

## De Waterplanner: een metamodel voor aquatische natuur

Het concept en eerste uitwerking



# **De Waterplanner: een metamodel voor aquatische natuur**

Het concept en eerste uitwerking

## **Auteur(s)**

Valesca Harezlak

Mijke van Oorschot

Joost van den Roovaart

## De Waterplanner: een metamodel voor aquatische natuur

Het concept en eerste uitwerking

<b>Opdrachtgever</b>	Planbureau voor de Leefomgeving
<b>Contactpersoon</b>	de heer A. van Hinsberg
<b>Referenties</b>	Oorscot, M. van, Harezlak, V., Roovaart, J. van den, 2022. De Waterplanner: een metamodel voor aquatische natuur – Het concept en eerste uitwerking. Deltares rapport 11208756-ZWS-0001
<b>Trefwoorden</b>	Metamodel, aquatische natuur, Kaderrichtlijn Water, KRW-Verkenner, Habitat

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	0.1
<b>Datum</b>	15-12-2022
<b>Projectnummer</b>	11208756-001
<b>Document ID</b>	11208756-001-ZWS-0002
<b>Pagina's</b>	30
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Mijke van Oorscot	
	Valesca Harezlak	
	Joost van den Roovaart	

# Samenvatting

De vertaling van voorgenomen (landelijk) beleid en/of beheermaatregelen op biodiversiteit is een belangrijke stap: wat betekenen dit beleid of deze maatregelen nu daadwerkelijk voor de biodiversiteit? Voor de terrestrische natuur is hiervoor de MetaNatuurPlanner beschikbaar (Pouwels et al., 2016), maar voor de aquatische natuur is hiervoor nog geen instrument. In deze studie wordt gekeken hoe een model voor aquatische natuur (werktitel: Waterplanner) opgezet kan worden, uitgaande van bestaande modellen en dat qua methode aansluit bij de MetaNatuurPlanner. Dit houdt in dat het model geschikt moet zijn voor snelle, globale analyses van beleid en maatregelen in termen van waterkwaliteit, waternatuur en biodiversiteit. Het doel van deze studie is het ontwikkelen van een eerste demo-versie van de Waterplanner en een lijst met stappen om te komen tot een volwaardig instrument.

Op basis van bestaande kennis is een eerste versie van de Waterplanner ontwikkeld (versie 0.1). Deze eerste versie is de toepassing van de kennisregels van macrofyten zoals beschikbaar in de KRW-Verkenner Ecologie Rijkswateren (Wortelboer et al., 2020) op de schematisatie van de regionale KRW-Verkenner. Echter, de vertaling van kennisregels voor soorten macrofyten op het niveau van de grote Rijkswateren naar kleinere wateren is vanuit ecologisch perspectief maar ten dele mogelijk. Daarom is allereerst een conceptueel model opgesteld waarin is nagedacht over wat nodig is voor de regionalisering van de kennisregels. In het conceptuele model is uitgewerkt wat nodig is voor de regionalisering van de te beschouwen soortgroepen (macrofyten, macrofauna en vissen) en wat goede rekeneenheden voor biodiversiteit zijn (soortniveau, maar opwerking naar associaties, leefgemeenschappen en/of ecosysteemtoestanden, afhankelijk van de benodigde beleidsindicator). Ook is er een verkenning gedaan naar welke milieuv variabelen mogelijk gebruikt moeten worden.

Uit het conceptuele model en de toepassing van de Waterplanner 0.1 volgen een aantal ontwikkelpunten om te komen tot een robuust model dat ingezet kan worden bij onder andere de Landbouw- en Natuurverkenning 2023/2024. De verbeterpunten kunnen opgesplitst worden in het toepassen van huidige en te ontwikkelen kennis en het ontwikkelen van functionaliteiten. Voorgesteld wordt om eerst de Waterplanner op orde te krijgen voor macrofyten, gevolgd door vis en als laatste macrofauna. In onderstaande lijst valt de volgorde van opsomming per onderdeel samen met de prioritering van werkzaamheden per onderdeel.

- Macrofyten en Vissen:
  - Huidige kennisregels nalopen met oog op regionalisering
  - Aanvullen van kennisregels
  - Milieuv variabelen updaten
  - Opschaling van soort naar verbond, associatie en/of rompgemeenschap (macrofyten) en naar visgemeenschap
- Macrofauna
  - Afstemming met WEnR over beoordelingsniveau
  - Go/no go moment
  - Milieuv variabelen updaten
  - Aanvullen- en/of passen van kennisregels

Voor alle drie de kwaliteitgemeenschappen geldt dat de resultaten van de Waterplanner gevalideerd moeten worden met velddata of ten minste expert judgement.

Te ontwikkelen functionaliteiten, in volgorde van afnemend belang:

- Inzichtelijk maken van 'hotspots' van in het beleid beschermde natuur door het labelen van VHR en Natura2000 soorten.
- Inzicht in de limiterende milieuvariabelen per waterlichaam op soortniveau, bijvoorbeeld in drie klassen. Vanuit soortniveau kan een doorvertaling gemaakt worden naar een groepering van soorten, zoals VHR soorten, habitattypen, associaties of gemeenschappen.
- Het berekenen van toe- en afname in aantallen soorten, of een van soortensamenstelling afgeleide kwaliteitsindicator (toe te passen op bijvoorbeeld scenario's).
- Het berekenen van oppervlakten van verschillende kwaliteitsklassen-indicatoren.
- Een gebruiksvriendelijke modelinterface.

De uitgevoerde studie heeft geleid tot een eerste versie van de Waterplanner en daarmee is een aanzet gegeven voor de ontwikkeling van een volwaardig instrument, dat ingezet kan worden voor verkenningen van beleid- en beheerscenario's voor aquatische natuurkwaliteit.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding en doel</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Modeleisen &amp; modelconcept</b>	<b>8</b>
2.1	Modeleisen	8
2.2	Beschikbare modellen	9
2.2.1	KRW-Verkenner	9
2.2.2	HABITAT	12
2.3	Modelconcept Waterplanner	12
2.3.1	Biodiversiteit in de Waterplanner	12
2.3.2	Ruimtelijke schematisatie	13
2.3.3	Kennisregels voor biota	14
2.3.4	Conceptueel model Waterplanner	16
<b>3</b>	<b>Van concept naar werkend model: een stappenplan</b>	<b>18</b>
3.1	Samenhang milieuvariabelen en natuurkwaliteit	18
3.2	Milieuvariabelen	19
3.3	Rekenkern	19
3.4	Resultaten	20
<b>4</b>	<b>Proof of principle: een eerste berekening</b>	<b>21</b>
4.1	Rekenvoorbeeld: Waterplanner 0.1	24
4.1.1	Invoer	24
4.1.2	Berekening	24
4.1.3	Resultaten	25
<b>5</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>29</b>

# 1 Inleiding en doel

De vertaling van voorgenomen (landelijk) beleid en/of beheermaatregelen op biodiversiteit is een belangrijke stap: wat betekent dit beleid of deze maatregelen nu daadwerkelijk voor de biodiversiteit? Om die reden voert het PBL onder andere om de 4 jaar een natuurverkenning uit met de MetaNatuurPlanner. Andere onderwerpen waar de Planner voor ingezet werd en wordt zijn de herijking van het Natuurnetwerk Nederland (voorheen de EHS), het doorrekenen van verkiezingsprogramma's, en de lerende evaluatie Natuурpact. Het model maakt gebruik van relaties tussen milieu- en ruimtecondities en biodiversiteit om zo effecten van (voorgenomen) beleid en beheeringrepen in kaart te brengen. De MetaNatuurPlanner rekent op nationale en regionale schaal voor de terrestrische biodiversiteit.

De wens is om ook voor aquatische systemen op nationale en regionale schaal natuurverkenningen uit te kunnen voeren, zodat er een compleet beeld gevormd wordt van de effecten van (voorgenomen) beleid en beheeringrepen op zowel de terrestrische als aquatische biodiversiteit. Het doel van deze studie is dan ook om de mogelijkheden te verkennen voor het ontwikkelen van een metamodel voor aquatische biodiversiteit. Het te ontwikkelen model moet geschikt zijn voor snelle, globale analyses, die goed aansluiten op scenario's van landbouw-extensivering en de vertaling naar effecten op waterkwaliteit, waternatuur en biodiversiteit. Idealiter sluit het model aan op het huidige landelijk waterinstrumentarium (LWKM, van der Bolt et al., 2022) en andere beschikbare modellen en kan het ingezet worden voor de Landbouw- en Natuurverkenning van 2023/2024.

Om een model te realiseren dat én aansluit op het bestaand instrumentarium en binnen korte tijd operationeel moet zijn, zijn in de onderliggende studie de volgende stappen uitgevoerd:

- Schets van modeleisen (paragraaf 2.1),
- Inventarisatie van de beschikbare modellen (paragraaf 2.2)
- Het opzetten van het modelconcept (paragraaf 2.3),
- Een stappenplan om vanuit het modelconcept te komen tot een werkend en zo volledig mogelijk model (hoofdstuk **Error! Reference source not found.**),
- Een 0.1 versie van het conceptuele model (hoofdstuk **Error! Reference source not found.**).

Parallel aan deze studie loopt een opdracht van PBL aan Wageningen Environmental Research (WEnR) voor een ontwerp voor een metamodel voor uit- en afspoeling van nutriënten. Idealiter zouden de uitkomsten van dit metamodel input moeten leveren voor de toekomstige Waterplanner. Uitwisseling tussen beide metamodellen zal bij voorkeur moeten plaatsvinden op het meest gedetailleerde beschikbare schaalniveau, zowel in de tijd als in de ruimte. In de Waterplanner kunnen dan eenvoudig aggregaties worden gemaakt van data naar het gewenste niveau. Wat betreft de temporele resolutie zou decade (dat is ook de huidige uitwisseling tussen ANIMO en de KRW-Verkenner) voldoende zijn. Het ruimtelijke schaalniveau is meer complex en verdient nader overleg tijdens de verdere uitwerking van de beide metamodellen. De voorkeur voor de Waterplanner is het meest gedetailleerde beschikbare schaalniveau (HRU's), zonder tussentijdse aggregaties en desaggregaties.

## 2 Modeleisen & modelconcept

Dit hoofdstuk schetst eerst de modeleisen, gevolgd door de modellen die mogelijk geschikt zijn om als vertrekpunt te dienen. Vervolgens wordt aan de hand van een theoretisch raamwerk het modelconcept van de Waterplanner (werktitel) geschetst.

### 2.1 Modeleisen

De bedoeling van het te ontwikkelen model is dat het, net zoals de MetaNatuurPlanner (PBL), ingezet kan worden om effecten van nationaal en regionaal beleid op aquatische natuurdoelen inzichtelijk te maken. Natuurdoelen zijn de KRW, VHR en Natura2000. Omdat het de bedoeling is de Waterplanner naast de MetaNatuurPlanner te gaan gebruiken, is het goed om uit te gaan van een vergelijkbaar modelconcept. Daarnaast is het belangrijk dat de Waterplanner landsdekkend is voor de zoete wateren. Ook moet het mogelijk zijn om invoer vanuit andere databronnen, zoals bijv. het meta-model voor nutriënten (WEnR), in de Waterplanner te gebruiken.

Aanhaken bij de MetaNatuurPlanner houdt in dat de Waterplanner waar dit past uitgaat van:

- Het relateren van milieuv variabelen aan aquatische natuurdoelen via kennisregels.
- Het rekenen op basis van kaartlagen.
- Rekenen op soortniveau.
- Het kunnen vertalen van drukken op de natuur, zoals verdroging, vermesting, verzuring en versnippering, naar wat dit betekent voor natuurdoelen.

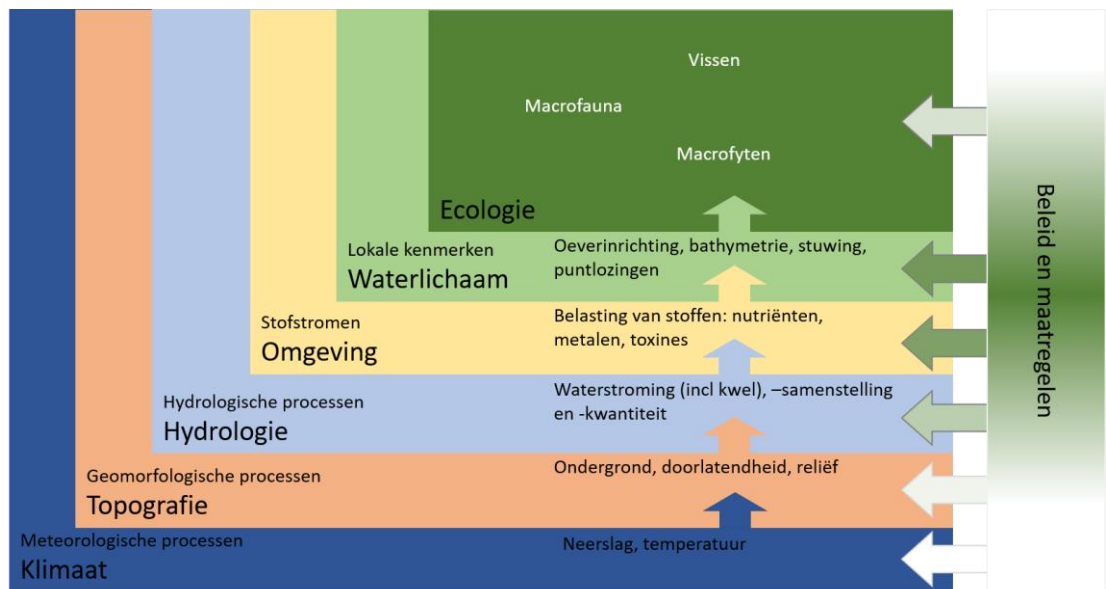
Daarnaast moet de Waterplanner verschillende typen maatregelen kunnen doorrekenen. Dit betreft maatregelen die op grote lijnen door politieke partijen geschetst kunnen worden. Het model moet in staat zijn om de geschetste maatregelen om te kunnen zetten in modelinvoer. Voorbeelden van door te rekenen maatregelen (Tiktak et al., 2022), zijn:

- Instandhouding van de huidige situatie met betrekking tot nutriënten met autonome drukken zoals klimaatverandering (minder water, hogere nutriënten concentraties etc).
- Reductie van nutriënten en aansluiten bij de maatregelen voor de KRW.
- Een verdere reductie van nutriënten en aansluiten bij de maatregelen in het stikstofdossier.

Daarnaast moet de Waterplanner ook in staat zijn om de effecten van klimaatverandering (anders dan nutriënten), hydromorfologische maatregelen en waterdoelen op aquatische biodiversiteit te kunnen kwantificeren.

Voor de relatie tussen milieuv variabelen en soorten wordt uitgegaan van systeemgericht denken: er is een hiërarchie in kenmerken in een landschap die elkaar beïnvloeden en leiden tot de uiteindelijke milieuv variabelen zoals door soorten in een waterlichaam waargenomen (Besselink et al., 2017, Figuur 2.1). Het systeemgericht denken helpt in ordening van de verschillende milieuv variabelen: op welk schaalniveau spelen deze? Zijn ze daarmee randvoorwaardelijk (klimaat, topografie, deels hydrologie) of zijn ze modulerend op de randvoorwaardelijke milieuv variabelen (deels hydrologie, omgeving, waterlichaam). Het geeft daarmee inzicht in welke milieuv variabelen relevant zijn en dus meegenomen moeten worden. Ook geeft het inzicht in de variabiliteit in de ruimte en wat daarom een goede databron is: data over kwel kan op hoger landschappelijk niveau worden verzameld (kwelkaart van Nederland), terwijl data over oeverinrichting van lokale bronnen moet komen.





Figuur 2.1 Systeemgericht denken, waarbij beleid en maatregelen op verschillende niveaus kunnen ingrijpen: hoe donkerder de kleur groen van 'Beleid en maatregelen' des te beter stuurbaar. Deze figuur is aangepast van natuurkennis.nl.

## 2.2 Beschikbare modellen

Binnen Deltares zijn er een aantal modellen beschikbaar die als basis kunnen dienen voor de Waterplanner. Dit zijn de twee ecologische modules van de KRW-Verkenner: de ecologische module voor de Rijkswateren en de ecologische module voor regionale wateren, en het model HABITAT. Deze modellen worden hieronder toegelicht, waarna een beschrijving volgt voor het modelconcept.

### 2.2.1 KRW-Verkenner

De KRW-Verkenner is ontwikkeld om EKR-scores te voorspellen in regionale wateren en Rijkswateren voor landelijke maatregelpakketten. De ecologische berekening in de KRW-Verkenner is opgesplitst in 2 modules: 1 voor de Rijkswateren en 1 voor de regionale wateren. Beide modules hebben een andere rekenmethodiek en een bijbehorende datavraag.

#### Rijkswateren

De ecologische Rijkswateren module van de KRW-Verkenner werkt met het voorspellen van soorten op basis van tolerantiegrenzen voor abiotische factoren. De kennisbasis is opgebouwd uit verschillende datasets van soorten met bijbehorende milieuvariabelen die gebruikt worden als de kennisregels voor het voorkomen van soorten (Figuur 2.2). Daarnaast bevat de module een set aan default waarden voor milieuvariabelen op KRW-waterlichaam-niveau, zodat tenminste op KRW-waterlichaam-niveau gerekend kan worden. Wanneer data voor milieuvariabelen op een kleiner schaalniveau (ofwel rekeneenheden) beschikbaar is, dan kan ook gerekend worden op deelgebied, eco-eenheid en, het kleinste schaalniveau, op ecotoop-niveau (Figuur 2.3).

De potentieel aan- of afwezigheid van soorten in een rekeneenheid wordt berekend door de tolerantiegrenzen van soorten te vergelijken met de waarden van milieuvariabelen in die rekeneenheid. Hierbij geldt dat een soort alleen potentieel kan voorkomen wanneer de waarden van alle milieuvariabelen binnen de tolerantiegrens van de soort valt. Naast het berekenen van de aan- of afwezigheid van soorten, wordt per KRW-watertype ook aangegeven of de potentieel voorkomende soorten positief of negatief indicierend zijn (macrofyten en macrofauna).

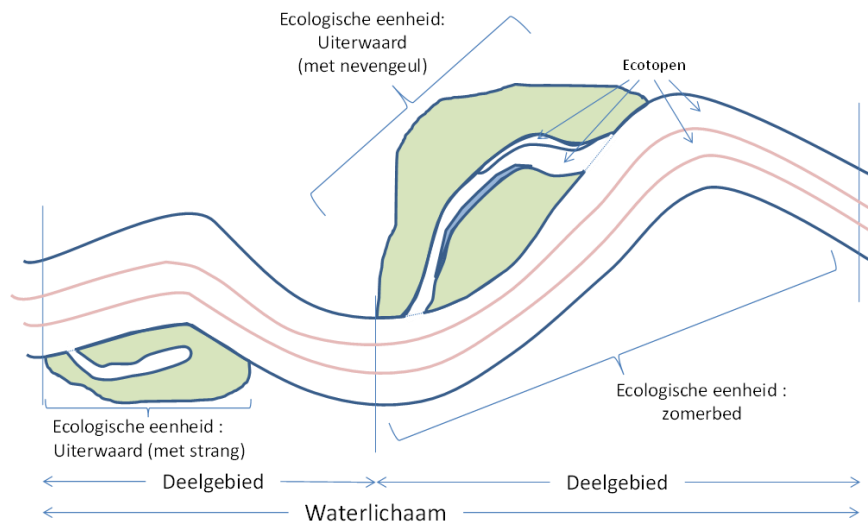
Op basis van de potentieel voorkomende soorten kunnen een aantal deelmaatlatten berekend worden: die deelmaatlatten die uitgaan van aan- en afwezigheid van soorten, niet die op basis van abundanties. Door te werken met soortenlijsten kan de module ook ingezet worden om veranderingen in soortenrijkdom inzichtelijk maken en bijvoorbeeld ook effecten van maatregelen of veranderingen op habitatrichtlijn-soorten te berekenen.

Milieufactoren			Kennisregels soorten		
Macrofyten					
Alkaliniteit	Dynamiek	NO3			
Bodemtype	Golven	totP			
Cl	Kwel	Scheepvaart			
Diepte	Licht op bodem	Stroomsnelheid			
Droogval	NH4	pH			
Macrofauna					
Bodemtype	Isolatie	pH			
Cl	NH4	Saprobie			
Diepte	Oppervlakte	Stroomsnelheid			
Droogval					
Vis					
Bodemtype	Diepte	Stroomsnelheid			

Macrofyten	Macrofauna	Vis
546 soorten (waterplanten en waterkwaliteit, 1980-1985 & 2015-2018)	2124 soorten (WEW, 2012)	45 soorten, voor ei/larve, juveniel, adult (dataset T. Buijse)
Aan/afwezigheid	Aan/afwezigheid	Aan/afwezigheid
Bedekking		

Figuur 2.2 Overzicht van milieufactoren (links) en datasets die gebruikt zijn voor het afleiden van kennisregels voor soorten (rechts).

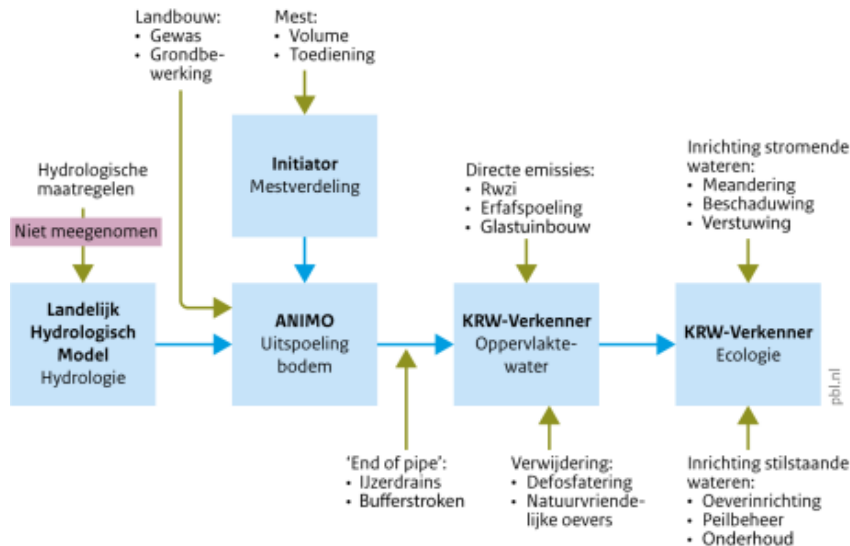


Figuur 2.3 Overzicht van verschillende schaalniveaus waarop gerekend kan worden voor de Rijkswateren module van de KRW-Verkenner.

### Regionale wateren

De ecologische module van de KRW-Verkenner voor de regionale wateren is onderdeel van de modellentrein van het Nationaal Watermodel (zie Figuur 2.4). In tegenstelling tot de ecologische module voor de Rijkswateren, werkt de ecologische module voor de regionale wateren met statistische relaties tussen milieuvariabelen en EKR-scores. Er wordt dus *niet* op basis van soorten gerekend.

## Doorgerekende maatregelen in modulentrein van het Nationaal Watermodel



Bron: PBL

Figuur 2.4 Schematisch overzicht van de modellentrein van het Nationaal Watermodel, inclusief de KRW-Verkenner module voor de regionale wateren (bron: van Gaalen et al., 2020).

De meegenomen milieuvariabelen in de regionale toepassing variëren per KRW-watertype (Tabel 2.1). De relatie tussen de milieuvariabelen en EKR-scores zijn per KRW-watertype afgeleid met machine-learning algoritmes. Omdat er verschillende machine-learning technieken bestaan, vaak met hun eigen voor- en nadelen (Visser et al., 2022), beschikt de regionale module over drie verschillende rekenmethodes: regressiebomen, neurale netwerken (Random Forest) en PUNNs. Deze regionale methode is hierdoor doorzichtelijker dan de Rijkswateren module in termen van de relatie tussen milieuvariabelen en de ecologische kwaliteit, maar in Van der Linden et al. (2021a) staan figuren die het verklarende vermogen van de verschillende milieuvariabelen per watertype weergeven.

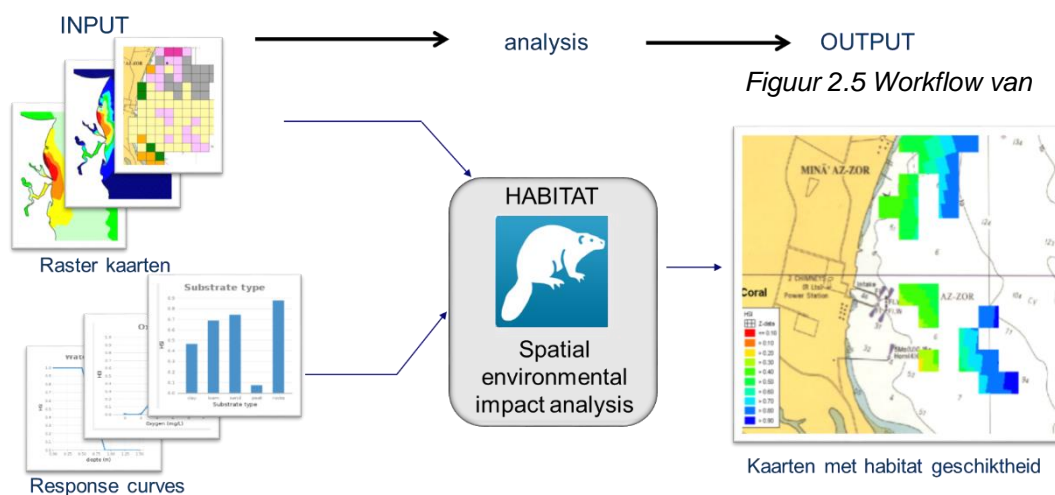
Tabel 2.1 Overzicht van stuurvariabelen per KRW-watertype cluster voor gebruik van de regionale kennisregels in de KRW-Verkenner (bron: van der Linden et al., 2021a).

Watertypecluster	Oeverinrichting	Peilbeheer	Onderhoud	Connectiviteit	Beschaduwing	Meandering	Scheepvaart	Verstuwing	Doorzicht	Chloride	Fosfor totaal	Stikstof totaal	Ammonium	Toxiciteit	BZV
Langzaam stromende beken					x	x		x			x	x	x	x	x
Snel stromende beken					x	x		x			x	x	x	x	x
Sloten	x	x	x								x	x	x	x	
Kanalen	x	x	x				x		x		x	x	x	x	
Ondiepe meren	x	x							x		x	x	x	x	
Diepe meren	x	x							x		x	x	x	x	
Zwak brakke wateren	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	
Brakke tot zoute wateren	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	
Doorstroommoerassen					x	x		x			x	x	x	x	x
Moerasbeken					x	x		x			x	x	x	x	x

## 2.2.2 HABITAT

HABITAT is een ruimtelijke analyse tool die de geschiktheid en kwaliteit voorspelt van een habitat voor soorten en soortgroepen (Figuur 2.5). Het rekenhart van HABITAT is gebaseerd op PCRaster, een softwarepakket voor spatio-temporele berekeningen<sup>1</sup>. HABITAT gebruikt response curves die de relatie legt tussen de waarden van milieuvariabelen en de habitateisen van soorten. Het basisprincipe is daarmee gelijk aan de rekenmethodiek van de KRW-Verkenner Rijkswateren. Het twee verschillen tussen beide modellen is dat de response curves van HABITAT genuanceerder zijn waardoor de kwaliteit van een habitat kan worden beschreven en dat HABITAT op basis van rasterkaarten rekt en dus niet rekt met polygonen. Op het moment van schrijven wordt HABITAT doorontwikkeld om ook met andere dan raster schematisaties om te kunnen gaan, bijvoorbeeld de polygoon- en lijnelementen uit de schematisatie van de KRW-regionale verkenner.

HABITAT is een tweedelig model: de software en een kennisdatabase. De gebruiker verzamelt of berekent waarden voor de milieuvariabelen voor het onderzoeksgebied en koppelt deze in HABITAT aan de response curves. De output bestaat dan uit habitatgeschiktheidskaarten per soort (of gemeenschap, net hoe de responscurves zijn gedefinieerd). De response curves kunnen verkregen worden via de HABITAT wiki<sup>2</sup>. Op deze wiki zijn response curves beschikbaar voor een aantal soorten macrofyten, vis, weekdieren, vogels, zoogdieren, maar ook voor habitattypen.



Figuur 2.5 Workflow van

HABITAT.

## 2.3 Modelconcept Waterplanner

Wat betreft het modelconcept sluiten de KRW-Verkenner Rijkswateren en HABITAT het beste aan bij de MetaNatuurPlanner (MNP): het potentieel voorkomen van soorten wordt berekend op basis van kennisregels. Op deze basis ontwikkelen we het modelconcept en de ruimtelijke schematisatie.

### 2.3.1 Biodiversiteit in de Waterplanner

Bij het berekenen van natuurkwaliteit met een meta-model worden een aantal abiotische en biotische processen platgeslagen: er moet snel kunnen worden gerekend, dus is versimpeling nodig. Het metamodel moet echter wel de meest kenmerkende en gevoelige karakteristieken van ecosystemen meenemen om recht doen aan hoe een ecosysteem functioneert en de effecten van beleidsscenario's te kunnen duiden.

<sup>1</sup> <https://pcraster.geo.uu.nl/>

<sup>2</sup> <https://publicwiki.deltares.nl/display/HBTHOME/Ecological+knowledge+base>

De karakteristieken waarmee de biodiversiteit op een simpele, maar doeltreffende manier kan worden uitgedrukt zijn:

1. abiotische condities, vaak aangeduid als stuur- of milieuv variabelen,
2. dispersie mogelijkheden, en
3. biologische interacties.

Echter, in hoeverre worden de drie bovenstaande sturende toestanden van het voorkomen van soorten meegenomen in de modellen? De KRW-Verkenner Rijkswateren en HABITAT beschouwen enkel het eerste punt en zeer beperkt het derde punt: op basis van milieuv variabelen wordt de aan- of afwezigheid of de mate van potentie van voorkomen berekend en daarnaast wordt voor een aantal soorten het voorkomen van waterplanten of bepaalde macrofauna meegenomen als habitat-eis. De MNP beoordeeld daarnaast ook de omvang van het geschikte gebied: deze moet voldoende zijn voor een vitale populatie

Voor alle drie de modellen geldt dat er gerekend wordt op basis van statische kaartlagen met waarden van milieuv variabelen. Biologische interacties worden niet meegenomen: deze zijn lastig en kunnen enkel gemodelleerd worden met specialistische modellen, waarbij procesinformatie op soortniveau nodig is, zoals groei, sterfte, en kolonisatie kenmerken. Deze benadering is veel te complex, en, om aan te sluiten bij de MNP (zie par. 2.1), niet nodig. De abiotische randvoorwaarden voor de gewenste soorten moeten allereerst op orde zijn. Het zijn ook met name deze randvoorwaarden die gestuurd kunnen worden door beleid en maatregelen en niet de biologische interacties<sup>3</sup>. Daarom wordt er voor de Waterplanner uitgegaan van de 'statische kaartlagen & kennisregels' benadering zoals in de MNP.

### 2.3.2 Ruimtelijke schematisatie

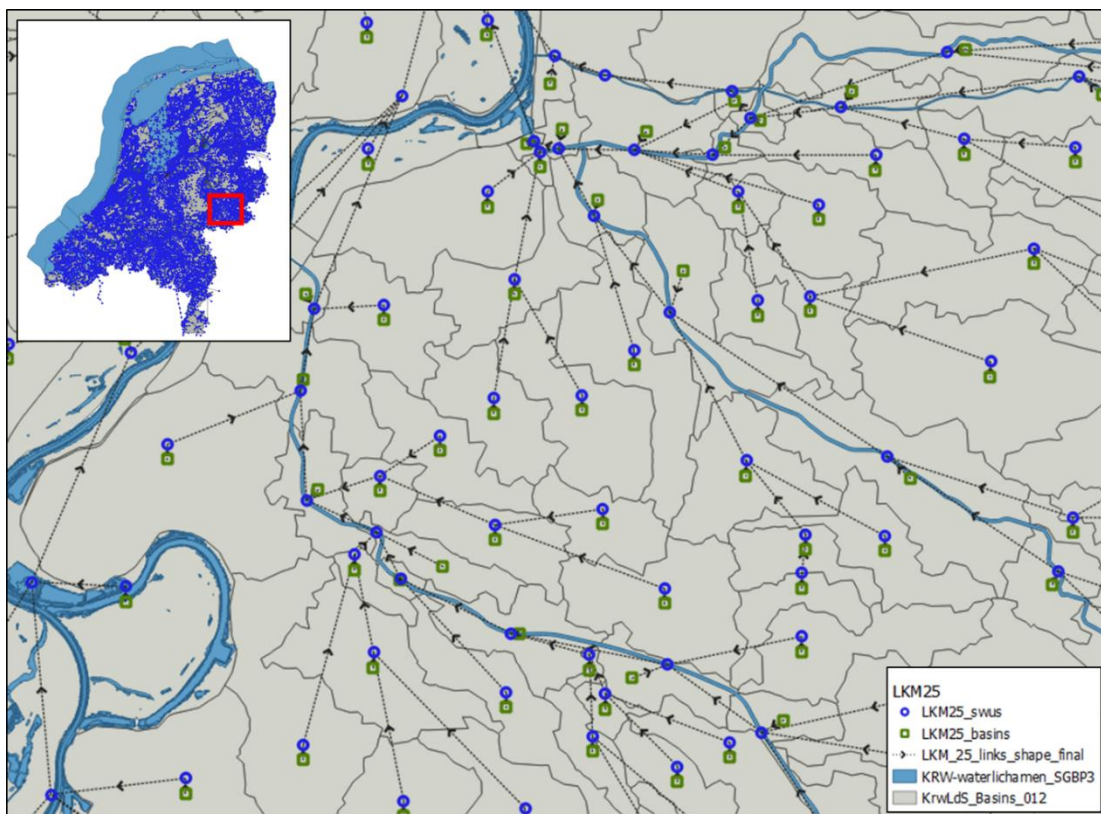
Figuur 2.6 geeft een uitsnede uit het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM, versie 2.5). Deze schematisatie wordt gebruikt voor de regionale wateren en is de meest geschikte basis voor de landelijke Waterplanner om de volgende redenen:

- Ten eerste is het idem aan de modellen die stofstromen berekenen, zoals nutriëntenstromen (zie Figuur 2.4), en heeft daarmee een goede koppeling met de abiotische condities die belangrijk zijn in de PBL-scenario's;
- Het bevat alle relevante componenten van het watersysteem, dus zowel de regionale wateren als de Rijkswateren en de zogenaamde niet-KRW-wateren die doorgaans klein zijn (Figuur 2.6);
- De verbindingen voor de stofstromen zijn veelal ook verbindingen voor biologische dispersie.

De regionale wateren zijn gesplitst in 1) grotere waterlopen, in het model geschematiseerd weergegeven als *Surface Water Units (SWU's)* en 2) stroomgebiedjes, in het model geschematiseerd weergegeven als *Basins*, waarin de kleinere waterlopen en de haarvaten zijn samengenomen. Eén of meerdere *SWU's* samen kunnen een KRW-waterlichaam zijn, waarvoor de effecten van maatregelen van natuurdoelen berekend kunnen worden.

---

<sup>3</sup> Al worden mogelijk voedselweb afhankelijkheden en hierdoor cascade-impacts gemist.



Figuur 2.6 De schematisatie van de KRW-Verkenner. Getoond is een uitsnede van het Landelijk KRW-Verkenner model (LKM 2.5) rond de Grote Beek en de Oosterwijkse vloed in het gebied van Waterschap Rijn en IJssel.

### 2.3.3 Kennisregels voor biota

Milieuvariabelen hebben een hiërarchische context, zoals weergegeven in Figuur 2.1. In de Waterplanner worden milieuvariabelen daarom ook op verschillend schaalniveau meegenomen. Op die manier is ook helder op welk niveau maatregelen nut hebben en wat het detailniveau van de milieuvariabelen moet zijn (grof of gedetailleerd). De typen milieuvariabelen die belangrijk zijn voor de drie soortgroepen in de Waterplanner (macrofyten, macrofauna en vis) worden in eerste instantie overgenomen uit de KRW-verkenner. Aanpassing of uitbreiding is alleen nodig als het te toetsen beleid niet goed kan worden gekoppeld aan de milieuvariabelen.

Daarnaast is het voor de Waterplanner belangrijk om kritisch te kijken of het aantal gemodelleerde soorten representatief genoeg is om effecten op de biodiversiteit te tonen. Hier kan de beschikbare kennis van soorten limiterend zijn. In onderstaande paragraaf wordt per soortgroep toegelicht welke milieuvariabelen relevant zijn en welke benadering van biodiversiteit passend geacht wordt.

#### Macrofyten

Voor macrofyten is er een duidelijke hiërarchie in milieuvariabelen die de potentiële aanwezigheid van soorten bepaald. De hiërarchie van de milieuvariabelen verschilt per watertype: grotere, stromende wateren, grotere stilstaande wateren en kleinere wateren. Het onderscheid wordt bepaald door de mate van stroming en het aandeel van kwelwater. De milieuvariabelen op het hoogste hiërarchische niveau, ook het hoogste schaalniveau, bepalen de *potentiele* natuurkwaliteit<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> In een vervolg moet nagedacht worden over de juiste terminologie: Biodiversiteit of Natuurkwaliteit. Voor nu wordt natuurkwaliteit aangehouden, omdat binnen een type, bijvoorbeeld stromende wateren, de kenmerkende soorten

De meer lokale kenmerken rondom en in het waterlichaam bepalen wat binnen deze potentiële biodiversiteit gerealiseerd kan worden. Voor de grote stromende wateren wordt de maximale potentiële biodiversiteit bepaald door het afvoerregime en de daarmee samenhangende peildynamiek. Voor grote stilstaande wateren is de waterkwaliteit van het aangevoerde water, dus de bovenstroomse emissies naar water, de bepalende factor voor de potentiële natuurkwaliteit. Voor kleinere wateren is het de aanwezigheid en kwaliteit van kwelwater (Figuur 2.1).

Vanwege bovenstaand verschil, en daarmee de juiste milieuv variabelen, moet bij berekeningen onderscheid gemaakt worden in de watertypen. Dit gebeurt nu al in zowel de Rijks- als regionale KRW-Verkenner. Voor de grote stromende wateren is invoerdata nodig over waterafvoeren (hydrologische modellen), voor grote stilstaande rivieren over toevoerende waterkwaliteit (metingen, modellen) en voor kleinere wateren over kwelgebieden in Nederland (kwelwaterkaart). Deze randvoorwaardelijke milieuv variabelen bepalen daarmee de potentiële natuurkwaliteit. Op een kleiner schaalniveau is informatie nodig met betrekking tot landgebruik voor de kleinere wateren (landgebruikskaarten) en informatie over onder andere diepte, oeverinrichting, stroomsnelheid.

De informatie op lokaal niveau is voor de kleinere wateren lastiger te verkrijgen: lang niet overal zijn bodemprofielen beschikbaar, is er kennis over de precieze stroomsnelheden, of is het substraattype bekend. Voor het uiteindelijke metamodel wordt daarom voorgesteld om, waar de lokale informatie te beperkt beschikbaar is, gebruik te maken van ‘modelwateren’: een in het model gecreëerd water met kenmerkende eigenschappen voor een bepaald watertype.

De Waterplanner rekent op soortniveau. Echter, de potentiële aan- en afwezigheid van soorten zegt op zich nog niet veel: het hangt af van het watertype welke soorten als waardevol en ongewenst worden gezien. Een doorvertaling naar associaties en/of rompgemeenschappen is veelzeggender voor de natuurkwaliteit dan een lijst met soorten<sup>5</sup>. Daarnaast geeft deze benadering ook een goede mogelijkheid tot validatie, aangezien het om een samenstelling van een combinatie van soorten gaat en er niet één op één vergeleken wordt. Het model zal robuustere resultaten produceren wanneer getoetst wordt op associatieniveau, waarbij bijvoorbeeld 80% van de soorten binnen de associatie aanwezig moet zijn.

### Macrofauna

Macrofauna is een diverse mix van verschillende soorten en omvat onder andere wormen, driehoeksmosselen, libellen en dansvliegen. Daarbij zijn sommige soorten permanent gebonden aan water en anderen alleen voor bepaalde levensstadia. Dit maakt het berekenen van het voorkomen van macrofauna op basis van alleen watergebonden milieuv variabelen ingewikkeld, al kan het meenemen van omliggend landgebruik als variabele soelaas bieden. Desalniettemin zijn er een aantal sturende water-gerelateerde milieuv variabelen aan te wijzen: temperatuur, zuurstof- en nutriëntconcentraties, stroming en substraat. Deze milieuv variabelen worden, net zoals voor macrofyten, deels gestuurd door hogere landschappelijke kenmerken, zoals kwel, landgebruik en bovenstroomse waterkwaliteit. Echter anders dan voor macrofyten, kunnen macrofauna-gemeenschappen op korte afstanden volledig anders zijn door het beschikbare substraat.

---

waterplanten een klein aantal betreft, dus wellicht een lage biodiversiteit maar wel een hoge natuurkwaliteit kunnen indiceren.

<sup>5</sup> Voor macrofyten zijn ook ecosysteemtoestanden overwogen, maar die zijn enkel afgeleid voor stilstaande wateren en zijn mogelijk te weinig gedetailleerd.

Dit neemt niet weg dat ook voor macrofauna gedacht kan worden in hiërarchie: als de kwaliteit van kwelwater in een gebied niet van goede kwaliteit is, dan is de potentiële natuurkwaliteit voor macrofauna in dat gebied laag, zelfs met uitstekende lokale milieucondities.

De grote diversiteit in macrofauna-soorten en de moeilijkheid om daadwerkelijk vat te krijgen op welke soorten precies waar voorkomen, pleit ook voor macrofauna voor opschaling van rekenen op soortniveau met uiteindelijk uitvoer op gemeenschapsniveau, oftewel het werken met typologieën van macrofauna-gemeenschappen. Op basis van een aantal milieuvariabelen kan vervolgens berekend worden welke gemeenschappen voorkomen. Het moet nog uitgezocht worden of de gemeenschappen rechtstreeks uit de milieuvariabelen voorkomen of opgeschaald kunnen worden vanuit de door de KRW-Verkenner Rijkswateren soortenlijst voor macrofauna. Het voordeel om met soortenlijsten te werken, is dat er meer detailinformatie beschikbaar is. Echter, gezien de veelzijdigheid van de macrofauna, geeft een gemeenschapsbenadering vermoedelijk een robuustere uitkomst.

#### Vissen

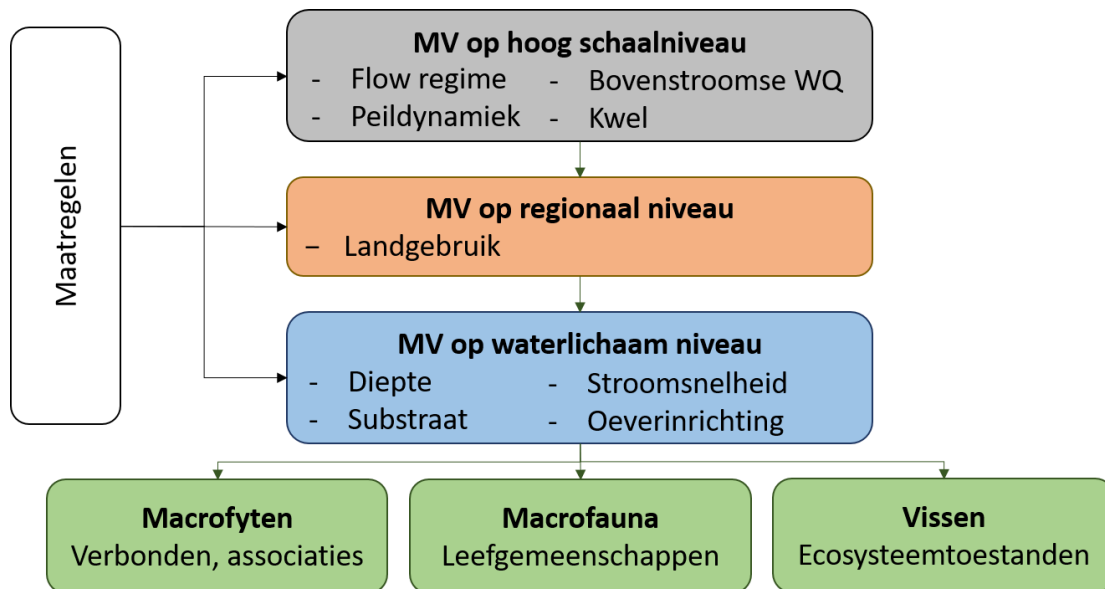
Vissen gebruiken een relatief grote ruimtelijke schaal, maar die is wel soortafhankelijk. Zo zijn er soorten die de Nederlandse wateren uitsluitend gebruiken om doorheen te trekken, terwijl andere soorten hun hele levenscyclus in een waterlichaam voltooien en alle variatie daartussenin. Dit maakt het afleiden van geschikte milieuvariabelen lastig: op welk schaalniveau moet er gekeken worden en wat zijn de eisen vanuit de verschillende soorten? Aangezien vissen mobiel zijn hoeven de milieuvariabelen voor de verschillende habitats in een waterlichaam niet overal op orde te zijn: de verschillende habitats met voldoende kwaliteit moeten voldoende dicht bij elkaar liggen en bereikbaar zijn om zo te zorgen voor een vitale populatie. In de KRW-Verkenner Rijkswateren wordt op hoger schaalniveau de connectiviteit als randvoorwaarde meegenomen. Toepassing op de kleinere wateren betekent dat een aantal milieuvariabelen ook weer op een hoger schaalniveau spelen dan andere, zoals afvoerregime versus substraattype en de aanwezigheid van waterplanten.

Door de mobiliteit van soorten en de verschillende visgilden (reofiel, limnofiel, eurytoop) is het op meta-niveau niet aan te raden om op soortniveau uitvoer te delen. Aangeraden wordt om op soortniveau te rekenen en dan, net zoals voor macrofyten en -fauna, op te schalen naar een hoger niveau, zoals gilden. Andere uitvoeropties zijn het berekenen van ecosysteemtoestanden. Vervolgens kan op basis van de ruimtelijke omvang van bepaalde ecosysteemtoestanden of vis-gildes berekend worden of de omvang voldoende is voor een vitale populatie.

#### **2.3.4 Conceptueel model Waterplanner**

Uit bovenstaande paragrafen blijkt de noodzaak om onderscheid te maken in het schaalniveau van waarop milieuvariabelen worden aangestuurd. Ook geeft voor de drie soortgroepen aan, hoewel in grote lijnen vergelijkbaar, hoe verschillende manieren van groepering nodig zijn. Vanuit macrofyten worden associaties afgeleid uit soortlijsten, maar voor macrofauna en vis lijkt het robuuster te zijn om milieuvariabelen gelijk door te vertalen naar leefgemeenschappen en ecosysteemtoestanden. Dit geldt met name voor de kleinere wateren. Hoewel voor vissen voor de Rijkswateren wel op soortniveau gerekend kan worden, is het transparanter om voor één soortgroep één methodiek te hanteren (Figuur 2.7).





Figuur 2.7 Conceptueel model van de Waterplanner.

## 3 Van concept naar werkend model: een stappenplan

Het gepresenteerde conceptuele model moet omgezet worden in een werkend model. Hiervoor zijn een aantal stappen nodig zowel qua kennis- als technische ontwikkeling. Om te komen tot een werkend en volledig model wordt in dit hoofdstuk per onderdeel beschreven welke ontwikkelingen er nodig zijn en hoe dit kan worden opgezet. Daarnaast wordt aangegeven of de ontwikkeling essentieel is (E), een goede toevoeging (G), maar niet essentieel of een “nice to have” aanvulling (N) is.

### 3.1 Samenhang milieuv variabelen en natuurkwaliteit

Om te komen tot een inzetbare Waterplanner is kennisontwikkeling nodig over hoe milieuv variabelen samenhangen met soorten en/of aggregaties daarvan.

Daarbij zijn voor de verschillende kwaliteitselementen de volgende stappen nodig:

Macrofyten:

- Nagaan van de juistheid van huidige kennisregels (E) en indien nodig aanpassen op in ieder geval expert judgement (E).
- Toevoegen en/of aanpassen van de gebruikte milieuv variabelen en kennisregels op basis van het modelconcept (E). Iteratio kan gebruikt worden om daar waar mogelijk kennisregels verder aan te vullen (Holtman en Hennekes, 2022) (G).
- Opschaling naar individuele soorten naar het niveau van verbond, associatie en/of rompgemeenschap:
  - Identificatie van soorten behorend tot verbond, associatie en/of rompgemeenschap toevoegen aan de soortendatabase (E).
  - Validatie van de modelresultaten op geaggregeerd niveau op basis van de NDFF database (E).

Vis:

- Uitwerken van de vertaling van het voorspellen van de aan- en afwezigheid van soorten van rijkswater- naar regionaal niveau (E).
- Toevoegen en/of aanpassen van de te gebruiken milieuv variabelen en kennisregels op basis van het modelconcept voor het regionale niveau (E).
- Uitwerken van kwaliteitsindicator: mogelijk is dit een gemeenschap van een aantal vissen in combinatie van een indicator vissoort: als een indicator vissoort ergens voor kan komen, dan is de kwaliteit goed, waarbij de voorspelde gemeenschap gebruikt kan worden voor verdere nuancering van de natuurkwaliteit voor vis in termen van ecosysteemtoestand (E).
- Validatie van de modelresultaten op basis van de NDFF database en de vissenatlas (E).

Macrofauna:

- Afstemming met WEnR: op welk leefgemeenschapsniveau kan er een goede indicatie van de natuurkwaliteit gegeven worden (E).
- Op basis van afstemming met WEnR of doorgaan met de soortenlijstbenadering of direct gaan rekenen op leefgemeenschapsniveau zonder tussenkomst van soortenlijsten (E).
- Validatie van de modelresultaten met beschikbare velddata (tbd, E).

Macrofauna is het meest uitdagend qua beschikbare kennis. Daarom wordt geadviseerd om deze soortgroep als laatste toe te voegen aan de Waterplanner, mits voldoende kennis beschikbaar is. Wanneer blijkt dat er onvoldoende fiducia in de kennisbeschikbaarheid is, dan kan besloten worden om de Waterplanner alleen voor macrofyten en vis te gebruiken. Dit geeft op zich ook al een goed beeld van de aquatische natuurkwaliteit.

Voor de soortgroepen wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande kennisregels die beschikbaar zijn in de KRW-Verkenner Rijkswateren. Het kan echter zijn dat met de vertaling naar de regionale wateren kennisregels ontbreken omdat andere milieuv variabelen relevant zijn dan op Rijkswaterniveau. De kennisregels kunnen op verschillende manieren worden aangevuld (volgens prioritering):

- Data-analyse.
- Expert judgement.
- Default waarde (neutrale waarde).

Voor de data-analyse kan gebruikt gemaakt worden van monitoringsdata, waarbij:

- zowel milieuv variabelen als de soortgroep gemeten is.
- alleen de soortgroep is gemeten: Ellenberg benadering, Aqmad tooling, Iteratio.

## 3.2 Milieuv variabelen

Om daadwerkelijk te kunnen rekenen zijn realistische waarden voor milieuv variabelen nodig. Voor de Rijkswateren zijn de gewenste milieuv variabelen beschikbaar, maar dit is niet het geval voor de regionale wateren: daar ontbreekt voor een aantal milieuv variabelen data. Voor de milieuv variabelen wordt idealiter uitgegaan van de daadwerkelijk relevante milieufactor, maar er kan bij ontbrekende of te weinig data ook gewerkt worden met proxies voor de betreffende milieuv variabelen. Ontbrekende data volgt, in volgorde van meest naar minst wenselijk, uit (E):

- Monitoringsdata (waterkwaliteitsportaal, limnodatabase, etc).
- Data over uitgevoerde maatregelen die effect hebben op te beschouwen milieuv variabelen (Marc Weeber heeft binnen KIWK een overzicht gemaakt vanuit waterschapsdata).
- Modeldata (Waqua, Wflow, Aqmad, etc.).
- Remote sensing (Sentinel).
- Expert judgement.
- Optioneel kunnen we bij ontbreken van data 'standaard' of 'model' waterlichamen definiëren Deze 'standaard' waterlichamen hebben generieke karakteristieke kenmerken, plus een aantal plausibele variaties in milieuv variabelen om zo een schatting van de natuurkwaliteit voor dit type waterlichaam te kunnen maken.

Vervolgens moet van de beschikbaar gekomen data, kaarten gemaakt worden (E) die opgepakt kunnen worden door de Waterplanner.

## 3.3 Rekenkern

De rekenkern van de Waterplanner is afkomstig uit de regionale verkenner (schematisatie) in combinatie met die van de KRW-Verkenner Rijkswateren. De samenvoeging hiervan is gedaan in het kader van deze studie (zie Hoofdstuk **Error! Reference source not found.**). Op dit moment draait het model, maar kan het alleen door de ontwikkelaars gedraaid worden. Het wordt aanbevolen om het aansturen van de rekenkern gebruiksvriendelijk te maken (G).

## 3.4 Resultaten

Resultaten van de Waterplanner worden geproduceerd op kaarten en in tabellen op basis van de Rijkswateren, *SWU's* en *Basins*. Op dit moment kan de Waterplanner (de 0.1 versie, gepresenteerd in Hoofdstuk **Error! Reference source not found.**) de volgende resultaten uitvoeren (dit staat gelijk aan wat de KRW-Verkenner Rijkswateren kan uitvoeren):

- Een lijst met soorten, waarbij voor KRW soorten is aangegeven of deze positief of negatief indicierend zijn of kenmerkend (macrofauna).
- Limiterende milieuv variabelen voor soorten die niet voorkomen.

Voor de vertaling naar natuurkwaliteit, zijn onder andere de volgende ontwikkelopties mogelijk:

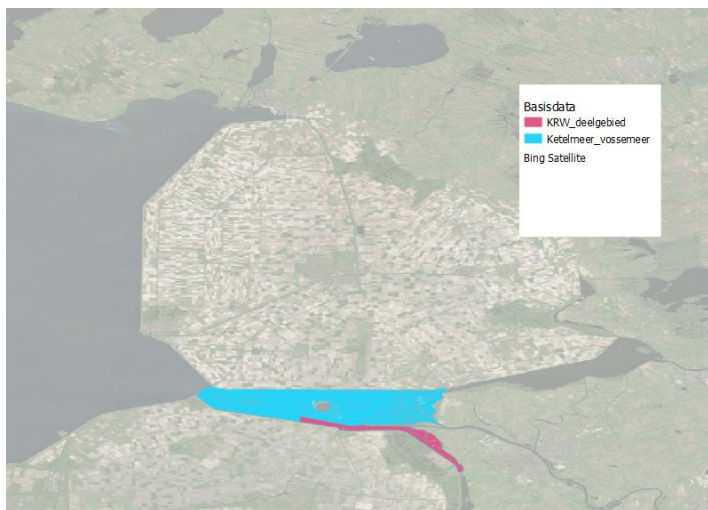
- Inzichtelijk maken van 'hotspots' van in het beleid beschermde natuur door het labelen van VHR en Natura2000 soorten (E).
- Inzicht in de limiterende milieuv variabelen per waterlichaam op soortniveau, bijvoorbeeld in een 3-tal klassen. Vanuit soortniveau kan een doorvertaling gemaakt worden naar een groepering van soorten, zoals VHR soorten, habitattypen, associaties of gemeenschappen (N).
- Het berekenen van toe- en afname in aantallen soorten, of een van soortensamenstelling afgeleide kwaliteitsindicator (toe te passen op bijvoorbeeld scenario's, E).
- Het berekenen van oppervlakten van verschillende kwaliteitsklassen-indicatoren (G).

## 4 Proof of principle: een eerste berekening

Binnen dit project is een eerste stap gezet met de technische ontwikkelingen naar een inzetbare Waterplanner, waarbij gebruik is gemaakt van de kennis zoals die op dit moment in de KRW-Verkenner Rijkswateren zit. Als zodanig is dit hoofdstuk bedoeld als proof-of-principle voor het modelconcept van de Waterplanner. Als eerste wordt een theoretische voorbeeldberekening gegeven om de werking van het model te schetsen, gevolgd door een daadwerkelijke modelberekening. Bij deze laatste moet opgemerkt worden dat de gepresenteerde modelberekening puur illustratief bedoeld is: het bevat slechts een beperkte set aan milieu- en uitvoervariabelen. De resultaten bieden daarmee geen compleet beeld van het systeem.

### 4.1 Rekenvoorbeeld: de stappen

De milieuvariabelen zijn een opeenstapeling van filters, waarbij bij elk filter soorten tegengehouden worden. Dit resulteert in een soortengemeenschap van potentieel voorkomende soorten die indicatief is voor de heersende milieucondities. Als voorbeeld wordt het voorkomen van macrofyten in een KRW-deelgebied van het Ketelmeer-Vossenmeer (Figuur 4.1) berekend op basis van de beperkte set milieuvariabelen van  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , waterdiepte en stroomsnelheid. Er bestaan wel twijfels over de ranges van  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$ : zoals aangegeven in paragraaf 3.1, moeten deze nog grondig worden nagelopen. Dit betekent ook dat de resultaten in paragraaf 4.2 waarschijnlijk te ongevoelig zijn voor veranderingen in  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$ . In deze voorbeeldberekening wordt alleen gekeken naar een aantal VHR en indicerende KRW-soorten genomen waarvan preferentiedata beschikbaar is (Tabel 4.1).



Figuur 4.1 Locatie van het gebied waar de berekening wordt uitgevoerd (roze). Het KRW-Deelgebied is onderdeel van het KRW-waterlichaam Ketelmeer-Vossemeer (blauw).

Tabel 4.1 Overzicht van habitatrictlijn (allen) en indicerende KRW soorten (aangegeven in de 'KRW kolom, 'J' geeft een KRW soort aan) die vallen binnen een aantal habitattypen (tussen haakjes in eerste kolom) binnen de VHR en die meegenomen zijn in de voorbeeldberekening. H in kolommen van N en P staat voor hoge concentratie en L voor lage concentraties. De waarden die met een H of L zijn aangegeven vragen om herziening door data-check of expert-judgement.

Habitatype	Soort (NL)	Soort (Latijn)	KRW	N (mgN/l)	P (mgP/l)	Waterdiepte (m)	Stroomsnelheid (m/s)
<b>Beken en rivieren met waterplanten (H3260_A)</b>	Klimopwaterranonkel	Ranunculus hederaceus		0.01-H	0.001-0.27	0.0-1.0	0.1-0.8
	Vlottende waterranonkel	Ranunculus fluitans		1.30-H	0.01-0.25	0.0-1.3	0.1-2.0
<b>Beken en rivieren met waterplanten (H3260_B)</b>	Rivierfonteinkruid	Potamogeton nodosus		0.04-H	0.007-0.50	0.05-2.0	0.0-2.0
<b>Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden (H3150)</b>	Krabbenscheer	Stratiotes aloides	J	L-H	L-0.76	0.05-1.5	0.0-0.1
	Glanzig fonteinkruid	Potamogeton lucens	J	L-H	0.001-1.24	0.2-1.5	0.0-0.3
	Doorgroeid fonteinkruid	Potamogeton perfoliatus	J	0.01-H	0.007-H	0.2-10	0.0-2.5
	Groot blaasjeskruid	Utricularia vulgaris	J	L-H	L-H	0.3-1.5	0.0-0.04
<b>Kranswierwateren (H3140)</b>	Breekbaar kransblad	Chara globularis	J	0.01-H	L-0.059	0.0-1.5	0.0-0.1
	Buigzaam glanswier	Nitella flexilis		0.01-H	L-0.68	0.1-1.3	0.0-0.1
	Sterkranswier	Nitellopsis obtusa	J	0.08-H	L-H	0.2-10	0.0-2.5

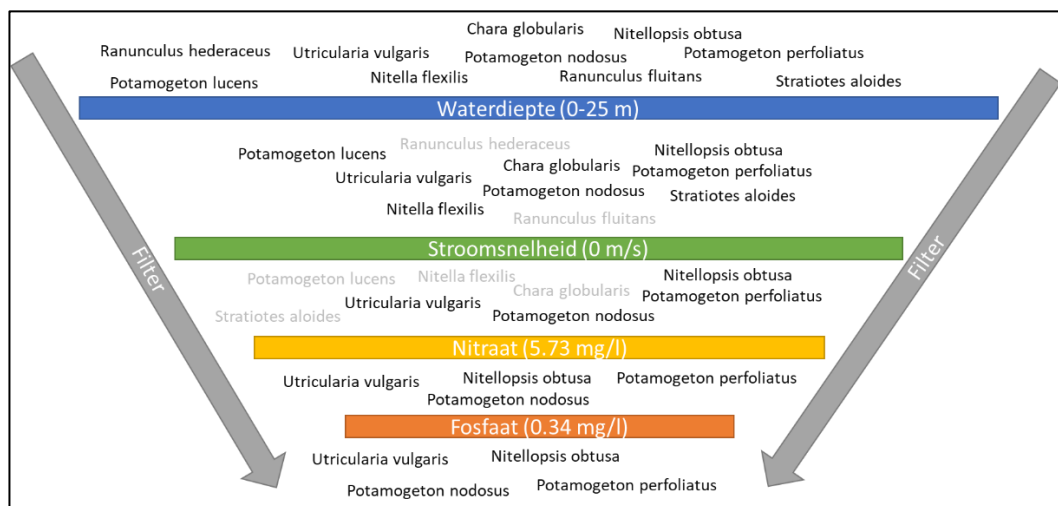
Op basis van de milieuv variabelen in het voorbeeldgebied (Tabel 4.2) en de habitateisen van de soorten (Tabel 4.1) is berekend welke soorten voor kunnen komen: valt één of meerdere milieuv variabelen buiten de range van een soort, dan kan de soort niet voorkomen. Het filterend effect, waarbij in dit rekenvoorbeeld geen gebruik wordt van landschappelijke schaalniveaus, leidt tot de definitieve, potentiële soortenpool van macrofyten.

In het rekenvoorbeeld blijkt dat zowel de waterdiepte als de PO<sub>4</sub>-concentratie niet limiterend is voor het voorkomen van de meegenomen soorten. Stroomsnelheid en de NO<sub>3</sub>-concentratie is dat wel. De stroomsnelheid is voor de waterranonkelsoorten te laag en de NO<sub>3</sub>-concentratie is te hoog voor een aantal kranswieren, fonteinkruiden en krabbenscheer (Figuur 4.2). **Let op:** in het rekenvoorbeeld wordt puur voor illustratieve doeleinden gekozen voor een hiërarchische benadering van de milieuv variabelen. Dit werkt niet zo in de KRW-Verkenner Rijkswateren: daar worden alle milieuv variabelen voor meren in één keer meegenomen.

Voor de Waterplanner wordt wel een hiërarchische benadering voorgestaan, in gegeven door het systeem denken. Hoewel de hiërarchie van milieuv variabelen voor de uiteindelijk potentieel voorkomende soorten er niet toe doet, geeft deze benadering inzicht op welk niveau de milieuv variabelen beïnvloedt moeten worden met beleid en/of maatregelen om effect te sorteren.

Tabel 4.2 Waarden voor de vier meegenomen milieuv variabelen, overgenomen vanuit de KRW-Verkenner Rijkswateren..

Milieuv variabele (eenheid)	Waarde
Waterdiepte (m)	0 - 25
Stroomsnelheid (m/s)	0
Nitraat (zomergemiddeld mg/l maximum in KRW-deelgebied in referentie scenario)	5.73
Fosfaat (zomergemiddeld mg/l maximum in KRW-deelgebied in referentie scenario)	0.34



Figuur 4.2. Voorbeeldberekening van potentieel voorkomende soorten door het vergelijken van de waarden van milieuv variabelen met de habitateisen van een aantal macrofyten.

Van de vier potentieel voorkomende plantensoorten zijn er drie indicierend voor het KRW-type van het Ketelmeer-Vossemeer (M14). Vergelijking met meetdata (tabel 4) blijkt dat twee van de potentieel voorkomende soorten ook echt zijn waargenomen (*Nitellopsis obtusa* en *Potamogeton perfoliatus*). Het model heeft dus meer soorten voorspeld dan dat er waargenomen zijn. Dit verschil kan verschillende oorzaken hebben:

- de soort kan wel voorkomen, maar is niet gemeten,
- er is een limiterende factor in het meer aanwezig die niet meegenomen is in de voorbeeldberekening,
- door biologische interacties komen de niet waargenomen soorten niet voor.

Door het vergelijken van de habitateisen van soorten met milieuvariabelen wordt er, naast het berekenen van potentieel voorkomende soorten, ook inzicht verkregen in welke milieuvariabelen limiterend zijn voor het voorkomen van als in potentie afwezig voorspelde soorten.

## 4.2 Rekenvoorbeeld: Waterplanner 0.1

De Waterplanner 0.1 is beperkt in de milieuvariabelen die meegenomen worden, maar rekent wel op de landsdekkende schematisatie van de regionale KRW-Verkenner en met alle soorten macrofyten die beschikbaar zijn in de KRW-Verkenner Rijkswateren. In het rekenvoorbeeld wordt voor de macrofyten nog geen vertaling gemaakt naar het niveau van verbonden, associaties en/of rompgemeenschappen, welke een robuuster beeld geven dan enkel het voorkomen van specifieke soorten. Het rekenvoorbeeld is daarmee enkel bedoeld om te demonstreren dat er gerekend kan worden: de infrastructuur voor het kunnen rekenen met de Waterplanner is er.

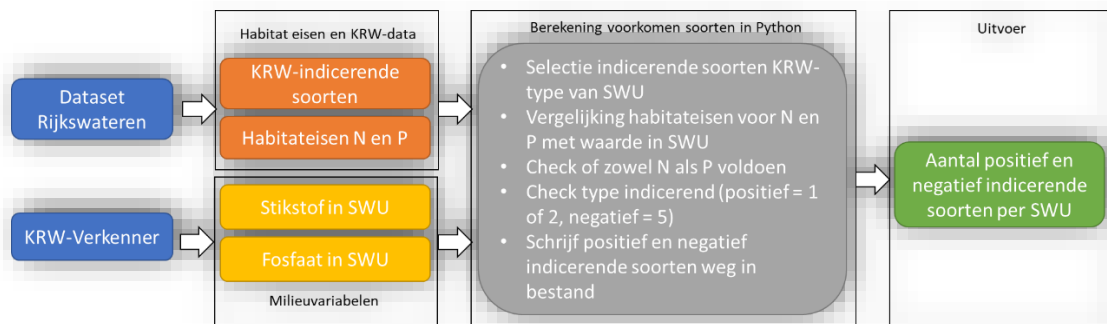
### 4.2.1 Invoer

Qua milieuvariabelen worden enkel  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$  meegenomen. Zoals eerder opgemerkt zijn er twijfels bij een aantal soorten met betrekking tot de habitateisen voor deze milieuvariabelen, waardoor scenario's mogelijk minder effect hebben. Toch is voor de versie 0.1 voor deze milieuvariabelen gekozen omdat deze milieuvariabelen beschikbaar voor de gebruikte landsdekkende schematisatie.

### 4.2.2 Berekening

De berekening wordt uitgevoerd in Python. De databestanden met milieuvariabelen, habitateisen en de link naar KRW-typologieën worden eerst ingelezen. Waar nodig worden omrekenfactoren toegepast om de eenheden van de milieuvariabelen en habitateisen te uniformeren. Op basis van de  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$  wordt een selectie gemaakt van soorten die voor beide milieuvariabelen data bevatten. Vervolgens wordt een selectie gemaakt op KRW-relevantie van de soorten als maat voor de natuurwaarden. Soorten die geen toegevoegde waarde hebben voor de KRW, worden in de berekening niet meegenomen. Vervolgens wordt er per *SWU* gekeken tot welk KRW-type deze behoort en wat daarvoor de indicerende soorten zijn. Als laatste stap worden de concentraties van  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$  in het LSW vergeleken met de voorgeselecteerde lijst van macrofyten (Figuur 4.3).



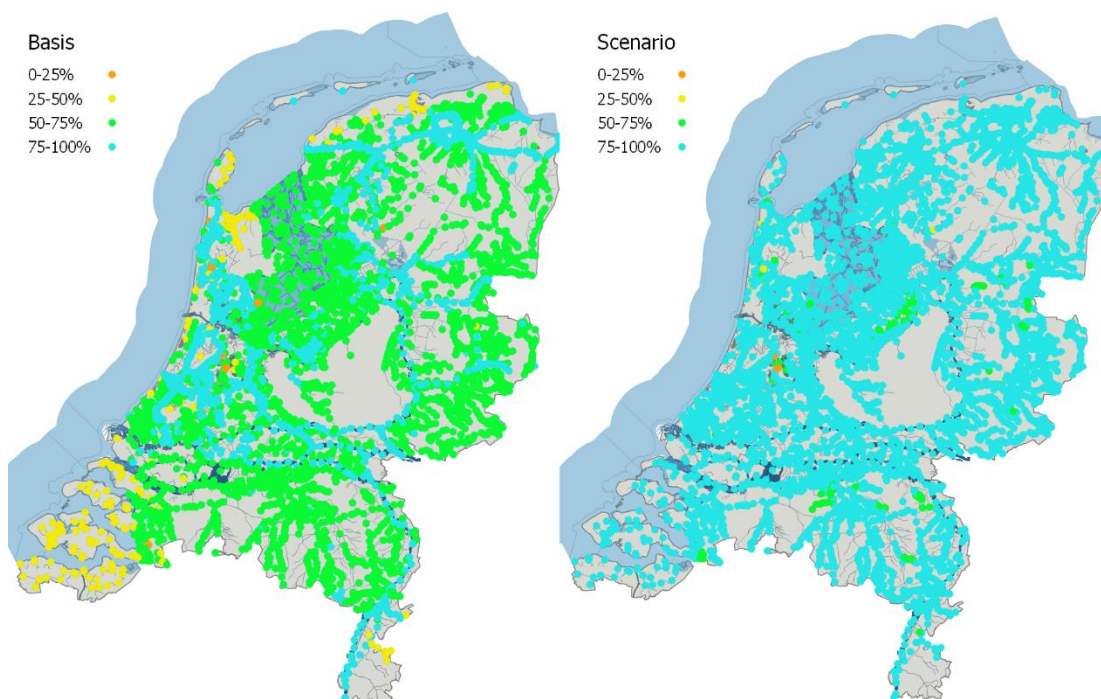


Figuur 4.3 Flowdiagram zoals gebruikt voor de 0.1 versie van de Waterplanner.

### 4.2.3 Resultaten

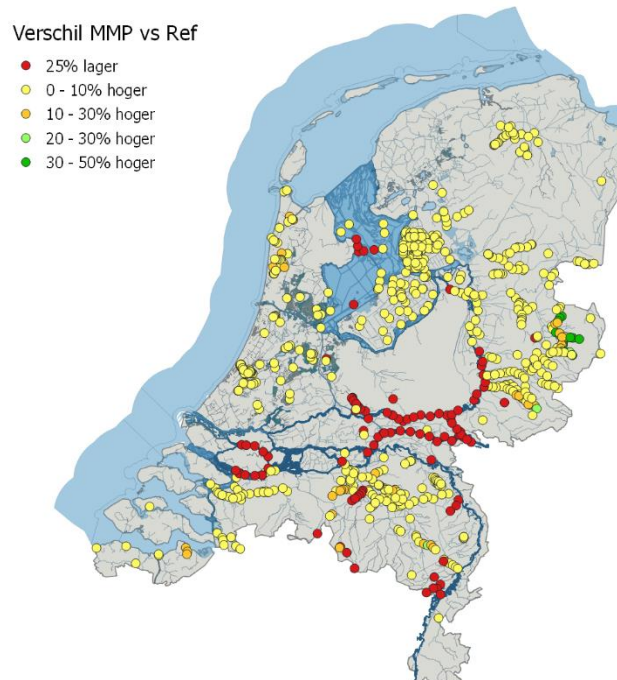
Uit de Ex-ante evaluatie (Knoben et al., 2021; Linden et al., 2021b) zijn twee scenario's berekend en vergeleken (Figuur 4.4):

- 1 Referentiejaar 2019. Uitgangssituatie 2019 met overbemesting, SGBP2 maatregelpakket en huidige buitenlandse aanvoer.
- 2 MMA scenario 2027 met meest milieuvriendelijk alternatief (NAP7, DAW) en SGBP3 maatregelpakket en verwachte toekomstige buitenlandse aanvoer.



Figuur 4.4 Kaart met percentage positief indicerende soorten voor het Referentiejaar (links) en het MMA scenario (rechts). Hoe groener, des te meer indicerende soorten van de soortenlijst komen er potentieel voor.

Doordat nu  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$  als milieuvariabelen worden meegenomen, is het resultaat in Figuur 4.4 te positief: effecten van andere, relevante en eventueel beperkende milieuvariabelen, zoals stroomsnelheid en peilregime, kunnen de resultaten veranderen. Daarnaast zijn de verschillen niet goed zichtbaar. Verschillen worden meer zichtbaar door de scenario's relatief met elkaar te vergelijken (Figuur 4.5).



*Figuur 4.5 Verschil in percentage positief indicerende soorten tussen het MMA scenario en het referentiejaar.*

## 5 Aanbevelingen

Op basis van de kennisregels van de ecologische module van de KRW-Verkenner voor de Rijkswateren en de schematisatie vanuit het LWKM via de regionale KRW-Verkenner is een eerste versie van de Waterplanner gedemonstreerd. Echter, er zijn nog een aantal verbeterpunten die leiden tot meer betrouwbare modelresultaten en een goede aantakking op verschillende niveaus van maatregelen. Deze verbeterpunten kunnen opgesplitst worden in het toepassen van huidige en te ontwikkelen kennis en technische ontwikkelingen.

Voorgesteld wordt om qua ontwikkeling van de natuurkwaliteit-onderdelen de Waterplanner eerst op orde te krijgen voor macrofyten, gevolgd door vis en als laatste macrofauna, omdat qua vertaling van milieuv variabelen naar het voorkomen van soorten of een aggregatie daarvan voor macrofyten de meeste kennis beschikbaar is en voor macrofauna de minste. In onderstaande de lijst valt de volgorde van opsomming per onderdeel samen met de prioritering.

Voor macrofyten:

- Nagaan van de juistheid van huidige kennisregels (E) en indien nodig aanpassen op in ieder geval expert judgement (E).
- Toevoegen en/of aanpassen van de gebruikte milieuv variabelen en kennisregels op basis van het modelconcept (E). Iteratio kan gebruikt worden om daar waar mogelijk kennisregels verder aan te vullen (G).
- Opschaling naar individuele soorten naar het niveau van verbond, associatie en/of rompgemeenschap:
  - Identificatie van soorten behorend tot verbond, associatie en/of rompgemeenschap toevoegen aan de soortendatabase (E).
  - Validatie van de modelresultaten op geaggregeerd niveau op basis van de NDFF database (E).

Voor vis:

- Uitwerken van de vertaling het voorspellen van de aan- en afwezigheid van soorten van rijkswater- naar regionaal niveau (E).
- Toevoegen en/of aanpassen van de te gebruiken milieuv variabelen en kennisregels op basis van het modelconcept voor het regionale niveau (E).
- Uitwerken van kwaliteitsindicator: mogelijk is dit een gemeenschap van een aantal vissen in combinatie van een aantal indicator vissoort: als een indicator vissoort ergens voor kan komen, dan is de kwaliteit goed, waarbij de voorspelde gemeenschap gebruikt kan worden voor verdere nuancering van de natuurkwaliteit voor vis (E).
- Validatie van de modelresultaten op basis van de NDFF database en de vissenatlas (E).

Voor macrofauna:

- Afstemming met WEnR: op welk leefgemeenschapsniveau kan er een goede indicatie van de natuurkwaliteit gegeven worden (E).
- Op basis van afstemming met WEnR of doorgaan met de soortenlijstbenadering of direct gaan rekenen op leefgemeenschapsniveau zonder tussenkomst van soortenlijsten (E).
- Validatie van de modelresultaten met beschikbare velddata (tbd, E).

Voor alle drie de kwaliteitsgemeenschappen geldt dat validatie van de resultaten nodig is.

Functionele ontwikkelingen, in volgorde van afnemend belang:

- Inzichtelijk maken van 'hotspots' van in het beleid beschermde natuur door het labelen van VHR en Natura2000 soorten.
- Inzicht in de limiterende milieuvariabelen per waterlichaam op soortniveau, bijvoorbeeld in drie klassen. Vanuit soortniveau kan een doorvertaling gemaakt worden naar een groepering van soorten, zoals VHR soorten, habitattypen, associaties of gemeenschappen.
- Het berekenen van toe- en afname in aantallen soorten, of een van soortensamenstelling afgeleide kwaliteitsindicator (toe te passen op bijvoorbeeld scenario's).
- Het berekenen van oppervlakten van verschillende kwaliteitsklassen-indicatoren.
- Een gebruiksvriendelijke modelinterface.

In een verdere ontwikkeling van de Waterplanner kan ook nagedacht worden over het meenemen van connectiviteit. Ook de rol van dispersie kan dan verder verkend worden. Verder kan gekeken worden hoe de MetaPlannerNatuur en de Waterplanner gelinkt kunnen worden tot één samenwerkend model.

## 6 Referenties

- Besselink, D., Logemann, D., Van de Werfhorst, H., Jansen, A., en Reeze, B. 2017. Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen. STOWA rapport 2017 – 05, ISBN 978.90.5773.730.5.
- Bolt, F. J. E van der, van Boekel, E. M. P. M., Kuindersma, W., Renaud, L. V., Groenendijk, P., Kros, J., van den Roovaart, J., Marsman, A., en Altena, W., 2022. Het landelijk Waterkwaliteitsmode: Versie LWKM1.2. (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3148). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/566236>
- Galen, F. van, L. Osté & E. van Boekel, 2020, Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Knoben, R., Verhagen, F., Schoffelen, N., Rost, J., 2021. Ex Ante Analyse Waterkwaliteit 2021. Royal HaskoningDHV rapport BH7109, in opdracht van Min. Infrastructuur en Waterstaat.
- Holtland, J., en S. Hennekens, 2022. Iteratio 2.0. Manual. BIJ12.
- Linden, A. van der, van den Roovaart, J., Evers, N., Rost, J., Visser, H., Vethman, P., de Niet, A.C., Nieuwhof, S., Knoben, R., Bontsma A., en van Gaalen, F., 2021a. Update ecologische kennisregels KRW-Verkenner. Deltares-rapport 11203728-008-BSG-0009.
- Linden, A. van der, Altena, W., van den Roovaart, J., 2021b. Achtergrondrapportage Ex Ante KRW 2021; Analyse van de waterkwaliteit voor de concept stroomgebiedbeheerplannen voor de 3e KRW-periode: 2022-2027. Deltares-rapport 11206216-014-BGS-0003.
- Pouwels, R., Wamelink, G.W.W., van Adrichem, M.H.C., Jochem, R., Wegman, R.M.A. en De Knegt, B., 2016. MetaNatuurplanner v4.0 – Status A, Toeapssing voor Evaluatie Natuurpact. WOt-technical report 110, ISSN 2352-2739.
- Tiktak, A. et al., 2022. Landbouw en natuur in 2050, Drie scenario's. Planbureau voor de Leefomgeving. Concept-versie 22 april 2022.
- Visser, H., Evers, N., Bontsema, A., Rost J., de Niet, A., Vethman, P., Mylius S., van der Linden, A., van den Roovaart, J., van Gaalen, F., Knoben, R. de Lange, H. J., 2022. What drives the ecological quality of surface waters? A review of 11 predictive modeling tools, Water Research, Volume 208. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117851>
- Wortelboer, R., Buijse, T., Van Geest, G, Harezlak, V., Van den Roovaart, J., 2020. KRW-Verkenner module Ecologie Rijkswateren – Opzet, uitwerking en toepassing. Deltares rapport 11205266-033-ZWS-0001

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)