

**Projectplan Kennisimpuls
Brakke Wateren 2020**



Projectplan Kennisimpuls Brakke Wateren 2020

Contactpersoon: Gerben van Geest (Deltares); gerben.vangeest@deltares.nl

In samenwerking met Gertie Arts (Wageningen Environmental Research; gertie.arts@wur.nl)

Inhoud

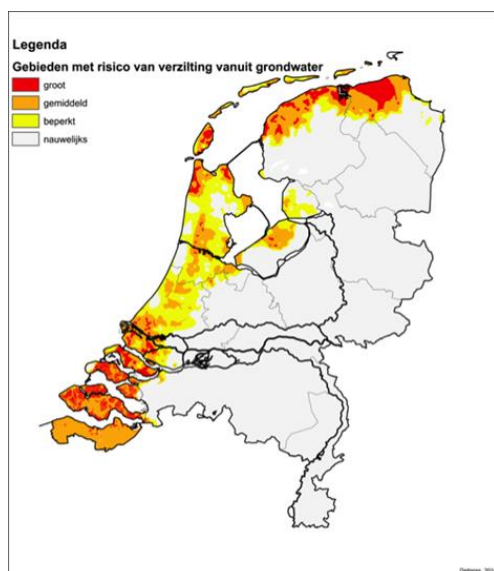
1 Omschrijving	1
1.1 Aanleiding en relevantie voor Delta-aanpak	1
1.2 Doelstellingen van het project	2
1.3 Onderzoeksvragen	3
1.4 Aanpak	5
1.4.1 Producten 2018 en 2019	5
1.4.2 Werkzaamheden 2020	6
1.5 Activiteiten (scope), resultaten en opbrengsten 2020	12
1.6 Producten 2020	15
1.7 Activiteiten, resultaten en opbrengsten 2021	15
2 Betrokkenheid van werkgroep Kennisimpuls en gebruikerscommissie	16
4 Tijdplanning voor 2020	19
5 Aansluiting op lopende programma's	21
5.1 Aansluiting bij systematiek van Ecologische Sleutelfactoren	21
5.2 Rol van grondwater	21
5.3 Afbakening	21
6 Deelnemende kennisinstellingen, universiteiten en adviesbureaus	23
6.1 Algemeen	23
6.2 Rolverdeling in 2020	23
6.3 Inzet adviesbureaus in 2020	24
7 Betrokken kennisvragers	25
9 Looptijd	29

1 Omschrijving

1.1 Aanleiding en relevantie voor Delta-aanpak

Waterbeheerders worstelen met de vraag hoe realistische KRW-doelen kunnen worden afgeleid voor brakke wateren en welke maatregelen nodig zijn om deze doelen te realiseren. Het ecologisch functioneren van brakke wateren wijkt namelijk op verschillende punten af van dat van zoete wateren. In brakke wateren is veelal stikstof – in plaats van fosfaat – het limiterende element voor algengroei. Bovendien spelen fluctuaties in het zoutgehalte een cruciale rol voor de soortensamenstelling, evenals verschillen in dimensies en connectiviteit van het watersysteem. Vaak is er ook sprake van kennislacunes: zelfs in natuurlijk ingerichte wateren waar nutriënten binnen gestelde (zij het vrij ruime) normen blijven, komen vaak geen of weinig waterplanten tot ontwikkeling. De vegetatie beperkt zich tot één of enkele soorten en van goed ontwikkelde waterplantenvegetaties is in veel gevallen geen sprake.

Brakke wateren (met chloride-concentraties > 300 mg/l) komen in alle provincies van Laag-Nederland voor. Deze wateren beslaan een aanzienlijk oppervlak in Nederland, namelijk 27.205 ha aan plassen en 1428 km aan lijnvormige elementen (Van Puijenbroek en Clement, 2010). Dit oppervlak omvat alle brakke wateren, dus ook die wateren die niet als KRW-waterlichaam zijn aangewezen. Voor de toekomst is de verwachting dat het areaal aan brak water toeneemt, door verzilting van het oppervlaktewater (Figuur 1)



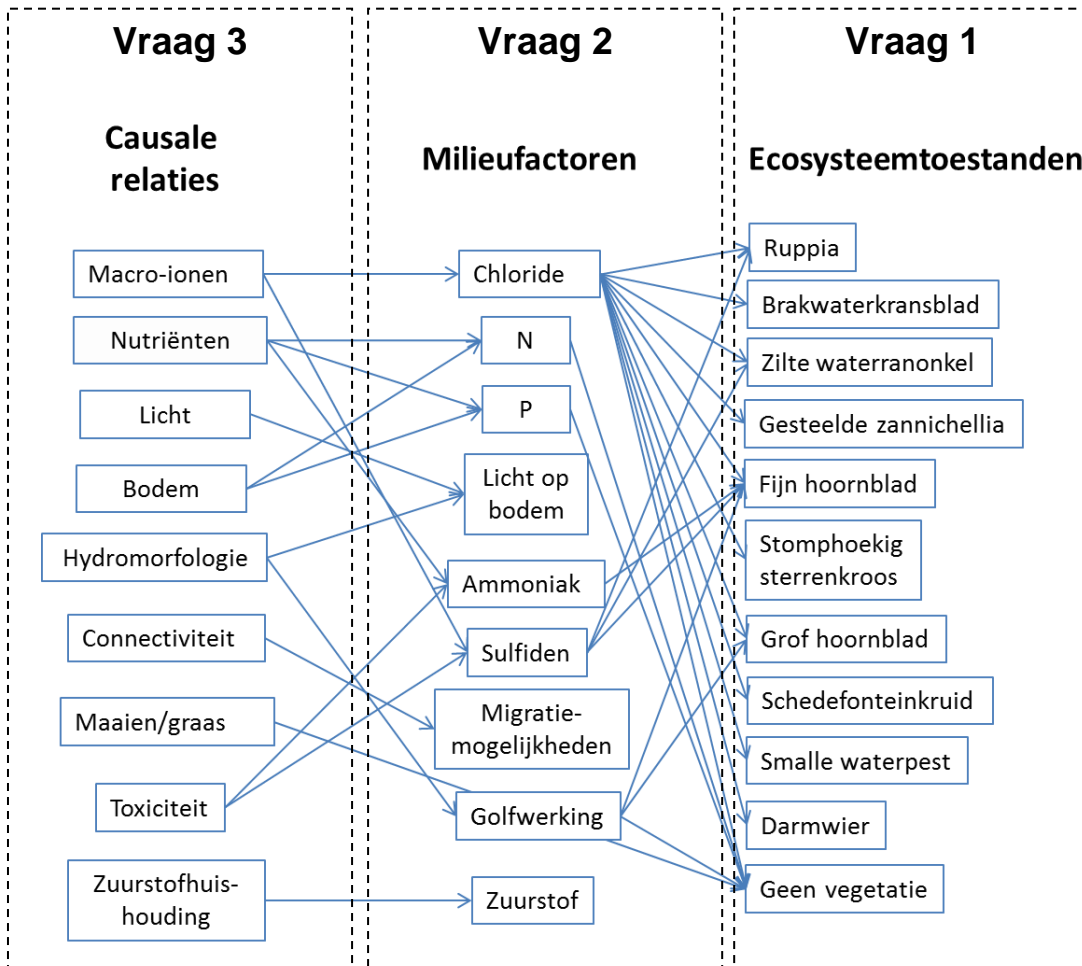
Figuur 1. Gebieden met risico op verzilting in de nabije toekomst

Ondanks het aanzienlijke oppervlak is er dit ogenblik echter nog nauwelijks kennis beschikbaar over het ecologisch functioneren van deze wateren. De belangrijkste vraag die op tafel ligt, is: hoe werken brakke ecosystemen? Wat zijn de sturende factoren in brakke wateren? Wanneer kan een brak watersysteem als goed worden beoordeeld? Deze informatie is cruciaal bij het bepalen van doelstellingen van de KRW, als ook de maatregelen om deze doelen te halen.

1.2 Doelstellingen van het project

Dit project heeft als doel om inzicht te krijgen in het ecologisch functioneren van brakwater systemen; systeembegrip staat dus voorop. Deze kennis wordt uitgewerkt als ecologische sleutelfactoren (ESF's) voor brakke wateren, als aanvulling op de huidige ESF's voor stilstaande wateren. Aan de hand van deze kennis kunnen waterbeheerders de juiste doelstellingen afleiden en de meest (kosten)efficiënte maatregelen treffen.

Het uiteindelijke doel is om de beschikbare kennis over brakke wateren via een Bayesian Belief Netwerk (BBN) ter beschikking te stellen aan waterbeheerders. Op deze manier resulteert de beantwoording van de kennisvragen van dit project in de realisering van beleidsdoelen, namelijk de selectie en uitvoer van (kosten)efficiënte maatregelen, ten behoeve van de doelstellingen van de KRW en N2000.



Figuur 2. Samenhang tussen de verschillende onderdelen van de aanpak. Causale relaties zijn met pijlen weergegeven. Voor verdere toelichting: zie tekst. De ecosysteemtoestanden zijn in dit geval getypeerd door waterplanten die in brakke wateren domineren.

N.B. Om overzicht te bewaren zijn niet alle relevante pijlen weergegeven

1.3 Onderzoeksvragen

Bij waterschappen die brakke wateren in hun beheersgebied hebben, is een lijst van onderzoeksvragen verzameld. Deze kennisvragen kunnen in drie hoofdvragen worden gecategoriseerd, namelijk:

1. Welke typen brakke wateren kunnen worden onderscheiden?
2. Wat zijn sturende milieufactoren voor deze typen, en wat zijn de randvoorwaarden (drempelwaarden) van deze factoren?
3. Wat zijn de causale relaties die deze milieufactoren sturen?

Onderstaand is elke hoofdvraag uitgewerkt in meerdere deelvragen. Deze vragen gelden voor de gehele looptijd van het project (2018-2021); in 2020 wordt slechts een deel van deze vragen geadresseerd.

Naast inhoud hebben deze vragen ook betrekking op de meest efficiënte aanpak en beheersing van risico's. In het plan van aanpak komen deze onderdelen terug.

Vraag 1: Welke verschillende typen brakke wateren kunnen worden onderscheiden?

- a. Voor de ecologisch gezien goed ontwikkelde brakwatervegetaties zijn goede typologieën voorhanden. Zijn deze beschrijvingen voldoende, of moeten aanvullende data-analyses uitgevoerd worden met (buitenlandse) data?
- b. Wat is de meest efficiënte strategie (t.a.v. dataverzameling en –analyse) om tot een typologie van gedegradeerde brakke wateren te komen? Voor deze degradatiestadia is namelijk nog geen typologie voorhanden, terwijl deze juist het meeste voorkomen.
- c. Wat is de structuur van het voedselweb in deze typen, zowel voor de goed ontwikkelde typen als degradatiestadia?
- d. Hoe verhouden de onderscheiden ecosysteemtoestanden zich tot de KRW-typen voor brakke wateren?

Vraag 2: Wat zijn sturende milieufactoren voor deze typen, en wat zijn de drempelwaarden van deze factoren die onderscheidend zijn tussen de typen?

Onderstaand zijn de onderzoeksvragen uitgewerkt per milieufactoor. Voor al deze factoren wordt eerst in beeld gebracht welke kennis reeds voorhanden is, en welke data aanvullend nodig zijn.

a. Macro-ionen:

- Wat zijn verschillen in macro-ionensamenstelling (naast chloride ook andere stoffen) tussen de ecosysteemtoestanden?
- Wat zijn de effecten van schommelingen in macro-ionensamenstelling, en over welke tijdperiode (jaarlijks, seizoenen, maandelijks, wekelijks) hebben deze invloed op brakwatersoorten en ecosysteemtoestanden?

b. Nutriënten:

- Wat is de kritische belasting van nutriënten (P/N) van een brak watersysteem?
- Waar liggen omslagpunten in brakke wateren (wat bepalend is voor de te stellen doelen, normen en stoffen)?
- Gezien het functioneren van het ecosysteem, kunnen deze drempelwaarden worden opgesteld in termen van nutriëntenbelastingen (vrachten) of -concentraties?

c. Licht:

- Is licht de beperkende factor voor waterplantengroei?
- Zo ja, door welke lichtuitdovende componenten (algen, zwevend slib, detritus (dood organisch materiaal), kleuring water) wordt de troebeling veroorzaakt?

- d. Sediment:
- Wat zijn drempelwaarden voor nutriëntenbeschikbaarheid in het sediment voor waterplanten?
- e. Hydromorfologie:
- Welke rol speelt de inrichting, morfologie en peilfluctuaties op de waterkwaliteit van brakke wateren, en welke dwarsverbanden zijn er met de nutriëntenhuishouding? Bij de peilfluctuaties kan onderscheid gemaakt worden tussen natuurlijke omstandigheden (seizoenen, buien, droogte, als het beheer (zomer-/winterpeil));
- f. Toxische stoffen:
- Wat zijn drempelwaarden van toxische stoffen als sulfiden en ammoniak in brakke wateren? (los van de rol die deze stoffen spelen bij de nutriëntenhuishouding);
- g. Maaien en graas:
- Wat is de rol van maaibeheer en graas? Kunnen drempelwaarden gegeven worden? Hierin worden ook de effecten van vogel- en kreeftengraas beschouwd.
- h. Welke andere milieufactoren (connectiviteit, effecten van milieuvreemde stoffen) zijn relevant voor het functioneren van brakke systemen?

Vraag 3: Wat zijn de causale relaties die deze milieufactoren sturen?

- a. Macro-ionen, nutriënten:
- Welke processen bepalen de concentraties van nutriënten (N, P), chloride en andere macro-ionen?
 - Wat is het belang van vrachten (belasting) *versus* concentraties, zeker bij periodiek korte verblijftijden?
 - Hoe speelt het waterbeheer hierin door (effecten van doorspoelen van brakke watersystemen met zoet water en verschil tussen zomer- en winterpeil)?
 - Op welke wijze kunnen water- en stoffenbalansen hierin inzicht verschaffen?
 - Zijn de beschikbare water- en stoffenbalansen gedetailleerd genoeg om hierop antwoord te geven?
 - Is er in brakwatersystemen sprake van evenwichtssituaties, en kunnen we in brakke wateren eigenlijk wel werken met het concept van kritische nutriëntenbelasting? Aan de hand van het antwoord op deze vragen kan bepaald worden of de ontwikkeling van PCLake voor brakke wateren een zinvolle exercitie is.
- b. Licht:
- Welke processen zijn verantwoordelijk voor de concentraties van algen, zwevend slib, detritus en kleuring van het water?
 - Welke rol speelt saliniteit bij de flocculatie van zwevend stof deeltjes?
- c. Sediment:
- Welke bodemprocessen zijn van belang, zowel voor de nutriëntenhuishouding als de concentraties van potentieel toxische stoffen als sulfiden en ammoniak?
- d. Hydromorfologie:
- Welke processen hangen samen met de inrichting en morfologie van brakke wateren?
 - Welke dwarsverbanden zijn er tussen deze processen en de nutriëntenhuishouding en het lichtklimaat?
 - Op welke wijze spelen peilfluctuaties een rol, zowel de natuurlijke peilfluctuaties als verschillen tussen zomer- en winterpeil?
- e. Maaien en graas:
- Speelt maaibeheer een belangrijke rol in brakke wateren?
 - Welke factoren sturen vogel- en kreeftengraas in brakke wateren?

- f. Andere factoren:
 - Welke factoren bepalen connectiviteit in brakke wateren?
 - Wat stuurt de beschikbaarheid van milieuvreemde stoffen?
- g. Ecologische sleutelfactoren:
 - Hoe kunnen bovenstaande milieufactoren worden gerangschikt in de systematiek van ecologische sleutelfactoren (ESF)?
 - Volstaat hierbij de ESF-indeling voor stilstaande wateren, of zijn hierop aanpassingen nodig?

1.4 Aanpak

Onderstaand is de aanpak uitgewerkt voor 2020 en latere jaren. Allereerst zijn uitgangspunten geformuleerd, waaraan deze uitwerking moet voldoen; namelijk:

- De aanpak bestaat uit een werkwijze van 'grof naar fijn'. Dit betekent dat per onderdeel niet direct naar de meest gedetailleerde uitwerking wordt gestreefd. Op de langere termijn wordt deze aanpak cyclisch doorlopen;
- er wordt maximaal gebruik gemaakt van reeds beschikbare kennis; dit betreft eerdere uitwerkingen van ecologische sleutelfactoren (STOWA-projecten Linking ESF's en Zon op Water), kennis uit wetenschappelijke publicaties, modellen, data, empirische relaties, expert-kennis, enzovoorts;
- de causale redeneerlijn moet voor waterbeheerders te achterhalen zijn, zodat de kennis inzicht levert in het functioneren van het ecosysteem, oftewel systeembegrip;
- in het eerste jaar (2018) zijn kennislacunes in beeld gebracht en geprioriteerd. In latere jaren volgt een uitwerking van de kennislacunes met de hoogste prioriteit zoals aangegeven door de waterbeheerders in de gebruikerscommissie;
- de methode levert betrouwbare uitkomsten, waarbij tevens de onzekerheid van de uitkomsten in beeld wordt gebracht;
- het uiteindelijke doel is om de beschikbare kennis over brakke wateren via een Bayesian Belief Netwerk (BBN) ter beschikking te stellen aan waterbeheerders. Deze techniek maakt optimaal gebruik van beschikbare kennis (modellen, empirisch, expert kennis), levert inzicht in de (on)zekerheden van de uitkomst, en kan de resultaten op een overzichtelijke en visueel aantrekkelijke wijze presenteren;
- de kennis uit dit project levert aanbevelingen voor verbetering van de KRW-maatlatten.

1.4.1 Producten 2018 en 2019

In 2018 zijn de volgende activiteiten uitgevoerd; in dit jaar waren er geen externe producten:

- Uitwerking van goed ontwikkelde ecosysteemtoestanden van brakke wateren (voor waterplanten), op basis van verschillen in vegetatiesamenstelling.
- Bepalen welke milieufactoren relevant zijn voor deze ecosysteemtoestanden;
- Uitwerking van ecologische habitatpreferenties van milieufactoren voor plantensoorten van brakwater;
- Causale relatieschema's voor de processen die de milieufactoren aansturen;
- Inventarisatie welke informatie beschikbaar is voor kwantificering van deze relaties;
- Tussenrapport, waarin alle resultaten zijn weergegeven, inclusief verantwoording voor de keuzes, gebruikte methodes en kennislacunes.

In 2019 komen de volgende producten beschikbaar:

- Notitie waarin de relatie tussen N, P en chlorofyl in verschillende typen brakke wateren is beschreven, en normen voor nutriënten in brakke wateren zijn afgeleid (gereed december 2019);
- Rapportage “Effecten van zoutgehalte op macrofauna” en een aangepaste macrofauna zouttolerantielijst;
- Dataset met gegevens van brakke wateren zoals beschikbaar gesteld door de waterschappen;
- Deltafacts met een samenvatting van de belangrijkste resultaten tot dusver (gereed in januari 2020).

Aanvullend zijn in 2019 de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Bepaling van de gevoeligheid van soorten voor fluctuaties in zoutgehaltenes (waterplanten, macrofauna, vis). De hoofdconclusies hiervan worden samengevat in Deltafacts. Tevens worden de resultaten samengevat in het groeidocument (zie hieronder);
- Bepaling van structuur van het voedselweb in brakke wateren (op basis van data van waterschappen); de resultaten worden gerapporteerd in het studentenverslag van Cas Dinjens (student Wageningen Universiteit);
- Eerste uitwerking en kwantificering van causale relatieschema's in Bayesian Belief Networks (BBN's);
- Literatuuronderzoek;
- Aanvulling van het groeidocument, waarin alle resultaten (data-analyses, literatuuronderzoek) zijn weergegeven, inclusief verantwoording voor de keuzes, gebruikte methodes en kennislacunes.

1.4.2 Werkzaamheden 2020

Voorgesteld wordt in 2020 de volgende werkzaamheden uit te voeren:

1. Monitorprogramma voor bepalen van fluctuaties in zoutgehalte, nutriënten en macro-ionen in oppervlaktewater en sediment door het jaar heen;
2. Data-analyse tav habitatpreferenties soorten, structuur van het voedselweb;
3. Literatuuronderzoek tav habitatpreferenties soorten, structuur voedselweb;
4. Aansluiten op (benodigde) uitvoer van water- en stoffenbalans;
5. Verdere uitwerking van Bayesian Belief Networks (BBN's);
6. Samenwerking met KI-projecten 'Toxicologie' en 'Ecologie';
7. Rapportage;
8. Aanvullen Deltafacts.

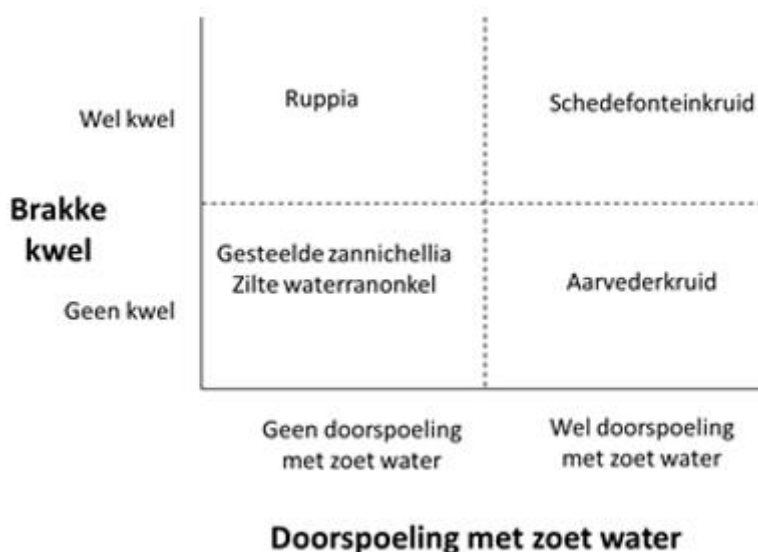
Onderstaand staan de activiteiten voor de ontwikkeling van deze producten nader toegelicht. Voor ieder punt is ook de risicobeheersing in beeld gebracht.

Ad. 1. Monitorprogramma voor fluctuaties in zoutgehalte in oppervlaktewater en sediment

De variatie van het zoutgehalte in de tijd is een belangrijke variabele voor de soortensamenstelling. Dit geldt niet alleen voor het oppervlaktewater, maar ook voor het bodemvocht in het sediment. Op dit ogenblik is er nauwelijks kennis over de rol van het sediment in brakke systemen. Brakke wateren bevatten beduidend hogere concentraties van chloride en vele andere stoffen (bv sulfaat) in vergelijking met zoet water. Dit heeft grote gevolgen voor nutriëntenconcentraties en -kringlopen.

Voor het waterbeheer zijn twee processen van belang, namelijk het doorspoelen met zoet water (tijdens de zomermaanden) en het optreden van brakke kwel.

Voorstel is om de monsterlocaties zodanig te selecteren, dat alle vier de combinaties (van wel/geen brakke kwel en wel/geen doorspoeling met zoet water) worden bemonsterd. Bij deze bemonstering worden dan ook verschillende brakke waterplanten geselecteerd (zie onderstaand figuur, met een fictieve indeling voor preferenties van waterplanten).



De bemonstering heeft betrekking op de volgende onderdelen:

- We richten ons op 5 -20 locaties per waterschap, afhankelijk van aantal brakke wateren, geschikte locaties en bemonsteringsinspanning.
- Elke locatie wordt binnen één jaar viermaal bemonsterd (eenmaal per kwartaal): de eerste keer op oppervlaktewater, poriewater en vaste stofconcentraties; de twee t/m vierde keer alleen oppervlaktewater en poriewater;
- Dezelfde parameters worden bemonsterd als bij het project "Waterplanten en Waterkwaliteit" van Radbouduniversiteit Nijmegen;
- De metingen starten in mei-juni 2020, en eindigen in april-juni 2021;

De kosten van dit onderdeel wordt zelfstandig door waterschappen gefinancierd, en valt dus buiten de begroting van het Kennisimpuls project van 2020. De bemonstering zal als losse

opdracht uitgevoerd worden door Onderzoekscentrum B-Ware. De uitwerking van de hieruit voortkomende gegevens zal echter wel binnen de KI Brakke wateren plaatsvinden.

Op dit ogenblik hebben waterschappen 75.000 euro (ex. btw) toegezegd; dit bedrag staat dus los van de financiering van de Kennisimpuls. De financiers hiervan zijn Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waterschap Scheldestromen en het Wetterskip (ieder 20.000 euro, ex. btw), Waterschap Brabantse Delta (5.000 euro, ex. btw) en Waterschap Noorderzijlvest (10.000 euro, ex. BTW).

Aanvullend wordt onderzocht in hoeverre continue EGV-metingen (mbv dataloggers) kunnen worden uitgevoerd op de locaties. Hiervoor worden verschillende opties uitgewerkt. Vragen die hierbij aan bod komen zijn: wat doen waterbeheerders al; welke data zijn er al; welke reeksen zijn al beschikbaar? Bij de keuze van de locaties wordt rekening gehouden met de vegetatie (wat er staat in voorjaar 2020) en zoveel mogelijk ook met macrofauna. De voorselectie van de locaties worden op de GC van maart 2002 gepresenteerd en besproken. Deltares en B-Ware komen dan ook met een voorstel voor de inzet van dataloggers. Hierbij wordt de suggestie vanuit de GC meegenomen om eventueel dataloggers in te huren en/of in te laten inzetten door laboratoria (bijv. Aquon).

Risicobeheersing

Voor het oorspronkelijke monitoringplan zijn de risico's laag. Er zijn voldoende locaties voorhanden van het belangrijkste speerpunt van dit onderzoek, namelijk locaties met brak sediment en zoet oppervlaktewater. Aandachtspunt blijft de tijdsbesteding en de inzet van EGV-loggers. De aanpak hiervoor wordt in een apart voorstel uitgewerkt (zie hierboven), wat voor uitvoer van het monitorprogramma aan de GC wordt voorgelegd (vergadering maart 2020).

Ad. 2. Data-analyses habitatpreferenties soorten en structuur voedselweb

In dit project wordt de habitatpreferenties van soorten en de structuur van het voedselweb in beeld gebracht. Deze analyses omvatten ook factoren die het lichtklimaat sturen. De analyses hebben betrekking op de soortgroepen waterplanten, macrofauna, zoöplankton en vis. De eerste stappen hiervoor zijn reeds in 2019 uitgevoerd. Gezien de grote hoeveelheid gegevens worden deze analyses in 2020 vervolgd. Hiertoe worden ook extra data opgevraagd vanuit België (Vlaamse brakke wateren) en Denemarken.

De data worden op zodanige manier uitgewerkt, dat deze direct gebruikt kunnen worden in de structuur van de Bayesian Belief Network (zie hieronder).

Risicobeheersing

Voor dit onderdeel moet voldoende tijd gereserveerd worden. Een student van Universiteit Utrecht (Dianne Gielbert) zal een deel van deze data-analyses op zich nemen tijdens haar stage. Los van het stageverslag levert ze nog een tweede product op, namelijk een scriptie over het ecologisch functioneren van brakke wateren; deze scriptie is geheel gebaseerd op literatuurstudie (zie hieronder).

Ad. 3. Literatuuronderzoek habitatpreferenties soorten en structuur voedselweb

Er is veel literatuur over het ecologisch functioneren van brakke wateren (voor een overzicht hiervan, zie voortgangsrapport van 2018). Deze literatuur wordt gescreend, en – waar nodig –

in de rapportage en kennisregels verwerkt. Deze literatuurstudie dient ook ter ondersteuning van de conclusies van bovengenoemde data-analyses.

Gezien de vele literatuur is voor deze activiteiten een aanzienlijk geldbedrag gereserveerd in de begroting. Aanvullend hierop zal een student van de Universiteit van Utrecht (Dianne Gielbert) in 2020 een scriptie schrijven over de ecologie van brakke wateren (los van haar stage-opdracht, zie hierboven). Deze scriptie is geheel gericht op literatuuronderzoek.

Risicobeheersing

De risico's van dit onderdeel zijn laag: er is een aanzienlijk geldbedrag gereserveerd voor dit onderdeel. Bovendien is de benodigde literatuur reeds verzameld en Dianne Gielbert (student WUR) zal een deel van deze literatuurstudie op zich nemen.

Ad. 4. Aansluiten op (benodigde) uitvoer van water- en stoffenbalans;

Bij de ontwikkeling van ecologische kennisregels voor brakke wateren wordt gebruik gemaakt van uitvoergegevens van water- en stoffenbalansen (zie notulen GC 27 november 2020). Dit raakt aan relevante vragen voor waterbeheerders zoals: wat zijn de effecten van doorspoeling in de winter- of zomerseizoenen? Heeft een tijdelijke hoge piekbelasting van stikstof tijdens het winterseizoen inderdaad weinig invloed op het ecologisch functioneren in de zomer, omdat de verblijftijd van het water dan kort is? Waar liggen drempelwaarden voor nutriënten (N, P) en chloride-belasting waar effecten verwacht kunnen worden? Verschillen deze drempelwaarden per seizoen, stof?

Hierbij zijn nog verschillende vragen die moeten worden opgelost, zoals:

- Wat is de uitvoer vanuit reeds beschikbare water- en stoffenbalansen van waterschappen? Welke parameters (in ieder geval fosfaat, stikstof en chloride, ook andere?); Over welke tijdperiode? (kwartaal, maand, dag)
- Hoe nauwkeurig zijn de beschikbare W+S balansen? Worden belangrijke bronnen van nutriënten, zout gemist?
- Welke uitvoer uit W+S balansen is nodig voor een goede ecologische systeemanalyse? Welke parameters zijn hiervoor nodig? Over welke tijd- en ruimteschaal? Wat is de rol van verblijftijd? Van welke andere factoren is retentie van nutriënten in een gebied afhankelijk?
- Hoe goed matchen deze (gewenste *versus* beschikbare uitvoer W+S balansen)? Welke vervolgstappen zijn nodig?

Benadrukt wordt dat bovenstaande vragen over water- en stoffenbalansen veel werk omvatten. Een allereerste vereiste zijn nauwkeurige water- en stoffenbalansen op de juiste tijd- en ruimteschaal. Hiernaast is een goed conceptueel model nodig, waarmee de uitkomsten van water- en stoffenbalansen gekoppeld kunnen worden aan de ecologie. Op dit punt wordt samengewerkt met KI project 'Ecologie', waar soortgelijke vragen spelen.

In januari 2020 wordt een vragenlijst naar waterschappen gestuurd, die inzicht moet geven in de uitvoer van reeds beschikbare water- en stoffenbalansen voor brakke wateren. In het GC-overleg van maart 2020 wordt een stappenplan gepresenteerd voor het vervolg.

NB Deze vragen zijn sterk gelinkt aan modellen als PCLake en PCDitch. In een eerder stadium van dit project is echter al geconcludeerd dat de ontwikkeling van “PCBrak” buiten het kader van (de financiële middelen van) dit project valt.

Risicobeheersing

Belangrijke knelpunten zijn de nauwkeurigheid van beschikbare water- en stoffenbalansen, en de tijd- en ruimteschalen waarop deze balansen zijn gebaseerd. De risico's worden zoveel mogelijk beperkt door overleg met waterschappen en samenwerking met het KI project 'Ecologie'. Voorgesteld wordt om alleen verder te gaan met water- en stoffenbalansen die hiervoor geschikt zijn.

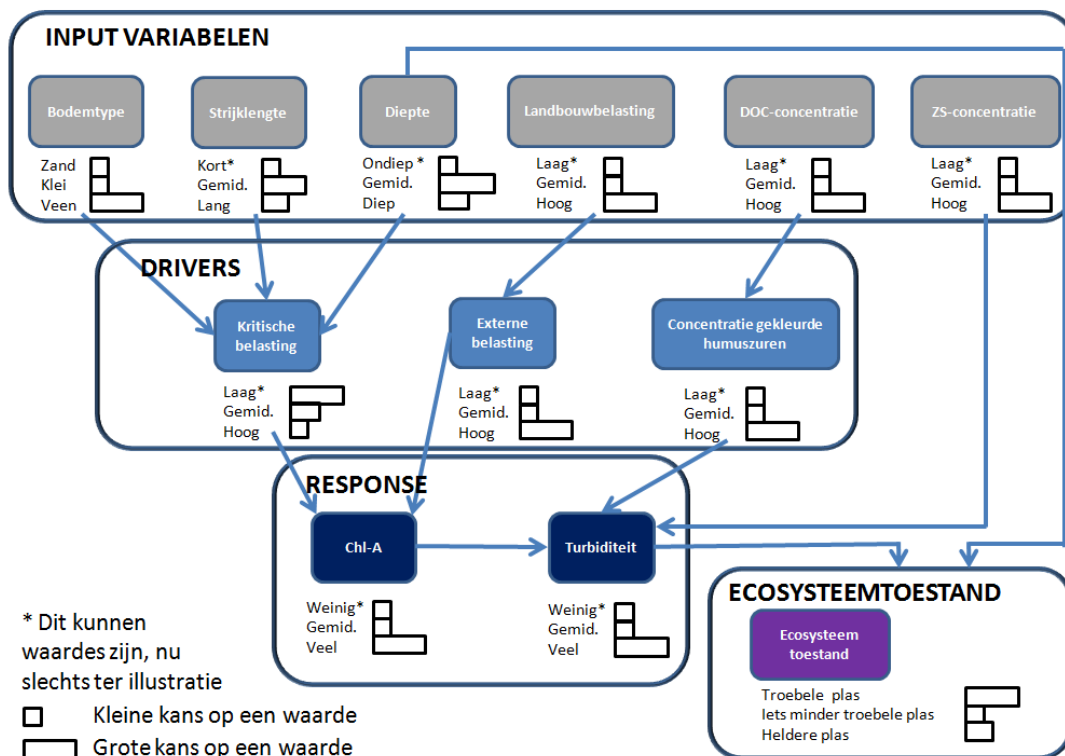
Ad. 5. Verdere uitwerking van BBN's

In 2020 worden de Bayesian Belief Networks (BBN's) verder ontwikkeld en aangevuld (voor waterplanten, macrofauna en vis). De resultaten van de BBN's worden gepresenteerd middels een RShiny app. Doel is de oplevering van een werkende BBN voor brakke wateren, zowel op inhoudelijk als op presentatie-technisch vlak. Deze BBN kan in 2021 verder worden aangescherpt, bijvoorbeeld aan de hand van case studies van waterschappen.

Risicobeheersing

De kans bestaat dat de benodigde data voor het opstellen van de BBN's niet aanwezig is, of niet de vereiste kwaliteit heeft. In dit geval wordt terug gevallen op expert judgement, al dan niet gecombineerd met resultaten van aanvullende metingen (bv monitoring water/sediment).

Voor dit onderdeel wordt nadrukkelijk een werkwijze van 'grof naar fijn' gehanteerd, waarbij de onderdelen met de hoogste slagingskans als eerste worden opgepakt.



Figuur 3. Uitwerking van een causaal netwerk voor zoete wateren, in de vorm van een pijlschema die de causale relaties tussen factoren weergeven. In dit project worden soortgelijke figuren uitgewerkt voor brakke wateren

Ad. 6. Samenwerking met Kennisimpuls projecten Toxicologie en Ecologie

Het project Brakke wateren werkt nauw samen met de KI projecten Toxicologie en Ecologie.

Voor **KI Toxicologie** worden data aangeleverd aan het RIVM, die het belang van toxische stoffen bepaald voor de samenstelling van levensgemeenschappen in brakke wateren.

Voor **KI Ecologie** staat een overeenkomstige aanpak van (causale) relaties centraal. Ook wordt samengewerkt aan de benodigde output van water- en stoffenbalansen. Hiernaast wordt samen gewerkt voor de bepaling van effectiviteit van maatregelen.

Risicobeheersing

De risico's van dit onderdeel zijn laag; de aanpak is reeds op hoofdlijnen met de betreffende partners besproken.

Ad. 7. Rapportage

Het opgeleverde tussenrapport van 2019 wordt aangevuld met nieuwe informatie.

Risicobeheersing

De risico's van dit onderdeel zijn laag: aandachtspunt is reservering van voldoende tijd voor dit onderdeel.

Ad. 8. Opstellen Deltafacts

De resultaten van dit project worden samengevat in zogeheten 'Deltafacts'. Het format dat STOWA ter beschikking heeft gesteld, is hiervoor leidend.

Risicobeheersing

De risico's van dit onderdeel zijn laag: aandachtspunt is reservering van voldoende tijd voor dit onderdeel.

1.5 Activiteiten (scope), resultaten en opbrengsten 2020

Onderstaand zijn de activiteiten voor 2020 weergegeven. De voorgaande paragraaf bevat een toelichting hierop.

1. Monitorprogramma oppervlaktewater en sediment:

- Selectie van locaties voor bemonstering. Deltares, WEnR en B-Ware zijn verantwoordelijk voor de uiteindelijke locatiekeuze (in samenspraak met de waterbeheerders);
- De uitvoering van de monitoring is een losse opdracht die buiten de financiering van de Kennisimpuls Brakke Wateren valt; alle resultaten hiervan worden echter wel volledig geïntegreerd in dit project;
- Iedere locatie wordt binnen één jaar viermaal bemonsterd (eenmaal per kwartaal);
- Dezelfde parameters worden bemonsterd als bij het project "Waterplanten en Waterkwaliteit" van Radbouduniversiteit Nijmegen;
- De werkzaamheden starten in mei-juni 2020, en eindigen in april-mei 2021;

2. **Data-analyse habitatpreferenties van soorten, structuur voedselweb**
 - In beeld brengen van habitatpreferenties van soorten en de structuur van het voedselweb.
 - Verwerking van deze resultaten in ecologische kennisregels, die in BBN's kunnen worden geïmplementeerd.

3. **Literatuur habitatpreferenties van soorten, structuur voedselweb**
 - Samenvatten van de vele wetenschappelijke literatuur over het ecologisch functioneren van brakke wateren. Dit onderdeel dient ter ondersteuning van de data-analyses en de bouw van BBN's.

4. **Aansluiten op (benodigde) uitvoer van water- en stoffenbalansen**
 - Bepaling van de uitvoer vanuit beschikbare water- en stoffenbalansen? Welke parameters? Over welke tijdperiode? (kwartaal, maand, dag)
 - Bepaling van de nauwkeurigheid van de W+S balansen. Worden belangrijke bronnen van nutriënten, zout gemist?
 - Bepaling van de benodigde uitvoer uit W+S balansen voor een goede ecologische systeemanalyse. Welke parameters zijn nodig? Over welke tijd- en ruimteschaal?
 - Bepalen van de (mis)match tussen de gewenste *versus* beschikbare uitvoer van W+S balansen;
 - Op basis hiervan: bepalen van vervolgstappen.

5. **Aanvullende uitwerking en kwantificering van causale relatieschema's in BBN's**
 - In 2020 wordt verder gewerkt aan de ontwikkeling van BBN's voor brakke wateren. Dit betekent een verdere invulling en verfijning van de BBN's. Waar mogelijk worden de literatuurgegevens en data-uitwerkingen in de BBN verwerkt. Ook wordt de presentatietechniek van de BBN's via de RShiny app verbeterd.

6. **Samenwerking met Kennisimpuls projecten Toxicologie en Ecologie**
 - *KI Toxicologie*: het gegevensbestand van brakke wateren is door WENR aangeleverd aan het RIVM. Aan de hand van deze data bepaalt het RIVM wat de bijdrage van de toxiciteit is voor de samenstelling van levensgemeenschappen in brakke wateren; dit loopt nog.
 - *KI Ecologie*:
 - Eenzelfde structuur van de schema's met (causale) relaties;
 - Achterhalen informatiebehoefte voor uitvoer van water- en stoffenbalansen;
 - Nader te bepalen: overeenkomstige aanpak om de effectiviteit van maatregelen te achterhalen;
 - Nader te bepalen: toepassing van BBN's (deze worden zeker toegepast in KI Brakke wateren; mogelijk ook in KI Ecologie);
 - Nader te bepalen: werken met case studies van waterschappen, waar BBN's worden gebruikt;

7. **Rapportage:**
 - Evenals voorgaande jaren wordt in 2020 een tussenrapport opgeleverd. Dit rapport is een groeidocument, en is daarom alleen voor intern gebruik. Relevante kennis voor waterbeheerders wordt vervat in Deltafacts (zie hieronder).

8. Deltafacts:

- o De belangrijkste conclusies van het onderzoek worden samengevat in Deltafacts;

Risicobeheersing

In onderstaande tabel zijn de risico's van de werkzaamheden samengevat, evenals de manier waarop deze risico's worden ondervangen.

Risico	Omvang risico	Kans op succesvolle oplossing	Aanpak
Data waterschappen zijn onvoldoende geschikt voor bepaling gevoeligheid zoutfluctuaties	reëel	redelijk	Inzet mobiele EGV meters in het veld; gebruik water- en stoffenbalans voor bepaling maximale zoutgehaltes
Onvoldoende locaties beschikbaar voor monitoring	klein	groot	Op basis van huidige kennis zijn voldoende locaties met brak sediment en zoet oppervlaktewater;
In bedrijf houden van continue EGV-loggers kost teveel tijd	reëel	redelijk	Eventuele huur van loggers, of inzet en onderhoud van loggers regelen via labs van waterschappen
Samenwerking met KI Toxicologie, Ecologie	klein	groot	Risico's zijn laag: aanpak is reeds besproken
Literatuurstudie	klein	groot	Er is een aanzienlijk bedrag voor WEnR en Deltares begroot voor dit onderdeel. Bovendien zal een student aanvullend literatuuronderzoek uitvoeren
Water- en stoffenbalansen hebben niet de juiste tijd- en ruimteschalen, of zijn onvoldoende nauwkeuring	reëel	redelijk	Overleg met waterschappen over vervolgstappen, samenwerking met KI project Ecologie op dit vlak, alleen verder gaan met geschikte W+S balansen
Onvoldoende tijd voor BBN	klein	groot	Voldoende tijd reserveren, problemen vroeg aangeven, meest gemakkelijke onderdelen eerst
Onvoldoende tijd voor rapport, deltaxfacts	klein	groot	Voldoende tijd reserveren

1.6 Producten 2020

Op 27 november 2019 zijn de voorgestelde activiteiten voorgelegd aan de Gebruikerscommissie. Op basis van dit overleg zijn de activiteiten en producten voor 2020 geherformuleerd. In 2020 worden de volgende producten opgeleverd, namelijk onderdeel 5 (verdere uitwerking BBN's) en onderdeel 9 (Deltafacts) (zie hieronder).

Deze producten vormen de samenvatting van de volgende werkzaamheden:

1. Uitvoer van monitoringprogramma voor oppervlaktewater en –sediment; de resultaten hiervan worden in 2021 gerapporteerd;
2. Bepaling van de habitatpreferenties van soorten en de structuur van het voedselweb, inclusief hypothesen/conclusies over belangrijke ecologische relaties; deze analyses resulteren in ecologische kennisregels, die in de BBN worden opgenomen;
3. Literatuuronderzoek habitatpreferenties van soorten en de structuur van het voedselweb (wordt verwerkt in groeidocument en BBN);
4. Afstemmen van de benodigde uitkomsten uit water- en stoffenbalansen die als invoer dienen voor de BBN-modellen;
5. Verdere uitwerking van BBN's voor ondiepe brakke wateren;
6. Bepaling van de bijdrage van toxische stoffen voor de samenstelling van levensgemeenschappen (samenwerking met KI Toxicologie);
7. Harmoniseren van de aanpak voor het opstellen van causale relatieschema's, gebruik van gegevens uit water- en stoffenbalansen, toepassing van BBN's en achterhalen van effectiviteit maatregelen (samenwerking met KI Ecologie);
8. Tussenrapport; dit rapport is een groeidocument, en daarom alleen voor intern gebruik;
9. Deltafacts, met de belangrijkste conclusies van het onderzoek; deze resultaten zijn direct toepasbaar voor waterbeheerders.

1.7 Activiteiten, resultaten en opbrengsten 2021

Op basis van het overzicht van de beschikbare kennis kunnen in 2021 de volgende activiteiten worden gestart:

- Verdere ontwikkeling van het instrument met BBN's.
- Kwantificering van relaties aan de hand van informatiebronnen (kennis, beschikbare modellen, data);
- Veldmetingen en / of experimenteel onderzoek om kennislacunes op te vullen en hypothesen te testen die volgen uit de data-analyses;
- Pilotstudies, waar de beschikbare kennis wordt toegepast. Bij voorkeur zijn dit brakke wateren waar reeds goede systeemanalyses voorhanden zijn. Aan de hand van deze validaties kunnen de ontwikkelde kennisregels worden aangescherpt;
- Aanbevelingen voor verbetering van KRW-maatlatten;
- Eindrapport;
- Verzamelde data in dit project (oplevering in IM-format).

Het project loopt van 2018 t/m 2021.

2 Betrokkenheid van werkgroep Kennisimpuls en gebruikerscommissie

Onze aanpak willen we vooraf met de gebruikerscommissie bespreken. Dit omvat onder meer de richting van het onderzoek, de prioritering van onderwerpen, risicobeheersing en 'go-no go' ogenblikken. Indien nodig kunnen specifieke onderwerpen ook per email aan de GC voorgelegd worden.

De uitvoerende partners verzorgen de agenda's van de GC-overleggen, evenals de verslaglegging ervan. De agenda's en verslagen worden resp. een week voor en na de overleggen opgestuurd.



Deltares

4 Tijdplanning voor 2020

In onderstaande tabel is de planning weergegeven van de activiteiten in 2020.

Activiteiten	Jan	Feb	Mrt	April	Mei	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
1. Monitorprogramma oppervlaktewater en sediment												
Voorselectie												
Uitvoering												
2. Data-analyse tav structuur voedselweb, habitatpreferenties												
3. Literatuuronderzoek structuur voedselweb, habitatpreferenties												
4. Aansluiten op water- en stoffenbalans												
5. Uitwerking BBN's												
6. Samenwerking KI Toxicologie, Ecologie												
7. Rapportage												
8. Deltafacts												
BC overleggen												

5 Aansluiting op lopende programma's

5.1 Aansluiting bij systematiek van Ecologische Sleutelfactoren

De aanpak in dit project sluit direct aan bij de systematiek van 'Ecologische Sleutelfactoren (ESF) van de STOWA. De ESF-methodiek is een middel waarmee waterbeheerders een ecologische systeemanalyse kunnen uitvoeren. Centraal hierbij staat de vraag: hoe werkt m'n watersysteem? Op basis van de uitkomsten van deze analyse kunnen de juiste doelstellingen en maatregelen worden afgeleid.

De systematiek van ecologische sleutelfactoren is reeds uitgewerkt voor zoete wateren. Verschillende waterbeheerders vanuit Laag-Nederland (o.a. Waterschap Scheldestromen, Hollandse Delta, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) hebben aangegeven dat zij graag over eenzelfde uitwerking willen beschikken voor brakke wateren. Dit betekent dat de kennis die in dit voorstel wordt ontwikkeld, direct toepasbaar is voor waterschappen. De STOWA en waterschappen spelen ook een belangrijke rol in de prioritering van de onderzoeksvragen van dit voorstel.

5.2 Rol van grondwater

Voor brakke, binnendijkse wateren speelt brakke kwel vanuit de ondergrond een belangrijke rol. De effecten van brakke kwel op nutriëntenkringlopen en soortensamenstelling in brakke wateren krijgen veel aandacht in dit project. In het monitorprogramma van 2020 worden bijvoorbeeld locaties bemonsterd met wel/geen brakke kwel, en wel/geen toevoer van zoet oppervlaktewater gekozen (zie hierboven). Hiernaast is in het project veel aandacht voor de sedimentbiogeochemie (en op welke wijze deze beïnvloed wordt door brakke kwel).

5.3 Afbakening

In dit project wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van kennis van het hydrologisch functioneren van brakke wateren. De uitvoer van hydrologisch onderzoek in brakke gebieden valt echter buiten de scope van dit project.

De ontwikkeling van kennis over het ecologisch functioneren van brakke wateren richt zich primair op regionale wateren (en niet op Rijkswateren). Veel van de kennis die uit dit project voortkomt, is echter ook bruikbaar voor Rijkswateren.

Dit project richt zich op wateren waar – vanuit beleidsdoelstellingen – brak water wordt nagestreefd. Dit betekent dat een andere relevante vraag, namelijk de effecten van tijdelijke verbrakking van wateren met doelstellingen voor zoetwater, niet in dit project worden behandeld.

6 Deelnemende kennisinstellingen, universiteiten en adviesbureaus

6.1 Algemeen

Deltares, WEnR (Wageningen Environmental Research), B-Ware, RIVM, waterbeheerders; in latere jaren eventueel uit te breiden naar NIOO-KNAW, W+B en andere adviesbureaus.

Deltares, WEnR en B-Ware hebben tenminste een- tot tweemaal per maand een projectdag, waarbij gezamenlijk aan het project wordt gewerkt. Hierbij is iedere organisatie vertegenwoordigd met één persoon. Deze persoon is verantwoordelijk voor het uitzetten van werkzaamheden naar anderen in de organisatie waar hij/zij werkt. Tijdens deze overleggen worden zaken onderling afgestemd en taken verdeeld. Indien nodig, worden via de email of telefoon aanvullende afspraken gemaakt.

Deltares en WEnR zullen bovenstaande partners voor specifieke vragen inschakelen. Tevens zal de groep gebruikt worden als klankbordgroep, om resultaten te bespreken. De activiteiten van dit voorstel zijn afgestemd met aanpalende onderwerpen van de Kennisimpuls Water, zoals 'Praktisch toepasbare systeemkennis over ecologie en waterkwaliteit voor het invullen kwantificeren van de ESFs' en 'Toxiciteit'.

Gedurende de gehele looptijd vindt overleg met vertegenwoordigers van het waterbeheer (Waterschappen en STOWA) plaats. De vorm waarin is afhankelijk van het beoogde resultaat en wordt bij de verdere uitwerking nader gespecificeerd. Waar nodig wordt samenwerking gezocht met experts bij universiteiten, waterschappen, Rijkswaterstaat en adviesbureaus.

6.2 Rolverdeling in 2020

Deltares heeft de lead bij de aansluiting op water- en stoffenbalansen, uitwerking van de BBN's, samenwerking met KI Ecologie, rapportage, en projectmanagement. Gerben van Geest is de trekker van het project, en is expert op het gebied van waterplanten en biogeochemische relaties. Valesca Harezlak is ecologisch modelleur, en programmeert de BBN in R en RShiny.

WEnR heeft de lead bij de onderwerpen samenwerking KI Toxicologie, structuur van het voedselweb en Deltafacts. Gertie Arts is een expert op het gebied van waterplanten; Ralf Verdonschot, Mariëlle van Riel en Jasper van Smeden zijn experts op het gebied van macrofauna en data-analyse.

B-Ware heeft de lead bij de uitvoer van het monitorprogramma (wat vrijwel geheel buiten de begroting van het Kennisimpuls-project valt, zie hoofdstuk 3). Gijs van Dijk (B-Ware) is in 2017 gepromoveerd op verbraking van laagveengebieden, en is een expert op het gebied van biogeochemische processen in aquatische en semi-terrestrische systemen.

6.3 Inzet adviesbureaus in 2020

In 2020 worden een adviesbureau ingezet bij dit project, namelijk B-Ware.

B-Ware voert het merendeel van het monitorprogramma uit (wat vrijwel geheel buiten de begroting van het Kennisimpuls-project valt, zie hoofdstuk 3). Gijs van Dijk (B-Ware) is in 2017 gepromoveerd op verbraking van laagveengebieden, en is een expert op biogeochemische relaties.

7 Betrokken kennisvragers

De volgende partijen nemen deel aan de Gebruikerscommissie (GC):

- STOWA (Bas van de Wal);
- Waterschap Scheldestromen (Wouter Quist);
- Waterschap Hollandse Delta (Fred Kuipers);
- Waterschap Brabantse Delta (Janne Brouwers);
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (Gert van Ee);
- Wetterskip Fryslân (Harry Boonstra);
- Waterschap Noorderzijlvest (Jan Wanink);
- Provincie Zeeland (Andre van de Straat).

8 Looptijd

Startdatum: januari 2019

Einddatum: 2021