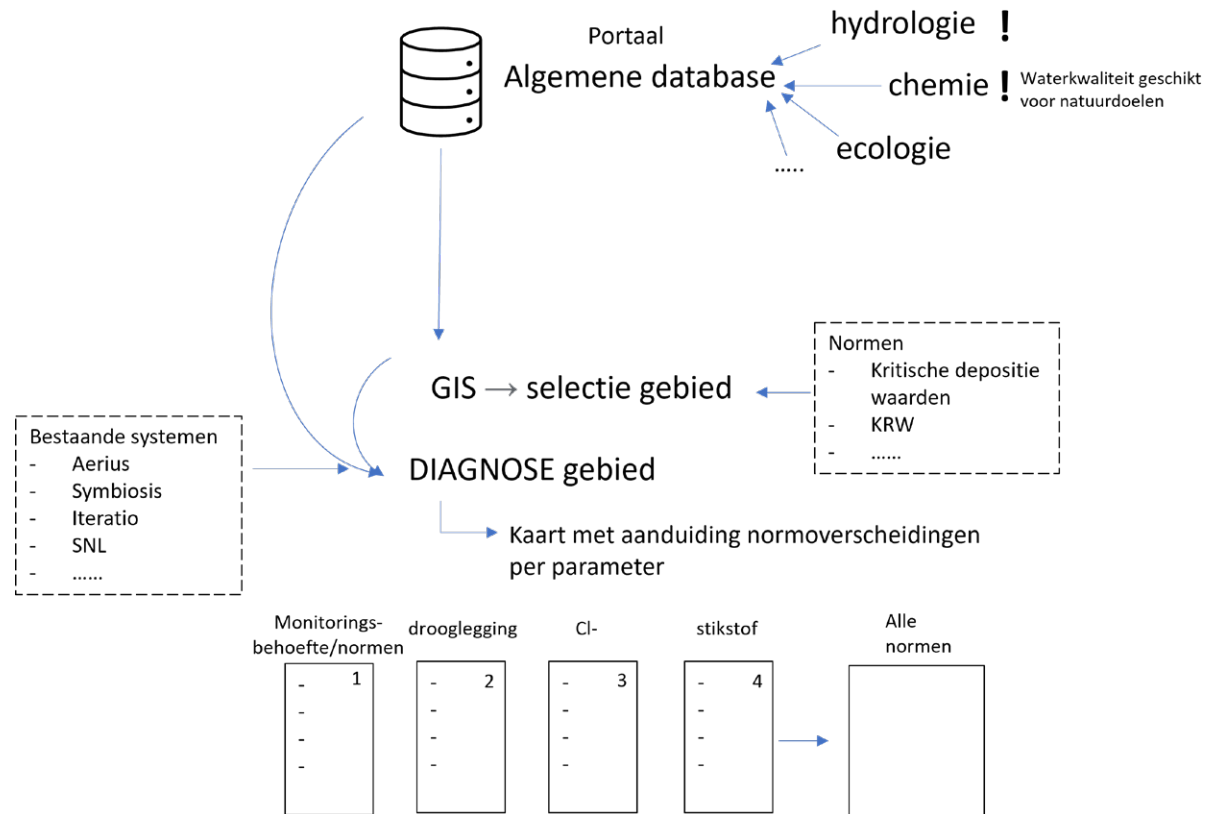
FIGUUR G3

Gedigitaliseerde weergave van het ideale diagnostisch instrument van de terreinbeheerders.



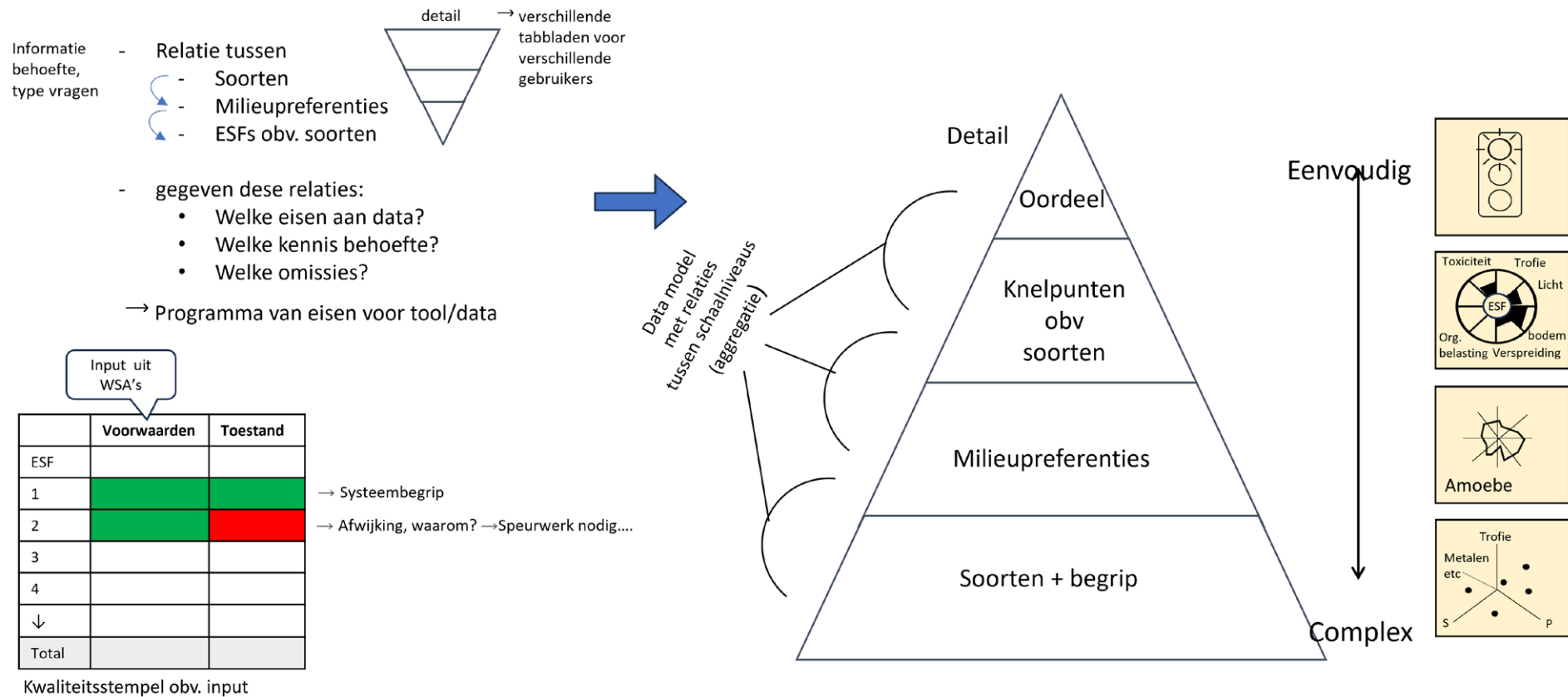
FIGUUR G4

Gedigitaliseerde weergave van het ideale diagnostisch instrument van de provincies.



FIGUUR G5

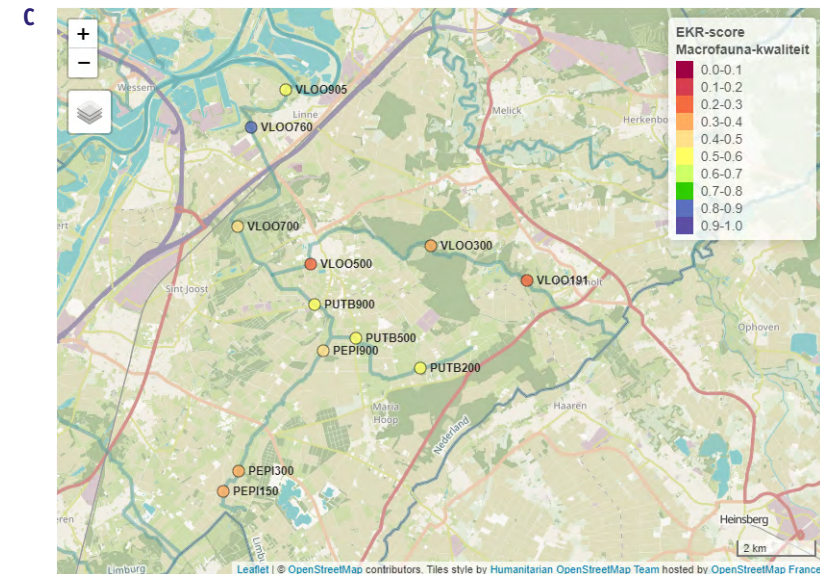
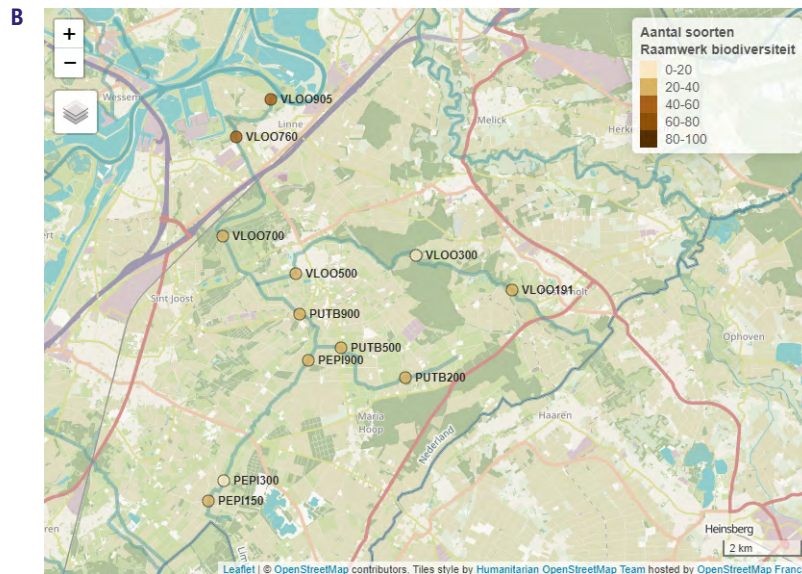
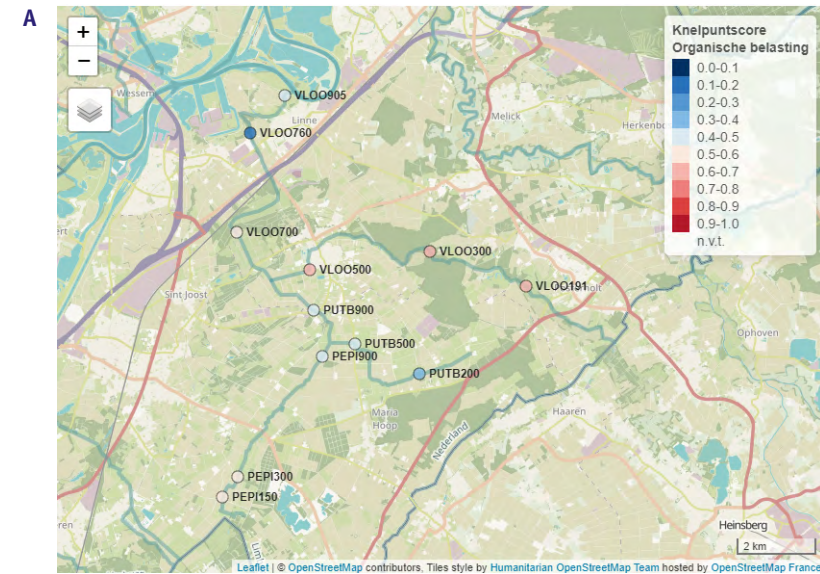
Gedigitaliseerde weergave van het ideale diagnostisch instrument van de adviesbureaus.



➤ BIJLAGE H VISUALISATIES VAN HET EBEO DIAGNOSTISCH INSTRUMENT

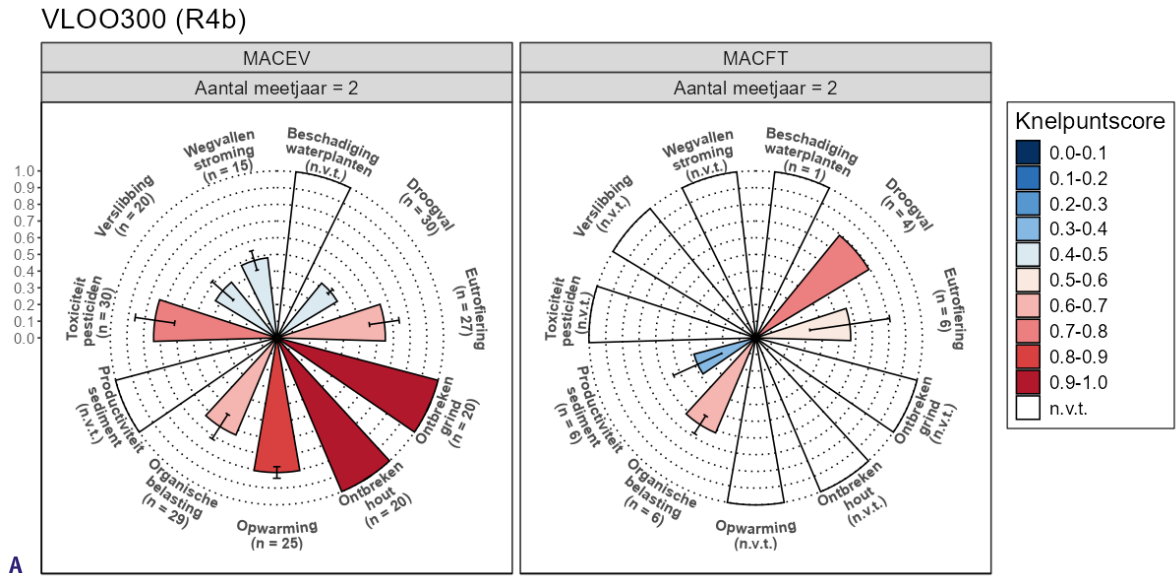
FIGUUR H1

Voorbeeld van de overzichtkaart met modules
A) Knelpunten (Organische belasting); B) Beheeropgave
(Raamwerk biodiversiteit) en C) EKR (macrofauna kwaliteit) op
basis van de macrofauna in het stroomgebied van de Vlootbeek
tussen 2017 en 2022. De score is een gemiddelde over de jaren.

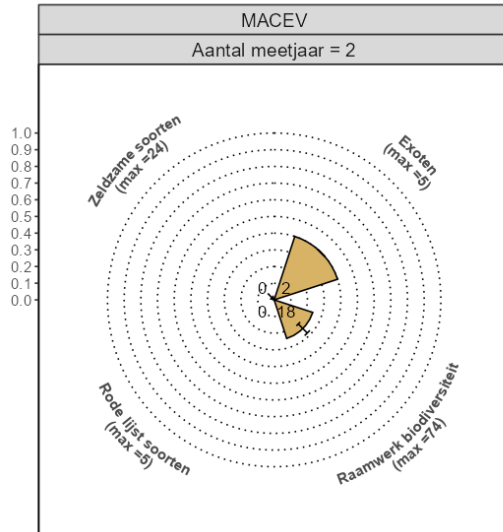


FIGUUR H2

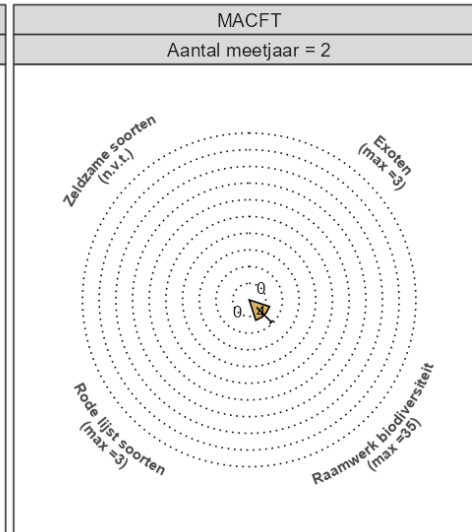
Voorbeeld van de radarplot met modules
 A) Knelpunten; B) Beheeropgave en C) EKR
 op locatie PEPI300 tussen 2017 en 2022.
 De score is een gemiddelde over de jaren
 en de error bar geeft de variatie tussen de
 jaren (standaard deviatie) weer.



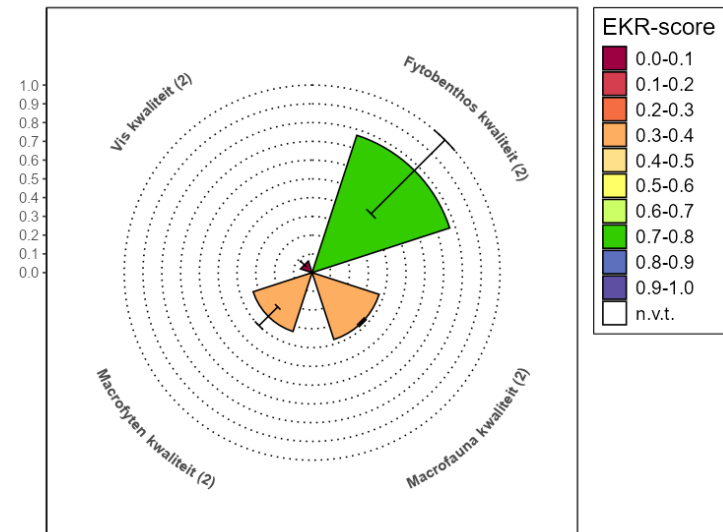
VLOO300 (R4b)



B



PEPI300 (R4b)



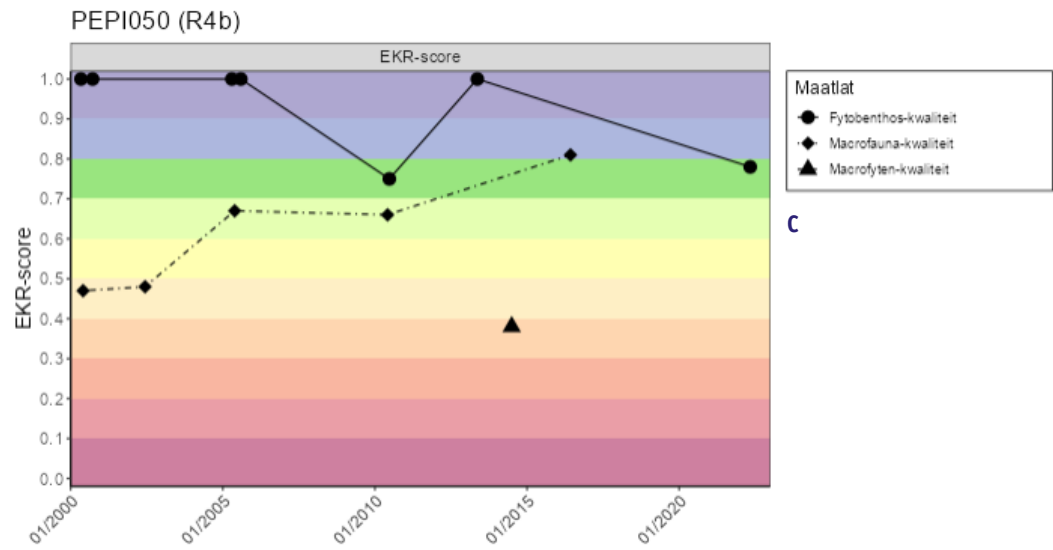
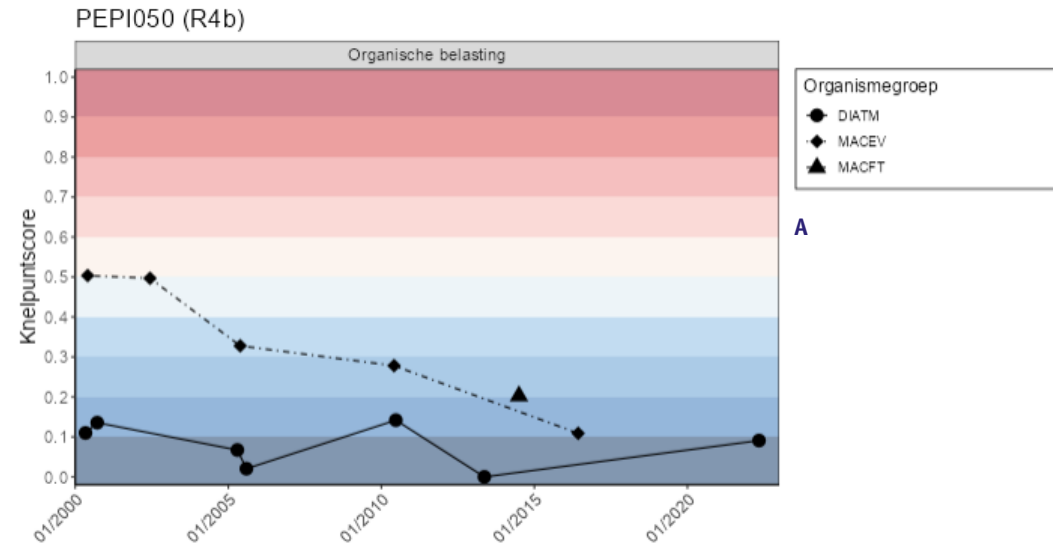
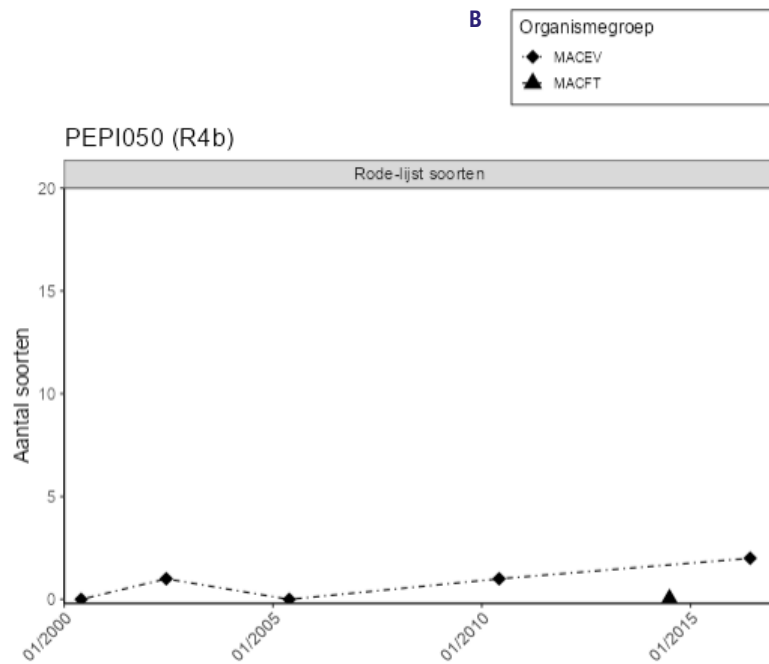
FIGUUR H3

Voorbeeld van de tijdsplot met modules

A) Knelpunten;

B) Beheeropgave en

C) EKR op locatie PEPI050.



➤ BIJLAGE I MOGELIJKHEDEN VOOR TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

Gedurende de werksessies met de Living Labs is het instrument interactief toegepast op de data van de betreffende waterbeheerder. Hierbij kwamen een aantal wensen en behoeftes van toekomstige gebruikers naar voren betreft de toekomstige ontwikkeling van het instrument. Bij elke optie staat tussen haakjes bij welke Living Lab-werksessie dit ter sprake is gekomen.

AANVULLENDE MODULES

- Met dispersie kijken naar welke soorten er missen, maar wel bij het waterlichaam hadden kunnen komen (Verdonschot *et al.* 2024). Ook de afwezigheid van soorten, bijv. t.o.v. van een naburig punt, of ten opzichte van een soortgelijk watertype, heeft informatie in zich.
- Toevoegen van diagnose op basis van alternatieve snelle en goedkope bemonsterings- en analyse methoden, zoals Quickscans (zie bijv. knelpunten-analyse tool Van der Lee 2023) en DNA-technieken.
- Overwegen om meer grafieken ter inzicht van de data op te nemen, in het bijzonder: het verloop van het aantal taxa per hoofdgroep door de tijd, alfa- en gammadiversiteit door de tijd (RWS).

AANVULLENDE SOORTGROEPEN

- Voor sieraalgen zijn milieu-habitatpreferenties bekend maar moeten metingen worden verzameld voor de ijkingsdataset (bijv. WDOOD, Vechtstromen, Wetterskip Fryslan).
- Voor fytoplankton en zoöplankton dienen eerst de milieu- en habitatpreferenties aan de database te worden toegevoegd. Voor zoöplankton zijn tijdens workshop 3 suggesties gedaan voor het opnemen van functionele indicatoren in de database, zoals potentiële graasdruk en lengte-frequentieverdeling (Van der Lee *et al.* 2025).
- Semi-terrestrische organismen kunnen inzicht geven in de landschappelijke kwaliteit rondom het waterlichaam (Lorenz *et al.* 2018).
- Bacteriën kunnen inzicht geven in nutriëntencycli, hoewel voor het inzetten als diagnostische tool er nog een aantal stappen te maken zijn (Sagova-Mareckova *et al.* 2021, Martin *et al.* 2025).
- Daarnaast wordt aanbevolen de milieu-habitatpreferenties in de ILOW-database aan te vullen voor de soortgroepen die reeds zijn opgenomen en op basis daarvan het EBEO instrument uit te breiden. Mogelijk kan dit allereerst gericht worden gedaan voor de knelpunten uit Tabel 3.1, die nog niet kunnen worden berekend (bijv. landschapsdegradatie Verdonschot *et al.* 2024, van Kouwen *et al.* 2025, verontreiniging sediment maatlat R8).

BEREKENINGEN EN AGGREGATIE

- EKR berekeningen uitvoeren met API via Aquokit/QBWAT.
- Nagaan of ijking kan worden uitgebreid met grotere dataset om een breder bereik aan ecosysteemtoestanden mee te nemen (RWS). Mogelijk kunnen projectdata worden meegenomen om bijv. voor het watertype bronnen een grotere en robuustere ijkingsdataset te verkrijgen (WL).
- Mogelijkheid toevoegen om meetpunten samen te voegen via kolom *HoortbijGeoobject.identificatie* of via een interactieve aanpak waarbij de gebruiker op de kaart een selectie van te groeperen meetpunten maakt. Op de lange termijn kan hier zo mogelijk een uitvouwbare boom-visualisatie bij worden gebruikt (RWS). Hiervoor moet worden overwogen hoe de gegevens te aggregeren (verschillende meetpunten kunnen verschillend vaak in de tijd zijn bemonsterd).
- Overwegen van mogelijkheid van samenvoegen scores over verschillende organismegroepen.

KAARTLAGEN TOEVOEGEN

- KRW-stroomgebieden - deze is echter nog niet uniform beschikbaar (WL).
- KRW-watergangen (vlakvormige wateren naast reeds toegevoegde lijnvormige wateren, hiervoor is ondersteuning voor het laden van grotere databronnen benodigd) (WL).
- Dieptekaart (RWS).
- Ecotopenkaart (RWS).
- N2000 gebieden en habitattypenkaart - om link met de terrestrische natuur te leggen (terreinbeheer).
- Overwegen van mogelijkheid om oudere kaarten te gebruiken in plots (RWS).

INTERPRETATIE

- Informatie over verbanden tussen knelpunten, bijv. wegvallen stroming heeft effecten op andere parameters zoals verslibbing (WL).
- Evt. ook in (radar)plot weergeven wat het aantal soorten is dat bijdraagt aan de berekening per knelpunt, om de score beter te kunnen duiden (WL, RWS, HHNK).
- Uitbreiden visualisatie betrouwbaarheid (zie Bijlage J).
- Implementatie
- Uitwerken van een aantal goede voorbeeldgebieden (showcases), zodat gebruikers kunnen zien hoe het instrument werkt en wat de meerwaarde is (HHNK).
- Op de langere termijn zou zelfs een community of practice kunnen worden opgezet voor EBEO om gebruikerservaringen uit te wisselen (HHNK).

➤ BIJLAGE J VISUALISEREN VAN ONZEKERHEID IN HET EBEO-INSTRUMENT

INLEIDING

Deze bijlage heeft tot doel de mogelijkheden te inventariseren om de onzekerheid te visualiseren die er bestaat over de knelpuntcores die met het EBEO-instrument worden berekend. Achtereenvolgens beschrijven we:

1. De bronnen van onzekerheid in knelpuntcores;
2. Kwantificering van onzekerheid in knelpuntcores;
3. Visualisatie van onzekerheid in knelpuntcores.

BRONNEN VAN ONZEKERHEID IN KNELPUNTSCORES

De volgende bronnen van onzekerheid kunnen worden aangewezen:

1. Ruimtelijke en temporele variatie. De knelpuntcores worden berekend op basis van een selectie, een steekproef, uit een waterlichaam op een bepaald moment. De nauwkeurigheid van de knelpuntcore hangt dus af van de steekproefopzet en de ruimtelijke en temporele variatie.
2. Bemonsteringsmethode. Omdat niet uitputtend wordt bemonsterd kunnen soorten worden gemist afhankelijk van de gekozen bemonsteringsmethode, met name zeldzame soorten. Ook de abundantie wordt geschat op basis van de toegepaste bemonsteringsmethode en kan dus verschillen van de werkelijke abundantie.
3. Veronderstellingen over milieu- en habitatpreferenties van de soorten waaruit de knelpuntcore wordt berekend (gebaseerd op analyses van verspreidingsdatasets, experimenten en expert judgement). Hoe betrouwbaarder de indicatoren zijn hoe betrouwbaarder is de uitkomst.
4. Veronderstellingen bij de berekening van de knelpuntcores (bijv. ijking aan de meest recente data van de Nederlandse waterbeheerders en selectie van indicatoren).

KWANTIFICERING VAN ONZEKERHEID

Onzekerheid als gevolg van ruimtelijke en temporele variatie en de bemonsteringsmethode (bron 1 hierboven) is te kwantificeren door kanssteekproeven toe te passen (modelvrij) of door ruimtelijke modellen, tijdreeksmodellen, ruimte-tijdmodellen toe te passen die een statistische component bevatten. Inzicht in onzekerheid voortkomend uit de bemonsteringsmethode (bron 2) kan worden verkregen door de berekening van gemiddelde nauwkeurigheid als functie van het aantal genomen monsters (zie Eckblad 1991). Onzekerheid als gevolg van modelveronderstellingen (bron 3 en 4) is met validatie te kwantificeren.

Om onzekerheid te kunnen visualiseren, moet deze eerst worden gekwantificeerd. Dit kan bijvoorbeeld door toepassing van statistiek. Welke methoden hiervoor het meest geschikt zijn hangt van hoe de data zijn verzameld en met welke modellen ze zijn verwerkt. Onderscheid kan gemaakt worden tussen modelvrije methoden en modelgebaseerde methoden. Bij modelgebaseerde methoden worden veronderstellingen gedaan waardoor er 'onzekerheid over de onzekerheid' is. Dat komt doordat de berekende onzekerheid ook het resultaat van een model is. Die veronderstellingen moeten dus worden geverifieerd alvorens je onzekerheid gaat visualiseren. Verder kan met validatie (vergelijking van voorspellingen/berekende waardes met onafhankelijke waarnemingen) onzekerheid worden gekwantificeerd.

VISUALISATIE VAN ONZEKERHEID

EBEO laat drie vormen van visualisatie zien:

1. Een kaart met punten die de knelpuntcores op locaties weergeven;
2. Een radarplot die per locatie de knelpuntcores laat zien;
3. Een tijdreeksplot die de ontwikkeling van de knelpuntcores in de tijd laat zien op een locatie.

De mate van onzekerheid kan op drie manieren worden toegevoegd aan deze visualisaties.

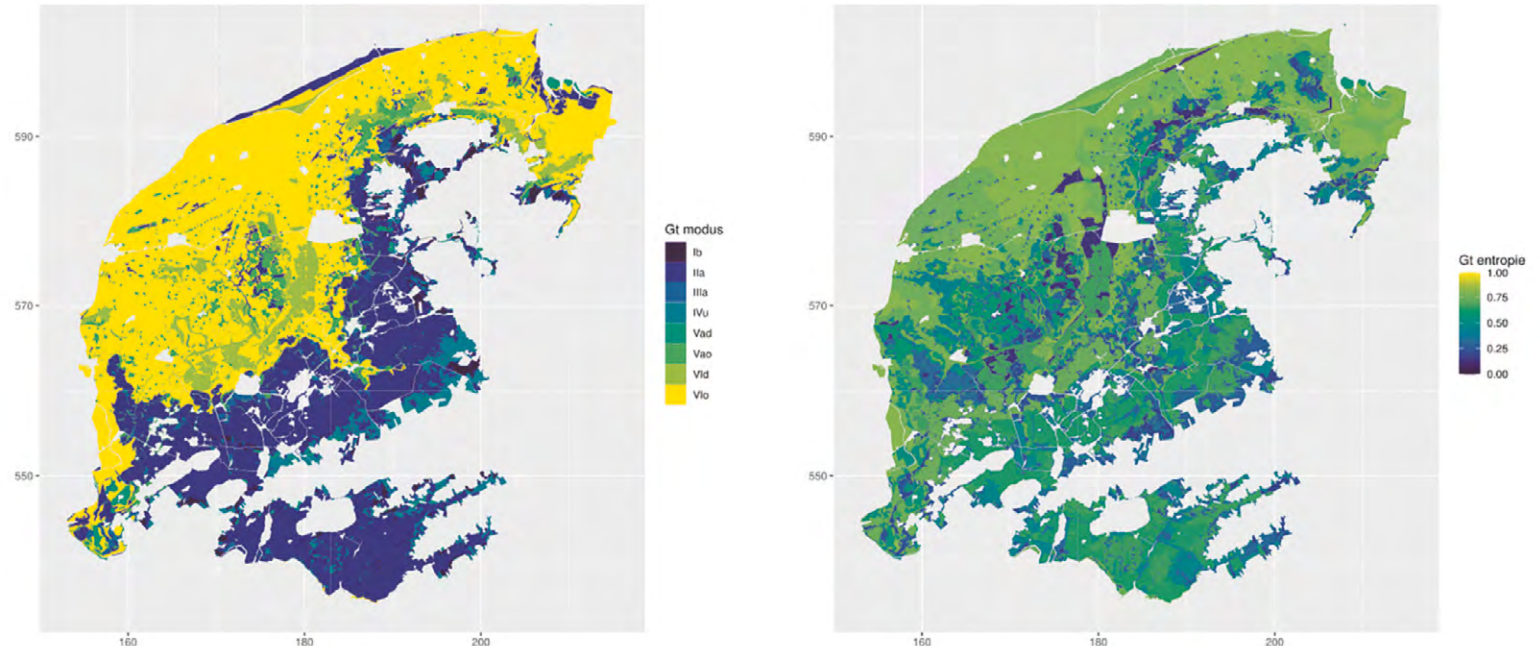
De eerste optie is om gebruik te maken van error bars. De radarplot laat nu al error bars zien indien meerdere meetjaren zijn meegenomen. In de legenda

is weergegeven dat het hierbij gaat om de standaarddeviatie als maat voor de temporele variatie in de knelpuntcores. Deze duidt naast onzekerheid ook op de daadwerkelijke verschillen op een locatie, als er veranderingen zijn opgetreden. Ook wordt in de radarplot aangegeven hoeveel indicatoren zijn meegenomen in de berekening. Hiernaast kunnen betrouwbaarheidsintervallen voor elk punt zowel op de kaart als op de tijdreeksplot worden weergegeven. De meeste mensen zijn vertrouwd met deze intervallen, zie de weersvoorspellingen van het KNMI.

Een tweede mogelijkheid is om te werken met kleurintensiteit die bijvoorbeeld de entropie weergeeft (een maat voor de mate van onzekerheid of heterogeniteit), zie bijvoorbeeld Figuur J1: bij veel ruimtelijke variatie binnen een eenheid gaat de entropie naar 1, bij weinig naar 0.

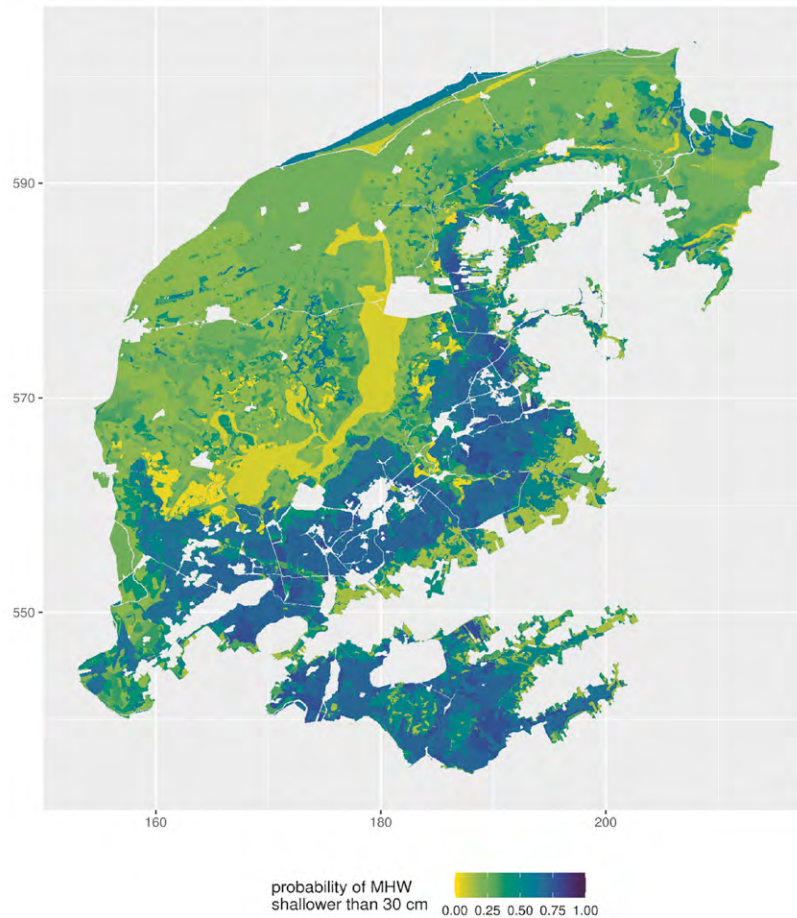
FIGUUR J1

De linker kaart toont de modale (meest voorkomende) Grondwatertrappen Gt-klasse en de rechterkaart geeft de entropie als maat voor heterogeniteit. Een entropie van 0 betekent dat er slechts één Gt-klasse voorkomt, terwijl een entropie van 1 betekent dat alle Gt's even vaak voorkomen. (overgenomen van Knotters et al. 2023).



FIGUUR J2

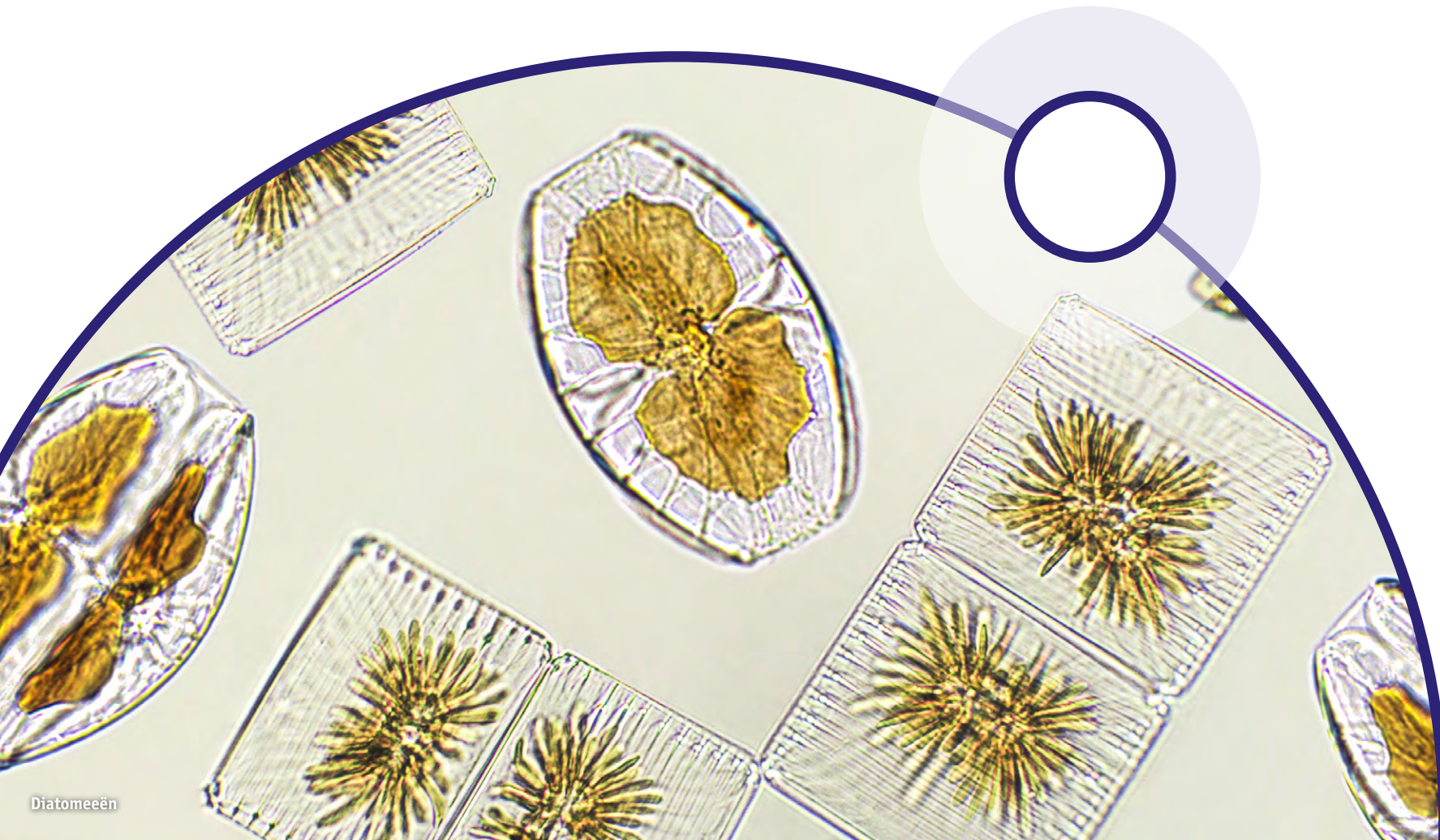
Kans op gemiddeld hoogste grondwaterstand ondieper dan 30 cm (overgenomen van Knotters et al. 2023).



Een derde mogelijkheid is om uit de berekende knelpuntcores en de gekwantificeerde onzekerheid de kans te berekenen dat een bepaalde kritische knelpuntcore wordt overschreden, zie bijvoorbeeld Figuur J2.

Hierbij wordt de hoeveelheid informatie gereduceerd van berekende waarde en onzekerheid naar een kans. Die kans kan worden vertaald in een risico door hem met een effect te vermenigvuldigen. Dit kan nuttige informatie zijn voor de gebruikers, die keuzes moeten maken en daarbij risico's moeten inschatten. Dit is een interessante optie wanneer er meer gegevens beschikbaar zijn, wat mogelijk is wanneer de monitoringsbehoefte hierop is afgestemd. Voor het berekenen van de kans heb je namelijk wel voldoende data nodig.

➔ STOWA IN HET KORT



Diatomeeën

STOWA IN HET KORT

KENNIS OVER WATER, VOOR NU ÉN LATER

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer – kortweg STOWA – is het kennisplatform van de Nederlandse waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat. Vanuit Amersfoort werken we aan het ontwikkelen, verzamelen, verspreiden en implementeren van toegepaste kennis. Die kennis hebben waterbeheerders nodig om de opgaven waar zij voor staan, goed uit te kunnen voeren. Of het nu gaat om klimaatadaptatie (zowel stedelijk als landelijk gebied), een goede waterkwaliteit, duurzame en effectieve afvalwaterzuivering, veilige dijken en kaden, energietransitie of circulaire economie.

Het soort kennis dat wij ontwikkelen, is breed: technisch en natuurwetenschappelijk, maar soms ook bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk. Om te zorgen dat die kennis maximaal kan worden toegepast in de praktijk, presenteren we onze onderzoeksresultaten indien mogelijk in de vorm van praktische handreikingen, tools en instrumenten. Ook faciliteren we met het oog op kennisdoorwerking Communities of Practice en organiseren we daarvoor allerlei bijeenkomsten en webinars. Via onze eigen en andermans media geven we uitleg over de achtergronden bij ons werk.

STOWA werkt vraaggestuurd. We inventariseren welke kennisvragen waterbeheerders hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers: universiteiten, kennisinstututen, kennisbedrijven of adviesbureaus. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van gezamenlijke kennisprojecten op ons. Maar wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de projectresultaten de deelnemers praktische handelingsperspectieven bieden. Ieder project wordt om die reden begeleid door een commissie waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden vastgesteld door programmacommissies, waar waterbeheerders ook zitting in hebben.

STOWA is onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan waterbeheerders te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast een cijfermatige jaarrekening ook een directieverslag opgenomen over de stichting en haar activiteiten. Het budget bedraagt jaarlijks ongeveer 20 miljoen euro. Onze deelnemers leggen gezamenlijk ieder jaar ongeveer 10 miljoen in als structurele bijdrage. Daarnaast ontvangen we jaarlijks ongeveer 10 miljoen euro in de vorm van bijdragen aan afzonderlijke projecten.



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD Amersfoort

